

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой»

**ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК
ТРУДОВ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ
ПОЛОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА
имени Евфросинии Полоцкой**

Выпуск 44(114)

ПРИКЛАДНЫЕ НАУКИ. СТРОИТЕЛЬСТВО

Геодезия

Строительство. Архитектура. Дизайн

Трубопроводный транспорт и инженерные сети

Обновляется 1 раз в год

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой
2022

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель:

доц., к.физ.-мат.н. Ю. Я. Романовский

Заместитель председателя:

к.пед.н. И. В. Бурая

Главный редактор проф., д.т.н. Д. Н. Лазовский

Зам. главного редактора доц., к.т.н. А. А. Бакатович

Геодезия:

доц., к.т.н. А. М. Дегтярёв

к.т.н. И. П. Шевелев

доц., к.т.н. В. В. Ялтыхов

Строительство. Архитектура. Дизайн:

доц., к.т.н. Д. Д. Жуков

доц. к.арх. Г. И. Захаркина

доц., к.т.н. Е. Г. Кремнева

доц., к.т.н. Л. М. Парфёнова

к.т.н. А. М. Хаткевич

Трубопроводный транспорт и инженерные сети:

к.т.н. Ю. В. Вишнякова

доц., к.т.н. Т. И. Королёва

доц., к.т.н. Л. М. Спиридёнок

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК ТРУДОВ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПОЛОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА имени Евфросинии Полоцкой [Электронный ресурс]. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2022. – Вып. 44 (114). Прикладные науки. Строительство. – 1 электрон. опт. диск.

Издается с 2014 года (в печатном виде – с 2004 г.).

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3671404562 от 30.11.2014 г.

В сборнике представлены труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой по направлениям прикладных исследований, проводимых в университете: строительство, архитектура, дизайн, геодезия, трубопроводный транспорт и инженерные сети.

Предназначен для работников науки, образования и производства, будет полезен студентам, магистрантам и аспирантам университетов технических специальностей.

Учредитель: учреждение образования «Полоцкий государственный университет

имени Евфросинии Полоцкой»

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь

тел. 8 (0214) 59 95 44, e-mail: vestnik@psu.by

Компьютерный дизайн *М. С. Мухоморовой*

Техническое редактирование и компьютерная верстка *И. Н. Чапкевич*

ГЕОДЕЗИЯ

УДК 528.065/067:004.6

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

К.С. АЛЕКСЕЕВА, А.В. КИРИЛЛОВА
(Представлено: П.Ф. Парадня)

Статья посвящена анализу программного обеспечения для обработки больших данных (Big Data). Особое внимание уделено программному продукту Google BigQuery GIS, как наиболее подходящему для целей хранения и обработки больших объемов геопространственной информации. Выделены основные характеристики и функции BigQuery. Автором написан скрипт на языке Python для получения геоинформации с сайта Невадской геодезической лаборатории, фрагмент которого и описание приведены в статье.

Мы живем в быстро меняющемся мире цифровых данных и информации. Каждую секунду многочисленные датчики и средства цифровой связи собирают гигабайты и терабайты информации с нашей помощью или независимо от нас обо всем, что нас окружает. Эра больших данных уже началась, и остановить ее уже невозможно, поскольку это будет означать конец научно-технического прогресса. Нет точного определения термина «большие данные». Первоначально идея заключалась в том, что объем информации стал настолько большим, что он фактически не помещался в память компьютера, используемого для обработки, и инженерам пришлось модернизировать инструменты для анализа всех данных. Так появились новые технологии обработки данных (такие как модель Google MapReduce и ее аналог с открытым исходным кодом, Hadoop от Yahoo). Они позволили управлять гораздо большим количеством данных, чем раньше. Кроме того, появились и другие технологии обработки данных, которые ранее также обходились без строгой иерархии и единообразия [1].

На данный момент существует большое количество инструментов Big Data для анализа данных. Анализ данных представляет собой процесс проверки, очищения, преобразования данных для получения необходимой информации. Имеются Big Data-инструменты с открытым исходным кодом, инструменты извлечения, визуализации, баз данных и др. Рассмотрим один из таких инструментов, который может применяться для обработки геопространственных данных – Google BigQuery GIS.

В хранилище данных, таком как BigQuery, информация о местоположении является очень востребованной. Многие важные бизнес-решения связаны с данными о местоположении. Например, можно записывать широту и долготу транспортных средств доставки или посылок с течением времени или же записывать транзакции клиентов и присоединять данные к другой таблице с данными о местоположении магазина. Геопространственная аналитика позволяет анализировать и визуализировать геопространственные данные в BigQuery с помощью географических типов данных и стандартных функций Google SQL geography. BigQuery – это хранилище данных Google со встроенными инструментами сбора, хранения и анализа географических данных. Для обработки сложных данных и изучения больших наборов данных он использует обычные SQL-запросы, которые часто применяются для обработки и визуализации географических данных [2].

Добавление данных в BigQuery осуществляется пакетами, загружая их или передавая напрямую в потоковом режиме, чтобы получать информацию в режиме реального времени (рисунок 1).

BigQuery использует множество встроенных функций, таких как геопространственный анализ, машинное обучение и бизнес-аналитика др., для сбора, хранения, анализа и визуализации данных. Геопространственная аналитика выявляет исторические и текущие изменения путем сбора, отображения и обработки изображений и данных, относящихся к определенному местоположению. Данные для BigQuery могут быть получены из GPS, мобильных устройств, датчиков местоположения, социальных сетей или спутниковых снимков. Собранный информация помогает создавать визуализации данных в виде графиков, карт, статистических таблиц и картограмм. Эти отчеты помогают человеку понять расстояние, близость и смежность, которые не видны в больших наборах данных.

BigQuery GIS – один из немногих программных продуктов, поддерживающий геопространственный анализ больших данных. В нем присутствует просмотр пространственных данных, поддержка произвольных точек, широт, полигонов и другие форматы геопространственных данных. Эта бессерверная архитектура упрощает процесс анализа. Данный продукт помогает анализировать геопространственные данные в больших масштабах, не требуя больших вычислительных мощностей.

Teradata to BigQuery flow

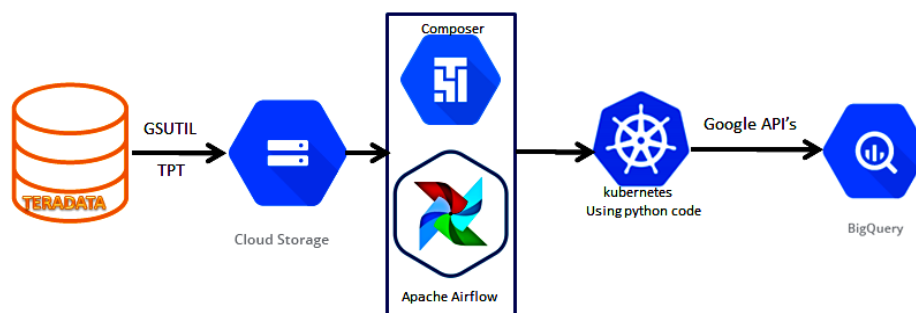


Рисунок 1. – Обработка больших данных в BigQuery

Функции BigQuery сгруппированы по следующим категориям:

1. Конструкторы – функции, которые создают новые географические значения на основе координат или существующих географических данных.
2. Синтаксические анализаторы – функции, которые создают географические данные из внешнего формата, такого как WKT и GeoJSON.
3. Форматирование – функции, которые экспортируют географические данные во внешний формат, такой как WKT.
4. Преобразования – функции, которые генерируют новую географию на основе входных данных.
5. Средства доступа – функции, которые обеспечивают доступ к свойствам географии без побочных эффектов.
6. Предикаты – функции, которые возвращают TRUE или FALSE для некоторой пространственной взаимосвязи между двумя географическими регионами или некоторым свойством географии. Эти функции обычно используются в предложениях фильтров.
7. Меры – функции, которые вычисляют измерения одной или нескольких географических областей.
8. Кластеризация – функции, которые выполняют кластеризацию по географическим регионам.

Ключевые особенности Google BigQuery.

- Полностью управляется Google: Google управляет инфраструктурой хранилища данных. Он поддерживает, обновляет, отслеживает и развертывает все данные или информацию.
- Простота реализации: не требуется никакого дополнительного программного обеспечения, развертывания кластера, виртуальных машин или инструментов с BigQuery. BigQuery – одно из экономичных бессерверных хранилищ данных. Для работы требуется загрузить или напрямую передать данные и запросы.
- Скорость: BigQuery может быстро обрабатывать массивы данных. Он может выполнять запросы на терабайты за секунды и петабайты за минуты.

BigQuery Geo Viz – один из веб-инструментов для визуализации геопространственных данных в BigQuery с использованием API Google Maps. Данный инструмент позволяет запускать SQL-запрос и отобразить результаты на интерактивной карте. Гибкие функции моделирования позволяют анализировать и изучать данные.

BigQuery Geo Viz не является полнофункциональным инструментом визуализации геопространственной аналитики. Geo Viz – это простой способ визуализации результатов запроса геопространственной аналитики на карте, по одному запросу за раз.

Еще одним из инструментов BigQuery является Google Data Studio. Google Data Studio – это бесплатный сервис для самостоятельного создания отчетов и визуализации данных от платформы Google, который подключается к BigQuery и сотням других источников данных. Сервис включает поддержку различных типов географических полей и картографических карт географических полигонов BigQuery. Визуализация на основе Карт Google позволяет отображать географические данные и работать с ними.

Кроме стандартного программного обеспечения и инструментов для реализации функций обработки Big Data имеется возможность создания собственных приложений на одном из языков программирования. Для этих целей в работе был выбран язык Python. На сегодняшний день он считается универсальным языком программирования, который используется, в том числе для веб-разработки и создания специальных решений. Наибольшую популярность он приобрел в области обработки Big Data благодаря следующим преимуществам:

- низкий порог входа;
- множество готовых библиотек;

– наличие API в большинстве фреймворков.

Для примера в процессе работы был написан скрипт на Python, который позволяет извлекать и обрабатывать координаты постоянно действующих станций, используемых для изучения тектонической и геотермальной активности в штате Невада, а также для изучения глобальных закономерностей поверхностной нагрузки и проблем тектоники плит глобального масштаба. Данная информация доступна на сайте Невадской геодезической лаборатории [2]

Рассмотрим фрагмент данного скрипта и его основные функции.

```
import requests
from bs4 import BeautifulSoup
import csv

def get_html(url, params=None):
    r = requests.get(url, params=params)
    return r

def parse():
    html = get_html(URL)
    f.write(html.text)

f = open('e:/pars2.txt', 'w')
URL = 'http://geodesy.unr.edu/gps_timeseries/txyz/IGS14/00NA.txyz2'
parse()
f.close()
```

Опишем операторы и функции, которые были использованы в программном коде.

Вначале выполняем импорт трех библиотек: *requests*, *bs4*, *csv*

Requests - это модуль Python, который используется для отправки всех видов HTTP-запросов. Это простая в использовании библиотека с множеством функций, начиная от передачи параметров в URL-адресах до отправки пользовательских заголовков и проверки SSL.

BeautifulSoup4 (*bs4*) - это библиотека Python для извлечения данных из файлов HTML и XML. Для естественной навигации, поиска и изменения дерева HTML модуль *BeautifulSoup4* по умолчанию использует встроенный в Python парсер *html*.

Библиотека *csv* используется для работы с форматом CSV (Comma Separated Values), который является одним из самых распространенных форматов импорта и экспорта электронных таблиц и баз данных. Функция *get_html* проверяет статус-код ресурса, т.е. узнаёт, работает ли сайт, адрес которого передается в нее как параметр. Инструкция *return* возвращает код запроса. Например, код 200 означает, что ресурс работает и можно с ним взаимодействовать. Функция *parse* получает информацию из веб-страницы и сохраняет ее в локальном файле, который создается оператором *f=open('d:/pars.txt', 'w')*.

В заключении можно отметить, что большие данные уже меняют правила игры во многих сферах деятельности и, несомненно, их объем будет только увеличиваться, а технологии аналитики станут более совершенными. Большие данные – это одна из тех вещей, которые будут определять будущее человечества. В геодезии существует огромное количество данных, ручная обработка которых занимает много времени или вообще практически невозможна. Технология Big Data на порядок упрощает обработку этих данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Майер-Шенбергер, В. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим / Виктор Майер-Шенбергер, Кеннет Кукбер ; пер. с англ. Инны Гайдюк. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 240 с.
2. Лакшанан, В. Google BigQuery. Всё о хранилищах данных, аналитике и машинном обучении / В. Лакшанан, Д. Тайджани. – СПб. : Питер, 2021. – 469 с.
3. Аллен, Б. Д. Основы Python / Б. Д. Аллен. – 2021. – С. 304.
4. Вайгенд, А. Big Data. Вся технология в одной книге / А. Вайгенд – «Эксмо» – 2017. – 384 с.
5. Вандер, Дж. Плас. Python для сложных задач наук о данных машинное обучение / Дж. Плас Вандер. – СПб. : Питер, 2018. – 576 с.
6. Что такое Google BigQuery и почему им стоит пользоваться [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.apix-drive.com/>. – Дата доступа: 30.03.2022.

УДК 528.065/067:004.6

ТЕХНОЛОГИИ BIG DATE И НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

К.С. АЛЕКСЕЕВА, А.В. КИРИЛЛОВА
(Представлено: П.Ф. Парадня)

В статье рассматривается трактовка термина «Big Date» или по-другому «большие данные» и различные аспекты этой терминологии. Приведены практические примеры использования Big Data и риски, связанные с этим. Уделено внимание применению больших данных в науках о Земле.

Определение Big Data впервые появилось в конце 2000-х г. в английском словаре The Oxford English dictionary, которое можно перевести как: «Различные инструменты, а также подходы и методы к обработке как структурированных, так и неструктурированных больших данных для выполнения каких-либо задач и целей» [1].

Большие данные часто называют набором большого количества информации, которые имеют сложную гетерогенную или неопределенную структуру. Иногда большие данные упоминаются как неструктурированная информация, но это неверно – большие данные всегда имеют структуру, они могут быть сложными, поскольку поступают из разных источников и содержат совершенно разную информацию или полностью неизвестны. То есть, как правило, невозможно свести этот беспорядок условно в одну таблицу.

Большие данные, хотя и существуют уже несколько лет, раньше не были очень востребованными. Их было сложно обрабатывать и анализировать – для этого требовались значительные вычислительные мощности, длительное время и финансовые затраты. Все изменилось, когда появилась технология обработки многогигабайтных массивов информации в быстрой оперативной памяти. Прорывы в этой области связаны с выпуском свободно распространяемой платформы Hadoop, которая включает библиотеки, утилиты и фреймворки для работы с Big Data. Компоненты Hadoop сегодня используются в большинстве коммерческих платформ и систем таких компаний, как SAP, Oracle, IBM.

В 2001 г. вышло важнейшее исследование Дуга Ланей, которое указало три главные характеристики больших данных: объем, скорость, разнообразие (так называемые три «V»: Volume, Velocity, Variety) [1]. Большие данные характеризуются большими размерами, большими скоростями их новой генерации и притока, неоднородностью и неупорядоченностью.

Если обратиться к сервису GoogleTrends, который пользуется большими данными для анализа (массивы поисковых запросов и анализ документов на наличие ключевых слов), то рост популярности поискового запроса и темы «большие данные» в мире начинается с 2011 г.

На данный момент цифровые технологии заполнили большую часть жизни человека. Например, размер данных, находящихся в хранилищах по всему миру, увеличивается с каждой минутой, и поэтому условия хранения должны меняться с одинаковой скоростью, открывая новые возможности для увеличения объема. В настоящее время термин «Big Data» все чаще используется для обзора не только массивов данных, но и инструментов, используемых для их обработки, а также потенциальных преимуществ, которые могут быть получены в результате трудоемкого анализа.

Все знают, что основные информационные потоки создают и обрабатывают не люди. Это вызвано внедрением роботизированных машин в жизнь людей, которые на протяжении всего времени связаны друг с другом. Например, системы наблюдения, смартфоны, механизмы для мониторинга, сенсоры и многое другое. Это повлекло за собой огромный скачок в росте больших данных, что вынуждает наращивать количество рабочих серверов, развивать и включать новые data-центры.

Подумав о практических аспектах использования больших данных, исследователи больших данных уверяют, что в будущем людей ожидает ситуация, когда мир адаптируется к каждому человеку. Эксперты преобразовали данные в последовательности цифр для всех человеческих обязательств и интересов – теперь остается только понять, как эти данные будут использоваться.

В настоящее время применение больших данных можно наблюдать в различных сферах деятельности. Например, в розничной торговле – это история о потребителях: что они покупают, подробная информация о чеках, скидках в настоящее время в различных торговых центрах и другое.

Банки и страховые фирмы так же собирают информацию о клиентах, их действиях, денежных переводах и т.д.

Большие данные также определяют формирование социального сектора. Возможность собирать и анализировать информацию со счетчиков воды, газа и электроэнергии является первым и наиболее важным шагом на пути к значимому потреблению ресурсов как на уровне домохозяйств, так и в масштабах жилищных компаний. Так, например, внедрение больших данных позволило эстонской распределительной

тельной компании Elektrilevi вместе с Egissson, которая запустила интеллектуальную систему учета электроэнергии, повысить эффективность производства на 20% только за первые два года реализации плана и избежать дорогостоящих потерь из-за своевременного обнаружения неисправностей [11].

В телекоммуникациях большие данные – это вся служебная информация, поступающая с сетевых устройств, история использования всех видов услуг, информация о местоположении и весь трафик, который можно анализировать, а также вся служебная информация, вплоть до текстовых сообщений. Операторы имеют доступ к такой информации, но в соответствии с «Законом о защите персональных данных» они не имеют права использовать эту информацию без разрешения владельца устройства. Однако, они могут анализировать обширный трафик, который не содержит личной информации, могут выполнять сортировку клиентов по типам в соответствии с поведением и предпочтениями потребителей и т.п. Кроме того большие данные могут применяться для выявления и предотвращения краж, мошенничества (действий киберпреступников, направленных на кражу денежных средств).

По сути, фирмы обращаются к большим данным, чтобы повысить эффективность принимаемых решений и снизить риски неправильных решений. Но считается, что сами большие данные также сопряжены с рисками:

- Риск конфиденциальности. Если произошла потеря данных, и они попали в руки конкурентов, для компании это достаточно серьезный инцидент, так как будет нанесён ущерб ее репутации.

- Риск потери данных. Это относится к потере данных в целом, например, в результате действий мошенников или чрезвычайных ситуаций. Чтобы предотвратить возникновение этих проблем, необходимо создать резервную копию данных.

- Риск переполнения хранилища. Обычно это происходит в результате неправильного хранения данных. Необходимо правильное формирование хранилища и тщательный отбор данных.

- Риск снижения эффективности больших данных. Отбор действительно важных данных должен быть выполнен достаточно обоснованно. Из-за накопления нежелательной информации полезность содержимого данных снижается.

- Риск ошибок больших данных. Даже незначительные упущения могут привести к значительным проблемам. И ошибки не исключены в случае работы с большим объемом данных. В итоге необходимо периодически пересматривать данные и анализировать эффективность инструментов.

- Риск экономической неблагоприятности. Не всегда аналитики находят необходимую для них информацию в нужном объёме, и избавиться от этого риска невозможно. Однако, правильно распоряжаясь ресурсами, есть шанс его минимизировать.

Ключом к появлению больших данных можно считать неявную информацию. Неявные знания – это тип знаний, которые нелегко передать другим. Сама по себе неявная информация характеризуется слабой структурой, которая считается признаком больших данных [2]. Например, особенность получения информации при цифровой аэрофотосъемке и дистанционном зондировании заключается в том, что данные сначала накапливаются, а затем начинают обрабатываться через некоторое время. В то же время на аэрокосмических изображениях могут быть изображения сложных комбинаций различных объектов. В аэрокосмической фотографии изображение создается как совокупность наложенных друг на друга объектов. Например, облака могут закрывать часть области, при фотографировании водной поверхности она становится прозрачной до определенной глубины. И все объекты на снимке отображаются так, как если бы они были на одном слое.

Сложность как источник больших данных. Индивидуальность термина «сложность» заключается в том, что это объект (или атрибут), связанный с другим объектом. Это приводит ко всевозможным сложностям. Например, выделяют виды сложности по связи с объектом: сложность организационно-технической системы, сложность процесса (действия), сложность явления, условная колмогоровская сложность, простая колмогоровская сложность, префиксная сложность, сложность ситуации, сложность теории и т. д. Таким образом, термин «сложность» требует указания связанного объекта, для которого оценивается сложность. В противном случае степень сложности станет недостаточной [3; 4]. Сложности качественно разных сущностей или разных атрибутов могут быть несопоставимыми.

Различают разные сложности одного и того же объекта:

- структурная сложность объекта [5];
- сложность процессов, в которых участвует объект;
- сложность получения решения в разрешенное время – временная сложность;
- сложность, возникающая из-за ограниченного объема памяти вычислительной системы, обрабатываемой в больших объемах – емкостная сложность;
- сложность определения местоположения в пространстве – пространственная сложность позиционирования;
- сложность формы объекта – морфологическая сложность;

- сложность ситуации, в которой находится объект - ситуационная сложность;
- сложность местоположения объекта - позиционная сложность;
- сложность декодирования объектов - криптографическая сложность [5];
- сложность определения явления, с которым объект связан;
- сложность теории, описывающей поведение объекта и т. д.

Следовательно, для полноты исследования можно упомянуть «обобщенную сложность» объекта и «качественную сложность».

Для характеристики больших данных обычно используются критерии «три V»: объем (volume – V1), скорость (velocity – V2), разнообразие (variety – V3), и следует добавить сложность (complex – C1).

Например, обработка серии аэрофотоснимков и космических снимков приводит к получению файлов большого размера. Эта ситуация усугубляется появлением сканеров с высоким разрешением, которые значительно увеличивают информационную емкость изображений и создают проблемы для их обработки. Критерий V1 проявляется в науках о Земле, например, при хранении гигабайтных и терабайтных файлов при работе с многомасштабными картами и банками пространственных данных [4]. Критерий V2 – при уравнивании больших систем уравнений [6]. Это также происходит при оперативном управлении движущимися объектами. Критерий V3 характеризует моделирование сложных систем большого регионального охвата и семантический анализ информационных объектов [7]. Критерий C1 применяется при топологическом анализе сложных транспортных и других сетей [8; 9].

В заключение следует отметить, что появление больших данных можно рассматривать как отражение процессов глобализации. Их анализ требует применения высокопроизводительных вычислительных технологий и инструментов. Их основная проблема – это, во-первых, сложность, а во-вторых, большой физической объем информации. Большие объемы данных создают проблемы при создании источников информации из этих данных. По сути, большие данные рассматриваются как новая форма информационного барьера. Они качественно отличаются от обычных данных тем, что при их обработке и анализе происходит семантический разрыв. С одной стороны, большие данные приводят к созданию и решению новых задач, а с другой – к созданию интегрированных и инклюзивных систем и технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Как зарождалась эра Big Data [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rb.ru/story/era-big-data/>. – Дата доступа: 30.03.2022.
2. Сигов, А.С. Неявное знание: оппозиционный логический анализ и типологизация / А.С. Сигов, В.Я. Цветков // Вестник Российской Академии Наук. – 2015. – С. 800–804.
3. Вьюгин, В.В. Колмогоровская сложность и алгоритмическая случайность / В.В. Вьюгин. – М. : ИППИ РАН, 2012. – 131 с.
4. Тихонов, А.Н. Основы управления сложной организационно-технической системой. Информационный аспект. / А.Д. Иванников, И.В. Соловьёв, В.Я. Цветков. – М. : МаксПресс, 2010. – 228 с.
5. Tsvetkov V.Ya. Complexity Index // European Journal of Technology and Design. – 2013. – Vol. (1). №1. – P. 64–69.
6. Михайлович, К. Геодезия (уравнительные вычисления) / К. Михайлович ; пер. С.В. Лебедева ; под ред. В.Д. Большакова. – М. : Недра, 1984.
7. Цветков В.Я., Железняков В.А. Мультимасштабная электронная карта как основа системы учёта земель // Государственный советник. – 2014. – № 1. – С. 28–37.
8. Железняков, В.А. Интеллектуальное обновление информации в банке геоданных // Инженерные изыскания. – 2012. – № 5. – С. 58–61.
9. Свами, М. Графы, сети и алгоритмы. / М. Свами, К. Тхуласираман. – М. : Мир, 1984. – Т. 198.
10. Большие данные (Big Data) – одна из ключевых технологий будущего [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/2614791>. – Дата доступа: 15.04.2022.

УДК 528.71: 631.17

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

М.А. ГЕРАСИМОВА*(Представлено: П.Ф. Парадня)*

В статье рассмотрены виды работ, которые выполняют беспилотные летательные аппараты для задач точного земледелия, приведены основные характеристики БПЛА в зависимости от требуемых функций. Основное внимание уделено требованиям при работе с БПЛА и порядок выполнения аэрофотосъёмки с помощью DJI Phantom4.

В точном земледелии геодезисты участвуют в основном в двух видах работ: определении границ полей и анализе плодородия поля. Определение границ полей выполняется для создания карт маршрутов агротехники, отслеживания полевых работ, планирования урожайности, ведения полевых записей. Анализ плодородия полей выполняется для повышения урожайности, определения конкретных проблем, влияющих на плодородие и пути их устранения.

В настоящее время использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в геодезии постепенно становится повседневной практикой. С их помощью всего за несколько минут можно получить снимки объектов и в дальнейшем использовать их. В точном земледелии для съёмок полей используют два вида БПЛА. Первым является аппарат самолетного типа (летающее крыло), который больше подходит для съёмки вытянутых полей, так как конструкция не позволяет зависать над одним объектом. Вторым видом являются коптеры и дроны, которые отлично справляются и с точечной съёмкой (рисунок 1). К их недостаткам можно отнести небольшой радиус полета. Современные беспилотники способны выполнять в земледелии различные функции: видеосъёмку, аэрофотосъёмку, лазерное сканирование и даже опрыскивание посевов.

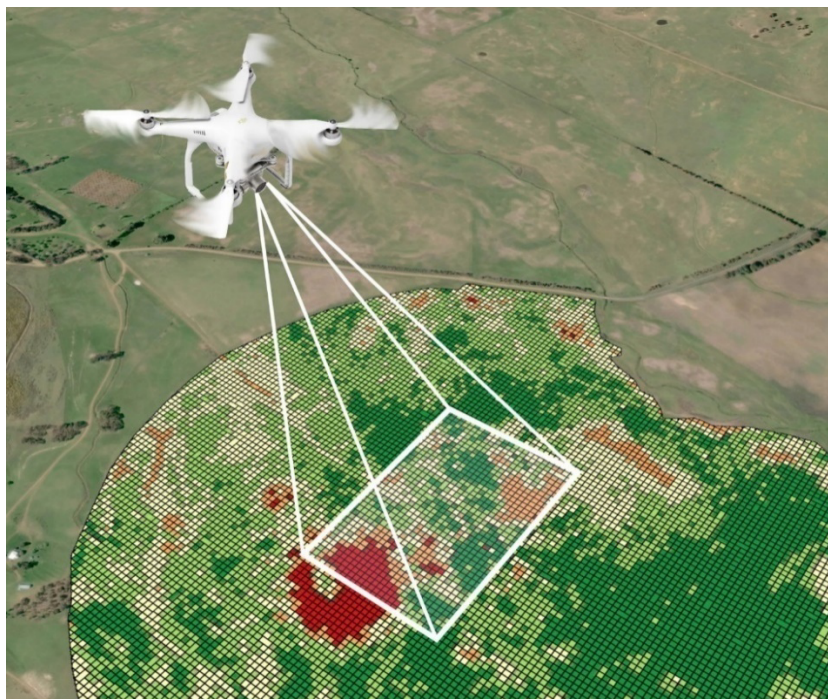


Рисунок 1. – Съёмка местности с использованием квадрокоптера

Наиболее популярными моделями беспилотников для геодезических работ являются Yuneec H520 RTK и DJI Phantom 4 RTK, где RTK – это система спутниковой навигации, используемая для повышения точности данных о местоположении БПЛА.

Промышленный дрон Yuneec H520 RTK не имеет бесполётных зон, точно определяет местоположение с использованием GPS, Glonass, Galileo, BeiDou. Этот БПЛА позволяет продолжить безопасный полёт даже в случае отказа одного из моторов. Отснятые данные для дальнейшей обработки сохраняются на SD-карту. В Phantom 4 RTK встроен новый модуль RTK, который обеспечивает получение данных

позиционирования в режиме реального времени с точностью до сантиметра и с минимальной абсолютной погрешностью метаданных изображения. Под приемником RTK расположен модуль спутниковых систем позиционирования, обеспечивающий стабильность полета в местности со слабым сигналом, например, в крупных городах. Совмещение этих двух модулей в Phantom 4 RTK способствует оптимизации безопасности полета и получению точных данных для геодезии и картографии [1].

До начала выполнения работ составляется задание на аэрофотосъемку. Данные о примерных границах полей предоставляется заказчиком, зачастую в виде агрохимического обследования, возможно использование и других различных картматериалов о полях. Далее на основе примерных границ выбирается метод съемки. Рассмотрим выполнение при помощи квадрокоптера DJI Phantom 4 RTK аэрофотосъемки полей, которая состоит из основных четырех этапов: подготовка оборудования к полету, планирование маршрута, полет, обработка полученных данных.

Перед планированием полета необходимо проверить регистрацию БПЛА, отсутствие запретов на полеты в области проводимых работ, оборудование на предмет исправности, прогноз погоды. За день до работы с БПЛА требуется определить время работы и убедиться, что во время работы соблюдается ряд требований [2]:

– Хорошие погодные условия. В случае даже минимальных осадков полеты для аэрофотосъемки на БПЛА невозможны из-за того, что работающие винты квадрокоптера формируют плотную взвесь капель в области камеры, из-за которой становится невозможным получение качественного фотоматериала. Предельная скорость ветра при полетах – не более 10 м/с или 36 км/ч.

– Достаточное освещение. Для этого необходимо определить время восхода и захода солнца. В случае яркого освещения для повышения контрастности фотоснимков возможно использование поляризационных фильтров, которые делают фотографии более контрастными и уменьшают блики, ультрафиолетовых фильтров, которые защитят камеру от механических повреждений, а фотографии – от воздействия ультрафиолета.

– Количество видимых спутников. Минимальное количество видимых спутников для выполнения аэрофотосъемки – 9.

Далее идет планирование маршрута. Для того, чтобы произвести качественную съемку, необходимо заранее спланировать маршрут над всей снимаемой территорией. Часто рекомендуют использовать программы планирования маршрутов полета, благодаря которым он строится автоматически. Использование ручного режима полета предпочитают опытные пилоты, так как он помогает быстрее выполнить задание.

Для планирования полетов и выполнения съемки можно использовать приложение «GS RTK». Оно полезно при съемке с целью картографирования и инспекций. В случае возникновения неблагоприятных условий, например, сильного ветра или дождя, пилот получит предупреждение в приложении. Приложение «GS RTK» позволяет осуществлять управление Phantom 4 RTK в двух режимах: «Фотограмметрия» и «Полет по точкам». В них легко можно составить маршрут и регулировать степень наложения кадров, параметры камеры, скорость в процессе съемки. Настройка параметров камеры БПЛА – очень ответственная задача, когда необходимо учитывать много факторов, влияющих на качество снимков.

Следующий этап – полет, состоящий из взлета, самого полета и посадки БПЛА. Взлет рекомендуется проводить с подготовленной площадки. Это может быть асфальт или кейс от квадрокоптера, используемый для его транспортировки, но категорически не рекомендуется взлетать с машины, так как произойдет сбой магнитометра БПЛА. Далее пилоту необходимо проконтролировать выход БПЛА на заданный курс.

После окончания аэрофотосъемки начинается этап обработки снимков. Для этого требуется загрузить исходные фотоснимки и указать систему координат. У квадрокоптера DJI Phantom 4 снимки сохраняют в отдельные папки каждого взлета, а не миссии, поэтому сначала надо распределить папки съемки по миссиям для более удобной обработки. При использовании снимков, полученных с помощью аналоговых камер, необходимо вручную задать начальные значения параметров калибровки камеры и указать координатные метки для каждого снимка.

Таким образом, БПЛА получили широкое распространение в точном земледелии. Основное преимущество их использования – экономия времени. В среднем сбор данных с помощью БПЛА проходит в 15 раз быстрее традиционных наземных методов. Кроме того, появляется возможность выполнения съемки в любых труднодоступных районах.

ЛИТЕРАТУРА

1. PHANTOM 4 RTK [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://quadro.ua/ru/dji-phantom-4-rtk/> – Дата доступа: 10.09.2022.
2. Инструкция по аэрофотосъемочным работам (АФС) с помощью БПЛА DJI PHANTOM 4 GEOBOX RTK/PPK [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.geobox.ru/articles/instruktsiya-po-aerofotosemochnym-rabotam-afs-s-pomoshchyu-bpla-dji-phantom-4-geobox-rtk-ppk/> – Дата доступа: 11.09.2022.

УДК 631.17:528.4

ТЕХНОЛОГИИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ИХ КАРТОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

М.А. ГЕРАСИМОВА*(Представлено: П.Ф. Парадня)*

В статье рассмотрены теоретические аспекты технологии точного земледелия и преимущества использования в агропромышленном комплексе. Представлены характеристики аппаратной и программной составляющих данной технологии. В контексте материала уделено внимание картографо-геодезическому обеспечению точного земледелия.

Сельское хозяйство является важной отраслью экономики Республики Беларусь, обеспечивающей продовольственную безопасность и экспортный потенциал. От его развития зависит экономический рост, состояние окружающей среды и его благосостояние. С развитием технологий возник вопрос об улучшении данной отрасли. С помощью технологий точного земледелия можно увеличить объёмы выращиваемой сельскохозяйственной продукции, уменьшить расходы и использование химикатов в обработке полей, что даст улучшение состояния окружающей среды. Поставленную задачу решает новое направление под названием точное (прецизионное) земледелие, которое в настоящее время получает все большее распространение во многих странах, в том числе некоторых районах Республики Беларусь.

Точное земледелие — это система управления продуктивностью посевов, основанная на использовании комплекса спутниковых и компьютерных технологий. Вместо того чтобы пахать, сеять, вносить удобрения «на глаз», как это делалось на протяжении всей предыдущей истории сельского хозяйства, сегодня можно точно рассчитать количество семян, удобрений и других ресурсов для каждого участка поля с точностью до метра. На основе спутниковых данных и данных, полученных в лабораториях, составляется карта участка местности, которая даёт возможность в дальнейшем более рационально использовать ресурсы, что позволяет избежать недостатка удобрений или их перерасход в отдельных местах поля [1].

Концепция точного земледелия впервые появилась в Соединенных Штатах в начале 1980-х годов. Конструкторы понимали, что система точного земледелия должна быть основана на последних достижениях электроники. Но первые эксперименты показали, что приборы не приспособлены для использования в трудных условиях, требуют дорогостоящего ремонта и обслуживания. Это подвигло создать специальные адаптированные микропроцессоры, электронные приборы, а также различного рода датчики.

Однако, использование данных технологий принесло много финансовых затрат. В связи с этим во многих странах стали предпринимать способы, чтобы упростить и снизить стоимость агрегатов. Для этого стали использовать специальные электронные приборы, которые были способны определять урожайность, одновременно записывая эту информацию с координатами в бортовой компьютер, который в свою очередь передавал эти сведения на обработку. Это позволило составить карту участка местности с агрохимическим составом почвы и урожайности.

Технология успешно зарекомендовала себя и начала использоваться в США, Канаде, Бразилии и в странах Европы. В настоящее время к работе по изучению технологий точного земледелия присоединились Венгрия, Чехия, Словения и Эстония. Причем в создании качественно новых, высокоточных и высокопроизводительных машин западноевропейские страны значительно обошли США и Канаду.

В последние годы система точного земледелия используется в лишь небольшом количестве сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь. В первую очередь это связано с финансовыми трудностями. Как говорилось ранее, точное земледелие — это множество отдельных технологий, которые внедряются в производство по усмотрению руководителей агропредприятий или собственников различных хозяйств, так как это позволяет использовать не все технологии сразу, а лишь некоторые из них.

Точное земледелие состоит из программного и аппаратного обеспечений. К программному обеспечению относят технологии, связанные с компьютерным процессом обработки, получения и вывода информации. Аппаратное обеспечение представляет собой использование различного назначения сельскохозяйственной техники, датчиков, механизированных процессов и т.п. В основе системы точного земледелия лежит составление карт участков местности с их полными характеристиками. Не следует путать эти карты с кадастровыми, которые существуют для каждого поля и не несут никакой полезной информации в производственном процессе, кроме определения границ участка. Помимо этого, необходимы точные данные о химическом составе почвы, залегании подземных вод, рельефе местности [2]. Это необходимо для более точного применения различных спутниковых и компьютерных технологий. Составление карт осуществляется различными методиками: взятие проб грунта с целью дальнейшего проведения лабораторных анализов, получение информации со спутников, общий анализ каждого участка.

Карты составляются в электронном виде с помощью специальных компьютерных программ, которые интегрируют их с остальным оборудованием. На основе полученных электронных карт создают точные инструкции по количеству удобрений, семян, воды, которые нужно внести на каждый участок поля. Эти инструкции загружаются в компьютеризированную сельхозтехнику, выходящую в поле. Далее машина обрабатывает поле с минимальным участием человека, который просто контролирует правильность исполнения этих инструкций. Руководствуясь инструкциями и ведомая с помощью спутниковой навигации, машина сама регулирует количество вносимых удобрений и семян на каждом участке поля. При этом исключаются просветы и нахлесты между обработанными участками.

Система параллельного вождения является одной из самых доступных технологий точного земледелия, так как она требует наименьшего материального вложения для ее внедрения и позволяет получать больший эффект. Основана она на использовании спутниковой навигации. Еще более доступной технология параллельного вождения становится, если использовать бесплатный GPS-сигнал. В этом случае движение сельскохозяйственной техники осуществляется с точностью до 30 см, а при использовании платного сигнала точность доходит до 2,5 см, что позволяет радикально сократить площадь необработанных или повторно обработанных участков поля. Благодаря этому получается снизить затраты на используемые ресурсы – семена, удобрение, топливо.

Применение современных девайсов (ноутбуков, планшетов, смартфонов) также является частью систем точного земледелия. Установив на них специализированное программное обеспечение и приложения можно более оперативно отслеживать и анализировать состояние полей во время выездов на местность. Автоматизирование многих процессов привело к созданию роботизированных систем, которые способны справляться с разного рода сельскохозяйственными задачами, как полив, посев, внесение удобрений, поддержание благоприятного климата [3].

Дифференцированное внесение жидких и твердых удобрений и ядохимикатов по полю в соответствие с технологической картой с целью уменьшения расхода удобрений и увеличения урожайности обеспечивается системами дифференцированного внесения, включающих бортовой компьютер со встроенным приемником DGPS, антенну EGNOS GPS, чип-карту для обмена с внешними системами и программное обеспечение. Разместив в полях беспроводные датчики, можно в реальном времени отслеживать состояние посевов, уровень влажности почвы и другие важные параметры удаленно и вовремя реагировать на изменения. Это позволяет избежать выезда на местность, которое требует времени и затрат на топливо. Также программное обеспечение позволяет контролировать все процессы находясь в одном месте, что даёт большое удобство для работодателя.

Благодаря возможности фрагментарного использования систем точного земледелия, многие сельхозпредприятия выбирают для себя технологии, которые подходят им для решения определённых задач с учетом особенностей их участка местности и финансово. Применение датчиков урожая обеспечивает определение урожайности и влажности зерна с единицы площади, с учетом местоположения комбайна и неровностей поля. Система может устанавливаться на любой комбайн. В ее состав, помимо GPS приемника, входят: оптический датчик объема зерна в бункере, датчик влажности зерна, датчик поперечных и продольных отклонений, электронно-вычислительный модуль определения урожайности, бортовая информационная система, карточка памяти, калибратор [4].

Важным элементом во многих технологиях точного земледелия является применение датчиков GPS-мониторинга. Это позволяет не только создавать системы управления для построения маршрута сельскохозяйственной техники при движении по полю, но и для отслеживания ее местоположения на местности, что повышает уровень безопасности и уменьшает возможность краж на производстве. По результатам GPS-измерений программное обеспечение выполняет постобработку и выдает оператору информацию о текущих координатах нахождения объекта, его скорости, пройденном расстоянии, обработанной площади, расходе топлива.

На основе данных, хранящихся на сервере, осуществляется определение местоположения техники и отображение его на специализированной карте. Таким образом, можно видеть перемещение автомобильной и сельскохозяйственной техники на фоне электронной карты полей. Параметры, измеряемые дополнительно установленными датчиками, отображаются в виде условных знаков, текстовых надписей, графиков и диаграмм. Диспетчерский центр ведет накопление измеряемых параметров в целях формирования отчетов по установленным формам. Также через средства диспетчерского центра осуществляется голосовая связь с водителями сельскохозяйственной техники. При помощи системы решаются задачи учета фактических работ. На основе информации, поступающей в автоматизированную систему, осуществляется формирование отчетов и проводится сравнительный анализ. Статистические данные могут быть подготовлены для размещения на Web-серверах предприятий для обеспечения удаленного доступа к ним. Таким образом, становится возможным проведение анализа указанной информации на любом компьютере, подключенном к сети Internet.

Для отображения картографической и отчетно-справочной информации в среде Internet можно использовать GIS WebServer. Это серверное программное обеспечение позволяет настраивать внешний вид

и состав Web-страниц. При этом основным содержанием страницы является графическое представление карт, растров и прочей географически привязанной информации. GIS WebServer предоставляет конечному пользователю Web-интерфейс для работы с отчетными картами и таблицами базы данных в виде сгенерированных Web-страниц, обращение к которым производится стандартным браузером [5].

Использование технологий точного земледелия в сельском хозяйстве дает ряд преимуществ: минимизация затрат на сырьё и материалы, улучшение характеристик используемых участков земли и др. Это способствует улучшению качества получаемой продукции, повышению урожайности и снижению негативного влияния на окружающую среду. Однако, на пути внедрения данных технологий стоит несколько препятствий, которые с определенной долей условности можно назвать недостатками: высокая стоимость использования аппаратных средств, сложность использования этих технологий из-за недостаточного количества специалистов в данной сфере и отсутствия практического опыта. И всё же эти недостатки нельзя считать существенными.

Картографо-геодезическое обеспечение в свою очередь является неотъемлемой частью точного земледелия. Использование современных методов координирования границ полей дает возможность эффективного использования ресурсов сельхозпредприятий, а картографическая основа позволяет реализовывать организацию работы и управление сельскохозяйственной техникой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Что такое точное земледелие и зачем оно применяется [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ttz.by/about-technology/>. – Дата доступа: 11.09.2022.
2. Принципы точного земледелия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ursn-nnov.ru/news/723/?nid=8730&a=entry.show>. – Дата доступа: 10.09.2022.
3. Точное земледелие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://сельхозпортал.рф/articles/tochnoe-zemledelie/>. – Дата доступа: 10.09.2022.
4. Сущность системы точного земледелия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kas32.com/post/view/21>. – Дата доступа: 10.09.2022.
5. ГИС ПАНОРАМА – GIS WebServer AGRO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gisinfo.ru/products/giswebserveragro.htm>. – Дата доступа: 10.09.2022.

УДК 528.4

**ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ
ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ****А.И. ДАВИДОВСКАЯ, К.В. ИГНАТЕНКО**
(Представлено: М.В. Волошина)

В данной статье рассмотрены назначение, основные принципы и особенности выполнения инженерно-геодезических изысканий линейных сооружений, обсуждаются основные методы съемок.

Линейные сооружения представляют собой протяженную наземную, надземную или подземную инженерно-строительную систему, предназначенную для выполнения производственных процессов различного характера. К линейным сооружениям относятся: автомобильные, железные и подъездные дороги, метрополитен, линии связи и электропередач, трубопроводы, каналы, тоннели и т.д. [2].

Инженерно-геодезические изыскания (ИГИ) линейных сооружений – комплекс работ, направленный на получение топографо-геодезических данных путем создания обоснования планового и высотного положения трассы, развитие геодезической сети, нанесение на карты геологических выработок гидрометрических створов и других данных [1]. Основными техническими нормативно-правовыми актами (ТНПА), регулирующими порядок выполнения инженерно-геодезических изысканий являются: СН 1.02.01-2019, СН 1.03.02-2019, СТБ 21.303-99, ТКП 45-1.02-293-2014, Пособие к ТКП 45-1.03-313-2018 и др.

Инженерно-геодезические работы, выполняемые по изысканию трассы, называются трассированием. Основными документами ИГИ линейных сооружений являются план трассы и продольный профиль трассы. В процессе изыскания трасс решаются две основные задачи:

- сбор необходимых топографических материалов для составления проекта линейного сооружения и других сооружений на трассе;
- выбор оптимального, технико-экономически обоснованного варианта трассы линейного сооружения [4].

Согласно [1] в состав ИГИ, в том числе линейных сооружений, входят сбор и анализ материалов и данных ИГИ прошлых лет, рекогносцировочное обследование трассы, построение опорных геодезических сетей, создание планово-высотной съемочной сети, создание и обновление инженерно-топографических планов в масштабе 1:5000 – 1:200 со съемкой подземных и надземных сооружений и т.д. [1].

Работы по сгущению геодезических сетей осуществляются, как правило, спутниковыми методами [1], что характеризуется высокой точностью, быстротой выполнения работ и экономичностью, но не исключает применение методов триангуляции, трилатерации, полигонометрии и т.п., для создания высотных опорных сетей – метода геометрического нивелирования.

Съемочная геодезическая сеть строится в развитие опорной геодезической сети или в качестве самостоятельной геодезической основы. Определение координат и высот пунктов съемочной сети также целесообразно выполнять с помощью спутниковых методов. Развитие съемочных сетей также может выполняться теодолитными ходами или заменяющими их триангуляцией (микротриангуляцией) или трилатерацией, прямыми, обратными и комбинированными засечками, а также сочетанием различных методов и ходов геометрического и тригонометрического нивелирования [1].

Общим подходом при создании съемочной геодезической сети можно рассматривать следующее: предпочтительнее использовать спутниковый метод, а на закрытой древесной растительностью, многоэтажной городской застройкой местности – использование электронного тахеометра. Применение того или иного метода создания съемочного обоснования зависит также от имеющегося на предприятии оборудования. Согласно СН 1.02.01-2019 топографические съемки местности выполняются наземными, аэрофототопографическими и спутниковыми методами.

Тахеометрическая съемка остается одной из наиболее востребованных при выполнении ИГИ небольших участков местности. В последние годы одной из ведущих является съемка с помощью БПЛА. Съемка подразумевает минимальное время выполнения работ в поле и высокое качество результатов. В настоящее время метод цифровой съемки с использованием БПЛА претерпевает изменения, совершенствуется. Однако, оценив достоинства метода выполнения ИГИ практически каждая организация, выполняющая ИГИ, стремится к широкому использованию метода цифровой съемки с БПЛА для выполнения съемочных работ в ходе изысканий.

Также к новым методам топографической съемки местности относится наземное лазерное сканирование. Оно может выполняться, как отдельный вид работ, так и в комплексе с другими видами работ, такими как тахеометрическая съемка, спутниковое определение и другое [2]. Однако, широкого использования пока в Беларуси не находит для целей ИГИ линейных сооружений.

Авторами [3] отмечается достаточно широкое использование такого метода как воздушное лазерное сканирование в сочетании с цифровой съемкой. Для авиасъемки используются гибридные сенсорные системы, объединяющие однокамерную или многокамерную систему с блоком лазерного сканирования. Получение всех соответствующих данных одновременно во время полета экономически выгодно, а сочетание нескольких источников данных приводит к высокой степени полноты и надежности набора данных, поскольку недостатки одного метода могут быть компенсированы другим [3].

К геодезическим приборам, используемым в ходе выполнения полевых работ, можно отнести ГНСС-приемник, тахеометр, в зависимости от выбранных методов создания съемочных сетей, съемок, а также нивелир, рулетка, трубо-, кабелеискатель при съемке подземных коммуникаций и др. Если используется цифровая съемка с БПЛА, то и БПЛА.

Возможно комбинированное использование электронного тахеометра, GPS приемника, БПЛА, но с условиями и факторами, позволяющими выполнить геодезические измерения с необходимой точностью. Полученных данных только с БПЛА может быть недостаточно для проектирования, но их можно использовать для разработки проекта планировки территории [4].

Особенность геодезических изысканий для линейных объектов заключается в том, что измерения необходимо проводить на всем протяжении линейных сооружений. Поэтому для трасс значительной длины с целью ускорения процесса часто применяют инновационные методы: аэрофотосъемку, лазерное сканирование и т.п. [4].

Учитывая конструктивные особенности различных видов линейных сооружений, инженерно-геодезические изыскания имеют как общие черты, так и свои особенности. Например, ИГИ автомобильных дорог представляет собой в принципе наибольший объем ИГИ среди различных видов линейных сооружений; при ИГИ линий электропередач необходимо соблюдать требования габаритного приближения проводов; ИГИ линий связи проводят, как правило, в одну стадию.

Инженерные изыскания являются необходимым этапом возведения сооружения. Методы выполнения тех или иных видов работ в ходе ИГИ, приборы постоянно совершенствуются, обеспечивая более быстрое, удобное их выполнение.

ЛИТЕРАТУРА

1. СН 1.02.01-2019 Инженерные изыскания для строительства. – Минск, 2020.
2. ТКП 52.3.01-2020 (33520) «Оценка стоимости капитальных строений (зданий, сооружений), изолированных помещений, машино-мест как объектов недвижимого имущества».
3. Susan, S. (2020) Перевод: Дворкин Б.А GISCaFe: основные тренды развития ГИС-индустрии в 2020 году [Electronic resource]. – Режим доступа: <https://sovzond.ru/press-center/articles/gis-mapping/6771/>. – Дата доступа: 1.10.2022.
4. Инженерные изыскания линейных объектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gektargroup.ru/articles/inzhenernye-izyskaniya/inzhenernye-izyskaniya-lineynykh-obektov/>. – Дата доступа – 1.10.2022

УДК 528.4

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАБОТКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ****А.И. ДАВИДОВСКАЯ, К.В. ИГНАТЕНКО**
(Представлено: М.В. Волошина)

В данной статье, мы рассмотрим программное обеспечение обработки и представления результатов инженерно-геодезических изысканий для линейных сооружений, их особенности и основные возможности.

Инженерные изыскания представляют собой обязательную часть градостроительной деятельности, которая обеспечивает комплексное изучение природных условий территории (региона, района, площадки, участка, трассы) и факторов техногенного воздействия на территорию объектов капитального строительства для решения следующих задач [1]:

- установления функциональных зон и определения планируемого размещения объектов при территориальном планировании;
- выделения элементов планировочной структуры территории и установления границ земельных участков, на которых предполагается расположить объекты капитального строительства, включая линейные сооружения;
- определения возможности строительства объекта;
- выбора оптимального места размещения площадок (трасс) строительства;
- принятия конструктивных и объемно-планировочных решений;
- составления прогноза изменений природных условий;
- разработки мероприятий инженерной защиты от опасных природных процессов;
- ведения государственного фонда материалов и данных инженерных изысканий и формирования информационных систем обеспечения градостроительной деятельности всех уровней.

Линейное сооружение – сооружение, представляющее собой протяженную наземную, надземную или подземную инженерно-строительную систему, предназначенную для выполнения производственных процессов различного вида [4].

К линейным сооружениям относят:

- автомобильные, железные и подъездные дороги, метрополитен, аэропорты;
- линии электропередачи, линии связи;
- трубопроводы, каналы и тоннели, мелиоративные системы, гидроузлы [4].

При любых видах изысканий не обойтись без программных продуктов. Рассмотрим основные программные продукты, используются при обработке результатов инженерно-геодезических изысканий. Среди них программные продукты семейства Credo, AutoCAD, а именно: Credo ДОРОГИ, Credo ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ, CREDO Топоплан, CREDO Трубопровод. Изыскания, AutoCAD Civil 3D, GeoniCS Изыскания.

Рассмотрим подробнее программные продукты. Система Credo ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ предназначена для создания цифровой модели местности (ЦММ) инженерного назначения по данным топогеодезических изысканий, подготовки ЦММ для последующего проектирования, камеральной укладки и редактирования трасс, выпуска чертежей топографических планов, планшетов, чертежей профилей и ведомостей. Области применения данного программного обеспечения (ПО):

- полосные и площадные инженерные изыскания объектов промышленного, гражданского и транспортного строительства,
- подготовка информации для кадастровых систем (наземные методы сбора),
- создание цифровых моделей местности,
- ведение дежурных планов,
- землеустроительные работы,
- исполнительные съемки [3].

Основные функциональные возможности Credo ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ, которые автоматизируют процесс обработки результатов геодезических изысканий линейных сооружений: обработка засечек, обмеров, створных измерений; автоматическое создание подписей для точечных, линейных и площадных топографических объектов; возможность создания и редактирования профиля линейного сооружения; построение цифровой модели рельефа нерегулярной сеткой треугольников с использованием структурных линий; отображение рельефа с необходимыми настройками стилей поверхностей – горизонталями (с возможностью задания требуемой высоты сечения рельефа, создания надписей и бергштри-

хов) или откосами, обрывами (с настраиваемым шагом и длиной штрихов); моделирование вертикальных поверхностей (бордюров, подпорных стенок и т.п.); интерактивное создание и редактирование трасс с использованием различных методов трассирования, в том числе с применением полевых материалов; проложение трасс в стесненных и сложных условиях, например, в горной местности или при реконструкции дорог; возможность создания политрасс; разбивка пикетажа, в том числе с использованием «рубленных» пикетов различных видов; создание и редактирование углов поворота закруглений трасс; создание, просмотр, редактирование продольных профилей трасс в окне профиля; в случае пересечения с линейными объектами – отображение пересечек в профиле условными знаками [3].

Анализируя возможности ПО Credo ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ можно выделить ее гибкость и универсальность при обработке результатов изысканий. Как видно, ее можно использовать не только для построения профилей, разбивки пикетажа и других видов работ, связанных с линейными сооружениями, но и для построения ЦММ, а также подготовки данных для землеустроительных работ и исполнительных съемок [3].

Программа Credo ТРУБОПРОВОД.ИЗЫСКАНИЯ предназначена для создания и редактирования трасс, формирования комплекта ведомостей, формирования изыскательского профиля, создания чертежа плана и профиля различных проектируемых линейных объектов [6]. Credo ТРУБОПРОВОД.ИЗЫСКАНИЯ не является самостоятельным приложением и работает только в связке с системой КРЕДО ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ [6]. Credo ТРУБОПРОВОД.ИЗЫСКАНИЯ встроено Редактор труб и вставок, который предназначен для создания библиотеки объектов типа «труба» и вставок с нужными параметрами в соответствии с заданными нормативными документами. В стандартный комплект поставки входит библиотека труб со вставками по различным нормативным документам. Для труб и вставок заданы условные обозначения, подписи, семантика. При создании трассы трубопровода пользователь выбирает тот или иной тип трубы и программа автоматически подбирает необходимые схемы вставки из библиотеки [6].

Но иногда из-за сложной ситуации и рельефа возникают трудности обработки данных результатов изысканий дорог, трасс и т.д., для этого существует программный комплекс Credo ДОРОГИ. Продукт, предназначенный для проектирования автомобильных дорог всех технических категорий, транспортных развязок, городских улиц и магистралей. Проектирование ведётся на основе цифровой модели местности на участке прохождения трассы автомобильной дороги. Перейдем к рассмотрению основных возможностей системы Credo ДОРОГИ:

- совместное и раздельное трассирование дорог;
- разбивку пикетажа для городских и загородных дорог с учётом неправильных (рубленных) пикетов, настройку шага пикетажа;
- создание вершин углов с возможностью редактирования подписей, разделением и объединением ВУ;
- анализ проекций трассы при помощи совместного просмотра плана, продольного и поперечного профилей с геологией;
- создание продольного профиля методом оптимизации с максимальной автоматизацией процесса проектирования;
- интерактивное конструирование проектного профиля с использованием прямых, окружностей, парабол, сплайнов;
- проектирование откосов насыпей, выемок и кюветов с автоматическим подбором по рабочей отметке шаблона, включающего откосы различной крутизны, закуветные полки и др.;
- проектирование продольных профилей кюветов;
- расчёт объёмов земляных, планировочных и укрепительных работ;
- проектирование горизонтальной и вертикальной планировки развязок, съездов, автобусных остановок, стоянок и т.д.;

– укладка в плане инженерных коммуникаций;

Для создания цифровой модели местности идеально подойдет Credo Топоплан. Основой построения ЦМР являются точки, по которым нерегулярной сеткой треугольников строится модель рельефа с высокой точностью. Характерные участки рельефа, такие как хребты, обрывы, и т.д., могут выделяться с помощью структурных линий (СЛ) [5]. Поверхность с различными ее элементами отображается как в окне плана, так и в окне 3D-вида.

Autodesk AutoCAD Civil 3D – это универсальная среда для выполнения работ в области геодезии, топографии, проектированию и реконструкции генеральных планов и линейно протяженных объектов (автомобильные и железные дороги, инженерные сети). Основной особенностью продукта является динамическая проектная модель, которая позволяет оперативно и без ошибок вносить изменения в проект на любой стадии проектирования и в любом представлении модели [7].

Программа GeoniCS Изыскания (RGS, RgsPl) предназначена для автоматизации процесса обработки полевых измерений и рассчитанная на специалистов, работающих в области геодезии (инженерные изыскания, строительство, кадастр и др.). Разработана на базе геодезического предприятия «Румб», основывается на алгоритме А.С. Сафонова (МИИГАиК). Программа GeoniCS Изыскания позволяет решать следующие задачи:

- расчет и уравнивание плановых геодезических сетей любой конфигурации;
- поиск ошибок измерений и ошибок, допущенных при вводе данных;
- расчет и уравнивание высотных геодезических сетей;
- обработка данных с электронных геодезических приборов;
- обработка данных тахеометрической съемки;
- комплекс задач, обеспечивающий вынос проекта в натуру;
- обработка данных по съемке и выносу в натуру методом перпендикуляров;
- вычисление площадей участков по координатам вершин;
- перевычисление координат;
- создание и ведение каталога опорных пунктов;
- формирование отчетных ведомостей по результатам вычислений;
- создание топографических планов в среде AutoCAD;
- формирование результирующего файла для импорта результатов в GeoniCS Топоплан для создания модели рельефа [8].

Программа GeoniCS Изыскания предназначена как для решения маленьких каждодневных задач, так и для больших, сложных расчетов.

Данные программные продукты позволяют ускорить и автоматизировать обработку данных, полученных в результате инженерных изысканий. Также не стоит забывать и о том, что для работы с данным ПО необходимо иметь достаточно мощное ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. СН 1.02.01-2019 «Инженерные изыскания для строительства».
2. Credo ДОРОГИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [dorogi_rukovodstvo_pol_zovatelya_dlya_nachinayuwih.pdf \(prin.ru\)](#). – Дата доступа: 25.09.2022.
3. Credo ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [*ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ \(credo-dialogue.ru\)](#). – Дата доступа: 25.09.2022.
4. ТКП 52.3.01-2020 (33520) «Оценка стоимости капитальных строений (зданий, сооружений), изолированных помещений, машино-мест как объектов недвижимого имущества».
5. Credo Топоплан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://credo-dialogue.ru/produkty/korobochnye-produkty/356-credo-topoplan-naznachenie.html?ysclid=l8n7bnz3y5872265019>. – Дата доступа – 25.09.2022.
6. Credo Трубопровод. Изыскания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Скачать КРЕДО ТРУБОПРОВОД ИЗЫСКАНИЯ для трасс и чертежей \(credo-dialogue.ru\)](#). – Дата доступа – 25.09.2022.
7. Autodesk AutoCAD Civil 3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Autodesk AutoCAD Civil 3D](#). – Дата доступа – 25.09.2022.
8. CSoft группа компаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [GeoniCS Изыскания \(RGS, RgsPl\) 10 \(csoft.ru\)](#). – Дата доступа – 25.09.2022.

УДК 528.067

ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ БЛОКОВ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ В AUTOCAD

А.В. КУРАШ, М.Д. ХИРЬЯНОВА*(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.В. Ялтыхов)*

В статье рассматривается одна из функций AutoCAD для оптимизации и ускорения работы – динамические блоки. Приведена информация о динамических блоках и их возможностях, а также применение их для решения геодезических задач. Рассмотрены технологии создания и представлены примеры динамических блоков AutoCAD, позволяющих значительно сокращать время составления топографических планов.

Существует множество систем автоматизированного проектирования. Каждая имеет свои преимущества и недостатки. Существуют САПР, ориентированные на строительное проектирование, для подготовки машиностроительных чертежей и других технических областей. Возможности других САПР оптимальны для выполнения работ в геодезии и топографии. С учетом большого разнообразия программных продуктов, к САПР можно сформулировать определенный ряд требований:

- дружественный настраиваемый пользовательский интерфейс;
- качественная векторная графика;
- наличие средств программирования для решения специализированных задач.

Особой популярностью среди CAD-систем пользуется программный комплекс AutoCAD. Эта система автоматизированного проектирования предоставляет пользователю не только удобный графический интерфейс, но и располагает широким набором инструментов программирования. Пользователь имеет возможность настраивать и модифицировать графический интерфейс AutoCAD, расширять функциональные возможности, добавлять новые команды на основе существующих. Гибкую систему настроек можно назвать главным преимуществом AutoCAD. Так же многие операции, выполняемые в среде AutoCAD, можно реализовать программно. Для этого в системе предусмотрены средства создания сценариев и возможность использования языков программирования.

В настоящее время в производстве особое внимание уделяется повышению производительности труда путем внедрения наиболее эффективных производственных процессов. Использование мощных компьютеров и самого современного программного обеспечения не всегда обеспечивает прирост эффективности. Для решения данной задачи AutoCAD имеет ряд встроенных языков программирования, позволяющие пользователям настраивать систему под свои потребности. Это позволяет автоматизировать все необходимые процедуры и создает готовую к использованию систему.

Важным преимуществом AutoCAD является возможность использования шаблона, т.е. заготовки чертежа, открываемого в AutoCAD, с заданными наборами слоев, типами линий, стилями таблиц, текстовых стилей, размерных стилей и т.д. Благодаря этому значительно упрощаются и сокращаются по времени действия, связанных с начальными настройками чертежа.

Топографические планы на 40...60% состоят из типовых повторяющихся графических элементов. В AutoCAD развиты программные средства графической платформы, позволяющие записать любой набор графических объектов в специальную библиотеку внутри документа и использовать вставку уже готового набора, который называется блоком AutoCAD. Можно использовать простые блоки, оптимизирующие работу с чертежом, или сконструировать сложный объект, содержащий математические зависимости между геометрическими компонентами блока. При создании топографических планов в AutoCAD, который не содержит специализированных библиотек условных топографических знаков, имеется возможность применять специальные объекты AutoCAD — простые или динамические блоки. Блок – это набор примитивов (отрезков, полилиний, окружностей и т.д.) и отдельных элементов, которые сгруппированы в единый цельный объект и при работе с чертежом ведут себя, как самостоятельный элемент чертежа. Динамический блок – это блок, при вставке которого в чертеж можно изменять его параметры с помощью специальных «ручек» во время или после вставки. Возможно менять размер, угол поворота, положение всего блока или его отдельных элементов. Динамический блок объединяет свойства мультимедийного блока с функцией выбора параметров из выпадающего списка. Динамические блоки содержат правила и ограничения, которые управляют внешним видом и поведением блока при его вставке в чертеж или изменении в дальнейшем. Эти правила и элементы управления можно добавить к любому существующему блоку, а также использовать их при создании новых блоков [1].

Создание динамических блоков происходит в два этапа:

1. планирование структуры, содержимого и геометрии блока. На этом этапе создаём обычный сгруппированный объект, состоящий из нескольких примитивов, которые составят будущий сложный элемент, выбрав команду «Make Block». В процессе создания блока ему присваивается имя;

2. выполняем редактирование созданного блока в редакторе блоков AutoCAD. Редактор блоков – это специальный модуль AutoCAD, в окне которого можно создавать и изменять геометрию и атрибуты ранее созданных блоков, а также присвоения им параметров и операций, определяющих свойства и функции динамического изменения. Заканчивают создание блока выполнением тестирования и сохранения блока.

Параметры определяют свойства для динамического блока путем указания положений, расстояний и углов для геометрии в блоке. Операции определяют, как будет перемещаться или изменяться геометрия вхождения динамического блока при манипулировании в чертеже. При добавлении в блок операций их необходимо связать с параметрами и с геометрическими примитивами будущего блока. При добавлении параметра в описание блока – автоматически добавляются специальные маркеры (захваты) и свойства настройки. Они используются для управления вхождением блока в чертеже.

При выборе динамического блока, отображаются маркеры (захваты), показывающие параметры доступные для изменения блока. Как правило, маркеры перемещаются тем самым изменяя параметры блока. Некоторые динамические параметры блока включают в себя выбор видимости или опции поиска из выпадающего списка. Несомненным преимуществом блоков является то, что достаточно отредактировать только лишь одно определение блока (т.е. основное его описание), а все остальные вхождения блоков в чертеж автоматически изменятся. Использование атрибутов блока в AutoCAD дает возможность эту информацию потом извлекать в удобном виде (например, в виде таблиц), устанавливать связи с таблицами и при необходимости обновлять данные. Это может существенно экономить временной ресурс, и выполнять работу рациональнее и быстрее.

В качестве примера применения динамических блоков при составлении топографических планов на рисунке 1 показан пример динамического блока, который состоит из нескольких условных знаков с характеристиками древесной растительности. В зависимости от выбранной из выпадающего списка характеристики, на чертеже отображается тот или иной набор примитивов, т.е. у одних элементов отключается видимость, а у других — включается. Это позволяет отображать различные условные знаки, используя один блок.

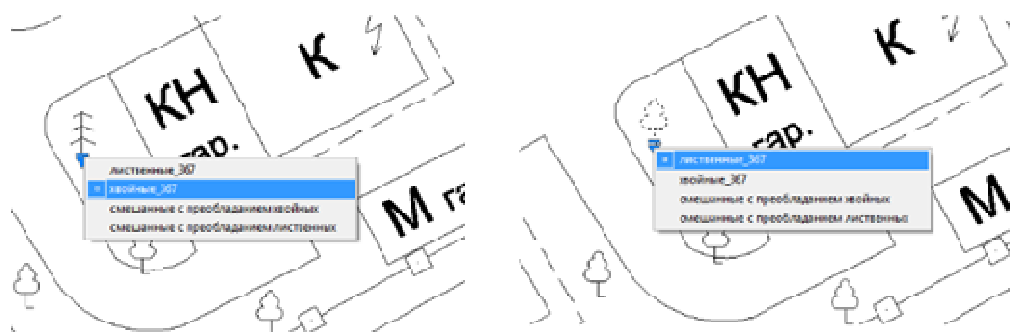


Рисунок 1. – Пример динамического блока с условными знаками

На рисунке 2 приведен пример динамического блока с параметрами видимости и поворота. При создании такого блока в «редакторе блоков» AutoCAD (рисунок 2, а), для каждого режима видимости указывают соответствующие графические элементы. Для определенных элементов (стрелки) указывают точку, вокруг которой будет выполняться поворот и значение максимального угла поворота. На рисунке 2, б) показан процесс вставки созданного блока и определение параметров отображения.

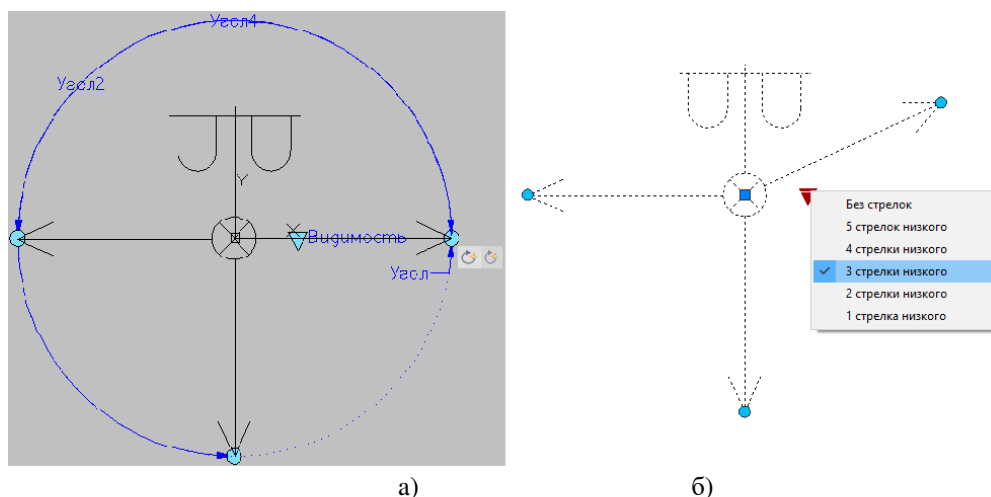


Рисунок 2. – Динамический блок с параметрами видимости и поворота

Ввиду большого количества точечных условных знаков, палитры можно группировать по тематическим разделам (рисунок 3, а) — для удобства использования условных обозначений. Это делается с помощью инструмента – палитры инструментов. Окно «Tool Palettes» AutoCAD позволяет выбирать из классифицированного списка необходимый блок с заданными параметрами и свойствами. Для каждого блока в свойствах можно указать: масштаб вставки, цвет, слой и другие параметры (рисунок 3, б). Такой вариант вставки блоков позволяет упростить процесс оформления топографического плана условными знаками и исключает возможность появления ошибок оператора, например, при выборе слоя, на котором должен находиться объект.

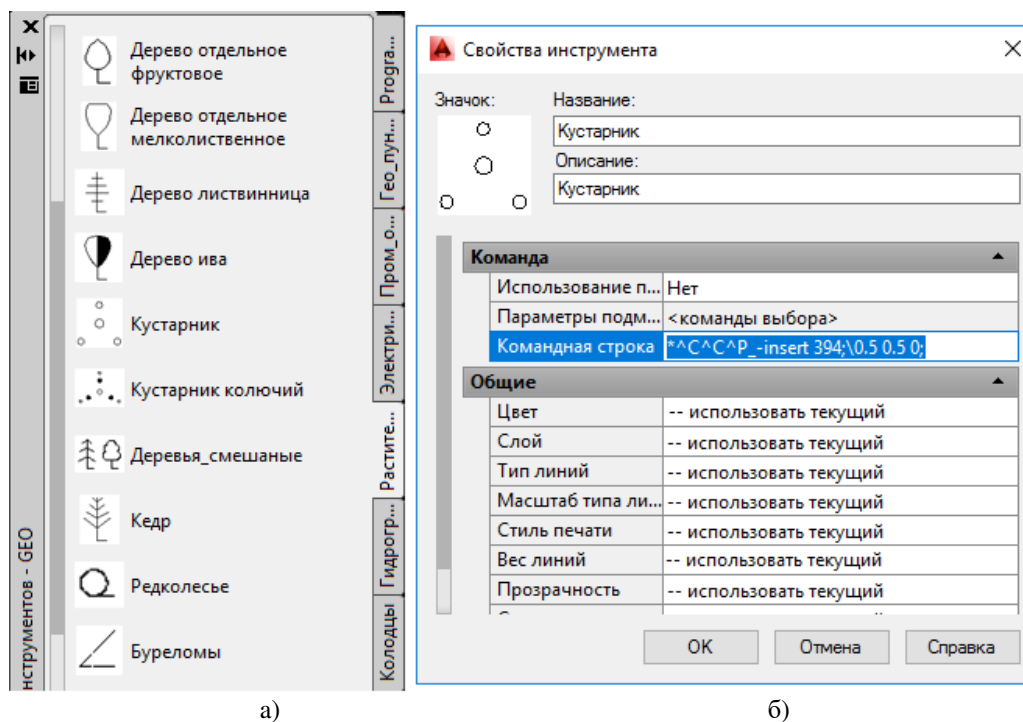


Рисунок 3. – Палитра инструментов

Выполненные в работе исследования показывают высокую эффективность применения динамических блоков при вычерчивании топографических планов. Данный инструмент может быть рекомендован к использованию при производстве. Динамические блоки в несколько раз ускоряют процессы вычерчивания сложных, многосоставных объектов, обеспечивают соответствие требованиям не только к виду условных знаков, но и к правилам их применения. Использование динамических блоков в разы уменьшает число допускаемых ошибок при вычерчивании соответствующих объектов.

ЛИТЕРАТУРА

3. [Электронный ресурс] URL: <https://sembu.ru/primenenie-dinamicheskikh-blokov-pri-vycherchivanii-topoplanov-v-autocad/>. – Дата доступа: 25.09.2022
4. Полещук, Н. Н. Самоучитель AutoCAD 2014/ Н.Н. Полещук. – СПб. : БХВ-Петербург, 2014. – 464 с.
5. Жарков Н., Финков М., Прокди Р. AutoCAD 2020. Полное руководство. – СПб. : Наука и Техника, 2020. – 640 с.

УДК 528.067

ЗАДАЧИ ИМПОРТА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ В AUTOCAD

А.В. КУРАШ, М.Д. ХИРЬЯНОВА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.В. Ялтыхов)

В данной работе рассмотрены функции AutoCAD позволяющие ускорить и оптимизировать работы в процессе черчения исполнительной съёмки. Приведена информация о Script-файлах, а также примеры написания script-файла для автоматизации работы в AutoCAD.

Современный уровень автоматизации геодезических работ характеризуется широким внедрением электронных приборов и специализированных пакетов программного обеспечения. Выбор программных средств производится на основе анализа их возможностей, к основным из которых можно отнести: 1) возможность выбора оптимальных технологических схем инженерно-геодезических работ; 2) удобство интерфейса, строгость алгоритмов математической обработки данных; 3) адаптацию к использованию современных электронных измерительных приборов; 4) визуализацию геодезических данных, компактное и надежное хранение в распространенных форматах. При этом в инженерно-геодезических работах решается множество задач, большинство из которых сводится к построению исполнительных чертежей, топографических планов и т.п.

Существует множество программ для выполнения этой задачи. Практически все программы для решения данной задачи используют промежуточный (обменный) формат данных, такой как *.csv или *.txt. Это обусловлено тем, что практически все современные электронные геодезические приборы имеют возможность импорта/экспорта данных в эти форматы. Общая технологическая схема реализации этой задачи приведена на рисунке 1.



Рисунок 1. – Блок-схема работы программы

С этими обменными форматами хорошо работает Excel из стандартного офисного пакета Microsoft Office. Для реализации задачи графических построений предполагается использовать Autocad. AutoCad является одной из самых известных программ для составления чертежей. В работе будут рассмотрены некоторые способы оптимизации работы при построении чертежей в AutoCad.

AutoCAD – это программное обеспечение автоматизированного проектирования (САПР), с помощью которого архитекторы, инженеры и строители создают точные 2D- и 3D-чертежи. Преимуществом AutoCAD над другими САПР является его гибкая система программирования. В среде AutoCAD практически все команды реализуются программно, затем используются в данной системе средствами, созданными с помощью определенных сценариев. В AutoCAD поддерживается довольно много языков программирования, такие как AutoLisp, Visual C++, + DCL, VBA, ARX. В данной работе были использованы AutoLisp программы и Script файлы.

Графический язык программирования AutoLisp является расширением языка программирования Lisp. Lisp представляет собой один из самых старых языков программирования. Кроме того, он является первым функциональным, получившим большую популярность. Лисп состоит из линейного списка символов. При помощи AutoLisp можно создавать новые пользовательские программы для AutoCad, повышая тем самым его производительность. Для написания программ на AutoLisp основным средством служит редактор Visual Lisp, тут есть развитая среда программирования с инструментами поиска ошибок. Редактор Visual Lisp интегрирован в Автокад и запускается только из активного окна.

В свою очередь Script – это некий набор команд, то есть строки кода, которые вместе выполняют конкретную задачу. Для выполнения задачи и создаются Script которые могут быть очень маленькими по объему и отвечать за запуск простых служб программы, так и объемными. В AutoCad Script представляет текстовый файл, в котором прописан последовательный набор команд.

В работе будут рассмотрены следующие задачи: импорт точек в AutoCAD; автоматическое вычерчивание векторов отклонений по координатам. Чтобы импортировать точки и нарисовать вектора отклонений проектных отметок от фактических в AutoCAD были использованы Script-файлы.

Script-файл представляет собой набор повторяющихся команд Autocad с необходимыми параметрами и данными. Для импорта пикетных точек необходимо создать графический объект Autocad «точка» с определенными координатами и два графических объекта «текст»: номер точки и отметка. Пример Script файла приведен на (рисунок 2).

<code>_point 2000.456,1000.123,200.000</code>	Точка
<code>_text 2000.656,1000.223 1.0 0 CT1</code>	Номер пикета
<code>_text 2000.656,999.023 1.0 0 200.00</code>	Отметка пикета
<code>_point 2004.124,1008.404,135.103</code>	} Повторяющийся блок Script
<code>_text 2004.324,1008.504 1.0 0 point2</code>	
<code>_text 2004.324,1007.304 1.0 0 135.10</code>	

Рисунок 2. – Фрагмент Script-файла

Чтобы сформировать текст Script были использованы программы Excel и VBA. В таблицу Excel заранее были введены координаты, номера и высоты точек. Для того чтобы автоматизировать процесс создания Script при помощи инструментов Excel создали кнопку назначающую макрос. Этот макрос по данным таблицы Excel создаёт тестовый файл с форматом *.sct в котором прописан повторяющийся набор команд для Autocad. Для макроса VBA нужно запрограммировать создание 3-х текстовых строк и далее поместить в цикл. Импорт пикетных точек нами был также реализован в виде блока Autocad с двумя атрибутами. Для этого варианта текст Script будет следующим:

`_insert imp_blk 2000.456,1000.123 1 0 CT1 200.00,`

где «-insert» – команда Autocad для вставки блока, «imp_blk» – имя вставляемого блока, «2000.456,1000.123» – координаты вставки блока, «CT1» и «200.00» – атрибуты блока. Для реализации данного варианта в файле Autocad нужно создан блок с именем «imp_blk» содержащим 2 атрибута.

Для оформления результатов исполнительной съемки часто необходимо указать отклонения от проектного положения в виде стрелок с величинами отклонений. Эта задача нами также была реализована в виде Script файла, где использовался графический объект Autocad «размер», с предварительно настроенными параметрами. Результат выполнения Script показан на (рисунок 3).

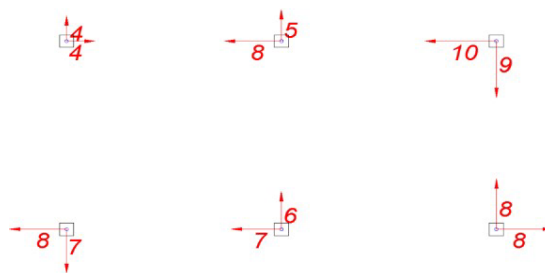


Рисунок 3. – Результат работы Script

Конечно, для окончательного оформления чертежа необходимо ручное редактирование, но основной объем черчения выполнен автоматически. Сценарии – это далеко не универсальное средство решения нестандартных задач в AutoCAD. Но это может быть самым доступным способом автоматизации работы с точки зрения затрачиваемого на его изучение времени и получаемого результата. Составленная программа значительно ускоряет и упрощает процесс работ. Использование её позволяет так же уменьшить количество ошибок в процессе работы. Рекомендуются для применения на геодезическом производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полещук, Н.Н. AutoLISP и Visual LISP в среде AutoCAD / Н.Н. Полещук, П.В. Лоскутов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 960 с.
2. Полещук, Н.Н. Самоучитель AutoCAD 2014 / Н.Н. Полещук. – СПб. : БХВ-Петербург, 2014. – 464 с.
3. Свет, В.Л. AutoCAD: язык макрокоманд и создание кнопок / В.Л. Свет. – СПб.: БХВПетербург, 2004. – 320 с.

УДК 502.58

ОЦЕНКА РИСКА СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ В ГЛОБАЛЬНОМ МАСШТАБЕ**М.И. МИСНИК, Е.Н. ЯНЮК**
(Представлено: П.С. Долгий)

Стихийные бедствия несут за собой колоссальные ущербы многим республикам. Оценка риска является важнейшим инструментом в борьбе с минимизацией потерь, непосредственно связанных с природными катастрофами. В этой статье будут рассмотрены вопросы о способах оценивания рисков стихийных бедствий.

Необходимость снижения риска, связанного со стихийными бедствиями, признана международным сообществом и лежит в основе Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий. Сендайская рамочная программа принимает концептуализацию риска бедствий как продукта опасности, незащищенности и уязвимости. Под опасностью подразумеваются такие явления как наводнение, торнадо, извержения вулканов, включая их характеристики и вероятность возникновения; воздействие относится к нахождению экономических активов или людей в опасной зоне; а уязвимость относится к подверженности этих активов или людей ущербу и потерям (например, из-за небезопасных жилищных и жилищных условий или отсутствия процедур раннего предупреждения). Снижение риска также признано ключевым аспектом устойчивого развития в Целях устойчивого развития (ЦУР) и Парижском соглашении об изменении климата [1].



Рисунок. – Извержение вулкана Сакурадзима

Риск стихийного бедствия может быть уменьшен путем понижения либо угрозы, либо уязвимости, либо обоих факторов. Потери от бедствий могут быть уменьшены, а в некоторых случаях даже предотвращены, с помощью превентивных действий. Например, посадка засухоустойчивых культур или проектирование сейсмостойких зданий. Особо важны неструктурные меры, такие как развитие компетенции в области управления риском стихийных бедствий и осведомленность, достигаемая с помощью диалога со всеми заинтересованными сторонами. Для успеха в снижении риска стихийных бедствий действия должны предприниматься задолго до того, как ударит стихия. Важно перенести приоритет с реагирования на бедствия к предотвращению бедствий и подготовке к ним.

Оценку стихийных бедствий можно разделить на следующие элементы: планирование до стихийного бедствия, обследование и сбор данных, интерпретация, прогнозирование, отчетность и мониторинг. Планирование в условиях отсутствия стихийного бедствия может помочь определить потенциальные и конкретные потребности в информации. Часто приходится использовать стандартные методы опроса, опросники, заранее запланированные контрольные списки, процедуры ввода данных и т. д. Наша способность непосредственного наблюдения за ситуацией может дать бесценную информацию в ситуации, когда время не позволяет использовать более трудоемкие методы [2].

Прогнозирование необходимо для того, чтобы дать оценку всей ситуации не только в том виде, в каком она представляется на момент оценки, а для того, чтобы спрогнозировать потребности и тенденции. Отчетность является неотъемлемой частью любой оценки. Данные должны быть переданы в соответствующие учреждения и таким образом, чтобы их понимала принимающая сторона. Мониторинг необходим для отслеживания метеорологических данных, которые непосредственно связаны с прогнозированием стихийных бедствий.

В последнем столетии мониторинг осуществлялся при помощи данных, полученных со спутников дистанционного зондирования. Так же применяются данные численного прогнозирования погоды и климата с использованием высокопроизводительных компьютеров начиная с 1960-х годов. В настоящее время активно используется полнокомплектная группировка метеорологических спутников, способных обрабатывать модели высокой сложности: прогнозировать погоду с заблаговременностью от нескольких часов до нескольких дней и климатические аномалии с заблаговременностью от нескольких месяцев до нескольких лет; суперкомпьютеры, способные быстро обрабатывать «большие данные» [3].

Нужно понимать, что оценка не является конечным результатом. Оценка представляет собой непрерывный процесс, и особенно при медленном развитии бедствия необходимо продолжать отслеживать ситуацию, чтобы понять, улучшается она или ухудшается. Мониторинг также может помочь в измерении эффективности действий. Технологии по оценке рисков стихийных бедствий играют важную роль в уменьшении количества жертв и экономических потерь, связанных с катаклизмами.

ЛИТЕРАТУРА

1. NHESS – Review article: Natural hazard risk assessments at the global scale // NHESS. – Режим доступа: <https://nhess.copernicus.org/articles/20/1069/2020/>. – Дата доступа: 26.09.2022
2. Introduction to Disaster Assessment and Assessment Methodologies. Mr. Terje Skavdal // ADRC. – Режим доступа: <https://www.adrc.asia/publications/TDRM2003June/16.pdf>. – Дата доступа: 26.09.2022
3. Мониторинг, прогнозирование и обеспечение готовности к метеорологическим бедствиям и ликвидации их последствий // Всемирная Метеорологическая Организация. – Режим доступа: <https://public.wmo.int/ru/resources/bulletin/мониторинг-прогнозирование-и-обеспечение-готовности-к-метеорологическим-бедствиям>. – Дата доступа: 27.09.2022

УДК 528

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
ДЛЯ МОНИТОРИНГА СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ****М.И. МИСНИК, Е.Н. ЯНЮК**
(Представлено: П.С. Долгий)

В данной статье мы рассмотрим один из способов использования геоинформационных технологий для мониторинга стихийных бедствий. Для наглядности мы будем использовать программу QGIS. С помощью данной программы мы проанализируем, где происходят стихийные бедствия, когда они происходят, какой ущерб они наносят и как можно использовать ГИС для устранения последствий.

Стихийные бедствия, возникающие ежегодно, приносят колоссальный ущерб людям и инфраструктуре. За прошедший год по всему миру было зарегистрировано около 390 стихийных бедствий, в результате которых погибло примерно 15 тысяч человек и пострадало еще 98 миллионов. Ущерб от стихийных бедствий был оценён в 171 миллиард долларов. Специалисты отметили, что из-за аномальной жары и сопутствующей её засухе за первые семь месяцев 2022 года только в Европе произошло более 2295 пожаров. Из-за малых осадков и аномальной жары многие страны теряют сотни тонн посевов. Европе только за первую половину 2022 года стихийные бедствия уже нанесли ущерб на 65 млн долларов [1].

Стихийное бедствие – это изменение, происходящее в природе, оно внезапное, и приводит к разным последствиям, таким как нарушение условий труда, экосистемы в сельской местности, а также нарушению материального достатка. Существуют различные типы стихийных бедствий: наводнения, ураганы, оползни, лесные пожары и т.д. Одним из стихийных бедствий, представляющих большую опасность для населения и объектов народного хозяйства, в районах Республики Беларусь, являются пожары. Регионы, где могут произойти пожары включают в себя все области Беларуси, так как леса занимают 40% страны. Только за 2022 год в Беларуси было зарегистрировано 344 очагов возгорания, в Брестской области – 137, в Гомельской области – 83. в Гродненской – 56, в Минской – 41, Могилевской – 20, и в Витебской – 7. Средняя площадь очага возгорания составляет от 0,93 до 1,01 гектара. Это говорит о том, что только за 2022 год было потеряно около 344 гектаров леса. [2]

На данный момент существует множество сервисов по мониторингу опасных явлений. Например:

1. Copernicus Emergency Management Service (CEMS) – служба управления чрезвычайными ситуациями Коперника.
2. International Disasters Charter – Международная хартия по бедствиям.
3. Emergency and Disaster Information Service – Служба информации о чрезвычайных ситуациях и стихийных бедствиях.
4. European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations – Европейские операции по гражданской защите и оказанию гуманитарной помощи.

Наша задача стоит в том, чтобы показать, как использование геоинформационных систем может помочь в наблюдении стихийных бедствий, их устранении, а также оказание помощи в ликвидации последствий. Для начала кратко дадим определение ГИС. Геоинформационная система (ГИС) — система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информации о моделируемых объектах. Геоинформационные системы используются многими отраслями промышленности, которые имеют дело с географическими справочными данными. Так как можно сказать, что любое стихийное бедствие — это пространственное явление, которое может измениться, то его можно мониторить с помощью ГИС. Такие стихийные бедствия как пожары, оползни и наводнения могут быть нанесены на карту в виде полигонов. В этих областях рассматриваются природные ресурсы, леса (природные элементы), дороги и сельские районы. Полученная информация может быть полезна для цифровых компьютерных систем, к которым и относятся ГИС и в будущем помочь при использовании ГИС для борьбы со стихийными бедствиями.

В современных методах оперативного мониторинга лесных пожаров широко используются множество метеорологических спутников. Например, спутники США серии МОАА, спутники Европейского космического агентства Sentinel, серия Американский спутников Landsat чьи снимки так же используют для мониторинга в области сельского хозяйства, картографии, геологии, лесоводства, образования и национальной безопасности, и др.

Для начала мы выделим районы с высоким уровнем лесных пожаров программе QGIS (рисунок 1).

Теперь, глядя на выделенные области и проанализировав их, мы можем решить такие задачи как:

– обнаружение пожаров (узнать, где более высокий шанс возникновения пожаров и обращать на эту область более пристальное внимание);

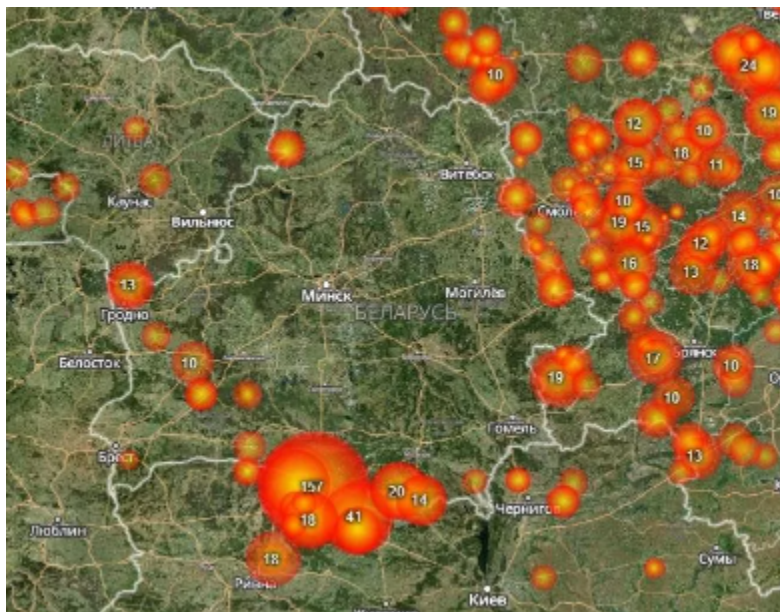


Рисунок 1. – Районы с высоким риском лесных пожаров

- эффективная организация сил и средств для тушения пожаров;
- профилактика и предупреждение возникновения крупных лесных пожаров (проанализировать причины возникновения пожаров и пресекать их в будущем);
- расчет ущерба, причиненного уничтожением или повреждением леса в результате пожара;
- прогнозирование естественной и антропогенной динамики лесонасаждений;

Если мы введем информацию о пожарах, которые происходят в каждой точке общего годового сечения. Это поможет нам определить цикл повторения, и в будущем узнать повторяемость этого природного явления. Мы можем разработать защитные меры в зависимости от типа инцидента, если мы приблизительно знаем, сколько повторений произойдет это событие.

В заключение мы можем сказать, что интеграция геоинформационных систем с различными секторами экономики в период их бурного развития приведет к значительному развитию этой технологии. Поэтому мы считаем, что использование геоинформационных систем в предотвращении стихийных бедствий также дает свои преимущества. Кроме того, мы можем широко использовать геоинформационные системы в нашей области, то есть в геодезии. Мы были свидетелями многого из этого, и мы можем сказать, что эти программы вносят большой вклад в быстрое развитие отрасли. Это достаточно эффективно при применении ГИС-технологий на территории Беларуси [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Названа наиболее пострадавшая от разрушительных пожаров страна Европы//“Lenta.ru”. – Режим доступа: <https://lenta.ru/news/2022/08/12/wildfire/>. – Дата доступа 25.09.2022.
2. Лесные пожары в Беларуси в 2022 году: статистика и причины//“Спутник Беларусь”. – Режим доступа: <https://sputnik.by/20220705/lesnye-pozhary-v-belarusi-v-2022-godu-statistika-i-prichiny-1064422919.html>. – Дата доступа 24.09.2022.
3. 2022 год принёс немало стихийных бедствий и катаклизмов//“Аргументы недели”. – Режим доступа: <https://argumenti.ru/opinion/2022/07/782920>. – Дата доступа 24.09.2022.
4. С начала 2022 года в Беларуси произошло 310 лесных пожаров. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/s-nachala-2022-goda-v-belarusi-proizoshlo-310-lesnykh-pozharov-.html>. – Дата доступа 24.09.2022.
5. Геоинформационная система мониторинга лесных пожаров ГИС ИСДМ-Рослесхоз. – Режим доступа - <http://cepl.rssi.ru/gis-of-forest-fires-monitoring/>. – Дата доступа 26.09.2022.
6. Международный научный журнал “Молодой ученный” / Ахметов И.Г. и др. / №5(400) – ст.12–14. – Дата доступа 21.09.2022.

УДК 528.2/3

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ.
ИСТОРИЯ ЕЁ РАЗВИТИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ****Д.В. ШКУТ***(Представлено: А.С. Иваши́нѳа)*

Системы координат имеют большое значение для специалистов в разных областях, очевидно, что для правильного планирования, управления и принятия решений необходимо предоставлять точную позиционную информацию об объектах. В статье описана история развития математической основы позиционирования РБ, рассмотрены системы отсчета, используемые для территории Республики Беларусь.

Одна из задач высшей геодезии и смежных с ней наук состоит в создании на территории отдельного государства, континента и всей Земли в целом опорных геодезических сетей высокой точности. Существует большое количество различных систем координат. Координаты пунктов (объектов) нужны не только геодезистам, но и морякам, авиаторам, военным, участникам различных экспедиций и многим другим. Для определения положения объектов в пространстве необходимо иметь представление о математической основе позиционирования, а именно, о земных системах отсчета. Суть их в том, что они определяют систему координат, устанавливаемую на Земле при помощи дат.

Рассмотрим составные части систем отсчета. Составными частями систем отсчета являются: система координат, даты, отсчётная основа. Система координат как составная часть системы отсчета содержит набор математических правил, описывающих, как координаты должны быть соотнесены с точками пространства. Даты определяют связь системы координат с объектом таким образом, что абстрактное математическое понятие «система координат» может быть приложено к практической проблеме описания пространственного положения объекта на Земле с помощью координат. Различают два варианта применения данного термина – исходные даты и параметры Земли. Термин исходные даты имеет смысл, когда референц-эллипсоид ориентировали по одному исходному пункту. Под исходными датами понимают геодезические координаты исходного пункта астрономо-геодезической сети. В свою очередь, при установлении геоцентрических систем координат исходный пункт вовсе не нужен. В случае геоцентрических систем отсчета взамен термина «даты» применим термин «параметры Земли». Ещё одной составной частью систем отсчета является отсчетная основа, представляющая собой координаты пунктов геодезической сети [3; 4].

Различают геоцентрические и референсные системы отсчета. Они различаются своим нахождением в теле Земли. У геоцентрических систем отсчета начало отнесено к центру масс Земли, математической поверхностью относимости являются эллипсоиды вращения, глобально близкие к геоиду (рисунок 1). В общеземной системе координат определяют положение пунктов на всей поверхности Земли. Начальный пункт геоцентрической системы расположен в центре масс Земли с ориентацией общего земного эллипсоида вдоль главных осей Земли. Ось OZ направлена вдоль оси вращения Земли в сторону Северного полюса. Ось OX лежит на пересечении плоскостей экватора и Гринвичского меридиана. Ось OY расположена в плоскости экватора под углом 90° к востоку от оси OX [1; 2; 4; 5].

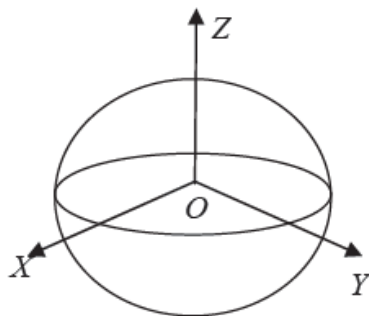


Рисунок 1. – Геоцентрическая система координат [1]

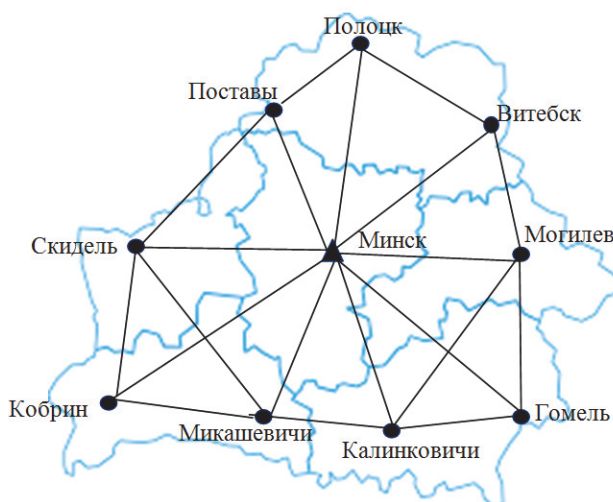
У референсных систем отсчета начало находится в центре некоторого эллипсоида, наилучшим образом подходящего к территории страны или материка. Референц-эллипсоид, в отличие от общеземного эллипсоида, подходит лишь для ограниченных областей Земли. Несовпадение центров локальных эллипсоидов с геоцентром может составлять несколько сотен метров [1; 2; 4; 5]

Согласно ГКНП 06-008-2011 на территории Республики Беларусь приняты СК-42, СК-63, СК-95. Рассмотрим какая система координат предшествовала системе координат 1942 на территории Республики Беларусь.

Первая государственная система координат появилась на территории СССР в 1932 г. (СК-32). Разработка программы по созданию первой государственной геодезической сети велись с 1907 по 1909 годы, еще в Российской Империи под руководством генерала Корпуса военных топографов (КВТ) И.И. Померанцевым. Реализация программы Померанцева была начата КВТ в 1908 г. но была прервана Первой мировой и Гражданской войнами. Далее работы по построению государственной геодезической сети велись по программе Ф.Н. Красовского 1928 г. [2]. Уже к 1932 г. была создана СК-32. По-другому её называют Пулковская система координат, потому что за исходный пункт принят центр круглого зала Пулковской астрономической обсерватории, геодезические координаты приняты равными астрономическим. За эллипсоид вращения приняли эллипсоид Бесселя. Было выполнено ориентирование эллипсоида относительно начала триангуляционных построений Пулково-Саблино [2]. К 1940 г. было построено 87 полигонов триангуляции 1 класса. В 1942–1945 гг. в Центральном научно-исследовательском институте геодезии, аэросъёмки и картографии выполнено уравнивание 87 полигонов на эллипсоиде Красовского. Полученные в результате уравнивания координаты пунктов триангуляции образовали систему координат 1942 г. (СК-42), которая являлась основной системой отсчёта координат, принятой на территории бывшего СССР. Была введена Постановлением Совета Министров СССР № 760 от 7 апреля 1946 г. В качестве математической поверхности относимости уже был принят эллипсоид Красовского. В качестве фундаментальной точки был принят также центр Круглого зала Пулковской обсерватории [1; 4]. Система координат 1963 г. (СК-63) можно отнести к производным системам координат. Основой системой отсчёта, от которой произведена СК-63, является геодезическая система отсчёта координат СК-42. СК-63 предназначалась для построения топографических карт для гражданских целей различной хозяйственной направленности.[4]

Наш мир постоянно развивается и потому дальнейшее использование СК-42 не могло обеспечивать возрастающие требования к точности решения геодезических задач, необходима была новая геодезическая сеть с высокой и практически однородной точностью координат на всей территории страны. На территории Республики Беларусь с 1 января 2010 г. установлена к применению при выполнении геодезических и картографических работ государственная система геодезических координат 1995 г. (СК-95). Одним из принципов, положенных в основание системы СК-95, было минимальное изменение координат в этой системе по сравнению с системой 1942 г. Именно поэтому сохранен в качестве отсчетного эллипсоид Красовского. Система отсчета координат СК-95 Республики Беларусь реализована пунктами Государственной геодезической сети (ГГС), включающей пункты Фундаментальной астромагеодезической сети (ФАГС), Высокоточной геодезической сети (ВГС), Спутниковой геодезической сетью 1 класса (СГС-1) и Государственной сетью сгущения (ГСС). Пункты ФАГС, ВГС и СГС-1 распространяют на территории Республики Беларусь международную общеземную систему отсчета ITRS.

На территории Республики Беларусь 1 пункт ФАГС и 9 пунктов ВГС (рисунок 2) [1; 4].



▲ – пункт ФАГС; ● – пункт ВГС; — – базисная линия ФАГС и ВГС

Рисунок 2. – Государственная геодезическая сеть Республики Беларусь [1]

СК-95 связана с системой отсчёта ITRS. Эта связь обеспечена едиными параметрами связи, вычисленными по совмещённым пунктам СГС-1 и АГС с использованием глобальной модели геоида при условии сохранения единого координатного пространства с Российской Федерацией. Координаты пунктов ФАГС, ВГС и СГС-1 трансформированы из системы отсчёта ITRS в систему отсчёта СК-95. Совмещённые пункты СГС-1 и АГС послужили исходными для уравнивания государственной ГСС. Основное отличие системы отсчёта СК-95 от СК-95 Российской Федерации – строгая связь с ITRS [4]. В Республике Беларусь согласно ГКНП используются геоцентрические системы отсчёта, такие как ITRS, WGS-84.

Международная земная система отсчёта (ITRS) является основной мировой системой, на которую ориентируются все остальные. Для ITRS приняты параметры Земли: набор фундаментальных геодезических постоянных (геоцентрическая гравитационная постоянная, угловая скорость вращения земли, нормальный потенциал силы тяжести на поверхности общеземного эллипсоида). За отсчётную поверхность принят общеземной эллипсоид GRS80. За начальный (нулевой) принят отсчётный меридиан IERS, который лежит на 5,31'' восточнее начального Гринвичского меридиана [4].

World Geodetic System 1984 (WGS-84) предназначена для обеспечения работы спутниковой системы США GPS, и в связи с этим получила мировое признание и распространение. За отсчётную поверхность принят свой общеземной эллипсоид WGS-84 со своими геометрическими параметрами. За начальный (нулевой) также принят отсчётный меридиан IERS. Система координат WGS-84 используется для обеспечения орбитальной группировки системы GPS [1; 4].

На ряду с общеземными и референсными системами координат используются местные системы координат (МСК). Система координат, устанавливаемая в отношении ограниченной территории, начало отсчёта и ориентировка осей которой смещены по отношению к началу отсчёта и ориентировке осей координат государственной геодезической сети. При установлении местных систем координат необходимо обеспечить возможность перехода от местной системы координат к государственной системе координат. Местные системы координат устанавливаются при создании на территориях населённых пунктов или промышленных объектов геодезических сетей сгущения или специальных геодезических сетей, которые являются геодезической основой для производства геодезических и картографических работ при инженерных изысканиях, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, осуществлении иных специальных работ [5].

В современных условиях возрастают требования к точности определения координат пунктов ГГС, являющихся физической реализацией систем координат. На территории Республики Беларусь используется большое количество систем координат, тем не менее с течением времени системы координат совершенствуются и будут появляться более новые.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравченко, О. В. Системы глобального позиционирования в лесном хозяйстве : курс лекций для студентов специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство» / О. В. Кравченко. – Минск : БГТУ, 2018. – 60 с.
2. Огородова, Л. В. Высшая геодезия. Часть III. Теоретическая геодезия: Учебник для вузов. / Л. В. Огородова – Геодезкартиздат, 2006. – 384 с.
3. Серапинас, Б. Б. Земная система отсчёта и её составные части / Б. Б. Серапинас-Геопрофи. – 2009. – №1. – С. 49–53.
4. Руководство по преобразованию координат: ГКНП 06-008/2011: принят 16.02.2011: вступ. в силу 01.04.2011/ Государственным комитетом по имуществу Республики Беларусь. – Минск, 2011. – 36 с.
5. Клепко, В. Л. Системы координат в геодезии / В. Л. Клепко, А. В. Александров. – Екатеринбург: УГГУ, 2011. – 115 с.

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА. ДИЗАЙН

УДК 691.162

ГЛУБИННЫЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРНЫЕ ДАТЧИКИ. ПЛЮСЫ И НЕДОСТАТКИ ПРИМЕНЕНИЯ

А.В. БЕЛОУСОВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Д.Н. Шабанов)

В статье рассмотрены преимущества и недостатки использования глубинных датчиков в строительстве, в частности для использования их в бетонах.

Введение. XXI век – век информационных технологий. Активно пишутся программы, разрабатываются и совершенствуются приборы. Строительная отрасль не стала исключением. Одним из передовых методов является использования глубинного датчика.

Суть метода. В процессе эксплуатации или крупного ремонта возникает необходимость выяснить состояние бетона, его напряжённого состояние. Бетон является грубо неоднородным строительным материалом и для определения его деформировано-напряжённого состояния можно использовать глубинный тензорезисторный датчик.

Для лучшего понимания физических процессов, а также определения надёжности бетона служит глубинный тензодатчик по бетону. Датчик должен отслеживать все изменения в ходе деформации бетонного образца, т.к. тензорезисторы позволяют следить за развитием деформаций в бетоне. Механизм разрушения бетона, как известно, связан с образованием и развитием микро- и макротрещин при действии нагрузки. Причиной появления первых микротрещин является концентрация напряжений вблизи дефектов структуры: пор, включений, дислокаций. Разрушение бетона начинается с развития трещин в контактной зоне (матрица – заполнитель) с их последующим выходом в матрицу. Контактные трещины развиваются под действием сдвиговых перемещений, а трещины в матрице – растягивающих. В бетоне невысокой прочности трещины огибают зерна заполнителя, имея направление на контакте под углом к усилиям сжатия, а в матрице – параллельно им; в высокопрочном бетоне трещины рассекают зерна заполнителя и направлены параллельно усилиям сжатия [1].

Одним из главных плюсов является относительная недорогая стоимость тензорезисторов и широкий модельный ряд.

Резисторы делятся по материалу чувствительности элемента: проволочные, фольговые, полупроводниковые. Самыми популярными являются проволочные резисторы, которые состоят из подложки (плёнки, полиимида и др.), на которую в свою очередь укладывается проволока, которая в свою очередь имеет токовывод. Так же тензорезисторы подразделяются по типоразмерам (рисунок 1) [2].

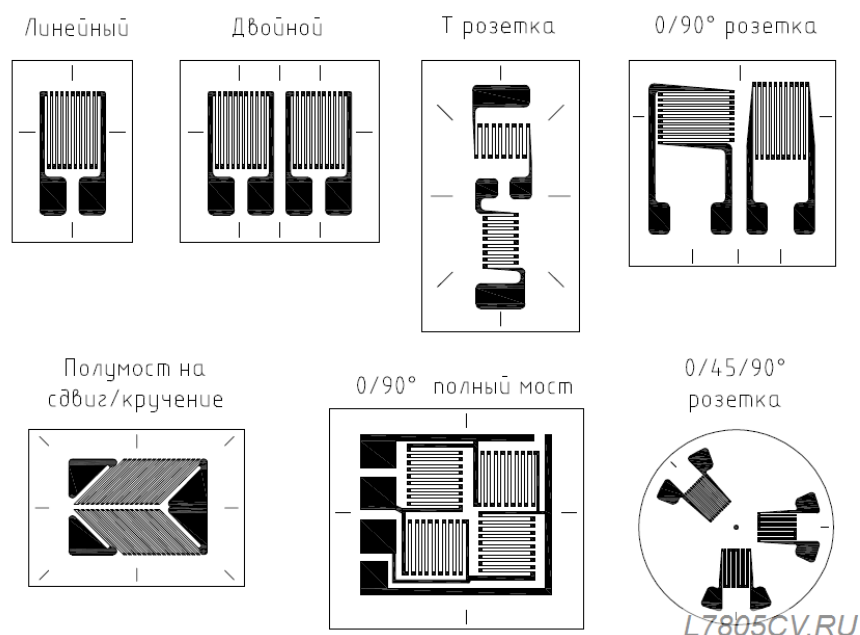


Рисунок 1. – Виды типоразмеров тензорезисторов

Тензорезисторы применяются для различных датчиков в различных областях науки: медицине, химической отрасли и конечно же строительстве [3].

Как правило, для глубинных датчиков используется именно линейный тип типоразмеров, которые измеряют деформации только в одном направлении. Тензометрический датчик – это прибор, который реагирует на изменения в структуре бетона. На территории СНГ существуют различные тензометрические датчики, разных форм, как правило и разных размеров. Так же тензометрические датчики бывают разные по назначению. Зачастую они представляют собой шарообразную форму или форму прямоугольных пластин, хотя встречаются и необычных размеров, например, S-образные (рисунок 2) [4].



Рисунок 2. – S-образный тензометрический датчик

Но есть ряд минусов глубинных датчиков, которые могут повлиять не только на точность результатов, но и на саму конструкцию. Тензорезисторы необходимо изолировать от агрессивной среды, т.к. из-за неё датчик может показывать неверный результат. Датчик может стать слишком большим концентратором напряжений, что в свою очередь влияет на целостность конструкции. К следующему недостатку относится – материал датчиков. Зачастую, глубинные датчики состоят из стали, которая в свою очередь имеет низкую коррозийность.

Для того, чтобы избежать подобных минусов, необходима оптимизация корпуса датчика и его материала.

Закключение. Несмотря на то, что глубинные датчики имеют недостатки, они не являются критическими, в свою очередь плюсы таких датчиков гораздо значительнее. К преимуществам глубинных датчиков можно отнести их простоту, широкий выбор моделей и достаточную точность показаний. Так же хорошим плюсом является то, что глубинные датчики относятся к неразрушающим методам контроля.

ЛИТЕРАТУРА

1. За Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. – М.: Госстройиздат, 1962. – 96 с.
2. Классификация тензорезисторов [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: [Тензорезисторы. Энциклопедия электроники L7805CV](#)— Date of access: 30.09.2022.
3. Тензодатчик: принцип работы и подключение тензометрического датчика [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access [Тензодатчик \(тензорезистор\) - принцип работы, для чего нужен, разновидности \(electroinfo.net\)](#)— Date of access: 30.09.2022.
4. Принцип работы S-образных и цифровых тензодатчиков [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access [Принципы работы S-образных и цифровых тензодатчиков \(hydro-pnevmo.ru\)](#) — Date of access: 30.09.2022

УДК 681.586

ОПТИМИЗАЦИЯ КОРПУСА ГЛУБИННОГО ДАТЧИКА ДЛЯ БЕТОНА

А.В. БЕЛОУСОВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Д.Н. ШАБАНОВ)

Цель работы заключалась в том, чтобы найти оптимальную форму, а также размеры глубинного датчика, дабы снизить концентрацию напряжений в бетоне.

Введение. Бетон уже долгое время является одним из основных строительных материалов. Массовое применение этого материала привело к тому, что к настоящему времени достаточно полно изучены его прочностные свойства и их изменения во времени в результате воздействия различных факторов.

Основная часть. Без понимания физических процессов, вызывающих те или иные изменения свойств бетона во времени под воздействием силовых, а также иных факторов трудно достаточно аргументировано обеспечить заданный уровень надежности конструкций, создать наиболее благоприятные условия их возведения и эксплуатации.

Для более лучшего понимания физических процессов, а также определения надёжности бетона служит глубинный тензодатчик по бетону. Датчик должен отслеживать все изменения в ходе деформации бетонного образца, т.к. тензорезисторы позволяют следить за развитием деформаций в бетоне. Механизм разрушения бетона, как известно, связан с образованием и развитием микро- и макротрещин при действии нагрузки. Причиной появления первых микротрещин является концентрация напряжений вблизи дефектов структуры: пор, включений, дислокаций. Разрушение бетона начинается с развития трещин в контактной зоне (матрица – заполнитель) с их последующим выходом в матрицу. Контактные трещины развиваются под действием сдвиговых перемещений, а трещины в матрице – растягивающих. В бетоне невысокой прочности трещины огибают зерна заполнителя, имея направление на контакте под углом к усилиям сжатия, а в матрице – параллельно им; в высокопрочном бетоне трещины рассекают зерна заполнителя и направлены параллельно усилиям сжатия [1].

Т.к. бетон является грубо неоднородным, то при нагрузке в нём возникают напряжённые состояния, которые являются неоднородными и несоосными. Для того, чтобы получить как можно более точный результат нужно учитывать важный параметр, а именно концентрация напряжений. Концентрацией напряжения называется увеличение напряжений в малых областях, примыкающих к местам с резким изменением формы поверхности тела, размеров его сечения или с локализованной неоднородностью материала внутри тела. Реальные конструкции всегда имеют зоны, в которых проявляется локальная концентрация напряжений [2]. Глубинный тензодатчик – датчик, состоящий из тензорезисторов и служащий для отслеживания деформаций в бетоне. На данный момент существующие геометрические формы не отвечают необходимым требованиям.

Чаще всего предлагают использования датчиков шарообразной, цилиндрической формы, а также взять форму диск. Мы решили сравнить эти формы при помощи программного комплекса ANSYS, который позволяет определить вызванные напряжения глубинным датчиков в бетоне.

ANSYS – это многоцелевой пакет программ для численного моделирования физических процессов и явлений в области прочности, гидрогазодинамики, теплофизики, электромагнетизма, акустики [3]. CFD-приложения ANSYS интегрированы в единую ANSYS Workbench платформу, которая является основой для передовых технологий инженерного моделирования. Эта простая в использовании платформа обеспечивает доступ к двунаправленной параметрической CAD интеграции, мощные инструменты для построения сетки, автоматизированный механизм обновления на стадии проектирования, управление многодисциплинарным моделированием и встроенные инструменты оптимизации. В результате этих взаимосвязей ANSYS CFD обеспечивает следующие преимущества и возможности:

- быстро подготовить геометрию для анализа потока без утомительной доработки;
- избегать дублирования исходных данных, которые являются общими для всего потока жидкости;
- легко рассчитать несколько вариантов геометрии, сетки, физики процесса и автоматически получить новые результаты моделирования для этой серии расчетов;
- улучшать качества разрабатываемого изделия (процесса) за счет ясного понимания происходящих процессов с последующим корректным проектированием [4].

Для определения концентрации напряжения необходимо выбрать Static structural. В появившейся вкладке выбираем пункт Material, где выбираем материал бетон (бетон входит в базовый пакет ANSYS) (рисунок). После переходим во вкладку Geometry, где формируем бетонный образец, а также испытываемый датчик, как отдельное тело. После испытания трёх геометрических форм получают следующие данные: Диск – 0.0066466 МПа; Цилиндр – 0.0071466 МПа; Шар – 0.0097554 МПа.

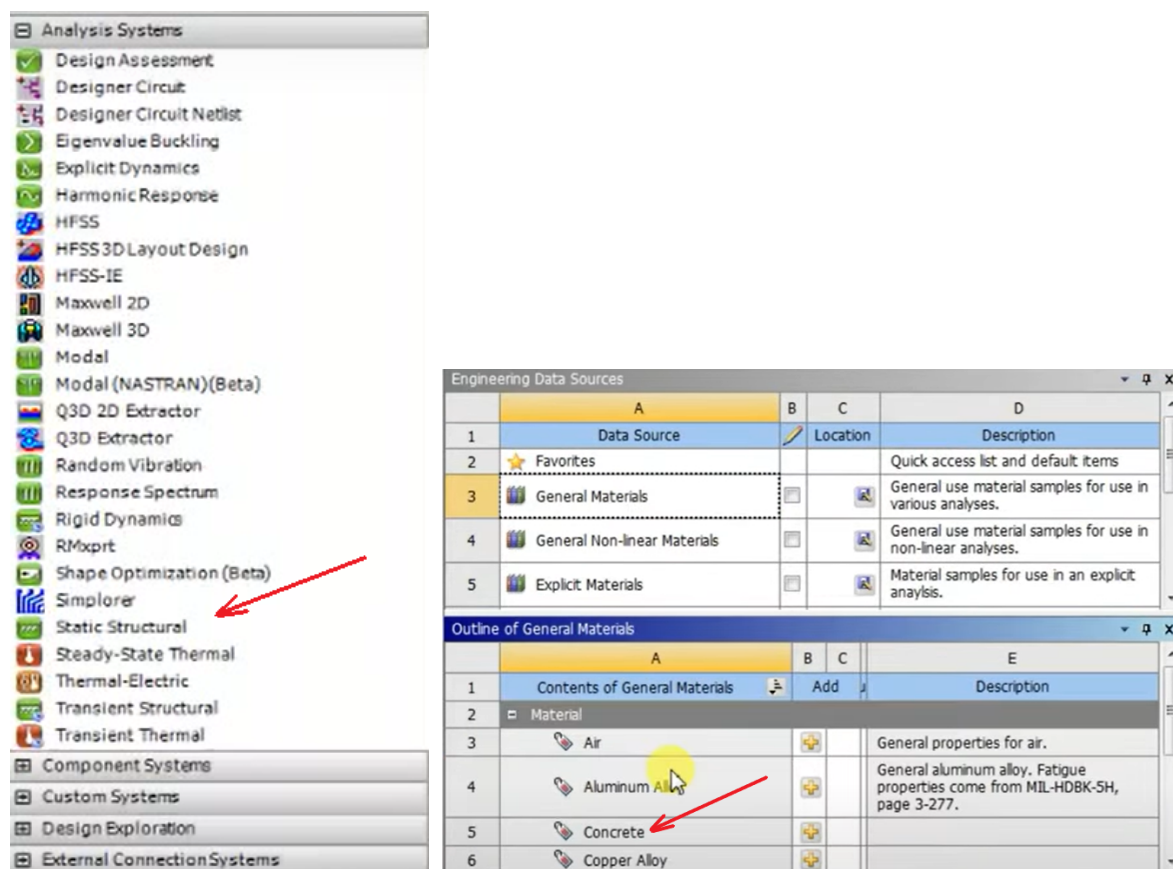


Рисунок. – Интерфейс ANSYS Workbench

Таким образом, при помощи моделирования и расчёта, результаты показали, что наиболее оптимизированной геометрической формой будет являться диск.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. – М.: Госстройиздат, 1962. – 96 с.
2. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Дата доступа: 20.05.2022.
3. Пронин В.А., Жигновская Д.В., Цветков В.А. Введение в расчетную платформу ANSYS Workbench: Лабораторные работы. Часть 1 - СПб.: Университет ИТМО, 2019
4. Ansys Workbench - универсальная платформа, объединяющая продукты Ansys для моделирования задач гидрогазодинамики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Дата дотсупа: 20.05.2022.

УДК 72.01

КУЛЬТУРНЫЙ И ВИЗУАЛЬНЫЙ КОДЫ КАК ОСНОВА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНОГО СТИЛЯ

О.Ю. БРУСОЧКИН*(Представлено: канд. техн. наук, доц. Д.Д. ЖУКОВ)*

В статье отражены вопросы, связанные с попытками автора понять и объяснить в самых общих чертах, как создать всеобщий локальный архитектурный стиль, используя соответствующие коды – культурный и визуальный архитектурный.

Развитие визуальной стороны архитектуры никогда еще не было настолько очевидным, как в последние три десятилетия. Архитектура все больше ориентируется на создание едва ли не предельно выразительного зрительного образа. Зачастую она перенимает психологическую стратегию рекламы с ее нацеленностью на мгновенную и правильную с ее точки зрения реакцию зрителя. Многие здания превращаются в модные продукты, иные из которых можно даже назвать зданиями-однодневками. Ведь они не вызывают глубоких и искренних чувств у тех, кто их видит и ими пользуется. Неслучайно лишь немногие современные здания способны долго нам нравиться, в то время как, например, облик незатейливой деревенской постройки дает нам возможность прочувствовать если не смысл нашего существования, то по крайней мере ощутить связь времен и собственное место в существующем не одно тысячелетие мире. Видимо, порой мы видим в современном здании лишь композиционные и иные архитектурные решения, поскольку архитекторы не дают нам глубинного понимания того, что стоит за придуманными ими формами.

Современная культура, похоже, перенасыщена изображениями. Поэтому и архитектура наших дней нередко воспринимается не как искусство архитектурное, а как искусство визуальное, изобразительное. Возможно, так замыкается эпистемологический круг, одними из зачинателей которого были философы и зодчие Древней Греции. Впрочем, изменения в архитектуре ограничиваются не только главенством визуального начала. Зодчество в определенной мере становится искусством изображения, которое, например, зафиксировано фотокамерой. В культуре изображений видение мира может быть упрощено до картинки, когда теряется его объемность, пространственность, динамика. В подобной ситуации мы словно бы наблюдаем мир со стороны, игнорируя эстетические и иные переживания, связанные с нашим бытием.

Сьюзен Зонтаг (Susan Sontag) тонко подметила, какую роль играет фотография для восприятия мира людьми. По ее мнению, существует образ мышления, благодаря которому человек видит окружающий его мир как подборку потенциальных фотографий: «Реальность все более становится тем, что нам показывает камера, а вездесущность фотографии оказывает неизмеримый эффект на нашу эстетическую восприимчивость» [1]. Выходит, что фотография принуждает нас не в меру легкомысленно относиться к действительности, делает нас инфантильными.

Теперь о кодах – культурном и визуальном. Код представляет собой знаковую структуру, систему, правила упорядочения или сочетания символов. Код – это способ структурирования культурной информации, в т. ч. относящейся к архитектуре. Близкий по смыслу пример кода – язык, т. к. язык, по Ф. де Соссюру (F. de Saussure), служит определенным способом правильной и закономерной организации высказывания [2].

К культурному коду относят уникальные культурные особенности, архетипы, которые достались народам от предков; это, можно сказать, закодированная в определенной форме информация, которая предоставляет возможность идентифицировать культуру [3]. Причем культурный код – это не то, что на слуху или в письме; культурный код скрыт от понимания, но обнаруживается в конкретных поступках, действиях людей. Так, культурный код нации обуславливает поведение и психологию ее представителей. В широко известном словаре В.И. Даля сообщается: «Код – тайна, тайнопись, загадка, секрет, шифр».

Клотер Рапай (фр. Clotilde Rapaille) в своей книге «Культурный код. Как мы живем, что покупаем и почему» [4, с. 10] пишет: «Культурный код – это бессознательный смысл той или иной вещи или явления, будь то машина, еда, отношения, даже страна в контексте культуры, в которой мы воспитаны. Восприятие джипа в Америке не совпадает с тем, что стоит за ним во Франции или Германии, так как культуры этих стран развивались по-разному (в Америке сильны воспоминания об открытых просторах, а во Франции и Германии – о войне и оккупации). Поэтому и код – значение, которое мы бессознательно приписываем этому автомобилю, – в каждой стране свой. ... Для всех очевидно, что культуры разных стран отличаются друг от друга. Но немногие понимают, что именно поэтому люди разных культур по-разному воспринимают одну и ту же информацию».

Понятие «код» пришло из научно-технической сферы, вспомним хотя бы код Морзе. В культурологии же понятие «профильного» кода служит ключом к постижению культурной картины мира [2]. С помощью известного культурного кода можно расшифровывать глубинный смысл проявлений культу-

ры, помимо прочего таковой смысл символов и ритуалов. Здесь уместно привести в качестве примера графическую нотацию (обозначение) музыканта-синестетика Энтони Брэкстона (англ. Anthony Braxton), композиция номер 364 [5]. Он с начала своей профессиональной деятельности придумывал так называемые графические партитуры с целью визуализации звука. Музыка Брэкстона не проста, но графическая нотация позволяет ее не только понять, но и почувствовать (рисунок 1).



Рисунок 1. – Энтони Брэкстон. Композиция номер 364

Культурный код взаимоувязывает знак и значение, облегчает перевод номинаций в смыслы, т. е. дает возможность понять, что значат культурные явления. Если не «взломать» код, такие явления оказываются тайной за семью печатями. Примечательно, что культурные тексты прочитываются по-разному в зависимости от используемого кода. Культурными кодами наделены все языки культуры. Именно эти коды позволяют осуществить перевод глубинных культурных смыслов на уровень их понятного выражения.

Скажем, дресс-код как культурный код имеет место в культурных сферах почти всех народов. Он придает человеку определенный общественный статус. Очевидно, дама в выходном наряде в ресторане, скорее всего, не пришла туда работать, а замеченная там же дама в униформе – не пришла туда развлекаться [6].

Визуальным кодом можно назвать систему проявления отличительных (внешних) и смысловых (внутренних) особенностей культуры в окружающем нас мире. Что касается визуального кода в архитектуре, к нему стоит отнести еще и то, что присуще архитектуре как прежде всего архитектурно-художественному искусству. Тут, в частности, выделяются архетипы, а также принципы и обычаи проектирования. Все это позволяет разным людям следовать единому визуальному коду, ощущая его на бессознательном уровне.

Соотнести между собой архитектурный стиль, визуальный архитектурный код и культурный код удобно и наглядно с точки зрения архитектурного метаболизма, в котором преуспел, например, японский архитектор Кисё Курокава (Kisho Kurokawa): стиль – это живой организм, визуальный код – его тело, а культурный код – его разум, память и эмоции [7]. Стиль должен быть системой ценностей, но, чтобы жизнеспособный гармоничный стиль сложился, его необходимо «вращивать» в благоприятных условиях. Можно выделить четыре слагаемых жизнеспособного архитектурного стиля: культурный код, визуальный код, мировые тенденции, а также благоприятные экономические, социальные, политические условия.

Культурный код обеспечивает связь с местной культурой в отношении смыслов, значений и символов. Это находит позитивный отклик у людей в среде их существования, и культурный код в этом случае связывает стиль с человеческим сообществом.

Визуальный код кроме того, что о нем сказано выше, проявляет себя в формах и образах, которые присущи конкретной культуре или стране, региону, местности. Так, например, ключевое отличие культуры Японии в целом и ее архитектуры в частности – трепетное отношение к традициям и высокая технологичность. Отсюда поражающее воображение сочетание традиций, в т. ч. древних, и бурно развивающихся технологий. Что касается белорусской архитектуры, над ней довлеет весьма противоречивое наследие советской эпохи, например, так называемая сталинская архитектура и далеко не до конца осмысленное массовое жилищное строительство, находящее свое воплощение в нелепых с точки зрения видеозакономерностей многоквартирных «человейниках» и крайне неудобных проходных дворах.

Указанная пара слагаемых влияет на формирование стиля, так сказать, изнутри, это как бы внутренние факторы. Теперь о внешних факторах.

Мировые тенденции не дают локальному архитектурному стилю вариться в собственном соку, побуждают архитекторов идти в ногу с мировым прогрессом. Умелое внедрение новейших технологий позволяет стилю развиваться, не становится чересчур быстро архаичным.

На архитектурный стиль серьезно влияют также экономические, социальные и политические условия. Например, довольно проблематично становление архитектурного стиля без рыночной или (и) государственной поддержки.

Высказанные выше соображения в первую очередь относятся к решению проблемы создания всеобщего белорусского архитектурного стиля. Стиля, который бы не противоречил белорусскому культурному коду в целом и визуальному коду белорусской архитектуры в частности. Вероятно, один из путей решения этой многотрудной задачи – задействование инструментария дизайна архитектурной среды, который ориентирован прежде всего на достижение должного визуального комфорта потребителей архитектурной среды. А создание такого комфорта немислимо без глубокого понимания двух белорусских кодов – культурного и визуального архитектурного.

ЛИТЕРАТУРА

1. Juhani Pallasmaa. The Eyes of the Skin (1996) [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://skladuma.softculture.cc/12-juhani-pallasmaa-the-eyes-of-the-skin-1996> – Дата доступа : 17.09.2022.
2. Культурный код – понятие, принципы, история [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://velikayakultura.ru/teoriya-kultury/kulturnyy-kod-ponyatie-printsipy-istoriya>. – Дата доступа : 17.09.2022.
3. Культурный код. Материал из Википедии – свободной энциклопедии [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%B4. – Дата доступа : 17.09.2022.
4. Рапай, К. Культурный код. Как мы живем, что покупаем и почему / К. Рапай. – М.: Альпина Паблишер, 2022. – 168 с.
5. The Freedom Principle [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://www.artsy.net/artwork/anthony-braxton-falling-river-music-364f>. – Дата доступа : 17.09.2022.
6. Национальное бессознательное, или Что такое культурный код [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://theoryandpractice.ru/posts/19222-natsionalnoe-bessoznatelnoe-ili-cto-takoe-kulturnyy-kod>. – Дата доступа : 17.09.2022.
7. Культурный код как основа для формирования локального стиля [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://design-mate.ru/read/an-experience/cultural-code-local-style>. – Дата доступа : 17.09.2022.

УДК 72.03

ВИЗУАЛЬНЫЙ КОД БЕЛОРУССКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

О.Ю. БРУСОЧКИН

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Д.Д. ЖУКОВ)

В статье рассматриваются особенности белорусской народной архитектуры, связанные в первую очередь с крестьянским бытом и ее включенностью в природную среду. При этом свободное пространство в интерьерах трактуется как важнейший элемент в системе архитектурных ценностей. В этом, помимо прочего, заключается попытка перевести глубинные смыслы культуры, ее коды на современный визуальный уровень и наметить контуры визуального кода для формирования национального архитектурного стиля.

Под визуальным кодом понимается система изображения уникальных и смысловых особенностей культуры в предметно-пространственной среде. Что касается визуального кода применительно к архитектуре, таковым можно считать набор принципов, характеристик, обычаев проектирования, архетипов. Все это позволяет разным людям придерживаться единых правил в части архитектуры как важнейшего слагаемого культуры, понимать их и ощущать на бессознательном уровне. Причем чем глубже и богаче культура, тем сложнее ее понимать.

Выделим три главные составляющие визуального кода – форму, цвет и смысл.

Традиционной белорусской архитектуре, на взгляд автора, присущи шесть формообразующих особенностей. В иерархическом порядке они расставляются так: 1) простота; 2) функциональность (жесткое подчинение формы функции); 3) ясность; 4) лаконичность; 5) сдержанность; 6) определенная «нязграбнасць» (неаккуратность, неуклюжесть).

Простота является, пожалуй, определяющей особенностью, сквозь ее призму следует рассматривать остальные пять особенностей (рисунок 1). Например, американский ученый-химик Джордж Уайтсайдс (англ. George McClelland Whitesides) на одной из своих лекций говорил: «Никого не интересуют пределы простых вещей, они просто существуют. Все о них на поверхности. Все в нашем мире, если разбирать по молекулам, сложное, но просты те вещи, которые не кажутся перегруженными с первого взгляда» [1].



Рисунок 1. – Интерьер белорусской хаты: простота через быт, через необходимое и достаточное

Первое, что бросается в глаза в интерьере традиционной белорусской хаты (одноэтажного односемейного жилого дома), ее экономичность, граничащая с бедностью. Очевидно, в старые времена строить следовало как можно быстрее и дешевле, грамотно учитывая климат местности. Хаты были из древесины сосны (чаще всего), ольхи или осины, строили их наиболее рациональным образом, что вносило свою весомую лепту в облик этих построек. Вместе с тем привлекает проявление духовного богатства в их организации и оформлении.

При этом мировоззрение белорусов определяло символику их жилищ. Они полагали, что дом – это уменьшенная модель Вселенной и (или) храм семейной жизни. С их точки зрения, печь – это языческий центр дома, образ мирового дерева, неугасимый огонь; покуть (красный угол) – его христианский центр; стол – центр земной жизни, место символического обмена между людьми и богом, символ плодородной почвы; колыбель – символ новой жизни и бессмертия рода [2].

Стоит обратить особое внимание на следующее обстоятельство: белорусы выделяли наиболее важные, сакральные элементы интерьера белым цветом. Это связано с их человеческой сущностью. Указанные элементы, объединяясь композиционно, создают своеобразную атмосферу внутренней предметно-пространственной среды.

Если брать свет в интерьере, то здесь можно поразиться пониманию света и тени белорусами. Луч, втиснутый в пустое пространство, образует тусклые тени. Кажется, в этом маленьком уголке мира царит полная тишина и неизменное спокойствие. А объекты белого цвета на сером фоне превращаются в интерьере в своего рода выставку, являя собой гармоничную композицию. Неслучайно, значит, многие современные жители Беларуси тяготеют к лаконичности, простоте, сдержанности форм, четкости графических решений.

Интересно, что у белорусов есть закон ритуальной перевернутости [3]. В обрядовой практике ритуалы четко делятся на праздники и похороны. Так, за поминальным столом супружескую пару должен разделять стол, за которым супруги находятся напротив друг друга; на праздники же их места рядом, им надлежит садиться за столом плечом к плечу. Другие примеры: на поминках ближе к покути должны располагаться самые старые люди, на свадьбе – молодые; на поминальный стол скатерть положено стелить изнаночной стороной вверх, чтобы отметить исключительность события.

Можно сделать вывод, что интерьер – это целая вселенная у белорусов, а значит, это очень важный культурный код, который влияет на организацию предметно-пространственной среды. От этого и следует идти осмысленной национальной архитектуре.

Любопытно сравнить японскую чайную комнату Босэн 1612 г. и хату в деревне Дубровище Новогрудского района [4]. У белорусов есть четкая граница лиминальности – перехода из своего мира в другой мир. Эту границу очень зримо обозначает порог. У японцев же граница лиминальности размыта [5]. У них два мира не разделены, как у белорусов, а существуют параллельно и одновременно. Поэтому в Японии сад проектируют совместно с интерьером. А террасы стирают границы дома, продлевая его. Эти различия обусловлены и разным климатом. В Японии после сезона дождей начинается сильная жара, создаются благоприятные условия для развития грибка, плесени и мха. И, чтобы дома не портились, японцы привыкли обеспечивать в них хорошее проветривание, преимущественно сквозное. Поэтому в их домах много больших проемов и мало вещей.

На традиционную белорусскую архитектуру оказали серьезное влияние язычество, о чем уже сказано выше, и холодная зима. По представлениям белорусов-язычников, мир вне дома населяли разные силы и духи, в т. ч. злые, зимой же необходимо было спастись от холода. Отсюда маленькие окна и двери в хатах. Зимой в них приходилось держать домашних животных (молодняк). Сюда же переводились многие хозяйственные работы, в доме появлялся ткацкий станок и соответствующее оборудование и инструмент. Получается, что белорусы строили и оснащали дома для зимы, а японцы – для лета.

Примечательно также, что традиционная архитектура белорусов стремится слиться с окружающей средой, не особенно выделяясь на ее фоне. Отсюда и тяга белорусов к серому цвету, обусловленная отчасти естественным цветом старой неокрашенной древесины [2]. Можно сказать, что цвет белорусской архитектуры – это цвет материала. Первая белорусская гамма – древесно-серебристый и белый цвет [4]. Эстетика при этом важна, но главное было – отпугнуть нечистую силу. Что касается белого цвета, кое-где в западной части Беларуси стены глинобитных домов полностью белились. Красили в белый белорусы и срубы, обеспечивая при этом защиту древесины известью. С XVII в. окна и фронтоны белорусских домов начали красить, например, охрой; к другим белорусским цветам можно отнести голубой, бурый и темно-красный [4].

Кроме обрисованных выше некоторых основных частей визуального кода белорусской архитектуры, следует упомянуть также рисунки на домах, являвшиеся не только их украшениями, но и магическими визуальными кодами. Они способствуют переводу мира номинаций (обозначений) в мир смыслов, помогая понять культурные феномены. Например, ромб – символ плодородия, пара птиц – символ семейного счастья, цветок с тремя лепестками – символ жизни [4]. Эту визуальную информацию люди адресовали невидимым, но могущественным силам. Она размещалась преимущественно на наличниках окон народного белорусского жилища. Но изначально наличники служили только лишь для прикрытия щелей между окнами и стенами. Так что наличники со временем стали одновременно и функциональными, и выразительными декоративными элементами белорусских хат [2].

В архитектуре с местными историческими корнями всегда есть глубинная потребность. Не зря говорят: история демонстрирует в материальном намного больше, нежели в написанном. Хороший пример этого – Церковь Святого Кирилла Туровского и Всех Святых Покровителей Белорусского Народа в г. Лондоне, столице Великобритании (рисунок 2). Ее прообразом стала униатская церковь XVIII в. в Музее народной

архитектуры и быта «Строчицы» неподалеку от белорусской столицы. Лондонская церковь доказывает: переработка национальных форм и образов с учетом актуальных мировых тенденций позволяют формировать уникальную стилистику. На Всемирном архитектурном фестивале (World Architecture Festival) данный объект признан победителем в номинации «Лучшее религиозное здание мира в 2018 году».



Рисунок 2. – Церковь Святого Кирилла Туровского и Всех Святых Покровителей Белорусского Народа в Лондоне (слева) и униатская церковь XVIII в. в Музее народной архитектуры и быта «Строчицы» (справа)

По мнению известного швейцарского архитектора Марио Ботта (Mario Botta), архитектура – это сугубо местное направление работы, и, чтобы быть универсальным, вам нужно быть глубоко локальным. В каком случае белорусский архитектурный стиль важен и интересен белорусам и миру? Очевидно, когда он уникален. А уникальность строится на самобытности, на глубоких исторических корнях. Развитие белорусского архитектурного стиля безусловно важно как для национальной культуры, так и для самосознания народа. Сформировать этот стиль возможно на основе изучения белорусского культурного и визуального кода с учетом современных тенденций стилеобразования. Причем речь здесь идет не о том, чтобы воссоздавать старые хаты, а чтобы тонко передать присущие традиционной, народной белорусской архитектуре образы, формы и колорит современным объектам, глядя на которые, можно утверждать: «Да, это и есть настоящая белорусская архитектура!»

ЛИТЕРАТУРА

1. Джордж Уайтсайдз: Наука простоты [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.ted.com/talks/george_whitesides_toward_a_science_of_simplicity/transcript?source=facebook&language=ru – Дата доступа: 19.09.2022.
2. Сергачёв, С. А. Белорусское народное зодчество / С. А. Сергачёв. – Минск : Ураджай, 1992. – 255 с.
3. Закон ритуальной перевернутости в обрядовой практике белорусов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://vedjena.livejournal.com/144523.html> – Дата доступа : 19.09.2022.
4. Верещагина, Е. Традиционный дом белоруса. Исчезающий стиль? [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://planetabelarus.by/publications/traditsionnyy-dom-belorusa-ischezayushchiy-stil/> – Дата доступа : 19.09.2022.
5. Лекция «Японская архитектура с чистого листа» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.youtube.com/watch?v=4z0m7eGKL8s&t=1863s> – Дата доступа : 19.09.2022.

УДК 624.048

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКОГО ЛИНЕЙНОГО РАСЧЕТА УСИЛИЙ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ПО ПРОГРАММАМ ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS И ЛИРА-САПР

В.С. БУРАВСКИЙ

(Представлено: д-р техн. наук, проф. Д.Н. Лазовский)

В данной работе продемонстрированы сравнения результатов статического линейного расчета железобетонных конструкций в программах Robot Structural Analysis и Лира-САПР, а именно внутренние усилия изгибающих моментов сплошной монолитной плиты многоэтажного каркасного здания.

Введение. В настоящее время в строительной отрасли широко используется компьютерное моделирование различных зданий и сооружений, имеющие большое преимущество в проектировании. Компьютерное моделирование помогает повысить уровень и качество проектирования, благодаря этому решаются самые сложные инженерные задачи.

На сегодняшний день нужно учитывать, что современные программные комплексы, являются всего лишь инструментом для проведения расчетов и моделирование конструкций, которые дают приблизительные результаты. Эти результаты могут отличаться при расчетах в различных программных комплексах в более сложных моделях. В этом случае получаются нестыковки в проектировании, которые приводят к аварийным ситуациям в ходе строительства и дальнейшими проблемами в эксплуатации зданий и сооружений. Для выявления более точных проектных решений и результатов проектным организациям следуют проводить расчеты в двух или более программных комплексах, которые должны иметь лицензионную версию, и быть тщательно проверены на практике. Исходя из полученных результатов, можно проводить аналитическую работу по полученным результатам. Основной трудностью при работе с новой технологией является сопоставление полученных результатов между программными комплексами с полученными результатами.

Robot Structural Analysis (RSA) – это комплексная программа, предназначенная для выполнения расчетов и проектирования различных конструкций. Программная структура RSA позволяет выполнять статические и динамические расчеты конструкций, проверять полученные результаты, выполнять расчеты отдельных элементов конструкций по нормативным документам, а также подготовить документальный отчет по результатам расчета [1]. Комплексная программа широко используется при проектировании гражданских и общественных зданий, мостов, туннелей, подпорных стен.

Лира-САПР – многофункциональное программное обеспечение, предназначенные для статических и динамических расчетов методом конечных элементов и проектирования различных видов конструкций. Кроме расчета проектируемой модели Лира-САПР позволяет автоматически определять расчетные сочетания нагрузок и усилий, конструктивно подбирать и проверять стальные и железобетонные элементы с формированием чертежей КМ и КЖ [2].

Постановка задачи. Объектом исследования является сплошная монолитная плита многоэтажного каркасного здания.

Цель: определение внутренних усилий изгибающих моментов в монолитной плите в двух вышеперечисленных программных комплексах и сравнение полученных результатов расчета.

Характеристика плиты. Толщина монолитной плиты составляет 200мм, плита изготовлена из бетона класса C20/25, очертание плиты приведено ниже на картах плитных элементов.

Сбор нагрузок. Нагрузки рассчитываем при ширине полосы 1м, приходящаяся на 1м² плиты, равна по величине нагрузке на 1м погонной полосы. Подсчет нагрузки дан в таблице 1.

Таблица 1. – Межэтажное перекрытие (типовой этаж)

Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, кН/м ²	Коэффициент надежности по нагрузке, γ _f	Расчетная нагрузка, кН/м ²
Постоянная:			
1. Линолеум на тепло-звукоизоляционной основе (δ = 0,004м ρ=1600 кг/м3);	0,04	1,35	0,054
2. Самонивелирующая стяжка (δ = 0,01 м, ρ= 1800кг/м3);	0,18	1,35	0,243
3. Стяжка из ц/п раствора (δ = 0,035 м, ρ= 1800кг/м3);	0,63	1,35	0,851
4. Ж/б плита перекрытия (δ = 0,2м, ρ= 2500кг/м3);	5	1,35	6,75
Итого	q _п = 5,85	-	q = 7,898
Полезная:	2,0	1,5	3,0
Полная нагрузка	7,85	-	10,898

Результаты полученных результатов. Расчет ведется по предельным состояниям первой группы и выполняется с учетом неблагоприятных сочетаний нагрузок. Шаг сетки конечных элементов принимаем 0,5 м для более точных результатов усилий в элементах.

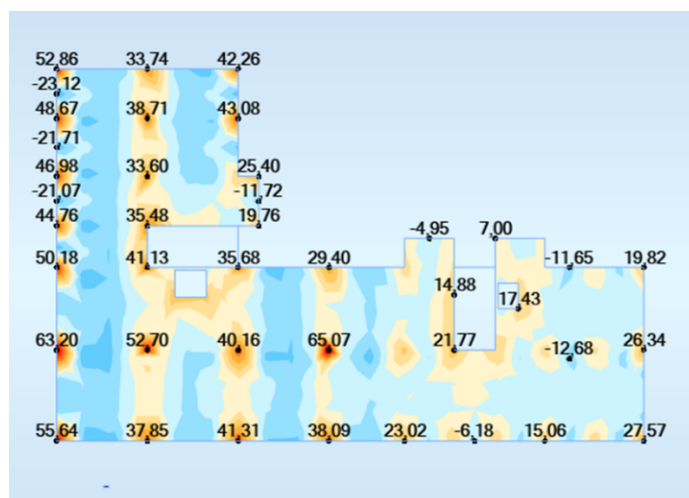


Рисунок 1. – Значения моментов M_x в плите в ПК RSA

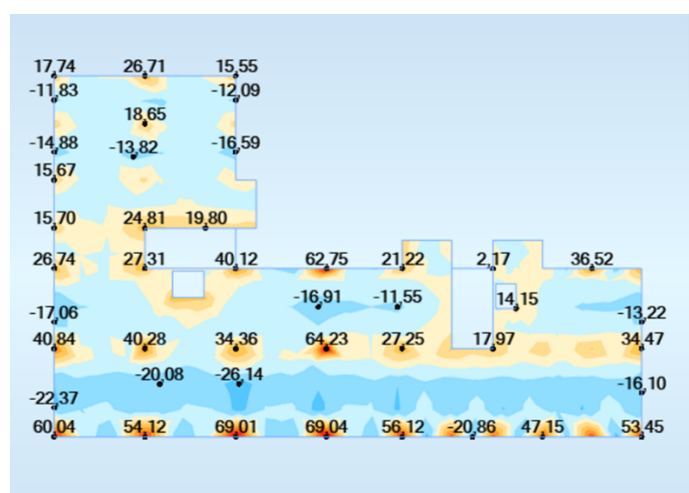


Рисунок 2. – Значения моментов M_y в плите в ПК RSA

РСН определяющие расчетные. Огибающая максимальных значений (Таблица ЕвроКод_1)
Мозаика напряжений по M_x
Единицы измерения - (кН*м)/м

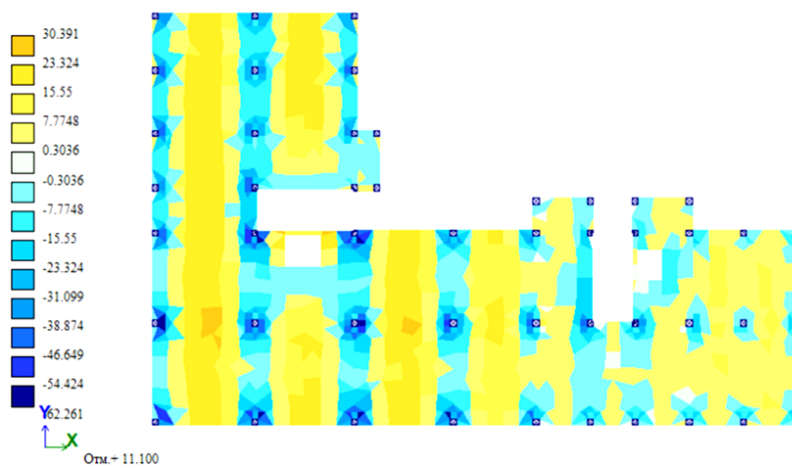
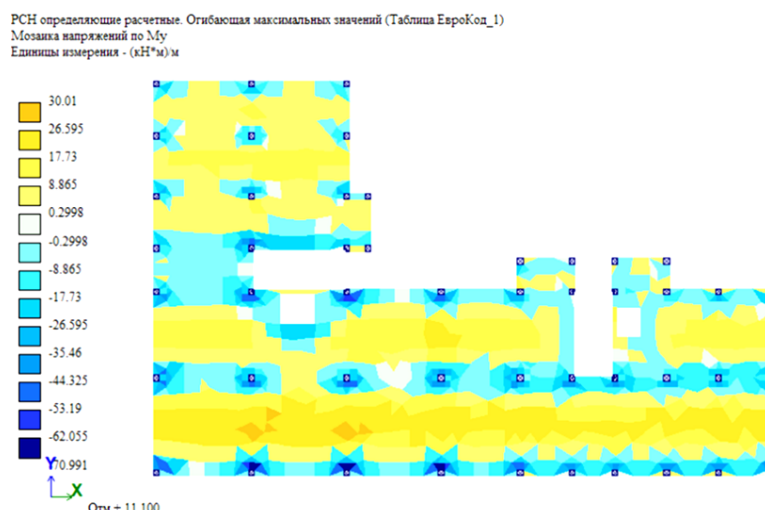


Рисунок 3. – Значения моментов M_x в плите в ПК Лира-САПР

Рисунок 4. – Значения моментов M_y в плите в ПК Лири-САПР

Анализ полученных результатов. Согласно полученным результатам, расхождения результатов значений между RSA и Лира составляют: для M_x – 4,3%, для M_y – 2,7%, что соответствует максимальному порогу 5%. Гистограмма максимальных расхождений изображена на рисунке 5.

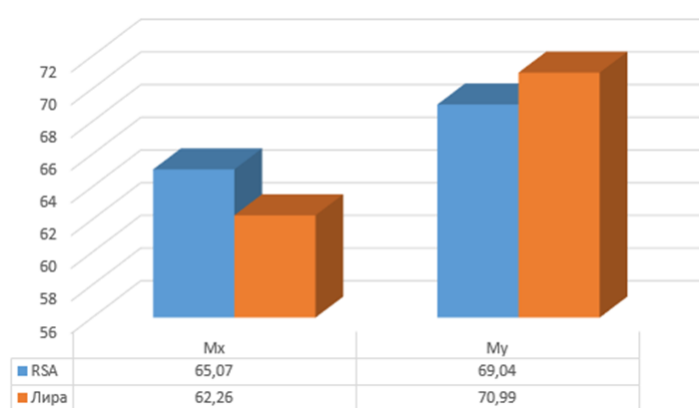


Рисунок 5. – Гистограмма максимальных значений изгибающих моментов в плите

Вывод. Сопоставление результатов статического линейного расчета внутренних усилий по рассмотренным программным комплексам железобетонной плиты показывают наличие расхождений в среднем в пределах 5%. При этом расхождения наибольших значений внутренних усилий (изгибающих моментов), определяющих армирование конструкции, до 12%. Полученные результаты подтверждают необходимость использования в работе нескольких расчетных программ по каждому объекту проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Расчеты и проектирование строительных конструкций при помощи Autodesk Robot Structural Analysis Professional. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://sapr.ru/article/22880> – Дата доступа: 13.06.2022
2. Autodesk Robot Structural Analysis Professional. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cad.ru/support/bz/archive/66/autodesk-robot-structural-analysis-professional/> – Дата доступа: 13.06.2022.
3. Сыч С. Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014 / Методическое пособие / Сыч С. – Москва, 2013
4. Программный комплекс ЛИРА-САПР. Руководство пользователя. Обучающие примеры. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://rflira.ru/files/lira-sapr/Book_LIRA_SAPR_2018.pdf – Дата доступа: 13.06.2022.
5. ПК ЛИРА-САПР Проектирование и расчет строительных конструкций. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.lirasapr.com/lira/> – Дата доступа: 13.06.2022.

УДК 624.073

РАСЧЕТ АРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ
В ПРОГРАММАХ ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS И ЛИРА-САПР

В.С. БУРАВСКИЙ

(Представлено: д-р техн. наук, проф. Д.Н. Лазовский)

В данной работе продемонстрированы сравнения результатов армирования железобетонных конструкций в программах Robot Structural Analysis и Лира-САПР, а именно армирования сплошной монолитной плиты перекрытия многоэтажного каркасного здания.

Введение. Программные комплексы предоставляют инженеру и исследователю возможность выполнять компьютерные расчеты множества частных задач, возникающих в процессе работы над проектом сооружения. Одной из частных задач является армирование железобетонных элементов, с которой прекрасно справляются такие программы, как Robot Structural Analysis и Лира-САПР.

В программе Robot Structural Analysis есть несколько вариантов проведения расчёта армирования железобетонных конструкций: теоретический и фактический.

Расчет теоретического армирования заключается в том, что можно изменять, а также вносить свои параметры расчета. В них проводится корректировка основных настроек бетона (класс, тип, твердение и внешние условия); продольного и поперечного армирования (класс арматуры, диаметр стержня, защитный слой). Расчет фактического (реального) армирования определяется с помощью модулей проектирования железобетонных элементов, в котором геометрия элементов и его свойства (длина, поперечное сечение, параметры армирования) определяется в автономном режиме.

В программе Лира-САПР армирования железобетонных элементов, после проведение расчетов, происходит в дополнительной программе, в препроцессор Лира-САПР – Сапфир-ЖБК. Сапфир-ЖБК импортирует результаты расчёта армирования из Лира-САПР и показывает карту изополей армирования для дальнейшего конструируемой плиты перекрытия. Также осуществляется настройка шкалы представления результатов и выбор основной арматуры, при этом автоматически изменяются пятна изополей. На фоне изополей размещаются участки дополнительного армирования.

Объектом исследования является сплошная монолитная плита перекрытия, толщиной 200 мм, состоящая из класса бетона C20/25.

Армирование монолитной плиты производится продольными и поперечными стержнями класса S500, в верхних и нижних зонах по двум направлениям.

Армирование в программе Robot Structural Analysis. Рассмотрим полученные результаты армирования. Нижнее армирование по оси X в основном состоит из стержней Ø12мм с шагом 200мм. В некоторых зонах, для того, чтобы не был перерасход арматуры, мы взяли стержни Ø8 и Ø10мм с шагом 200мм. Верхнее армирование по оси X представлено стержнями Ø10мм с шагом 200мм. На приопорных участках понадобилась дополнительная арматура Ø10мм с шагом 160мм. Нижнее армирование по оси Y армируется из стержней Ø10мм с шагом 200мм. Также имеются зоны, в котором понадобилась арматура Ø8мм с шагом 150-200мм. Верхнем армирования по оси Y состоит из стержней Ø10мм с шагом 200 мм. Дополнительная арматура по оси Y не понадобилась.

Согласно результатам армирования, общий расход арматурных элементов составляет 12883,02 кг.

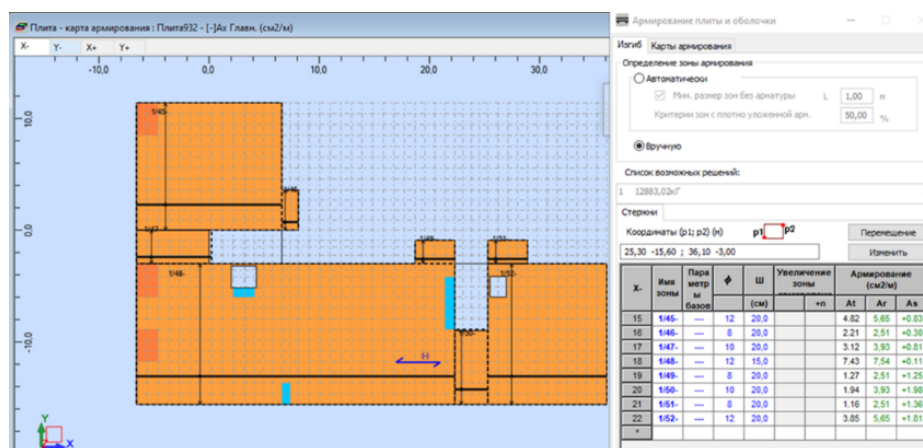


Рисунок 1. – Нижнее армирование плиты по оси X в ПК RSA

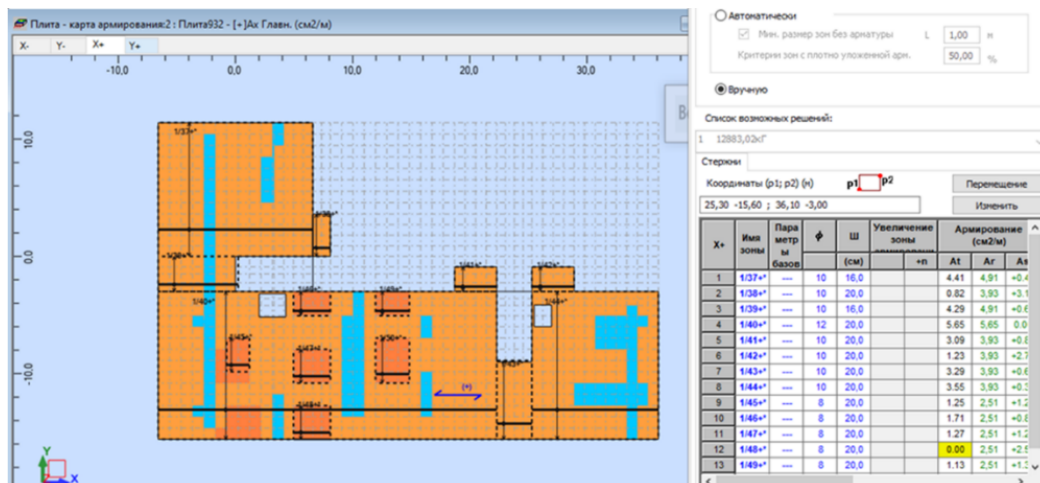


Рисунок 2. – Верхнее армирование плиты по оси X в ПК RSA

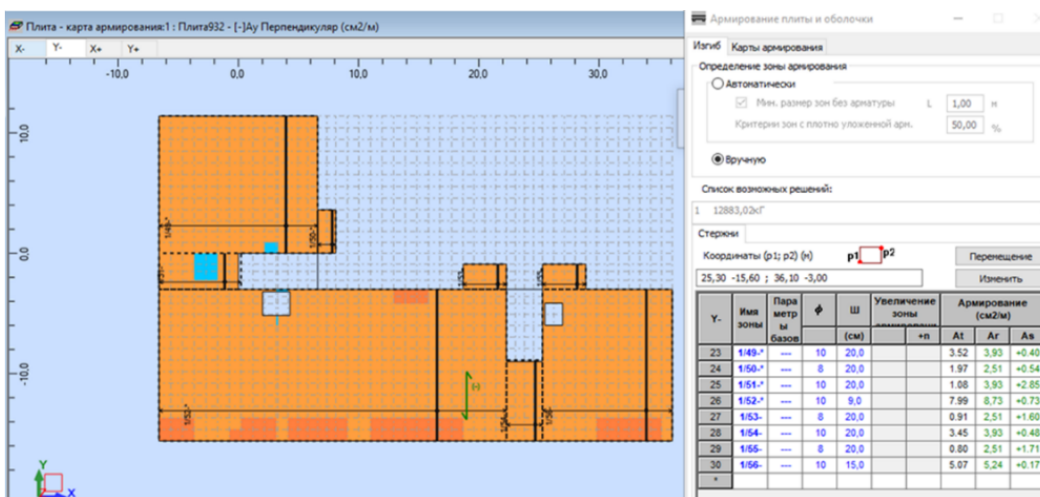


Рисунок 3. – Нижнее армирование плиты по оси Y в ПК RSA

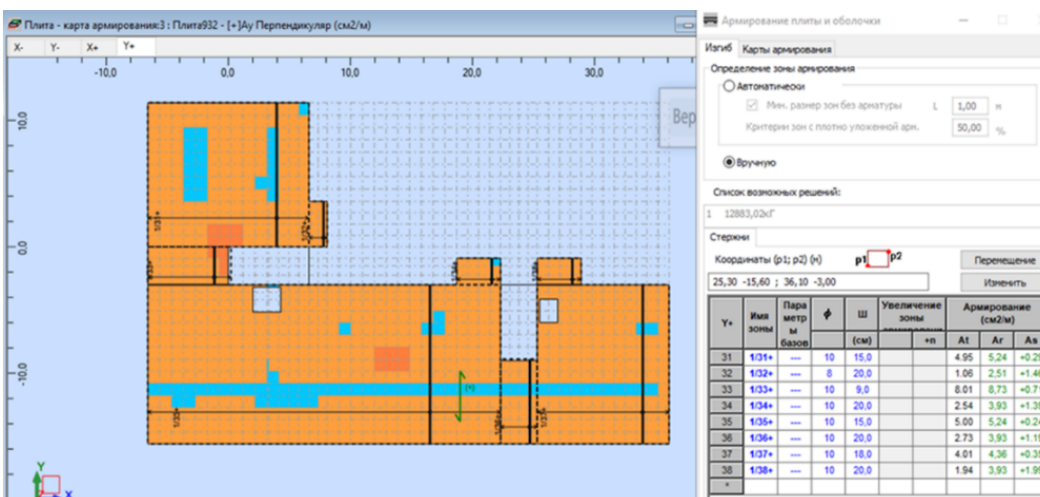


Рисунок 4. – Верхнее армирование плиты по оси Y в ПК RSA

Армирование в программе Лира-САПР (Сапфир-ЖБК). Нижнее армирования по осям X и Y представлены стержнями Ø12мм с шагом 200 мм по всей площади плиты. Верхнее армирование по осям X и Y состоит из стержней Ø12мм с шагом 200 мм по всей площади плиты, а также имеются дополнительные участки армирования в приопорных зонах Ø12мм с шагом 100 мм.

Согласно результатам армирования, изображенная на спецификации элементов, общий вес арматурных элементов составляет 13688,68 кг.

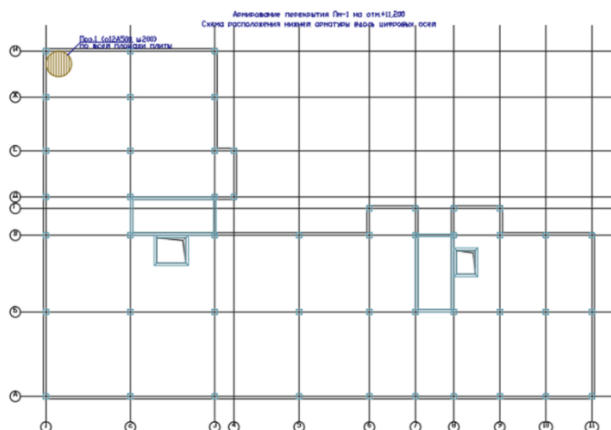


Рисунок 5. – Нижнее армирование плиты по оси X и Y в ПК Ли́ра-САПР

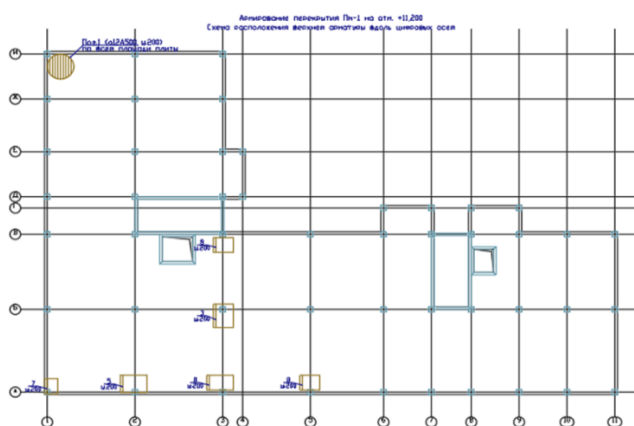


Рисунок 6. – Верхнее армирование плиты по оси Y в ПК Ли́ра-САПР

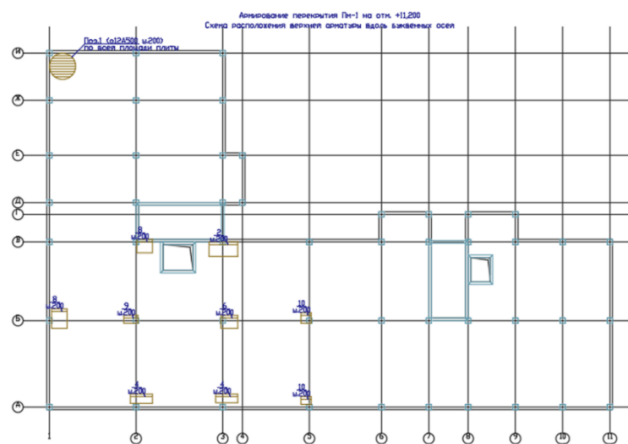


Рисунок 7. – Верхнее армирование плиты по оси X в ПК Ли́ра-САПР

Марка, поз.	Наименование	Кол.	Масса	Значение
	Сборочные единицы		ед.кг.	
	Детали			
1	o12 A500 L=15297 н.л.		0,89	13581,28
2	o12 A500 L=2180	6	1,94	11,62
3	o12 A500 L=1870	9	1,66	14,95
4	o12 A500 L=1680	9	1,49	13,43
5	o12 A500 L=1380	11	1,23	13,48
6	o12 A500 L=1280	6	1,14	6,82
7	o12 A500 L=1220	6	1,08	6,5
8	o12 A500 L=1180	42	1,05	44,01
9	o12 A500 L=1080	4	0,96	3,84
10	o12 A500 L=780	9	0,69	6,23

Рисунок 8. – Спецификация элементов монолитной плиты в ПК Ли́ра-САПР

Выводы. Распределения армирования монолитной плиты, представленные в двух программных комплексах, фактически не отличаются. Основная арматуры по двум направлениям одинаковая в двух программах. Отличаются армирования в приопорных участках при действии поперечных усилий.

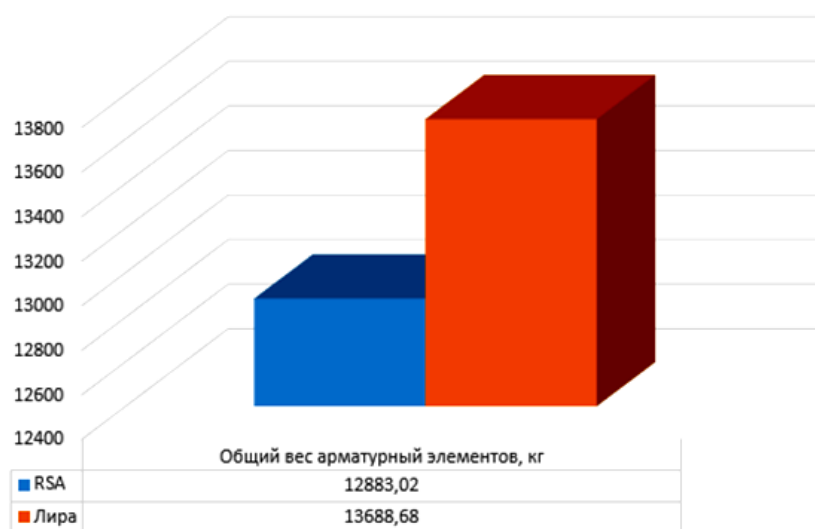


Рисунок 9. – Гистограмма значений общего веса арматурных элементов

Полученные результаты подтверждают необходимость использования в работе нескольких расчетных программ по каждому объекту проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сыч С. Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014 / Методическое пособие / Сыч С. – Москва, 2013
2. САПФИР-ЖБК Конструирование железобетонных конструкций в ЛИРА-САПР. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.lirasapr.com/lira/systems/gbk.php> – Дата доступа: 13.06.2022.
3. Программный комплекс ЛИРА-САПР. Руководство пользователя. Обучающие примеры. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://rflira.ru/files/lira-sapr/Book_LIRA_SAPR_2018.pdf – Дата доступа: 13.06.2022.
4. Расчеты и проектирование строительных конструкций при помощи Autodesk Robot Structural Analysis Professional. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.remmag.ru/admin/upload_data/remmag/CSD.pdf – Дата доступа: 13.06.2022.
5. Autodesk Robot Structural Analysis Professional. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cad.ru/support/bz/archive/66/autodesk-robot-structural-analysis-professional/> – Дата доступа: 13.06.2022.

УДК 534.121

О ВЛИЯНИИ РАЗНОМОДУЛЬНОСТИ МАТЕРИАЛА НА СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ БАЛОК

А.С. ВАСИЛЕНКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л.С. Турищев)

Рассматриваются свободные колебания упругой балки постоянного симметричного поперечного сечения с учетом разномодульности материала. Получено дифференциальное уравнение колебаний балки с учетом разномодульности её материала. Анализируется влияние различия модуля упругости при растяжении и сжатии материала балки на её собственные частоты. Установлено при каких значениях коэффициента разномодульности её влиянием можно и нельзя пренебрегать при определении собственных частот балок.

Введение. Одним из наиболее распространенных видов инженерных конструкций являются балки. Важную роль при их динамических расчетах играет спектр собственных частот свободных колебаний. Обычно при рассмотрении свободных колебаний балок их конструкционный материал считается однородным изотропным упругим телом, поведение которого описывается модулем упругости E одинаковым при растяжении и сжатии.

Однако, как показывают экспериментальные исследования, модули упругости при растяжении E^+ и сжатии E^- для ряда конструкционных материалов существенно разнятся. Степень разномодульности конструкционного материала характеризуется коэффициентом разномодульности [1]

$$\mu = \frac{E^-}{E^+}.$$

Явление разномодульности в той или иной степени присуще практически всем традиционным конструкционным материалам. Так, согласно [2] это явление установлено для многочисленных сталей и сплавов. Для них коэффициент разномодульности меньше единицы и изменяется в пределах от 0.75 до 0.97. Существенно разномодульным материалом являются бетоны [3; 7]. Так, коэффициент разномодульности тяжелых бетонов больше единицы и изменяется в пределах от 1.07 до 1.82. В то же время коэффициент разномодульности легких бетонов может как больше, так и меньше единицы. Кроме того, значительной разномодульностью обладают современные конструкционные пластмассы [4; 8].

Как показано в [5] учет разномодульности конструкционного материала может оказывать существенное влияние на жесткость стержневых конструкций. Поэтому существует необходимость проведения исследований для изучения влияния разномодульности материала на собственные частоты свободных колебаний балок. Рассматриваются свободные поперечные колебания упругой балки постоянного симметричного поперечного сечения. Колебания рассматриваются без учета сил сопротивления.

Постановка задачи. Для получения дифференциального уравнения свободных колебаний балки с учетом разномодульности материала запишем дифференциальное уравнение движения элементарного участка балки как несвободной материальной точки

$$m \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = - \frac{\partial Q}{\partial x} \quad (1)$$

Для нахождения производной $\frac{\partial Q}{\partial x}$ используем приближенное дифференциальное уравнение оси изогнутой балки, которое с учетом разномодульности материала принимает вид

$$D \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = -M, \quad (2)$$

где D – приведенная изгибная жесткость поперечного сечения балки.

Для симметричного поперечного сечения произвольной формы приведенная изгибная жесткость определяется по формуле

$$D = E^- I^- + E^+ I^+,$$

где величины I^- и I^+ характеризуют моменты инерции, соответственно, сжатой и растянутой частей поперечного сечения относительно нейтральной оси. Положение нейтральной оси определяется с помощью уравнения

$$E^- S^- = E^+ S^+,$$

где S^- – статический момент сжатой части поперечного сечения;
 S^+ – статический момент растянутой части поперечного сечения.
 Продифференцировав (2) дважды по x , найдем

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = -D \frac{\partial^4 y}{\partial x^4}. \quad (3)$$

Подставляя (3) в (1), получим дифференциальное уравнение свободных колебаний балки с учетом разномодульности материала

$$D \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + m \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0. \quad (4)$$

Для решения уравнения (4) используем метод Фурье, согласно которому искомое решение $y(x, t)$ представляется в виде произведения двух функций

$$y(x, t) = X(x) T(t). \quad (5)$$

Входящая в (5) функция $X(x)$ описывает форму изгибных колебаний балки. Вторая функция $T(t)$ характеризует закон изменения формы колебаний во времени.

Подставляя (5) в (4), получим дифференциальное уравнение для отыскания функции $X(x)$

$$\frac{d^4 X}{dx^4} - \zeta k^4 X = 0. \quad (6)$$

где $k^4 = \omega^2 \frac{m}{EI_z}$ – частотный коэффициент свободных колебаний балки без учета влияния разномодульности материала;

ζ – коэффициент влияния разномодульности материала с учетом формы и размеров поперечного сечения балки. Для поперечного сечения произвольной формы он определяется по формуле [5]

$$\zeta = \frac{EI_z}{D}$$

и, в зависимости от величины μ , может принимать значения как меньше, так и больше единицы.

Решение. Функциональные зависимости коэффициентов ζ и μ для различных типов поперечных сечений получены во второй статье автора в настоящем сборнике. Так, например, для прямоугольного поперечного сечения эта зависимость описывается графиком (рисунок 1).

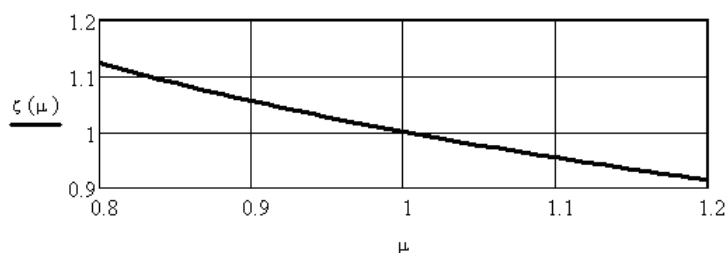


Рисунок 1. – График зависимости коэффициентов ζ и μ для прямоугольного поперечного сечения

Общее решение уравнения (6) имеет вид

$$X(x) = AS(\zeta kx) + BT(\zeta kx) + CU(\zeta kx) + DV(\zeta kx), \quad (7)$$

где

$$\begin{aligned} S(\zeta kx) &= \frac{1}{2} (\operatorname{ch}^4 \sqrt[4]{\zeta} kx + \cos^4 \sqrt[4]{\zeta} kx), \\ T(\zeta kx) &= \frac{1}{2} (\operatorname{sh}^4 \sqrt[4]{\zeta} kx + \sin^4 \sqrt[4]{\zeta} kx), \\ U(\zeta kx) &= \frac{1}{2} (\operatorname{ch}^4 \sqrt[4]{\zeta} kx - \cos^4 \sqrt[4]{\zeta} kx), \\ V(\zeta kx) &= \frac{1}{2} (\operatorname{sh}^4 \sqrt[4]{\zeta} kx - \sin^4 \sqrt[4]{\zeta} kx). \end{aligned}$$

обобщенные функции Крылова, учитывающие влияние разномодульности материала;

A, B, C, D – произвольные постоянные, зависящие от граничных условий задачи. Подчиняя (7) граничным условиям балки можно получить частотное уравнение для определения собственных частот свободных колебаний с учетом разномодульности материала.

Оценим влияние разномодульности материала на спектр собственных частот свободных колебаний для балки прямоугольного поперечного сечения с шарнирным опиранием концов. Частотное уравнение для такой балки имеет вид

$$\sin(\zeta kl) = 0$$

Корни уравнения описываются аналитическим выражением

$$(kl)_n = \frac{n\pi}{\zeta}, \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (8)$$

и образуют спектр собственных частот рассматриваемой балки с учетом влияния разномодульности материала.

Из соотношения (8) следует, что при значениях коэффициента разномодульности материала $\mu < 1$ частотные коэффициенты будут увеличиваться, а при значениях $\mu > 1$ – уменьшаться. Относительная погрешность определения частотного коэффициента не зависит от его номера и для рассматриваемой балки описывается графиком (рисунок 2).

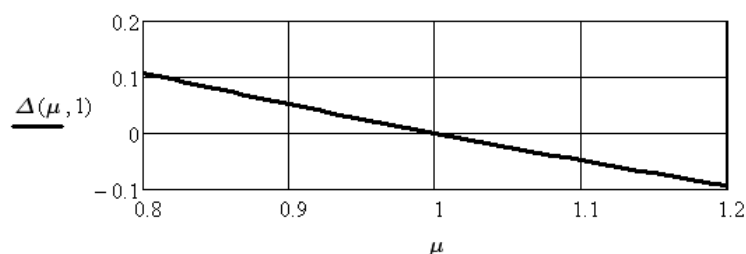


Рисунок 2. – График зависимости величины относительной погрешности определения частотного коэффициента от степени разномодульности материала балки

Выводы. Таким образом, из полученного графика следует, что если различие модулей упругости при растяжении и сжатии не превышает 10%, то изменение величин частотных коэффициентов не превышает 5% и, следовательно, в этих случаях влиянием разномодульности материала можно пренебрегать при определении собственных частот свободных колебаний балок. В остальных случаях неучет разномодульности конструкционного материала может приводить к ошибкам, величина которых может достигать 10%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амбарцумян, С.А. Разномодульная теория упругости / С.А. Амбарцумян. – М. : Физматгиз, 1982. – 317 с.
2. Иванов, Г.П. Исследование несовершенной упругости металлов: автореферат диссертации / Г.П. Иванов. – Минск, 1973. – 18 с.
3. Авхимков, А.П. Об уравнениях обобщенного закона упругости материалов, разнсопротивляющихся растяжению и сжатию и некоторых их приложениях: автореферат диссертации / А.П. Авхимков. – М., 1975. – 23 с.
4. Одиноква, О.А. Расчет на прочность элементов конструкций с учетом разномодульности и ползучести материалов: монография / О.А. Одиноква. – Хабаровск : Изд-во ТОГУ, 2015. – 101 с.
5. Турищев, Л.С. К вопросу о расчете стержневых конструкций с учетом влияния разномодульности материала / Л.С. Турищев // Вестник ПГУ. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2010. – № 2. – С. 63–67.

УДК 624.072

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗГИБНОЙ ЖЕСТКОСТИ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ С УЧЕТОМ РАЗНОМОДУЛЬНОСТИ МАТЕРИАЛА

А.С. ВАСИЛЕНКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л.С. Турищев)

Для симметричного поперечного сечения произвольной формы получены формулы, позволяющие в общем виде определять положение нейтральной линии и изгибной жесткости с учетом разномодульности материала. Показано применение полученных формул для приведенной изгибной жесткости двутаврового, таврового и прямоугольного поперечного сечения, наиболее часто встречающихся при расчетах изгибаемых плоских стержневых конструкций. Для указанных поперечных сечений в безразмерной форме получены аналитические формулы, позволяющие определять высоты сжатой и растянутой частей, и приведенной изгибных жесткостей сечений. Полученные формулы позволяют анализировать зависимость определяемых величин от параметров конструкционного материала и поперечных сечений.

Постановка задачи. Рассматривается симметричное поперечное сечение произвольной формы (рисунок 1).

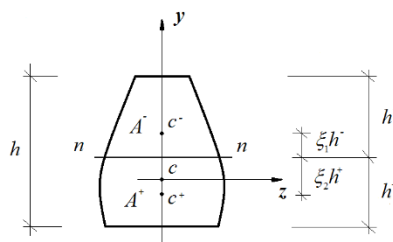


Рисунок 1. – Симметричное поперечное сечение произвольной формы

где A^- – площадь сжатой части сечения с центром тяжести в точке c^- ;
 A^+ – площадь растянутой части сечения с центром тяжести в точке c^+ .
 Общая площадь поперечного сечения

$$A = A^- + A^+.$$

Для нахождения изгибной жесткости поперечного сечения с учетом разномодульности материала [1] запишем уравнение моментов внутренних сил, возникающих в поперечном сечении, относительно нейтральной линии

$$\sum M = 0; \int_{A^-} \sigma^- y dA - \int_{A^+} \sigma^+ y dA = M. \quad (1)$$

Согласно обобщенному закону упругости [1] напряжения сжатой и растянутой частей сечения связаны с кривизной нейтрального слоя следующими зависимостями

$$\sigma^- = E^- \frac{\chi}{\rho}; \quad \sigma^+ = E^+ \frac{\chi}{\rho}. \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1), получим уравнение оси изогнутого стержня с учетом разномодульности материала

$$\frac{\chi}{\rho} = \frac{M}{D}.$$

Здесь

$$D = E^- I^- + E^+ I^+ - \quad (3)$$

изгибная жесткость симметричного поперечного сечения произвольной формы с учетом разномодульности материала. Входящие в (3) величины I^- и I^+ характеризуют моменты инерции, соответственно, сжатой и растянутой частей поперечного сечения относительно нейтральной оси.

Для определения положения нейтральной линии запишем уравнение проекций внутренних сил, возникающих в поперечном сечении, на ось x

$$\sum x = 0; \int_{A^-} \sigma^- dA - \int_{A^+} \sigma^+ dA = 0. \quad (4)$$

Подставляя (2) в (4), получим уравнение, позволяющее определять положение нейтральной линии

$$E^- S^- = E^+ S^+, \quad (5)$$

где $S^- = \xi_1 h^- A^-$ – статический момент сжатой части поперечного сечения;

$S^+ = \xi_2 h^+ A^+$ – статический момент растянутой части поперечного сечения.

При решении уравнения (5) для конкретных типов поперечных сечений следует учитывать равенство

$$h = h^- + h^+. \quad (6)$$

Решение. Применим полученные формулы для определения положения нейтральной линии и приведенной изгибной жесткости двутаврового, таврового и прямоугольного поперечных сечений (рисунок 2).

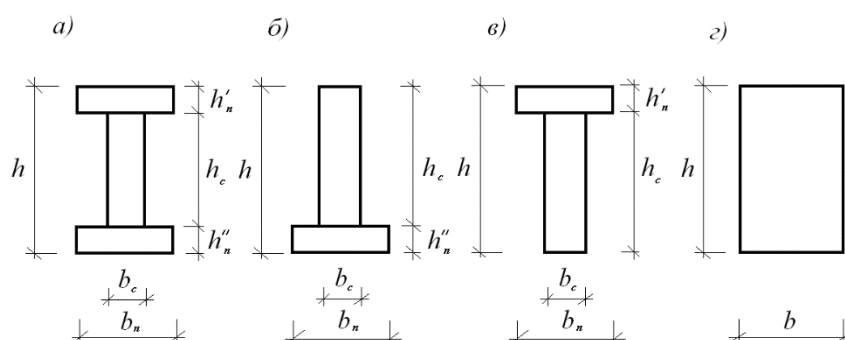


Рисунок 2. – Типы поперечных сечений

Такие поперечные сечения наиболее часто встречаются при расчетах стержневых конструкций.

Положение нейтральной линии для двутаврового сечения (рисунок 2, а) согласно (5) описывается уравнением следующего вида

$$E^- \left[b_n h_n' (h^- - 0.5 h_n') + \frac{b_c (h^- - h_n')^3}{2} \right] = E^+ \left[b_n h_n' (h^+ - 0.5 h_n') + \frac{b_c (h^+ - h_n')^3}{2} \right]. \quad (7)$$

Вводя в (7) безразмерные геометрические параметры поперечного сечения

$$\eta^- = \frac{h^-}{h}; \quad \eta^+ = \frac{h^+}{h}; \quad \eta_1 = \frac{h_n'}{h}; \quad \eta_2 = \frac{h_n''}{h}; \quad \eta_3 = \frac{h_c}{h}; \quad \beta = \frac{b_n}{b_c} \quad (8)$$

с учетом (6) получим квадратное уравнение относительно η^-

$$(\eta^-)^2 - 2p(\mu, \eta_1, \eta_2, \beta) \eta^- + q(\mu, \eta_1, \eta_2, \beta) = 0, \quad (9)$$

где

$$p(\mu, \eta_1, \eta_2, \beta) = \frac{1 - (1 - \beta)(\mu \eta_1 + \eta_2)}{1 - \mu};$$

$$q(\mu, \eta_1, \eta_2, \beta) = \frac{1 - (1 - \beta)(\mu \eta_1^2 + 2\eta_2 - \eta_2^2)}{1 - \mu}.$$

Тогда решение уравнения (9) имеет вид

$$\eta^- = p(\mu, \eta_1, \eta_2, \beta) \left(1 - \sqrt{1 - \frac{q(\mu, \eta_1, \eta_2, \beta)}{p^2(\mu, \eta_1, \eta_2, \beta)}} \right) \quad (10)$$

и, следовательно, положение нейтральной линии для двутаврового сечения характеризуется следующими значениями высот сжатой и растянутой частей сечения

$$h^- = \eta^- h; \quad h^+ = \eta^+ h; \quad \eta^+ = 1 - \eta^-. \quad (11)$$

Входящие в (3) моменты инерции сжатой и растянутой частей двутаврового поперечного сечения относительно нейтральной оси описываются формулами

$$I^- = \frac{b_c (h^- - h_n^-)^3}{3} + \frac{b_n (h_n^-)^3}{3} - \frac{b_n (h^- - h_n^-)^3}{3};$$

$$I^+ = \frac{b_c (h^+ - h_n^+)^3}{3} + \frac{b_n (h_n^+)^3}{3} - \frac{b_n (h^+ - h_n^+)^3}{3}.$$

Тогда приведенная жесткость такого сечения будет описываться выражением следующего вида

$$D = E^+ \frac{b_c h^3}{3} [\mu(1 - \beta)(\eta^- - \eta_1)^3 + \mu\beta(\eta^-)^3 + (1 - \beta)(\eta^+ - \eta_2)^3 + \beta(\eta^+)^3] \quad (12)$$

Полагая в (7) $h_n = 0$, получим уравнение, позволяющее определить положение нейтральной линии таврового поперечного сечения с полкой, расположенной в растянутой зоне (рисунок 2, б)

$$E^- \frac{b_c (h^-)^3}{3} = E^+ \left[b_n h_n^+ (h^+ - 0.5 h_n^+) + \frac{b_c (h^+ - h_n^+)^3}{3} \right]. \quad (13)$$

С учетом соотношения (3), обозначений (8) и значения $\eta_1 = 0$ уравнение (13) примет вид

$$(\eta^-)^3 - 2p(\mu, \eta_2, \beta)\eta^- + q(\mu, \eta_2, \beta) = 0, \quad (14)$$

где

$$p(\mu, \eta_2, \beta) = \frac{1 - (1 - \beta)\eta_2}{1 - \mu};$$

$$q(\mu, \eta_2, \beta) = \frac{1 - (1 - \beta)(2 - \eta_2)\eta_2}{1 - \mu}.$$

Тогда решение уравнения (14) имеет вид

$$\eta^- = p(\mu, \eta_2, \beta) \left(1 - \sqrt{1 - \frac{q(\mu, \eta_2, \beta)}{p^3(\mu, \eta_2, \beta)}} \right). \quad (15)$$

Значения высот сжатой и растянутой частей, характеризующих положение нейтральной линии таврового поперечного сечения с полкой в растянутой зоне, определяются, как и в случае двутаврового поперечного сечения, по формулам (4). Входящие в (3) моменты инерции сжатой и растянутой частей таврового поперечного сечения с полкой в растянутой зоне относительно нейтральной оси описываются формулами

$$I^- = \frac{b_c (h^-)^3}{3};$$

$$I^+ = \frac{b_c (h^+ - h_n^+)^3}{3} + \frac{b_n (h_n^+)^3}{3} - \frac{b_c (h^+ - h_n^+)^3}{3}.$$

Тогда приведенная жесткость такого сечения будет описываться выражением следующего вида

$$D = E^+ \frac{b_c h^3}{3} [\mu(\eta^-)^3 + (1 - \beta)(\eta^+ - \eta_2)^3 + \beta(\eta^+)^3]. \quad (16)$$

Полагая в (7) $h_n = 0$, получим уравнение, позволяющее определить положение нейтральной линии таврового поперечного сечения с полкой, расположенной в сжатой зоне (рис.2.в)

$$E^- \left[b_n h_n^- (h^- - 0.5 h_n^-) + \frac{b_c (h^- - h_n^-)^3}{3} \right] = E^+ \frac{b_c (h^+)^3}{3}. \quad (17)$$

С учетом соотношения (3), обозначений (8) и значения $\eta_2 = 0$ уравнение (17) примет вид

$$(\eta^-)^3 - 2p(\mu, \eta_1, \beta)\eta^- + q(\mu, \eta_1, \beta) = 0, \quad (18)$$

где

$$p(\mu, \eta_1, \beta) = \frac{1 - \mu(1 - \beta)\eta_1}{1 - \mu};$$

$$q(\mu, \eta_1, \beta) = \frac{1 - \mu(1 - \beta)\eta_1^2}{1 - \mu}.$$

Тогда решение уравнения (18) имеет вид

$$\eta^- = p(\mu, \eta_1, \beta) \left(1 - \sqrt{1 - \frac{q(\mu, \eta_1, \beta)}{p^3(\mu, \eta_1, \beta)}} \right). \quad (19)$$

Значения высот сжатой и растянутой частей, характеризующих положение нейтральной линии таврового поперечного сечения с полкой в сжатой зоне, определяются, как и в двух предыдущих случаях, по формулам (11).

Входящие в (3) моменты инерции сжатой и растянутой частей таврового поперечного сечения с полкой в сжатой зоне относительно нейтральной оси описываются формулами

$$I^- = \frac{b_c (h^- - h_n')^3}{3} + \frac{b_n (h_n^-)^3}{3} - \frac{b_c (h^- - h_n')^3}{3};$$

$$I^+ = \frac{b_c (h^+)^3}{3}.$$

Тогда приведенная жесткость такого сечения будет описываться выражением следующего вида

$$D = E^+ \frac{b_c h^3}{3} [\mu(1 - \beta)(\eta^- - \eta_1)^3 + \mu\beta(\eta^-)^3 + (\eta^+)^3]. \quad (20)$$

Полагая в (7) $h_n'' = 0$, $h_n' = 0$, $b_c = b_n = b$, получим уравнение, позволяющее определить положение нейтральной линии прямоугольного поперечного сечения (рис.2.г)

$$E^- \frac{b(h^-)^2}{2} = E^+ \frac{b(h^+)^2}{2}. \quad (21)$$

С учетом соотношения (3), обозначений (8) и значений $\eta_1 = 0$, $\eta_2 = 0$, $\beta = 1$ уравнение (21) примет вид

$$(h^-)^2 - 2p(\mu)\eta^- + q(\mu) = 0, \quad (22)$$

где

$$p(\mu) = \frac{1}{1 - \mu}; \quad q(\mu) = \frac{1}{1 - \mu}.$$

Тогда решение уравнения (22) имеет вид

$$\eta^- = p(\mu) \left(1 - \sqrt{1 - \frac{q(\mu)}{p^2(\mu)}} \right) = \frac{1}{1 + \sqrt{\mu}}. \quad (23)$$

Значения высот сжатой и растянутой частей, характеризующих положение нейтральной линии прямоугольного поперечного сечения, определяются, как и в предыдущих случаях, по формулам (11)

$$h^- = \frac{1}{1 + \sqrt{\mu}} h \quad (24)$$

и

$$h^+ = \frac{\sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}} h. \quad (25)$$

Входящие в (3) моменты инерции сжатой и растянутой частей прямоугольного поперечного сечения относительно нейтральной оси описываются формулами

$$I^- = \frac{b(h^-)^3}{3}; \quad I^+ = \frac{b(h^+)^3}{3}. \quad (26)$$

Тогда приведенная жесткость такого сечения будет описываться выражением следующего вида

$$D = \frac{b}{3} (E^- (h^-)^3 + E^+ (h^+)^3). \quad (27)$$

Подставляя в (27) значения высот сжатой и растянутой частей (24), (25), окончательно получим

$$D = 4EI_z \frac{\mu}{(1 + \sqrt{\mu})^2}, \quad (28)$$

где $E = E^+$, $I_z = \frac{bh^3}{12}$.

Определение приведенной изгибной жесткости для прямоугольного сечения ранее рассматривалось [1; 2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Амбарцумян С.А. Разномодульная теория упругости – М. «Наука», 1982 – 320 с.
2. Смирнов А.Ф. Сопротивление материалов. – М. «Высшая школа», 1975 – 595 с.

УДК 624.13

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АНИЗОТРОПНЫХ ГРУНТОВ

А.С. ВАСИЛЕНКО, А.А. ГАМЕЛЬКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.П. Кремнев; Н.Н. Вишняков)

В данной статье рассматривается способ определения прочностных характеристик анизотропных грунтов, в приборе одноплоскостного среза, в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Введение. Анизотропия — неодинаковость физических (физико-химических) свойств среды по различным направлениям внутри этой среды (в противоположность изотропии). Причиной анизотропии является то, что при упорядоченном расположении атомов, молекул или ионов силы взаимодействия между ними и межатомные расстояния оказываются неодинаковыми по различным направлениям. [1]

Выделяют два вида анизотропии: природную и искусственную. Природная анизотропия. Баклашов И. В. и Картозия Б. А. в зависимости от размеров элементов структуры грунта выделили пять уровней анизотропии IV-0 порядка. Анизотропия IV порядка проявляется в массиве с направленным расположением дефектов кристаллической решетки минералов (размер дефектов 10-9 – 10-5 м). Признаками анизотропии III порядка являются мелкая внутренняя слоистость, микротрещиноватость и ориентация зерен (размер дефектов — микротрещин 10-5 – 10-1 м). Анизотропия II порядка - внешняя слоистость и макротрещиноватость (размер макротрещин 10-1 – 102 м). Анизотропия I порядка связана с упорядоченным залеганием пород в виде серии блоков, разделенных тектоническими разломами длиной 102 – 104 м. Анизотропию 0 порядка характеризуют крупные тектонические разломы протяженностью 103 – 105 м, разделяющими целые участки литосферы.

Искусственная анизотропия. В современное время в строительстве применяются искусственно создаваемые массивы грунта: различные дамбы, искусственные основания, насыпи - которые обладают приобретенной анизотропией свойств. Анизотропия проявляется в массивах, которые устраиваются с помощью поверхностного и глубинного уплотнения. Как пример, можно упомянуть анизотропию проницаемости противофильтрационного элемента – экрана. Коэффициент фильтрации такого типа элементов в горизонтальном направлении обычно выше, чем по вертикали. В последнее время большое развитие получило армирование грунтовых массивов, которые по своей структуре также будут являться анизотропным массивом [2].

Значительный вклад в изучение свойств грунтов, обладающих анизотропными свойствами, внесли такие ученые Лехницкий С.Г., Бутров А.К., Осипов Ю.Б., Вайтекунене А.И., Соколов Б.А. и др. Ими исследовались анизотропные свойства грунтов и природа возникновения анизотропии. Лехницким были приведены и проанализированы уравнения линейной (упругой) анизотропии среды. Эти уравнения были использованы и применялись к анизотропным грунтам. В качестве модели грунтов, обладающих анизотропией, принимали сплошную линейно-деформируемую анизотропную среду. В этом же направлении работали Савин Г.Н., Вольф К., Буйсчан А.С.

Исследования в России и за рубежом еще в XX веке показали, что грунтовым основаниям присуща анизотропия (неоднородность свойств по разным направлениям). Во многих опытах наблюдались различные показатели фильтрационных, деформационных, прочностных, и других свойств грунтов по разным направлениям. Примерами анизотропных неоднородных грунтов служат ленточные глинистые отложения, лессы и лессовые грунты, торфянистые, мерзлые, солонцеватые и другие разновидности грунтов. Следует отметить, что некоторые полускальные и скальные основания являются анизотропными. Анизотропия таких пород грунтов проявляется неодинаково по разным направлениям значений трещиноватости [3].

Ход работы. Для того чтобы получить данные прочностных характеристик грунта, нами было произведено испытание в приборе одноплоскостного среза, в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. В качестве примера анизотропного грунта мы использовали глинистый грунт, так как исследуемый грунт имеет ярко выраженную слоистую текстуру и во-вторых, большая часть частиц грунта, располагается большей осью параллельно горизонту. Следовательно, глинистый грунт можно рассматривать как трансверсально-изотропную среду, в которой прочностные характеристики будут различаться в зависимости от угла наклона плоскости слоистости к плоскости сдвига. Для этого мы определяли прочностные характеристики грунтов в двух направлениях: вдоль и поперек слоистости.

Для проведения испытания в кольцо диаметром 75 мм и высотой 30 мм производится отбор образцов грунта по направлению (вдоль) и поперек слоистости. После того как образец грунта был отобран в кольцо его помещают в специальный прибор, для предварительного уплотнения. Далее испытания грунта производятся в сдвиговом приборе с использованием программного комплекса АСИС. Комплекс

представляет собой совокупность устройств силового нагружения и управления давлением, приспособлений для испытаний образцов при различных видах напряжённого состояния, измерительной системы АСИС, а также программного обеспечения на базе ПЭВМ. Испытания проводились по консолидированно-дренированной схеме. Образцы, отобранные в двух взаимно перпендикулярных направлениях, подвергались сдвигу по фиксированной плоскости при вертикальной нагрузке 0,1 и 0,2 МПа. Полученные данные обрабатывали в Excel, там же строили графики (рисунок 1).

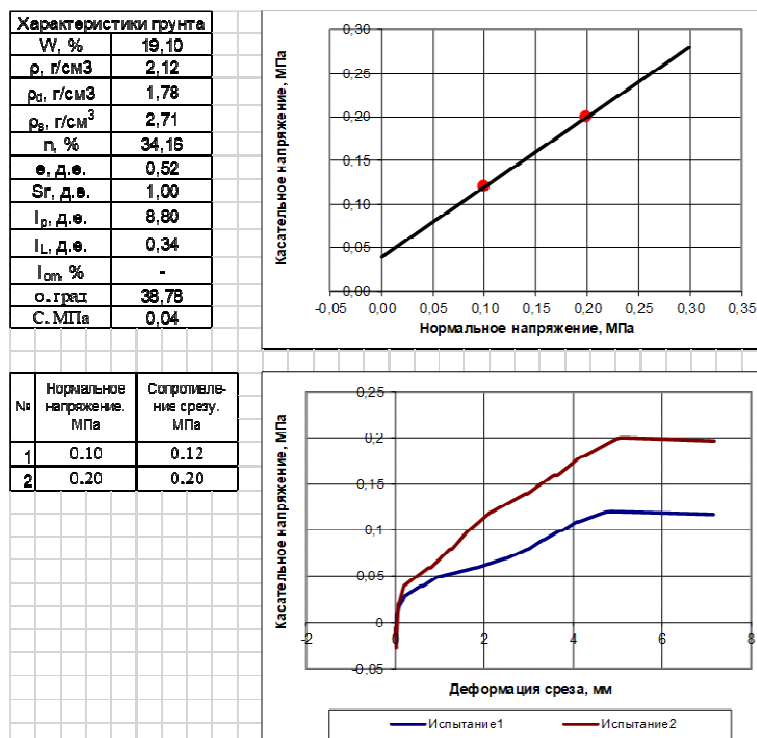


Рисунок 1. – Обработка данных

В ходе испытаний установлено, что сопротивление сдвигу поперек слоистости ленточных глин существенно выше, чем вдоль слоистости при равных значениях деформаций сдвига. Так в первом случае сдвиг одной части грунта относительно другой произошел при значении касательных напряжений равных 0,2МПа, во втором случае - 0,12МПа.

Можно предположить, что при сдвиге грунта по поверхности наклонной к плоскости анизотропии значения предельных касательных напряжений будут лежать между линиями 1, 2 рисунок 1. Данное положение требует дальнейшего практического подтверждения в ходе планируемых дополнительных исследований.

В ряде научных статей и монографиях П.Л. Иванова приводится зависимость изменения прочностных характеристик грунтов в зависимости от ориентации плоскости сдвига по отношению к плоскости анизотропии в виде [4]:

$$\begin{aligned} \tau_{\alpha} &= \tau_{\phi_1} + (\tau_{\phi_2} - \tau_{\phi_1}) \sin^2 \alpha \\ c_{\alpha} &= c_1 + (c_2 - c_1) \sin^2 \alpha \end{aligned}$$

где α – угол наклона площадки сдвига к плоскости слоистости;

c_1 – характеристики прочности при сдвиге по направлению слоистости (вдоль плоскости изотропии);

c_2 – то же при сдвиге поперек слоистости (поперек плоскости изотропии).

Однако экспериментальных подтверждений данной зависимости нам установить не удалось.

Закключение. Большинство грунтовых отложения, вследствие своего осадочного происхождения, как правило, обладают анизотропией механических свойств, в том числе и прочностных. Сопротивление грунта сдвигу при различной ориентации плоскости сдвига по отношению к плоскости анизотропии может отличаться почти на 100%. При ориентации плоскости анизотропии отличной от двух ортогональных (поперек и вдоль) прочностные характеристики грунта будут лежать в пределах значений, полученных при испытании вдоль и поперек слоистости. Данное положение требует дальнейшего экспериментального подтверждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фэндом. Наука. Анизотропия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://science.fandom.com/ru/wiki/Анизотропия>. – Дата доступа: 29.09.2022.
2. Исследование причин анизотропных свойств природных грунтов / Бобешко Е.С., Захарова М.С., Сычкина Е.Н. // Строительство и архитектура – Выпуск №5. – С. 1-7.
3. Анизотропные фундаменты мелкого заложения / Баданин А. Н., Демченко Ю.К. // Строительство уникальных зданий и сооружений – 2014. – №3 (18). – С. 118–124.
4. Иванов, П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений / П.Л. Иванов. – М. : Высш. шк., 1991. – 447 с.

УДК 69.07

РАСЧЕТ ПОДПОРНЫХ СТЕН

А.С. ВАСИЛЕНКО, А.А. ГАМЕЛЬКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.П. Кремнев; Н.Н. Вишняков)

В данной работе рассматриваются два способа расчета устойчивости подпорных стен: Статический расчет и расчет при помощи программного комплекса GeoWall 7 (разработчик МалининСофт).

Введение. Подпорные сооружения – это различного рода подземные конструкции, совмещенные с грунтовой средой, которые обеспечивают устойчивость сооружений при действии на них горизонтального давления грунта [1].

Одним из примеров таковых сооружений являются подпорные стены, устраиваемые с целью укрепления грунтовых откосов от обрушения, ограждения котлованов, предотвращения эрозии береговой зоны рек, морей, озер, при устройстве насыпей дорог в стесненных условиях (по склонам гор, в черте города и т.п.), а также при строительстве зданий и сооружений вблизи откосов. Подпорные стены испытывают значительное горизонтальное давление со стороны грунта, зачастую подвергаются динамическим и вибрационным воздействиям от подвижного транспорта, давлению морозного пучения грунта, действию фильтрационных сил.

Подпорные стены могут выполняться из монолитного железобетона или из сборных железобетонных конструкций. Элементы сборных конструкций должны отвечать условиям индустриального изготовления их на специализированных предприятиях. В сборных конструкциях подпорных стен конструкции узлов и соединений элементов должны обеспечивать надежную передачу усилий, прочность самих элементов в зоне стыка, а также связь дополнительно уложенного бетона в стыке с бетоном конструкции. Для монолитных железобетонных конструкций следует предусматривать унифицированные опалубочные и габаритные размеры, позволяющие применять типовые арматурные изделия и инвентарную опалубку.

В зависимости от принятого конструктивного решения подпорные стены могут возводиться из железобетона, бетона, бутобетона и каменной кладки. Выбор материала для подпорных стен обуславливается технико-экономическими соображениями, требованиями долговечности, условиями производства работ, наличием местных строительных материалов и средств механизации.

Подпорные стены по конструктивному решению подразделяются на массивные и тонкостенные. В массивных подпорных стенах их устойчивость на сдвиг при воздействии горизонтального давления грунта обеспечивается в основном собственным весом стены. В тонкостенных подпорных стенах их устойчивость обеспечивается собственным весом стены и весом грунта, вовлекаемого конструкцией стены в работу [2].

Расчет и проектирование подпорных стен начинается с определения величины горизонтального давления грунта. Существует два вида давления на подпорное сооружение: активное и пассивное. Активное давление – это боковое давление со стороны грунта, находящегося в предельном напряженном состоянии, в направлении смещения конструкции. Пассивное давление – это боковое давление со стороны грунта, находящегося в предельном напряженном состоянии, в направлении противоположном смещению конструкции [1].

Существуют различные методы расчета значений активного и пассивного давления на подпорные сооружения: по Сорочану, по СП.22.13330.2011, по Соколовскому, по Eurocode 7, с учетом сейсмического воздействия (по СП.14.13330.2011 и СП.14.13330.2014).

Ход работы. Мы изучили два метода, дающие возможность рассчитывать подпорные стены. Первый метод статического расчета, основанный на получении данных об устойчивости подпорных стен вручную. Данный метод описан в следующем нормативном документе – ТКП 45-5.01-237-2011 и включает в себя следующие пункты:

- Определение инженерно-геологических условий в месте установки, выбор типа подпорной конструкции и назначение её предварительных размеров;
- Составление расчётной схемы, определение внешних воздействий и их численных показателей, в соответствии с указаниями в национальных приложениях и ТНПА;
- Определение активного давления грунта и пассивного давления грунта (отпор) на подпорную конструкцию и расчет на их воздействие (I группа предельных состояний)
- Расчёт устойчивости подпорного сооружения против сдвига и опрокидывания (II группа предельных состояний);
- Расчёт оснований по деформации;

Заключительным этапом расчета подпорной конструкции является точное определение максимальных усилий, возникающих во всех узлах подпорного сооружения и его конструирование.

Второй метод расчета при помощи программного комплекса GeoWall 7 (разработчик МалининСофт) основан на получении данных об устойчивости подпорных стен при помощи искусственного ин-

теллекта. Поскольку на такое сооружение как подпорная стенка действуют значительные горизонтальные нагрузки, то расчет производился по первой группе предельных состояний (расчет по несущей способности). При моделировании упругого изгиба стены используется метод конечных элементов. Для решения задачи выполняются различные расчеты, основными из которых являются:

1. Расчет оказываемого давления на ограждение (активного и пассивного)
2. Расчет ограждения котлована на прочность
3. Расчет давления грунта в состоянии покоя
4. Расчет упругопластической реакции грунта
5. Расчет от давления воды
6. Расчет устойчивости грунта в районе заглубленной части стены

По окончании проведения расчетов производится решение методом конечных элементов задачи упругого изгиба стены под действием суммарного давления грунта и воды с двух сторон ограждения. На рисунке 1 представлена расчетная схема подпорной стенки в общем виде.

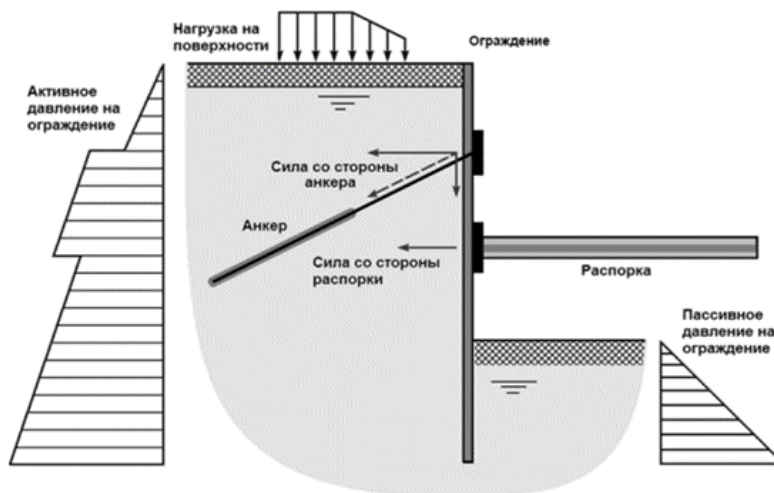


Рисунок 1. – Расчетная схема подпорной стенки в общем виде

Программа GeoWall 7 может решать задачу упругого изгиба стены, рассчитывать ограждение котлована на прочность, определять продольные силы в анкерах, подбирать сечение распорок из труб, рассчитывать обвязочный пояс, получать эффективные характеристики сечений стены.

Для начала работы необходимо создать новый проект, нажав на кнопку Новый проект. Далее необходимо задать свойства грунтов на вкладке геология. Для задания имён грунтов можно воспользоваться встроенным справочником свойств грунтов, а также можно выбрать соответствующие штриховки ИГЭ. Далее на вкладке ограждение заполняются параметры ограждения котлована. После этого выбирается тип ограждения и задаются параметры сечения путем нажатия на кнопку характеристики сечения. Для выполнения расчета на прочность ограждения необходимо активировать опцию расчет на прочность. В окне необходимо ввести геометрические и прочностные параметры ограждения. На вкладке нагрузки необходимо задать нагрузку на грунт. После ввода всех данных необходимо нажать кнопку выполнить расчет. Результаты расчета для каждого этапа выработки котлована отображаются на вкладке результаты (рисунок 2), а также в виде эпюр в графическом поле [3].

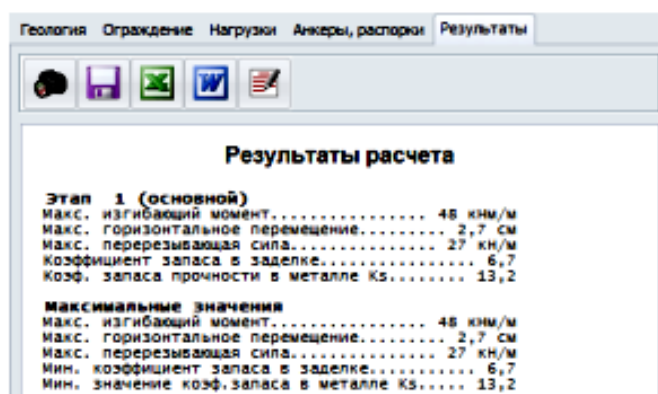


Рисунок 2. – Результаты расчета

Закключение. Расчет подпорных стен при помощи программы GeoWall 7 позволяет выполнить проект ограждения котлованов или укрепления откосов в различных грунтовых условиях при различных размерах котлована, конструкциях подпорных сооружений или формах грунтового откоса. Алгоритм расчета основан на известной и проверенной практикой модели предельного состояния грунтового основания Мора-Кулона. Результаты ручного расчета по ТКП 45-5.01-237-2011 и по программе GeoWall 7 показали практически полную сходимость при существенном снижении трудоемкости вычисления и проектирования конструкций подпорных стен.

ЛИТЕРАТУРА

1. ЛЕКЦИЯ 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ГРУНТА НА ПОДПОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/3977779/>. – Дата доступа: 27.09.2022.
2. Подпорные стенки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studopedia.ru/9_48531_podpornie-stenki.html. – Дата доступа: 27.09.2022.
3. Руководство пользователя GeoWall 7.2.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [GeoWall Help.pdf](#). – Дата доступа: 27.09.2022.
4. ТКП 45-5.01-237-2011. – 01.07.2011. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2011. – 110 с.

УДК 7.032

ЗНАЧЕНИЕ ОКНА-РОЗЫ В ГОТИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЕ

С.О. ГОРБАЧЕВСКАЯ

(Представлено: Н.А. Железова)

В данной статье рассматриваются витражи Собора Парижской Богоматери и другие элементы архитектуры соборов готического стиля. Обращается внимание на их историко-культурную ценность и смысловое значение.

Ключевые слова: готический стиль, готическая архитектура, окно-роза, витраж, символ, историко-культурная ценность.

Введение. Готический стиль возник в середине XII века на севере Франции, в XIII веке этот стиль распространился на территории Германии, Австрии, Чехии, Испании и Англии. Характерными чертами этого стиля являются изящество, устремленность ввысь, богатое декоративное убранство, которые отразились в архитектуре больших кафедральных соборов. Основным стимулом формирования этого стиля стало уникальное соединение христианского мировоззрения, традиций античной культуры, римской архитектуры, латинской письменности и романо-кельтских художественных ремесел. Развитию стиля способствовало быстрое развитие европейских городов и торговли. Поэтому готический стиль определяет завершающую стадию развития средневекового искусства и архитектуры стран Западной Европы.

В традиционном понимании – готическое искусство культовое по назначению и религиозное по актуальности. Оно прибегало к высшим божественным силам, вечности, христианскому мировоззрению. Однако эпоха готики — это также время формирования и развития утончённой рыцарской и светской куртуазной культуры: поэзии, музыки, оформления дворцовых интерьеров, искусства костюма и ювелирных украшений. В изобразительном искусстве готический стиль также охватывает практически все направления данного периода: скульптуру, живопись, книжную миниатюру, витраж, фреску и т. д.

Основой готического стиля в архитектуре стала принципиально новая каркасная конструкция сводов (рисунок 1) с вынесением, так называемого бокового распора на внешние опоры и освобождением стен от нагрузки. Это позволяло значительно увеличивать размеры сооружений. Большое внимание в этом стиле уделялось окнам. Огромные витражные окна-розы словно притягивали к центру, к единой точке под сводом, все элементы фасада готического собора. Благодаря мастерству строителей витражная роза наряду со стрельчатой аркой и нервюрным сводом стала знаковым элементом готики, выразив её главные идеи и принципы.

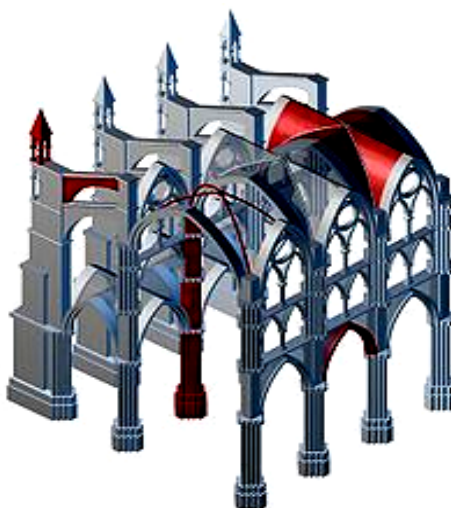


Рисунок 1. – Конструкция готического храма

Основная часть. В соответствии с историческими данными, в XII веке аббат Сугерий, служивший в первом готическом соборе Сен-Дени в Иль-де-Франс, издал трактат «Об освящении церкви Сен-Дени», где описал все элементы архитектуры готического собора. По его словам, храм – это корабль, символизирующий Вселенную, а вытянутый интерьер храма – это неф (nef, от фр. navis – «корабль»). Делится это помещение – корабль с помощью поясов витражей в верхней части храма и массивом стен в нижней части храма на небесный и земной мир, соответственно. Стены храма, как обители Божьей, декорируются рельефным и

скульптурным ажуром. Арка, как конструктивный элемент, означает разрыв круговорота времени, ведь в целом образ готического храма также несёт в себе идею о быстротечности времени.

Готические розы создавались по единому канону, но несли в себе разные темы. Роза – один из древнейших образов божественной красоты и гармонии мироздания. Ее лепестки – это бесконечное множество миров, разворачивающихся из одного центра и создающих круг, идеальную, совершенную форму. По своей геометрии готическая роза символизирует колесо Фортуны и выражает цикличность времени. В уникальных готических витражах в окне-розе можно разглядеть сцены, отсылающие к круговороту времени. Свет, который проникает через яркие витражные стёкла, означает Божественный свет, Божественное провидение. Созерцая витражи, человек отвлекается от материального, телесного, человеческого мира и «попадает» в духовный, Божественный мир.

Зачастую предметом изображения витража-розы становился Судный день. Готическую розу помещали в арке над западным входом в храм. Со временем розы стали появляться на нефах, где как минимум одна из них была посвящена Деве Марии. Связь готической розы с символом Матери Христа поддерживается еще и тем, что Марию часто называют «Мистической розой» и приписывают ей символ – цветок шиповника. Однако такая символика появилась ещё задолго до того, как окно стали называть розой.

Более подробно символика роз передается на примере Собора Парижской Богоматери. Источником дневного света в соборе служат 110 витражных окон. Сохранившимися в оригинале являются только 3 больших окна над входами, созданные в XIII веке при Людовике Святом. Западная роза над главным порталом — старейший витраж собора, который посвящен человеческой природе Христа. В центре восседает Дева Мария с младенцем на руках. Ее окружает центральный круг лепестков с изображениями королевской лилии. Следующие по порядку медальоны показывают библейских пророков, 12 знаков зодиака и 12 пороков. Внешний круг лепестков содержит 12 добродетелей и 12 времен года — излюбленный сюжет средневековых мастеров, отражающий сезонные крестьянские работы каждого месяца. В теме южной розы, новозаветной, 84 витражных панно, объединенных центральным венчиком. 12 апостолов соседствуют со святыми, ангелами, мудрыми девами, т. е. изображены сцены из Ветхого и Нового завета. Северная роза (рисунок 2), выходящая на теневой фасад собора, сохранилась лучше других. Сюжеты посвящены Ветхому завету и долгому ожиданию Спасителя. В центральном венчике изображена Богоматерь с младенцем; среди прочих персонажей — иудейские цари, патриархи и первосвященники.

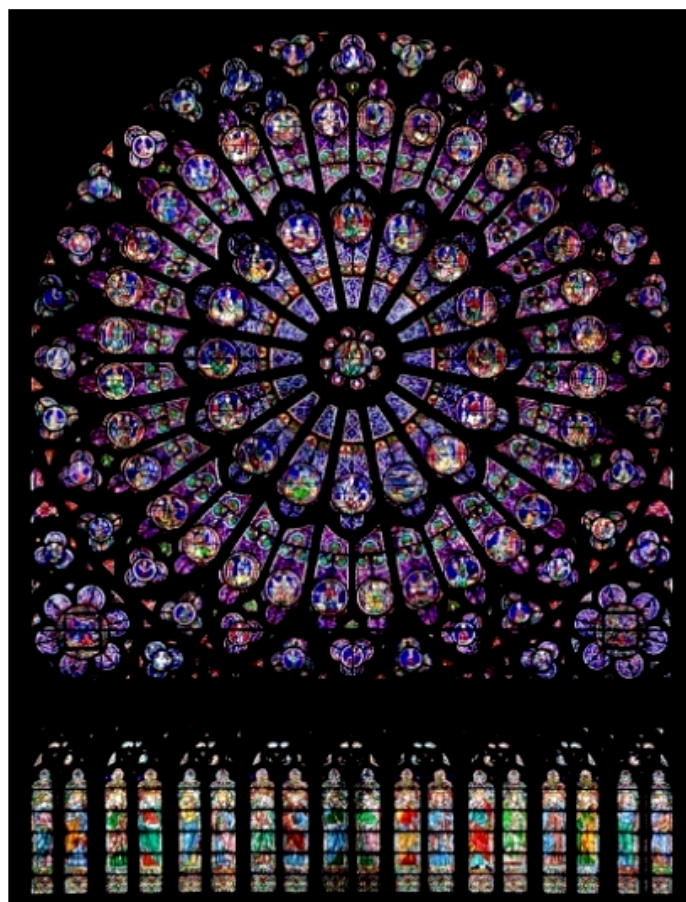


Рисунок 2. – Северная роза собора

УДК 7.032

**СОЗДАНИЕ ХРИСТИАНСКИХ ХРАМОВ – ВАЖНОЕ УСЛОВИЕ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА
И АРХИТЕКТУРЫ. ЖЕНСКИЕ СТАВРОПИГИАЛЬНЫЕ МОНАСТЫРИ БЕЛАРУСИ****А.А. КОНОН***(Представлено: Н.А. Железова)*

В данной статье рассматривается история создания Спасо-Евфросиниевского монастыря в Полоцке и Богущского женского монастыря в н.п. Богущ. Обращается внимание на историю возникновения и становления главных центров белорусского православия.

Ключевые слова: национальное достояние Беларуси, святыня, духовный центр, центры белорусского православия.

Долгие годы на территории современной Беларуси главенствующую роль занимает православная религия. За всю историю существования христианства оно оказало сильное влияние как на светскую жизнь и мировосприятие людей, так и на искусство, в том числе и на архитектуру. Большое место в истории христианской архитектуры было отведено ставропигиальным монастырям. Самыми известными на территории Беларуси являются три монастыря, сохранившиеся до сих пор: Успенский Жировичский мужской монастырь в Жировичах, Богущский женский монастырь в деревне Богущ и Спасо-Евфросиниевский женский монастырь в Полоцке.

Ставропигиальный, т. е. независимый от местной епархиальной церкви и подчиняющийся только высшему духовному руководству Белорусской православной церкви. Спасо-Евфросиниевский монастырь – ставропигиальный женский монастырь белорусской православной церкви в Полоцке. Это один из древнейших центров православия на территории Беларуси. Именно он стал исторической визитной карточкой нашей страны. Вся история существования монастыря пронизана множеством интересных фактов. Он был основан в 1125 году святой княгиней Евфросинией Полоцкой возле Преображенского храма в Сельце. В 1161 году ее усилиями был воздвигнут каменный Спасо-Преображенский храм, ставший одним из величайших примеров каменного зодчества. В его возведении участвовал зодчий Иоанн.

Культовой святыней, находившейся в стенах монастыря, стал золоченый напрестольный крест, заказанный Евфросинией у Лазаря Богшы. Однако, в ходе истории, крест был безвозвратно утерян. Позже, по его подобию, была создана его точная копия.

В 1893–1897 годах при монастыре был воздвигнут монументальный пятиглавый Крестовоздвиженский собор в неовизантийском стиле. В ходе Второй Мировой войны храм сильно пострадал, но уже в 1992 году он снова распахнул свои двери для монахинь и стал крайне популярен, как одна из ключевых точек для путешествующих по Беларуси. (рисунок 1).



Рисунок 1. – Спасо-Евфросиниевский монастырь в г. Полоцке

Введенский монастырь, или Монастырь Введения во храм Пресвятой Богородицы – ставропигиальный женский монастырь белорусской православной церкви, расположен он в н.п. Богуши. Он был основан настоятельницей монахиней Елизаветой в 2000 году 12 июля в день святых Петра и Павла. Фасады здания выполнены в традициях Новгородского зодчества 14 века (рисунок 2)



Рисунок 2. – Монастырь Введения во храм Пресвятой Богородицы

До Первой Мировой войны на этом месте не было церквей. Сюда на церковный праздник из соседнего населенного пункта приходил провести службу священник. В 1942 году в пустующем доме была открыта эта церковь, однако просуществовала там не долго. В 1961 году она была ликвидирована советской властью. Лишь по прошествии 40 лет, она смогла полностью восстановить свое существование. В 2006 г. храмы монастырских корпусов были освящены митрополитом Беларуси Филаретом.

Ещё одним интересным фактом является то, что здание монастыря было заложено на бывшей линии фронта времён Первой Мировой войны, где вёл свою борьбу женский батальон Марии Бочкаревой. В честь данного батальона, на территории монастырского комплекса расположена часовня-музей. В ней есть экспозиции, посвященные подвигам женского батальона под командованием М. Бочкаревой.

Христианство на протяжении всей истории своего существования играло большую роль в жизни человечества. Оно стало одной из причин культурного развития, в том числе и в сфере архитектуры. Старинные храмы и монастыри, многие сохранившиеся до наших дней поддерживаются в достойном состоянии. Они являются опорой нашего бытия, исторические корни поддерживают силу и духовность белорусского народа. Люди не должны забывать свое прошлое, чтобы не потерять настоящее. Необходимо поддерживать историческую память, одновременно развивать современную инфраструктуру и, обязательно организовывать просветительскую деятельность среди молодежи, чтобы ничего не забывать, чтобы прошлое, таким образом, стало крепким фундаментом здорового и процветающего общества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Введения во Храм Пресвятой Богородицы женский монастырь // Православная энциклопедия. – М., 2004. – Т. VII: «Варшавская епархия – Веротерпимость». – С. 349.
2. Монастырь у церкви Спаса: полоцкий Спасо-Евфросиниевский монастырь от древности до наших дней. – Минск : Орех, 2007. – 135 с.
3. Википедия – Спасо-Евфросиниевский монастырь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.m.wikipedia.org/wiki/>.
4. Википедия – Введенский монастырь (Богуши). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.m.wikipedia.org/wiki/>.

УДК 691.1

**ДЖУТОВЫЕ И КОКОСОВЫЕ ВОЛОКНА. ПОЛУЧЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ
В ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ****М.В. КОНЮХОВ, Е.В. ПОСЛЕД***(Представлено: С.А. Романовский; канд. техн. наук, доц. А.А. Бакатович)*

Представлены варианты структурообразующих материалов растительного происхождения для производства теплоизоляционных материалов на основе волокон растительного происхождения. Описано получение волокон джута и кокоса, а также данные о количестве получаемых отходов растениеводства.

Экологичность – характеристика, являющаяся камнем преткновения при выборе утеплителя для дома. Формально все строительные материалы, которые можно встретить сегодня на отечественном рынке, имеют соответствующие экологические сертификаты. Но, в большинстве случаев, при выборе тепловой изоляции возникают жаркие споры на предмет экологичности данных утеплителей.

Например, сторонники каменной ваты, утверждают, что в пенопласте присутствует вредный стирол. Любители пенопласта в ответ намекают на фенолформальдегидные связующие минеральноватных утеплителей. В итоге, каждый остается при своем, хотя и та и другая группа материалов имеют синтетическое происхождение. Вместе с тем, люди все чаще и чаще стремятся выбирать для строительства дома природные, натуральные материалы. Это не просто модный тренд, но и забота о собственном здоровье, благополучии и безопасности [1]. В данной статье рассмотрены несколько вариантов структурообразующих материалов для дальнейшего применения при изготовлении утеплителей.

Джутовые волокна. Под джутом подразумевается однолетнее травянистое растение, кустарник и полукустарник, называемый по-другому калькуттская пенька. В мире насчитывается до 80 видов данного растения. Стебель у джута – прямостоячий и ветвистый со стержневым корнем и овально-ланцетными, зубчатыми по краям листьями с придатками. Цветки – обоеполые, мелкие, имеют желтый оттенок. Плодом является ребристая коробочка, которая бывает в зависимости от вида стручковой или шаровидной. Семена мелкие, могут иметь серую, зеленую или коричневую окраску.

Высота джута, в зависимости от условий, может достигать более 3 м. Состоит джут из таких растительных волокон, как лигнин (ключевой компонент волокна древесины), целлюлоза, является сочетанием лигниноцеллюлозных волокон, которые одновременно обладают качествами дерева, текстиля.

Джут произрастает в тропиках и субтропиках Азии, Австралии, Америки, Африки. Особенно широкое распространение приобрел на территории Бангладеша, Индии (рисунок 1). Во многих густонаселенных районах Южной Азии, где сосредоточена львиная доля мирового производства этой культуры, джутовые волокна имеют важное экономическое значение. Связано это с тем, что там джутовые волокна являются ключевым источником доходов для маленьких семейных ферм.



Рисунок 1. – Плантация джута в Бангладеше

Созревание растения продолжается в пределах 120–150 дней, после чего начинается уборка урожая. Сбор и подготовка сырья – процесс трудоемкий. Урожай убирают вручную, связывают в снопы, оставляют срезанные стебли на поле на 3 дня. За указанный период опадают листья, и связки вымачивают в течение 5–15 дней в водоемах для разрушения соединительных пластин и облегчения отделения волокон. Следующий этап заключен в тщательной промывке и сушке сырья. Средняя производи-

ность растения джута варьируется от 1,5 до 2 т/га. Чтобы удалить излишнюю влагу, сырье развешивают на шестах для просушки и отправляют на переработку.

На протяжении многих сотен лет люди применяли джутовое волокно для изготовления грубой одежды и веревок, но со временем ситуация изменилась. Появившиеся новые технологии позволили расширить ассортимент производимой из джута продукции до нескольких сотен видов товаров. К ним относятся мешочная тара, веревки, обойные материалы, линолеум, ковровые покрытия. А лучшие сорта идут для производства ткани, тафтинговых джутовых ковров [2; 3]. Таким образом, джутовые волокна имеют достаточно широкую область применения, однако поиск путей максимального эффективного использования волокон джута для среды обитания человека остается открытым вопросом.

Кокосовые волокна. Еще не так давно товары, изготовленные из кокосового волокна, были экзотикой. В настоящее время это распространенный и широко применяемый природный материал в различных сферах жизни и деятельности людей. Стремление к максимальной экологичности, вывело данный продукт в число широко распространенных материалов в нашей повседневности.

История гласит, что, по некоторым данным, пальма кокосовая зародилась в Малазийском архипелаге. Пальма кокосовая – одно из самых древних деревьев на всем Земном шаре, произраставшее даже в эпоху динозавров. Окаменелые плоды были обнаружены в Новой Зеландии. Известно также, что пальмы уже на протяжении 4000 лет растут в Индии. Поэтому многие ученые считают, что данный вид пальм возник именно на побережьях Индийского океана. Также предполагается, что родиной кокоса являются Юго-Восточная Азия, Полинезия, Индия, острова Тихого океана, Гавайи, Южная Флорида, Карибы и Южная Калифорния.

В настоящее время экзотический фрукт на сегодня существует и в диком виде, и в культуре в Филиппинах, Африке, Шри-Ланке, Южной Америке, Индии, Бразилии, Таиланде и на Антильских островах. Все эти страны отличаются довольно жарким тропическим климатом. Кокосовые пальмы культурно выращивают в основном в развивающихся странах (рисунок 2) [4].



Рисунок 2. – Плантация кокосовых пальм

В целом в мире за год выращивается 54,716,444 тонн кокосов. По производству кокосов лидируют Филиппины – 19,500,000 тонн кокосов в год. На втором и третьем месте идут Индонезия и Индия, которые выращивают 15,319,500 и 10,894,000 тонн кокосов в год соответственно.

Все остальные страны существенно отстают. Бразилия – 2,759,044 тонн кокосов в год, Шри-Ланка – 2,200,000, Таиланд – 1,721,640. И далее Мексика, Вьетнам, Новая Гвинея и Малайзия (всего 555,120 тонн кокосов в год). Получается, Таиланд далеко не лидер в этом деле, а Малайзия и подавно. А вот Филиппины серьезно подошли к кокосовому вопросу. Многие филиппинские острова густо засажены кокосовыми пальмами, особенно менее развитые и менее заселённые острова [5].

Материалом, получаемым из околоплодника или, проще говоря, скорлупы кокосового ореха являются кокосовые волокна. Сама по себе скорлупа созревшего кокосового плода – довольно прочный материал. Но при длительном вымачивании в воде, она разделяется на составляющие ее волокна – койру. Волокна вычесывают и сортируют на фракции в зависимости от длины и толщины. От того, в какой воде вымачивается кокос, зависит качество волокон и некоторые параметры. Вымоченное в морской воде во-

локну, содержит некоторое количество морской соли и является более жестким. Волокна, полученные на пресноводном вымачивании – мягче и лишены минерализации [6].

Кокосовые волокна имеют широкий спектр применения, из самых длинных и средних делают рыболовные сети, веревки и канаты не намокающие и не тонущие в воде, маты и др. Из грубых одревесневших волокон изготавливают, например, щеточные изделия. Из коротких и запутанных кокосовых волокон – наполнитель для матрасов и мебели [7]. Стоит отметить, что приведенная география произрастания рассматриваемого сырьевого материалов указывают на возможность разработки, получения и практической реализации тепловой изоляции на основе кокосовых волокон практически в различных регионах мира.

В большинстве стран возможно задействовать волокна природного или сельскохозяйственного происхождения в производстве утеплителей. Учитывая объемы отходов джутовых и кокосовых волокон и пути дальнейшего использования применение указанных волокон в качестве основных компонентов теплоизоляционных материалов может являться инновационным и перспективным решением по использованию данных отходов. Особенно актуальным направлением в решении поставленной задачи будет являться получение эффективных утеплителей с пониженной горючестью, обеспечивающих экологическую безопасность для человека и не содержащих в составах органических, синтетических связующих, а также полимерных компонентов наполнителей. При проведении исследований особый аспект будет уделен стоимости и экологической чистоте утеплителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самый экологичный утеплитель! Из чего его делают [Электронный ресурс] / сайт forumhouse – Режим доступа: <https://www.forumhouse.ru/journal/articles/10797-samy-ekologichnyy-uteplitel-iz-chego-ego-delayut>. – Дата доступа: 21.09.2022.
2. Джут – что это такое: применение натурального утеплителя [Электронный ресурс] / сайт sovets.net – Режим доступа: <https://sovets.net/16098-dzhut-cto-eto-takoe.html>. – Дата доступа: 21.09.2022.
3. Джутовая ткань – свойства и характеристики. Обширная сфера применения [Электронный ресурс] / сайт Текстильнуру – Режим доступа: <https://textilegu.ru/naturalnye-tkani/dzhut-svoystva-i-opisanie-primeneniya.html>. – Дата доступа: 21.09.2022.
4. Где растет кокос? Условия обитания кокосовой пальмы [Электронный ресурс] / сайт FB – Режим доступа: <https://fb.ru/article/289970/gde-rastet-kokos-usloviya-obitaniya-kokosovoy-palmyi>. – Дата доступа: 21.09.2022.
5. Мировое производство кокосов [Электронный ресурс] / сайт Фрукторианство – Режим доступа: <http://fruitarian.ru/mirovloe-proizvodstvo-kokosov> / – Дата доступа: 21.09.2022.
6. Кокосовое волокно [Электронный ресурс] / сайт Textile Space – Режим доступа: https://textilespace.ru/directory/fibers/kokosovoe_volokno / – Дата доступа: 21.09.2022.
7. Кокосовое волокно (койра) [Электронный ресурс] / сайт Textile Space – Режим доступа: <https://www.pozvonochnik.info/text/13/content/121/#:~:text=Кокосовые%20волокна%20имеют%20широкий%20спектр,наполнитель%20для%20матрасов%20и%20мебели> / – Дата доступа: 21.09.2022.

УДК 691.1

УТЕПЛИТЕЛЬ ИЗ ДЖУТОВЫХ ВОЛОКОН

М.В. КОНЮХОВ, Е.В. ПОСЛЕД*(Представлено: С.А. Романовский; канд. техн. наук, доц. А.А. Бакатович)*

Обоснована актуальность применения джутовых волокон для получения эффективных теплоизоляционных материалов. Подобраны составы теплоизоляционных плит на основе волокна кокоса. Приведены результаты исследований средней плотности и коэффициента теплопроводности разработанного утеплителя.

В последние годы особенно популярным становится эко-строительство. Люди хотят жить в безопасных для жизни и здоровья домах, используя материалы, не выделяющие вредных вещества и способствующие поддержанию нормального микроклимата. Поэтому многие владельцы частных домов рассматривают возможность утеплить строение материалами на основе природного сырья. Примером теплоизоляционных плит растительного происхождения являются утеплители из льняных очесов, отходов хлопкового производства, мха-сфагнума и волокон коры масличной пальмы [1-5]. В настоящее время в Полоцком государственном университете имени Евфросинии Полоцкой проводятся исследования по получению утеплителей на основе волокон джута. В виде вяжущего используется натриевое жидкое стекло.

Для определения физико-механических показателей утеплителей варьировали среднюю плотность от 60 до 100 кг/м³ при изменении структурообразующего материала и расхода связующего. Количественный состав теплоизоляционных плит из волокон джута приведен в таблице 1.

Таблица 1. – Количественный состав на основе джутовых волокон

№ состава	Расход компонентов, кг/м ³		№ состава	Расход компонентов, кг/м ³	
	джутовые волокна	жидкое стекло		джутовые волокна	жидкое стекло
1	52	8	9	78	12
2	62	8	10	88	12
3	72	8	11	44	16
4	82	8	12	54	16
5	92	8	13	64	16
6	48	12	14	74	16
7	58	12	15	84	16
8	68	12			

Среднюю плотность и теплопроводность образцов из волокон джута определяли на образцах размером 250×250×30мм (рисунок 1).



Рисунок 1. – Образец утеплителя на основе волокон джута

Показатели средней плотности и теплопроводности представлены на рисунке 2.

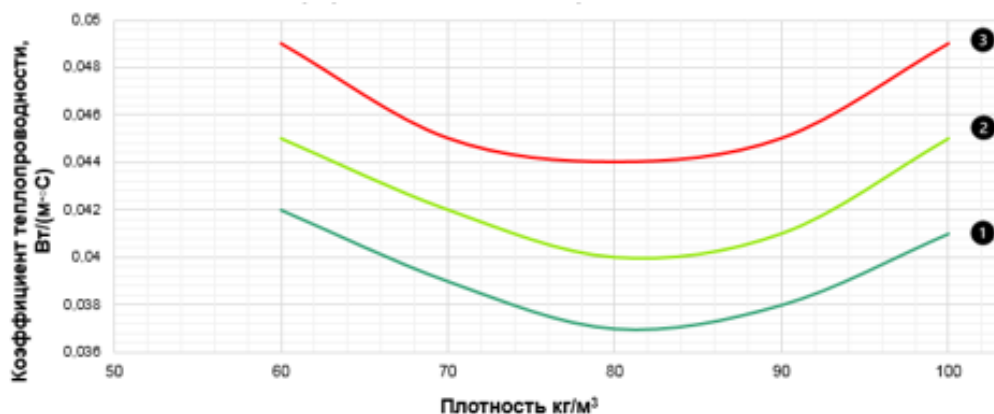


Рисунок 2. – Зависимость коэффициента теплопроводности утеплителей из джута от средней плотности

Анализ полученных зависимостей (рисунок 2) позволяет сделать вывод, что увеличение количества волокна джута до плотности 80 кг на 1 м³ не зависимо от расхода вяжущего приводит к уменьшению коэффициента теплопроводности, а дальнейшее повышение или уменьшение расхода структурообразующего материала вызывает увеличение исследуемого параметра. Например, при расходе волокон джута 92 кг на 1 м³ для состава 5 теплопроводность составляет 0,041 Вт/(м·°C). Сокращение расхода джута на 20% вызывает снижение коэффициента теплопроводности до 0,037 Вт/(м·°C). Дальнейшее уменьшение количества волокна коры вызывает повышение теплопроводности на 14% до 0,042 Вт/(м·°C). При расходе структурообразующего материала 52 кг на 1 м³ для состава 6 теплопроводность составляет 0,042 Вт/(м·°C). Снижение коэффициента теплопроводности до 0,04 Вт/(м·°C) происходит при увеличении расхода джутовых волокон в 1,6 раза. Дальнейшее увеличение количества волокон джута приводит к повышению коэффициента теплопроводности до 0,045 Вт/(м·°C). Для составов 11–15 минимальное значение коэффициента теплопроводности 0,044 Вт/(м·°C) соответствует расходу структурообразующего материала 72 кг на 1 м³. При сокращении расхода джута (состав 11) установлено повышение коэффициента теплопроводности на 11% до 0,049 Вт/(м·°C), и при увеличении количества волокна джута (состав 15) происходит повышение исследуемого параметра до 0,049 Вт/(м·°C). Также установлено, что при постоянной плотности, но приросте натриевого жидкого стекла, увеличение расхода связующего вызывает повышение коэффициента теплопроводности. Например, при средней плотности 60 кг на 1 м³ (составы 3, 8, 13) прирост коэффициента теплопроводности составляет 17%. В рассматриваемых диапазонах расходов компонентов, коэффициент теплопроводности утеплителя изменяется в пределах от 0,037 до 0,049 Вт/(м·°C).

Исходя из полученных результатов, наилучшей теплопроводностью 0,037 и 0,038 Вт/(м·°C) обладают составы 2–4, характеризующиеся средней плотностью 70–90 кг/м³. Также проведенные исследования подтвердили возможность применения волокон джута для получения теплоизоляционных материалов. Утеплитель на основе данного структурообразующего материала, включающий жидкое натриевое стекло, является экологически чистым и безопасным для жизнедеятельности человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Romanovskiy, S Influence of the Fibrous Structure on the Physical and Mechanical Characteristics of Insulating Slabs from Flax Noils / S. Romanovskiy, A. Bakatovich // Scientific Journal of Riga Technical University «Construction Science» – 2017. – vol. 20. – P. 10–16.
2. Romanovskiy, S. Bakatovich, A. Full-scale study of flax fiber-based thermal insulating slabs on the atticfloor // Sustainability and Automation in Smart Constructions. Proceedings of the International Conference on Automation Innovation in Construction (CIAC 2019). Leiria, Portugal, pp. 271 – 278, Springer. doi:10.1007/978-3-030-35533-3_3.
3. Розыев, М.А. Конструкционные и теплоизоляционные материалы с использованием в качестве заполнителей отходов хлопкового производства: дисс. ... маг. техн. наук: 1-70 80 01 / М.А. Розыев. – Новополоцк, 2020. – 45 с.
4. Becerra C., Montory J. A new biobased composite material using bark fibres eucalyptus // The 13 th pacific rim bio-based composites symposium «Bio-based composites for a sustainable future, Chile. 2016. Pp. 46–50.
5. Romanovskiy, S. Insulating material on the basis of bark fibre of the olive palm tree / S. Romanovskiy, A. Bakatovich // IX junior researchers' conference «European and national dimension in research. – 2017. – № 9. – PP. 104–17.

УДК 691.1

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПЛИТЫ НА ОСНОВЕ КОКОСОВЫХ ВОЛОКОН

М.В. КОНЮХОВ, Е.В. ПОСЛЕД*(Представлено: С.А. Романовский; канд. техн. наук, доц. А.А. Бакатович)*

Приведены данные о произрастании кокосовых пальм. Предложено использовать в качестве структурообразующего материала для утеплителей кокосовые волокна. Подобраны составы утеплителей их волокон кокоса. Представлены результаты исследований теплотехнических характеристик разработанного теплоизоляционного материала.

Еще не так давно товары, изготовленные из кокосового волокна, были экзотикой. В настоящее время это распространенный и широко применяемый природный материал в различных сферах жизни и деятельности людей. Стремление к максимальной экологичности, вывело данный продукт в число широко распространенных материалов в нашей повседневности. В настоящее время экзотический фрукт на сегодня существует и в диком виде, и в культуре в Филиппинах, Африке, Шри-Ланке, Южной Америке, Индии, Бразилии, Таиланде и на Антильских островах [1].

Также широко известно использование утеплителей на волокнистом сырье растительного происхождения [2–5]. Высокая эффективность теплоизоляционных плит волокнистой структуры и практически неограниченная сырьевая база дают право рассматривать развитие производства таких утеплителей как одно из важнейших направлений в освоении новых прогрессивных строительных материалов.

Целью проведенных исследований являлось установить возможность применения кокосовых волокон для получения теплоизоляционного материала. Волокна кокоса являлись основным компонентом в утеплителе, жидкое натриевое стекло выполняло функцию связующего.

Среднюю плотность и теплопроводность образцов из волокон кокоса определяли на образцах размером 250×250×30мм (рисунок 1), варьируя среднюю плотность образцов в пределах 70–145 кг/м³. В таблице 1 приведён количественный состав компонентов теплоизоляционных плит.



Рисунок 1. – Образец утеплителя на основе кокосовых волокон

Таблица 1. – Количественный состав утеплителей на основе кокосовых волокон

№ состава	Расход компонентов, кг/м ³		№ состава	Расход компонентов, кг/м ³	
	кокосовые волокна	жидкое стекло		кокосовые волокна	жидкое стекло
1	62	8	10	101	14
2	77	8	11	116	14
3	92	8	12	131	14
4	107	8	13	50	20
5	122	8	14	65	20
6	137	8	15	80	20
7	56	14	16	95	20
8	71	14	17	110	20
9	86	14	18	125	20

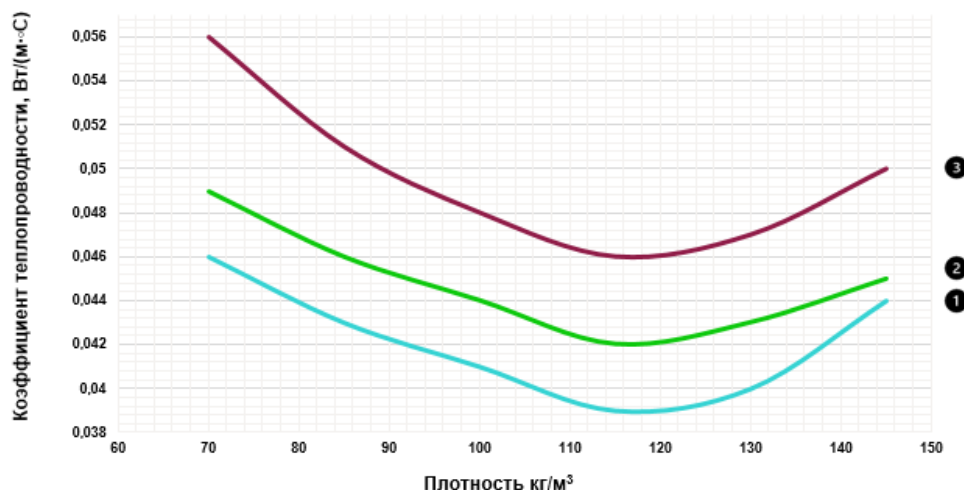


Рисунок 2. – Зависимость коэффициента теплопроводности утеплителей на основе волокон от средней плотности

На основании полученных данных (рис.2) установлено, что прирост количества кокосовых волокон до 115 кг на 1 м³ не зависимо от расхода связующего приводит к снижению теплопроводности, а дальнейшее увеличение или уменьшение расхода волокон вызывает повышение коэффициента теплопроводности. Так, при количестве кокосовых волокон 62 кг на 1 м³ для состава 1 теплопроводность образца составляет 0,046 Вт/(м·°С). Прирост количества структурообразующего материала в 1,7 раза вызывает снижение коэффициента теплопроводности до 0,039 Вт/(м·°С). Увеличение количества кокосовых волокон до 145 кг на 1 м³ вызывает повышение теплопроводности на 13% до 0,044 Вт/(м·°С). При количестве волокон 131 кг на 1 м³ для состава 12 коэффициент теплопроводности равен 0,045 Вт/(м·°С). Уменьшение теплопроводности до 0,042 Вт/(м·°С) происходит при снижении количества структурообразующего материала на 30%. Дальнейшее уменьшение волокон приводит к приросту коэффициента теплопроводности до 0,049 Вт/(м·°С). Для составов 13–18 минимальное значение теплопроводности 0,046 Вт/(м·°С) соответствует количеству кокосовых волокон 95 кг на 1 м³. При снижении структурообразующего (состав 13) установлено увеличение коэффициента теплопроводности на 22% до 0,056 Вт/(м·°С), а при повышении количества кокосовых волокон (состав 18) происходит увеличение теплопроводности до 0,05 Вт/(м·°С). Также установлено, что при повышении расхода жидкого стекла, но постоянной плотности теплоизоляционных материалов, происходит увеличение теплопроводности. Например, при средней плотности 70 кг на 1 м³ в (составы 1, 6, 11) прирост коэффициента теплопроводности составляет 22%. В рассматриваемых диапазонах расходов связующего, теплопроводность утеплителей изменяется в пределах 0,039–0,056 Вт/(м·°С).

Проведенные исследования подтвердили возможность использования кокосовых волокон для изготовления теплоизоляционных плит. Применение кокосовых волокон позволяет решить проблему утилизации растительных отходов для Филиппин, Индии, а также других регионов Азии и Африки, и производить эффективный природный утеплитель из местного природного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самый экологичный утеплитель! Из чего его делают [Электронный ресурс] / сайт forumhouse– Режим доступа: <https://www.forumhouse.ru/journal/articles/10797-samy-ekologichnyy-uteplitel-iz-chego-ego-delayut> / – Дата доступа: 21.09.2022.
2. Romanovskiy, S Influence of the Fibrous Structure on the Physical and Mechanical Characteristics of Insulating Slabs from Flax Noils / S. Romanovskiy, A. Bakatovich // Scientific Journal of Riga Technical University «Construction Science» – 2017. – vol. 20. – P. 10–16.
3. Розыев, М.А. Конструкционные и теплоизоляционные материалы с использованием в качестве заполнителей отходов хлопкового производства: дисс. ... маг. техн. наук: 1-70 80 01 / М.А. Розыев. – Новополоцк, 2020. – 45 с.
4. Becerra C., Montory J. A new biobased composite material using bark fibres eucalyptus // The 13 th pacific rim bio-based composites symposium «Bio-based composites for a sustainable future, Chile. 2016. – P. 46–50.
5. Romanovskiy, S. Insulating material on the basis of bark fibre of the olive palm tree / S. Romanovskiy, A. Bakatovich // IX junior researchers' conference «European and national dimension in research. – 2017. – № 9. – PP. 104–17.

УДК 7.032

**СВЯТО-УСПЕНСКИЙ МОНАСТЫРЬ В ЖИРОВИЧАХ –
КРУПНЕЙШИЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ АНСАМБЛЬ XVII – XVIII вв. В БЕЛАРУСИ****А.Д. ЛУКЬЯНЧИКОВА***(Представлено: Н.А. Железова)*

В данной статье рассматривается история создания комплекса Свято-Успенского монастыря в агрогородке Жировичи, Слонимского района Гродненской области. Обращается внимание на своеобразие архитектуры и уникальность природного окружения монастыря, который является в настоящее время центром белорусского православия.

Ключевые слова: национальное достояние Беларуси, святыня, духовный центр, место удивительной истории и духовной силы.

Свято-Успенский мужской ставропигиальный (т.е. независимый от местной епархиальной церкви и подчиняющийся только синоду) монастырь Белорусской православной церкви (рисунок 1), расположен в агрогородке Жировичи Слонимского района Гродненской области. Этот храм является одним из главных центров белорусского православия и крупнейших в стране архитектурных ансамблей XVII–XVIII веков.



Рисунок 1. – Комплекс Свято-Успенского монастыря

Главный храм монастыря – величественный Свято-Успенский собор, построен в период с 1613 по 1650 годы. Его основателем стал владелец имения Жировичи – Иван-Илья Мелешко, государственный деятель Великого Княжества Литовского. В 1606, 1609 и в 1621 он приобрёл часть земель в Жировичах, а другая часть территории была выкуплена у канцлера Великого Княжества Литовского Льва Сапег. В 1613 г. Иван Мелешко начал строительство униатского Успенского монастыря. В 1613-1618 он передал монастырю и свою часть имения в Жировичах, тем самым еще и расширив территорию будущего монастыря, игуменом которого впоследствии стал Иосифат Кунцевич.

Иконостас Успенского собора до недавнего времени был одним из двух в Беларуси (рисунок 2), который сохранил древний облик и иконографию и подвергся небольшим изменениям второй половины XIX в., затронувшим лишь образа местного ряда. Он имеет типичную для белорусских иконостасов трехъярусную архитектурную структуру: местный, апостольский и пророческий ряды. Ярусы иконостаса как бы переходят стилистически от раннего барокко с колоннами в флемованных дорожниках к позднему барокко с гладкими колоннами и накладной резьбой в стиле рококо. Местные иконы Спаса и Богома-

тери обрамлены эдикулами, имитирующими одноярусные архитектурные алтари. Согласно описи 1837 г., тогда ещё сохранялась первоначальная раннебарочная полихромия иконостаса: черный цвет столлярной основы и «малоприметная по давности лет» позолота резьбы. Чудотворный образ находился в иконостасе справа от Царских врат между колоннами. Он закрывался движимой иконой на доске и изображением Богородицы на грушевом дереве и двух епископов на коленях перед нею, в позолоченном окладе. Двухъярусные боковые киоты у восточных столбов составлены из стилистически неоднородных и разновременных архитектурных структур: в южном киоте резьба нижнего яруса принадлежит позднему барокко. Идентично устроен северный киот с иконами «Богоматерь Знамение» и «Вознесение».



Рисунок 2. – Свято-Успенский монастырь

Придел Ионна Предтечи находится в северном нефе, перекрытом цилиндрическим сводом с распалубками. На своде купола капеллы сохранился уникальный лепной декор XVII в. Иконостас из местного ряда с резными Царскими вратами иконами и сюжетами второй половины XIX века. С севера к приделу пристроен сводчатый коридор, связывающий собор с корпусом семинарии. Архитектура южного нефа (Покровский придел) отличается от северного коробовым сводом капеллы и декоративной лепниной. С юга к собору примыкает зимняя Николаевская церковь, которая первоначально именовалась Онуфриевской в честь раннехристианского египетского пустынника, весьма почитаемого в монастырях Беларуси как православных. Она имеет характерную структуру трапезной, прямоугольная в плане невысокая, с красивым полуциркульным сводом без арок, с люнетами, который был расписан в 1854 году. В 1847 г. был устроен иконостас, вписанный под арку свода.

Крестовоздвиженская церковь построена около 1730 г. на самом высоком месте территории монастыря на средства жены пинского ловчего Элеоноры Головничанки. Задумана она как местная Кальвария под впечатлением от увиденного основательницей аналогичной капеллы в Риме с лестницей Scala Santa, по которой всходил Спаситель во дворец Пилата. Внутри Жировичского храма к алтарю вела лестница из 33 ступеней, в которые были заложены частицы мощей разных святых. Паломники проходили путь к церкви и по лестнице на коленях. В 1830-е гг. мощи были вынуты из ступеней и помещены в специально изготовленный стациональный крест.

Первый каменный жилой корпус (к югу от собора) строился в середине XVII в., трехэтажное здание на противоположной стороне (ныне семинария), согласно отцу Льву Паевскому, возведено около 1710 г. Тогда же появилась трапезная, хозяйственные постройки у монастырских стен, сады.

Старая звонница напротив входа в Успенский собор в 1820-е годы была перестроена в церковноколокольню в стиле классицизма. В 1828 г. она ещё была неоштукатурена.

Жировичская икона Божией матери широко известна в Беларуси и за ее пределами как чудотворная святыня, как уникальное историко-культурное явление. Это самая маленькая из почитаемых Бо-

городичных икон, представляющих собой пластину яшмы 5,6 на 4, 4 см с рельефным изображением Девы Марии и Младенца Христа. Эта икона ценится православными верующими и греко-католиками, является объединяющим началом всех белорусов. Днем явления Жировичской чудотворной иконы миру считается 20 мая, она является духовной покровительницей Беларуси. В 2021 году Жировичская икона была представлена в Кресто-Воздвиженском Полоцком соборе.

Свято-Успенский мужской ставропигиальный, расположенный в агрогородке Жировичи Слонимского района Гродненской области, является крупнейшим и уникальным в стране архитектурным ансамблем XVII–XVIII веков, центром удивительной истории, духовной силы и одним из главных центров белорусского православия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Википедия – Свято-Успенский монастырь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \ https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Жировичский_монастырь&oldformat=true.
2. Vetliva – Свято-Успенский монастырь в деревне Жировичи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vetliva.ru/belarus/what-to-see/svyato-uspenskiy-monastyr-v-derevne-zhirovichi/>.
3. Страна мини – Свято-Успенский, Жировичи. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belarusmini.by/exposure/svyato-uspenskiy-zhirovichskiy-monastyr/>.
4. Жыровіцкі Свята-Успенскі манастыр – Выдавецтва «Беларусь», 2006. – С. 5–28.

УДК 691.263. 5

ВЛИЯНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ НА СВОЙСТВА ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО**Я.Д. МАЦКЕВИЧ, М.П. ТОЛМАЧ, Лю ЦЗЯНИНЬ**
(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л.М. Парфенова)

В статье приведены результаты исследований влияния торфодревесной золы на сроки схватывания, консистенцию и водопоглощение гипсового вяжущего и водостойкость гипсового камня. Показано, что количество торфодревесной золы не должно превышать 20 % от массы гипсового вяжущего.

Утилизация промышленных отходов минерального происхождения путем их применения в качестве сырьевых компонентов строительных материалах является актуальным направлением исследований современной строительной науки, решающей задачи энерго- и ресурсосбережения в строительстве.

Исследованию вопросов применения промышленных отходов в составе композиционных гипсовых вяжущих (КГВ) посвящены работы Волженского А.В. [1]. Полученное вяжущее является быстротвердеющим (начало 4, конец 20 мин) и водостойким ($K_p = 0,75-0,85$), бетоны на основе КГВ показали прочность до 8 МПа через 2 часа [1]. Чернышевой Н.В. [2] предложено в составе КГВ использовать отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов, что позволило получить предел прочности на сжатие 22 МПа и коэффициент размягчения составляет 0,8. В работе [3] предложены составы композиционного гипсового вяжущего состоящего из гипсовой штукатурки, таурита марки «ТС-D» и кремнезёмсодержащей добавки, обеспечивающие показатели предела прочности на сжатие 5,4 МПа, коэффициент размягчения – 0,45. Керамзитовую пыль и гранулированный доменный шлак предложено использовать в качестве минеральной добавки в гипсовое вяжущее в работе [4]. Показано, что разработанная минеральная добавка позволяет получить гипсовый камень с пределом прочности на сжатие 30 МПа. Композиционное гипсовое вяжущее с минеральной добавкой керамзитовой пыли и отсеков мелкозернистого бетона исследована в работе [5], установлено, что данные отходы способствует увеличению прочности на сжатие до 28,1 МПа.

Целью настоящих исследований является изучение физико-механических свойств гипсового вяжущего с минеральной добавкой, представляющей собой золошлаковые отходы.

Характеристика материалов и методика проведения исследований. Для проведения экспериментальных исследований использовался гипс строительный «Тайфун Мастер» № 35 марки Г-5 ША производства ООО «Тайфун» по ГОСТ 125 [6], в качестве минеральной добавки - золошлаковые отходы. Золошлаковые отходы образуются на Белорусской ГРЭС г.п. Ореховск Витебской области при сжигании топливной смеси из 50% древесной щепы и 50% торфа (рисунок 1).



Рисунок 1. – Сырьевой склад Белорусской ГРЭС в г.п. Ореховск

Химический состав золошлаковых отходов представлен в таблице 1.

Таблица 1. – Химический состав золошлаковых отходов Белорусской ГРЭС (мас.%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	ппп
87.62	4.39	1.08	3.08	0.55	0.61	1.79	0.24	0.19	<0.10	0.07

Золошлаковые отходы высушивали при температуре 120°C. В экспериментах использовалась фракция, прошедшая через сито № 008, согласно ГОСТ 25818 [7] – это зола-уноса (далее по тексту зола) с характеристиками, представленными в таблице 2.

Таблица 2. – Характеристика торфодревесной золы

Насыпная плотность, кг/м ³	Плотность зерен, кг/м ³	Нормальная густота, %	Удельная поверхность, м ² /кг	Влажность, %
960	2300	24,5	200	6

Внешний вид торфодревесной золы показан на рисунке 2.



Рисунок 2. – Торфодревесная зола

Определение физико-механических характеристик гипсового вяжущего с золой выполнялось по методике ГОСТ 23789-2018 [8].

Экспериментальные исследования. Определение сроков схватывания гипсового вяжущего с золой выполнялось по методике ГОСТ 23789-2018 [8]. Предварительно было определено количество воды для затворения гипсового вяжущего, равное 68 %, обеспечивающее стандартную консистенцию (180 мм по диаметру расплыва цилиндра). Далее в гипсовое вяжущее добавлялось 10%, 20%, 30%, 40%, 50% золы от массы гипсового вяжущего и определялся диаметр расплыва и сроки схватывания. Результаты эксперимента представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Влияние золы на сроки схватывания и консистенцию гипсового теста

Номер состава	Количество золы, % от массы гипсового вяжущего	Водогипсовое отношение В/Г	Диаметр растекания гипсового теста, мм	Время схватывания, мин.-сек.		Время структурообразования, мин.-сек.
				начало	конец	
1	-	0,68	180	5-30	17-05	11-35
2	5	0,68	160	8-30	17-25	8-55
3	10	0,68	130	8-00	17-10	9-10
4	20	0,68	80	7-00	16-55	9-55
5	30	0,68	нет расплыва	5-40	12-30	6-50
6	40	0,68	нет расплыва	4-45	8-40	3-55
7	50	0,68	нет расплыва	4-30	7-50	3-20

Эксперимент показал, что введение золы уменьшает подвижность гипсового теста, что объясняется высоким водопоглощением золы и впитыванием из гипсового теста части воды затворения. Так, введение золы в количестве 5%, 10%, 20% от массы гипсового вяжущего привело к снижению диаметра расплыва со 180 мм соответственно до 160 мм, 130 мм, 80 мм. При количестве золы 30% и более расплыва теста уже не было, тесто приобрело полужесткую (золы 30% от массы гипсового вяжущего) и жесткую консистенцию (золы 40%, 50% от массы гипсового вяжущего).

Введение золы в количестве, не превышающем 20% от массы гипсового вяжущего, привело к замедлению начала схватывания гипсового вяжущего, при этом сроки конца схватывания практически не изменились по сравнению с контрольным составом без золы, что свидетельствует об ускоренном структурообразовании зологипсового камня. Можно предположить, что данный эффект вызван тем, что водопоглощение золы приводит к уменьшению количества воды, вступающей в реакцию с гипсовым вяжущим, т.е. происходит снижение истинного водогипсового отношения.

При количестве золы 30%, 40%, 50% от массы гипсового вяжущего сроки начала схватывания и сроки конца схватывания уменьшаются по сравнению с контрольным составом, сокращается и период структурообразования соответственно до 6 мин 50 сек, 3 мин. 55 сек., 3 мин. 20 сек. Для компенсации влияния водопоглощения золы и сохранения подвижность данные гипсовые композиции могут быть использованы только при увеличении количества воды затворения, однако это приведет к снижению прочности.

Влияние золы на водопоглощение гипсового камня определяли по методике ГОСТ 23789-2018 [8]. Количество золы составляло 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% от массы гипсового вяжущего. Водогипсовое отношение принято постоянным В/Г = 0,68. Результаты эксперимента представлены в таблице 4.

Таблица 4. – Влияние золы на водопоглощение гипсового камня

Количество золы, % от массы гипсового вяжущего	Среднее значение массы испытанных образцов, г		Водопоглощение, $W_{\text{пл}}$, %
	высушенных при 50±5 °С	насыщенных водой	
0	303	380	25,4
5	299	373	24,7
10	307	382	24,4
20	313	389	24,3
30	321	394	22,7
40	322	391	21,4
50	324	392	21,0

Водопоглощение гипсового камня без золы (контрольный образец) составило 25,4%. Добавление золы к гипсовому вяжущему приводит к уменьшению водопоглощения гипсового камня. Введение золы в количестве от 5% до 20% от массы гипсового вяжущего уменьшает водопоглощение от 2,7% до 4,3%. Водопоглощение образцов, содержащих 30% золы от массы гипсового вяжущего, составило 22,7%, что на 10,6% меньше контрольного образца. Максимальное снижение водопоглощения на 15,7% и 17,3% получено при содержании золы соответственно 40% и 50% от массы гипсового вяжущего.

Водостойкость гипсового камня определяли по методике ГОСТ 23789-2018 [8]. Для определения водостойкости, характеризующейся коэффициентом размягчения, определялись прочность на растяжение при изгибе и прочность на сжатие сухих и насыщенных водой образцов. Количество золы составляло 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% от массы гипсового вяжущего. Полученные результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5. – Влияние золы на водостойкость гипсового камня

№ состав	Количество золы, % от массы гипсового вяжущего	Прочность образцов на растяжение при изгибе, МПа		Коэффициент размягчения по прочности на растяжение при изгибе		Прочность образцов на сжатие, МПа		Коэффициент размягчения по прочности на сжатие	
		высушенных при 50±5 °С ($R_{\text{пл}}^{\text{сух}}$)	насыщенных водой ($R_{\text{пл}}^{\text{нас}}$)	$K_{\text{р.изг.}} = \frac{R_{\text{пл}}^{\text{сух}}}{R_{\text{пл}}^{\text{нас}}}$	$K_{\text{с.изг.}} = \frac{R_{\text{пл}}^{\text{сух}}}{R_{\text{пл}}^{\text{нас}}}$	высушенных при 50±5 °С ($R_{\text{с}}^{\text{сух}}$)	насыщенных водой ($R_{\text{с}}^{\text{нас}}$)	$K_{\text{р.сж.}} = \frac{R_{\text{с}}^{\text{сух}}}{R_{\text{с}}^{\text{нас}}}$	$K_{\text{с.сж.}} = \frac{R_{\text{с}}^{\text{сух}}}{R_{\text{с}}^{\text{нас}}}$
1	0	5,36	2,98	0,56	0,56	13,13	7,26	0,55	0,55
2	5	5,06	2,69	0,53	0,50	14,73	8,05	0,55	0,61
3	10	5,15	2,63	0,51	0,49	14,50	7,04	0,49	0,54
4	20	4,86	2,46	0,51	0,46	14,46	6,51	0,45	0,50
5	30	4,59	2,53	0,55	0,47	14,21	5,85	0,41	0,45
6	40	4,16	2,15	0,52	0,40	12,61	5,38	0,43	0,41
7	50	3,63	2,0	0,55	0,37	11,23	4,92	0,44	0,38

Добавление в гипсовое вяжущее золы в количестве от 5% до 30% привело к увеличению прочности на сжатие высушенных образцов от 8% до 12,2%. При количестве золы в составе гипсовой композиции превышающем 30% прочность гипсового камня снижается по сравнению с контрольным составом без золы. Так, при 50% золы прочность на сжатие ниже контрольного значения на 14,3%.

Коэффициент размягчения был определен по отношению прочности насыщенных образцов с золой к прочности высушенных образцов с золой ($K_{\text{р}}$) и по отношению прочности насыщенных образцов с золой к прочности высушенных образцов без золы ($K_{\text{с}}$). Значение коэффициента размягчения ($K_{\text{р}}$) по прочности на растяжение при изгибе при добавлении золы в состав гипсовой композиции изменяется незначительно от 0,51 до 0,56, что объясняется пропорциональным снижением прочности высушенных и насыщенных водой образцов при увеличении количества золы.

Более информативным является коэффициент размягчения по контрольному составу ($K_{\text{р}}^{\text{к}}$). Определение коэффициента ($K_{\text{с}}^{\text{к}}$) по прочности на растяжение при изгибе показало, что чем больше золы до-

бавлено в состав гипсовой композиции, тем ниже коэффициент размягчения. Значение коэффициента снижается от 0,56 для контрольного состава до 0,37 для состава, содержащего 50 % золы от массы гипсового вяжущего. Анализ значений коэффициента размягчения (K_R) по прочности на сжатие показывает, что при добавлении золы в количестве 5% и 10% от массы гипсового вяжущего водостойкость имеет значения сопоставимые с контрольным составом ($K_R = 0,55$). Значения коэффициентов размягчения (K_R) при количестве золы 20%, 30%, 40% и 50% ниже, чем у контрольного состава, и составляют соответственно 0,5, 0,45, 0,41, 0,38. При величине коэффициента размягчения $0,45 < K_R < 0,6$ гипсовые вяжущие относятся к средней водостойкости, при величине коэффициента размягчения $K_R < 0,45$ гипсовые вяжущие относятся к неводостойким.

Выводы.

1. Зола уменьшает подвижность гипсового теста и при введении в состав гипсового вяжущего в количестве, превышающем 20% от массы гипсового вяжущего, приводит к замедлению начала схватывания.
2. Введение золы в гипсовое вяжущее приводит к повышению плотности и непроницаемости и снижению водопоглощения гипсового камня.
3. Гипсовое вяжущее с золой в количестве 5%, 10%, 20% относится к вяжущим средней водостойкости. При добавлении золы в количестве более 20% гипсовое вяжущее относится к неводостойким.
4. Исследование влияния количества золы на сроки схватывания, консистенцию, водонасыщение и водостойкость гипсового вяжущего показало, что содержание золы не должно превышать 20% от массы гипсового вяжущего.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волженский, А.В. Гипсоцементнопуццолановые вяжущие, бетоны и изделия: монография / А.В. Волженский, В.И. Стамбулко, А.В. Ферронская. М: Издательство Стройиздат, 1971. – 318 с.
2. Чернышева, Н.В. Водостойкие гипсовые композиционные материалы с применением техногенного сырья: автореф. дисс. ... докт. техн. наук: 05.23.05 / Н.В. Чернышева. – Белгород, 2014. – 40 с.
3. Kondratieva, N. Study of modified gypsum binder [Text] / N. Kondratieva [and etc.] // Construction and building materials – 2017. – № 149. – С. 535 – 542.
4. Халлилуин, М.И. Влияние добавки извести на физико-механические свойства композиционных гипсоизвестковопуццолановых вяжущих [Текст] / М.И. Халлилуин [и др.] // Известия КГАСУ. – 2015. – № 4 – С. 304 – 311.
5. Старостина, И.В. Использование кремнеземсодержащих промышленных отходов в технологии композиционных гипсовых вяжущих [Текст] / И.В. Старостина [и др.] // Вестник технологического ун-та. – 2016. – Т 19. – № 13 – С. 304 – 311.
6. Вяжущие гипсовые. Технические условия: ГОСТ 125 – 2018. – Взамен ГОСТ 125-79; введ. 01.05.2019. – М.: Стандартиформ, 2018. – 14 с.
7. Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия: ГОСТ 25818-2017. – Введен 01.03.2018. – М.: Стандартиформ, 2017. – 23 с.
8. Вяжущие гипсовые. Методы испытаний: ГОСТ 23789-2018. – Взамен ГОСТ 23789-89; введ. 01.05.2019. – М.: Стандартиформ, 2018. – 17 с.

УДК 691.263. 5

**ВЛИЯНИЕ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРА СТАХЕМЕНТ 2000-М
НА ПОДВИЖНОСТЬ ЗОЛОГИПСОВОЙ КОМПОЗИЦИИ****Я.Д. МАЦКЕВИЧ, М.П. ТОЛМАЧ, Лю ЦЯНИНЬ**
(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л.М. Парфенова)

В статье приведены результаты исследований влияния суперпластификатора Стахемент 2000-М на подвижность золотипсовой композиции, состоящей из строительного гипса и золошлаковых отходов. Показано, что введение добавки Стахемент 2000-М в количестве 0,2% от массы гипсового вяжущего обеспечивает увеличение подвижности со 140 мм до 205 мм без водоотделения свежеприготовленной золотипсовой композиции и позволяет снизить количество воды затворения на 5,9 % при обеспечении необходимых показателей подвижности после кратковременных вибрационных воздействий.

Метод литья отличается высокой производительностью и малой трудоемкостью в сравнении с технологиями производства изделий прессованием, вибрацией и трамбованием. Известно, что при изготовлении гипсовых изделий литьем консистенция теста должна быть такова, чтобы из цилиндра тестом расплывалось на 180-200 мм. Обеспечить литью консистенцию без увеличения количества воды затворения позволяет использование добавок-суперпластификаторов.

В экспериментальных исследованиях использовался суперпластификатор Стахемент 2000-М (далее добавка Стахемент 2000-М). Стахемент-2000-М – добавка-гиперпластификатор (I группы) на основе поликарбоксилатов, используется для получения высокоподвижных в т.ч. самоуплотняющихся бетонных смесей. Внешний вид: светло-желтая жидкость. Продукт не горюч и физиологически безвредный. Плотность при 20 °C – $1,075 \pm 0,030$ г/мл. Количество добавки Стахемент 2000-М варьировалось от 0,1% до 0,8% от массы гипсового вяжущего. Суперпластификатор вводился вместе с водой затворения.

Золотипсовая композиция была представлена следующим соотношением компонентов (в частях): гипс : зола : вода = 1 : 0,2 : 0,68. В состав золотипсовой композиции входил гипс строительный «Тайфун Мастер» № 35 марки Г-5 ША производства ООО «Тайфун» по ГОСТ 125 [1] и золошлаковые отходы Белорусской ГРЭС, высушенные при температуре 120°C и просеянные через сито № 008 по ГОСТ 25818 [2].

Подвижность измерялась по методике ГОСТ 23789-2018 [3] с использованием цилиндра из нержавеющей металла с полированной внутренней поверхностью с внутренним диаметром 50 мм и высотой 100 мм. После окончания перемешивания цилиндр заполнялся гипсовым тестом с добавкой. Далее цилиндр поднимали и измеряли диаметр расплыва металлической линейкой в двух перпендикулярных направлениях с погрешностью не более 5 мм, вычисляли среднее арифметическое значение. Первоначально принятое количество воды соответствует нормальной густоте гипсового теста, характеризующейся диаметром расплыва (180 ± 5) мм, и составляет 68% от массы гипсового вяжущего.

При определении прочности, согласно методике ГОСТ 23789-2018 [3], гипсовое тесто укладывают в форму балочек 40 x 40 x 160 мм, при этом уложенное тесто уплотняют и выравнивают пятью ударами формы о поверхность стола, поднимая ее за торцевую сторону на высоту 10 мм. Для имитации вибрационного воздействия, оказываемого при укладке гипсового теста в формы, при определении подвижности гипсового теста с добавкой Стахемент 2000-М и сниженным количеством воды затворения диаметр расплыва определялся повторно после вибрационного воздействия в количестве 5 ударов на встряхивающем столике (методика ГОСТ 310.4-81 [4]), конструкция которого обеспечивает подъем подвижной части на высоту ($10 \pm 0,5$) мм и ее свободное падение с этой высоты до удара о неподвижную преграду. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Влияние добавки Стахемент 2000-М на подвижность золотипсовой композиции

Номер состава	Количество воды, % от массы гипсового вяжущего	Количество добавки Стахемент 2000-М, % от массы гипсового вяжущего	Диаметр расплыва, мм	Диаметр расплыва после вибрационного воздействия, мм	Примечание
1	2	3	4	5	6
1	68	-	140	-	полужесткая
2	68	0,1	180	-	литая консистенция
3	68	0,2	205	-	литая консистенция
4	68	0,4	215	-	водоотделение
5	68	0,6	225	-	водоотделение
6	68	0,8	230	-	водоотделение
7	66	0,2	185	210	количество воды снижено на 2,94%

Окончание таблицы 1.

1	2	3	4	5	6
8	65	0,2	155	180	количество воды снижено на 4,4%
9	64	0,2	120	165	количество воды снижено на 5,9%
10	60	0,2	–	100	количество воды снижено на 11,8%

Введение добавки Стахемент 2000-М позволяет увеличить подвижность зологипсовой композиции с 140 мм до 230 мм. При количестве добавки 0,1% от массы гипсового вяжущего подвижность увеличилась в 1,3 раза с 140 мм до 180 мм, при количестве добавки 0,2% от массы гипсового вяжущего подвижность увеличилась в 1,46 раза с 140 мм до 205 мм. При количестве добавки 0,4% от массы гипсового вяжущего подвижность увеличилась в 1,54 раза с 140 мм до 215 мм, однако началось водоотделение, которое наблюдалось и при количестве добавки 0,6% и 0,8% от массы гипсового вяжущего, что свидетельствовало о передозировке (рисунок 1).



Рисунок 1. – Водоотделение при количестве добавки Стахемент 2000-М 0,4% от массы гипсового вяжущего

Введение в состав зологипсовой композиции добавки Стахемент 2000-М 0,2% от массы гипсового вяжущего позволяет снизить количество воды затворения до 6% при обеспечении первоначальной подвижности (140 мм) сразу после приготовления (составы 7, 8) или после вибрационного воздействия (состав 9).

При снижении количества воды затворения на 11,8% (состав 10) при снятии цилиндра расплыв теста не происходит (рисунок 2, а), а после вибрационного воздействия диаметр расплыва составил 100 мм (рисунок 2, б).

а)



б)



а) сразу после снятия цилиндра; б) после 5 ударов встряхивающего столика

Рисунок 2. – Подвижность зологипсовой композиции с количеством воды затворения 60% от массы гипсового вяжущего при введении добавки Стахемент 2000-М в количестве 0,2% от массы гипсового вяжущего (состав 10)

Для изучения влияния добавки Стахемент 2000-М на показатели прочности гипсового камня на основе зологипсовой композиции были изготовлены образцы балочки 40 x 40 x 160 мм с количеством добавки 0,2% от массы гипсового вяжущего с водогипсовым отношением, равному контрольному составу без добавки В/Г = 0,68, и с водогипсовым отношением В/Г = 0,64, при котором количество воды снижено на 5,9%, но при этом обеспечивается необходимая удобоукладываемость в пределах 120 мм по расплыву цилиндра. Прочность образцов-балочек определялась через 2 часа после затворения водой зологипсовой смеси. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Влияние добавки Стахемент 2000-М на прочность гипсового камня на основе зологипсовой композиции

Номер состава	Компонентный состав			Плотность через 2 часа после затворения, кг/м ³	Прочность через 2 часа	
	гипс: зола	водо-гипсовое отношение	суперпластификатор, % от массы гипсового вяжущего		на растяжение при изгибе, МПа	на сжатие, МПа
1	1:0,2	0,68	-	1650	2,52	6,27
2	1:0,2	0,68	0,2	1633	2,67	5,34
3	1:0,2	0,64	0,2	1642	2,85	6,11

Введение в состав зологипсовой композиции добавки Стахемент 2000-М в количестве 0,2% от массы гипсового вяжущего приводит к незначительному воздухововлечению и, как следствие, снижению плотности зологипсового камня на 17 кг/м³ (состав 2) по сравнению с контрольным составом без добавки (состав 1), при этом прочность на растяжение при изгибе увеличилась на 5,9%, прочность на сжатие уменьшилась на 14,8%. Снижение водогипсового отношения на 5,9% с В/Г=0,68 до В/Г=0,64 позволяет достичь показателей прочности на сжатие контрольного образца.

Выводы. Максимальное увеличение подвижности зологипсовой композиции обеспечивает введение добавки Стахемент 2000-М в количестве 0,2% от массы гипсового вяжущего. Введение добавки Стахемент 2000-М в количестве 0,2% от массы гипсового вяжущего позволяет снизить водогипсовое отношение на 5,9% без снижения прочности и при сохранении литой консистенции после кратковременного вибрационного воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вяжущие гипсовые. Технические условия: ГОСТ 125 – 2018. – Взамен ГОСТ 125-79; введ. 01.05.2019. – М. : Стандартинформ, 2018. – 14 с.
2. Золо-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия: ГОСТ 25818-2017. – Введен 01.03.2018. – М. : Стандартинформ, 2017. – 23 с.
3. Вяжущие гипсовые. Методы испытаний: ГОСТ 23789-2018. – Взамен ГОСТ 23789-89; введ. 01.05.2019. – М. : Стандартинформ, 2018. – 17 с.
4. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии: ГОСТ 310.4-81. – Взамен ГОСТ 310.4-76; введ. 01.07.1983. – М. : Издательство стандартов, 1983. – 11 с.

УДК 72.05:727

КОНЦЕПЦИЯ БЛАГОУСТРОЙСТВА ТЕРРИТОРИИ ПОЛОЦКОГО КОЛЛЕГИУМА**Н.В. НАЗАРЕНКО***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. Кремнёва)*

В статье рассматривается вариант благоустройства внутренней территории колледжа. Предложен дизайн-проект благоустройства с малыми архитектурными формами и арт-объектами отражающими вехи историко-культурного наследия Полоцка. Выполнен акцент на сохранении историко-культурного наследия.

Все мировое сообщество на сегодняшний день прилагает не мало усилий для сохранения исторического наследия городов и отражается это в модернизации зданий и сооружений, а так же прилегающих к ним территорий [1]. Эта проблема коснулась и города Полоцка, на территории которого находится Полоцкий колледж, основанный в 1580 г. Колледж являлся образовательным и культурным центром Европы [2; 3]. И, поддерживая традиции древней Полоцкой земли, в наше время комплекс является образовательным и туристическим центром Беларуси.

На данный момент отреставрированы и реконструированы практически все имеющиеся здания, но не вся внутренняя дворовая территория университета восстановлена. Так территория между корпусами и зданием художественной галереи и пустует, а там некогда там был прекрасный яблоневый сад, однако от него сохранилось только большое пустынное поле [4]. Для этого университетского пространства между двумя корпусами Полоцкого государственного университета, который располагается непосредственно по адресу ул. Стрелецкая, 4, предлагается дизайн-проект территории с сохранением исторического наследия Полоцка, отражением ее в проекте с учетом современных требований, удовлетворяющих запросы преподавателей, студентов, жителей Полоцка и туристических групп. Предложенная территория в процессе проектирования была условно разделена на три функциональные зоны: зона тихого отдыха; зона активного отдыха; зона проведения общественных мероприятий, лекций, семинаров, мастер-классов на открытом воздухе. На территории так же будет иметься инфо-зона, зона продажи сувениров и кафе (рисунок 1).

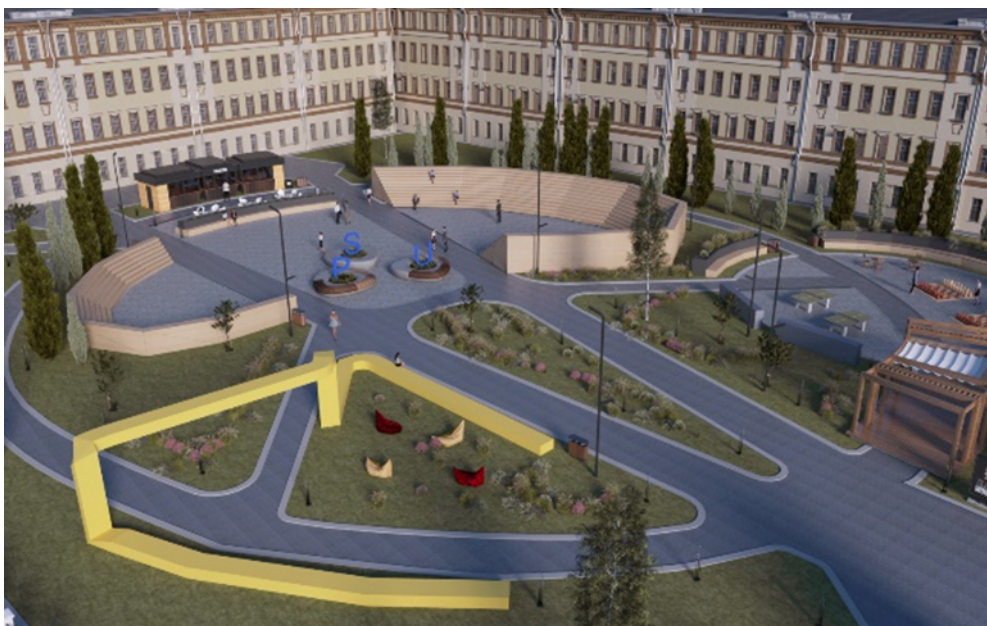


Рисунок 1. – Внутренняя территория университета

Территория разделяется мощеными дорожками, которые задают основное направление к входам в учебное заведение и разделяет пространство на условные функциональные зоны, в одной из них располагаются два небольших амфитеатра, что позволяет использовать двор не только для отдыха студентов, преподавателей, но и для учебных занятий - чтения лекций, семинаров, мастер-классов, а также проведения концертов, небольших организационных собраний, конкурсов и тематических вечеров. Таким образом, по центру территории образовывается небольшая площадь, на которой в летнее и зимнее время года могут устанавливаться различные АРТ-объекты, выполненные, в том числе и студентами.

И как раз здесь, в центре зоны общественных мероприятий предполагается сделать визуальный акцент на образовательное учреждение и выполнить аббревиатуру названия Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой в виде металлических букв, расположенных на газонах. В тоже время в зоне тихого отдыха планируется использовать арт-объект для отражения истории Полоцка, становления и развития университета, его важных этапах. Арт-объект представлен из ломанных линейных элементов и повествует этапы становления Полоцкого государственного университета начиная с XVI века и до наших дней. На элементах объекта будут располжены постеры исторической тематики (рисунок 2).

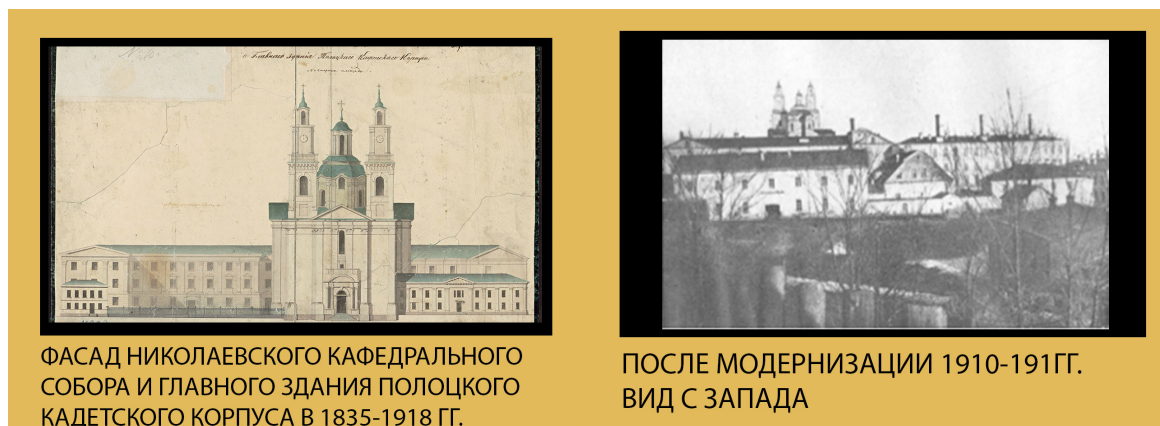


Рисунок 2. – Фрагмент постеров

Слева от входа в зоне активного отдыха находится небольшой павильон, который оборудован местами для сидения, где любой желающий может уединиться. В данную зону включаются столы настольного тенниса и столы для игры в шахматы, а также предлагаются два больших поля для уличных шахмат. По периметру зоны располагаются места для отдыха и наблюдения за играми и, схожие с образом других малых архитектурных форм, шкафчики для хранения инвентаря.

Таким образом, выстраивая пространство территории площадки, учтены особенности современности и сохранено историческое наследие прошлого. Площадка может быть интересна университету и городу не как законченное архитектурное произведение, а как место с постоянным добавлением элементов из нашего культурного и исторического наследия с учетом требований современности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Благоустройство городской среды как значимый фактор повышения качества жизни г.о. Тольятти [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <https://e-koncept.ru/2016/56807.htm>. – Дата доступа: 14.03.2022.
2. Коллегиум Иезуитов в Полоцке [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://vetliva.ru/belarus/what-to-see/kollegium-iezuitov-v-polotske/>. – Дата доступа: 14.03.2022.
3. Захаркина, Г. И. Путь от коллегиума до университета // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладная наука. Новополоцк, 2012. № 16. С. 2-7.
4. Соловьёв, А. А. Полоцкий иезуитский коллегиум в ретроспективе (1581—1914): архитектурно-археологический очерк. Полоцк. 2012.— 97 с.

УДК 72.05:727

**ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ И БУДУЩЕЕ
ВНУТРЕННЕЙ ТЕРРИТОРИИ ПОЛОЦКОГО КОЛЛЕГИУМА****Н.В. НАЗАРЕНКО***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. Кремнёва)*

В статье показывается актуальность сохранения территорий, имеющих историко-культурное наследие. Рассмотрено и проанализировано существующее положение внутреннего пространства коллегиума. Предложена дизайн-концепция организации благоустройства с применением малых архитектурных форм.

Современный уровень урбанизации требует решать вопросы не только озеленения и благоустройства пространств городов, но и сохранение историко-культурного наследия. В связи с этим проблема благоустройства территорий, прилегающих к зданиям, имеющим историко-культурное наследие – одна из наиболее актуальных проблем, решая которую можно создать благоприятную среду с обеспечением комфортных, экологических условий и сохранением исторического наследия для жителей города и туристов [1]. Эта проблема коснулась и Полоцкого коллегиума, который был основан в 1580 г. и уже в XVIII в. являлся крупнейшим образовательным центром [2]. Здания коллегиума являлись «визитной карточкой» самого могущественного католического ордена Европы [3]. Однако, шли годы и, позднее, в ходе Великой Отечественной войны, многие корпуса были повреждены, а некоторые и вовсе уничтожены.

Восстановление корпусов заняло долгие годы. Сегодня практически все здания подняты из руин, реконструированы и отреставрированы. Кроме того, во внутреннем дворе сделаны музыкальные часы с академическим шествием, восстановили колодец. В одной из аудиторий коллегиума появилась реконструкция проекта Габриэля Грубера «Механическая голова», создан арт-проект «Изобразительное искусство в истории Полоцкого коллегиума». Корпуса функционируют, в них учатся студенты и их посещают туристы, что нельзя сказать о территориях, прилегающих к комплексу. В свое время на отдельных из них высились культовые здания и находились цветущие сады (рисунок 1) [4].



Рисунок 1. – Корпуса коллегиума и внутренний двор университета

Для этого университетского пространства предлагается выполнить дизайн-проект территории с учетом современных представлений о дизайне, удовлетворяющих требованиям преподавателей, студентов, жителей близлежащих районов и туристических групп, а также отразить историю древней Полоцкой земли. Предложенная территория в процессе проектирования была условно разделена на три функциональных зоны:

- зона тихого отдыха;
- зона активного отдыха;
- зона проведения общественных мероприятий, лекций, семинаров. мастер-классов на открытом воздухе;
- инфо-зона и зона продажи сувениров, кафе (рисунок 2).

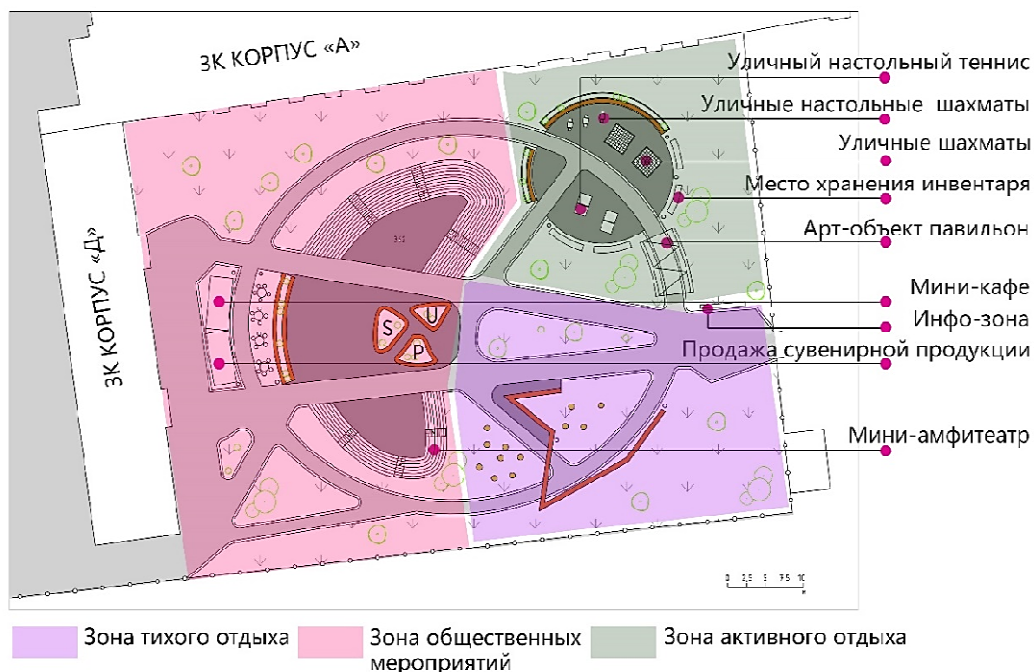


Рисунок 2. – Функциональное зонирование

Именно в тихой зоне отдыха планируется поместить объекты, которые помогут сохранить уникальные культурные особенности древней Полоцкой земли, истории Полоцка и коллегиума, доставшиеся нам от предков, что является весьма актуальным во все времена и особенно в год Исторической памяти Беларуси. А вот в активной зоне планируется выставить арт-объекты в виде аббревиатуры названия Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой, выполненные в виде металлических букв, расположенных на приподнятых газонах, которые служат визуальными акцентами в пространстве двора (рисунок 3).



Рисунок 3. – Перспективное изображение зоны активного отдыха

Вмешательство в архитектурную среду этого исторического пространства предлагается сделать максимально деликатным, поскольку такая площадка может быть интересна и университету, и городу, как место нераскрытого потенциала пространства, дизайн которого может меняться в зависимости от требований времени и предложений студентов, преподавателей, жителей города и туристов с сохранением истории и традиций древней Полоцкой земли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Благоустройство городской среды как значимый фактор повышения качества жизни г.о. Тольятти [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <https://e-koncept.ru/2016/56807.htm>. – Дата доступа: 14.03.2022.
5. Коллегиум Иезуитов в Полоцке [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://vetliva.ru/belarus/what-to-see/kollegium-iezuitov-v-polotske/>. – Дата доступа: 14.03.2022.
6. Захаркина, Г. И. Путь от коллегиума до университета // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. Новополоцк, 2012. № 16. С. 2-7.
7. Соловьёв, А. А. Полоцкий иезуитский коллегиум в ретроспективе (1581–1914): архитектурно-археологический очерк. Полоцк. 2012. – 97 с.

УДК 7.032

**ГОТИЧЕСКИЙ СТИЛЬ И АРХИТЕКТУРА НЕОГОТИКИ
НА ПРИМЕРЕ СОБОРА В Н.П. СЛОБОДКА, БРАСЛАВСКИЙ РАЙОН****С.А. ПОПРАВКО***(Представлено: Н.А. Железова)*

В данной статье рассматривается готический стиль, как история развития мировой культуры и архитектуры западных стран средних веков. Костел в н.п. Слободка, Браславского района рассматривается как образец неоготики в Республике Беларусь.

Ключевые слова: *архитектуре готического периода, мировая культура, костел Промысла Божьего, неоготика, окно-роза, архитектор Карл Эдуард Страндман.*

XII–XIII вв. – период наивысшего развития средневековой христианской культуры для большинства Европейских стран. Процесс урбанизации, становление рыцарства, развитие ремесленничества, науки и укрепление человеческого сознания стали решающими факторами в формировании готического искусства. Изначально готический стиль применялся в архитектуре, а позже стал проникать и в прочие сферы жизни: изобразительное искусство, декоративно-прикладное искусство, мода и мебельное производство. Он зародился во французском городе Иль де Франц и пришёл на смену романскому стилю. Церковь монастыря Сен-Дени – первая готическая постройка.

Отношение ни к одному из художественных стилей прошлого не было так переменчиво, как к готике. Начиная с эпохи Возрождения, готика воспринималась как символ всего мрачного и косного. Готическое искусство казалось фальшивым, оторванным от естества. Говоря об архитектуре готического периода, нельзя не отметить присутствие церковной философии, связанной со стремлением души вознестись на небеса, что проявилось за счет организации форм и пространства. Это влияние воплощалось так же в общей высоте готических сооружений, которые сильно превышали высоту, например, соборов романского периода, а крупнейшие готические храмы по высоте своих башен и колоколен долгое время оставались высочайшими храмовыми постройками Европы.

Рассматривая отличия соборов романского и готического периодов, следует сказать, что романские церкви преимущественно были небольшими, а реализация готического принципа, наоборот, была заключена в крупных соборах, что смогло повлиять на их функцию и восприятие и на городскую среду в целом. Более ранние романские церкви возводило аббатство для потребности культа. Готический кафедральный собор, в одно и то же время, представлял собой и символ религиозных верований, и городское сооружение. Готический стиль ознаменовал целую эпоху в истории средневековой Европы. Данный стиль смог достичь высокого развития за счет синтеза различных видов искусств, нового конструктивного плана храмов с очень сложной каркасной системой, облегченными сводами на гуртах и нервюрах, которая дала возможность расширения пространства интерьера и специфическую систему форм, а также новый взгляд на понимания организации пространства и объемной композиции. Готика смогла стать собственно европейским стилем в эпоху средневековья отметив уникальность, самобытность мира феодальной Западной Европы. Позже во всем мире было возведено много храмов в стиле неоготики. Выразительным памятником архитектуры неоготического стиля на территории Беларуси является костел Промысла Божьего (или Сердце Иисуса), расположенный в н. п. Слободка, Браславский район (рисунок 1).



Рисунок 1. – Костел Промысла Божьего в н.п. Слободка

Белоснежная реликвия благодаря своей красоте и богатой истории является символом всей Браславщины. Костел строился в 1901–1906 годах. Для его возведения была выбрана равнинная площадка на возвышении, где раньше также располагался храм, построенный на средства меценатов из рода Мирских. В наши дни в честь бывших основателей в костеле хранятся две памятные доски.

Архитектура храма восхищает: костел сочетает в себе нотки готической и романской архитектуры. Главный фасад образован из двух высоких башен с гранеными шатрами, с которых открывается вид на окрестности и стены с окном-розой. К главному входу ведет широкая лестница из камня. Кирпичные и покрытые штукатуркой стены выкрашены в белоснежный цвет, поэтому хорошо видны с далекого расстояния. Издали создается впечатление, что костел очень легкий и парит в воздухе. Металлические оковы дверей с завесами в виде растительных композиций отдельно представляют собой историко-художественную ценность. Замысловатые завитки растений с коваными листьями и цветами симметричны и очень декоративны. В композиции центральных и боковых оков рисунок оригинален и более не повторяется. Поэтому кованое литье костела Промысла Божьего признается одной из лучших кузнечных работ на территории Беларуси.

В конце XX века проводились реставрационные работы и специалисты из Витебского художественного университета выполнили роспись внутреннего убранства костела. Все внутренние стены собора в настоящее время покрыты орнаментами и библейскими сюжетами, выполненными на высоком художественном уровне (рисунок 2).

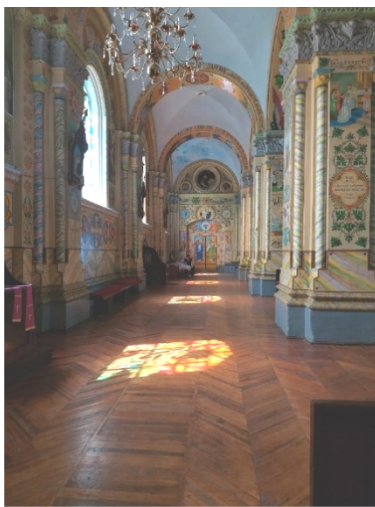


Рисунок 2. – Внутреннее убранство стен костела Промысла Божьего в н.п. Слободка

Сюжеты, которые можно наблюдать сегодня в костеле Промысла Божьего в Слободке, редко можно встретить где-то еще в Восточной Европе: они ближе к испанским и португальским мотивам. Дополняют интерьер костела выразительные витражи, переливающиеся на стенах в солнечный день разноцветными оттенками. Около 20 лет назад костел Промысла Божьего был отреставрирован (сохранились три алтаря и орган), обновлен и восстановлен. Здесь ведутся службы. Отдыхающие туристы на Браславских озерах часто посещают костел, восхищаясь неповторимым обликом памятника архитектуры Беларуси. К сожалению, автор постройки костела неизвестен. Похожий памятник архитектуры, работы архитектора Карла Эдуарда Страндмана, сохранился в литовском местечке Аланта. Предполагается, что именно он является автором костела в Слободке, белорусской святыни на Браславщине начала XX век.

В настоящее время следует активнее рассказывать подрастающему поколению и туристам о подобных памятниках архитектуры, о богатой и неповторимой истории и культуре нашей страны, чтобы люди узнавали как можно больше о Республике Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тренды дизайнов - Готический стиль: средневековая готика в архитектуре и искусстве. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trendsdesign.ru/interiorstyles/historic/gotika/rol-goticheskoy-kultury.html>.
2. Архитекто.ру – Влияние готического наследия на последующие поколения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.arhitekto.ru/txt/3fgot2.shtml>.
3. Planeta Belarus – Костел Промысла Божьего в Слободке. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://planetabelarus.by/sights/kostel-promysla-bozhego-v-slobodke/>.
4. Belkraj – Костел Промысла Божьего в Слободке [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belkraj.by/landmarks/kostel-promysla-bozhego-v-slobodke>.
5. Лазарев М. А. Готический период: культура и искусство Западной Европы – Институт Художественного Образования Российской Академии Образования, 2012 – С. 139.
6. Адамчик М. В. Архитектура. Краткий справочник – Москва: АСТ, 2007. – С. 116–127.

УДК 69.001.5

**СОВРЕМЕННЫЕ УТЕПЛИТЕЛИ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОН
НЕОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ****Е.В. ПОСЛЕД, М.В. КОНЮХОВ***(Представлено: С.А. Романовский; канд. техн. наук, доц. А.А. Бакатович)*

В статье рассматриваются популярные виды утеплителей на основе минеральной ваты. Приведены теплотехнические показатели теплоизоляционных материалов различных производителей. Описаны достоинства и недостатки каменной, стеклянной и шлаковаты.

В настоящее время более 80% общего объема производства теплоизоляционных материалов приходится на утеплители, содержащие волокнистые неорганические структурообразующие материалы. Широкое использование неорганических волокон объясняется распространенностью сырья, возможностью регулирования строительно-эксплуатационных свойств неорганических материалов, а также разнообразием применения практически в любых условиях эксплуатации.

Наиболее известными теплоизоляционными материалами из неорганических волокон являются каменная, стеклянная и шлаковая вата. Для указанной группы утеплителей есть общее название – минеральная вата, выпускаемая в нескольких формах – рулоны, плиты и цилиндры (рисунок 1). В данной статье рассмотрены современные производители и характеристики тепловой изоляции на основе волокон неорганического происхождения.

**Рисунок 1. – Разновидности минеральной ваты**

Среди разновидностей минеральной ваты наиболее универсальным утеплителем является базальтовая вата, изготавливаемая из базальтовых волокон. На основании указанных волокон возможно изготавливать материалы любой формы, разной плотности и с различными показателями прочности. Эластичную и мягкую каменную вату используют там, где не предвидится больших механических нагрузок, в малоэтажных зданиях, при теплоизоляции колодцев. Более плотный материал применяют для утепления многоэтажных зданий. Фигурными разновидностями базальтовой ваты утепляют трубы и трубопроводы. Если же на утеплитель будет оказываться механическое воздействие, то используют жесткие разновидности. Также теплоизоляционные минераловатные материалы возможно дополнять различными покрытиями, такими как подложка из стеклохолста или фольги, для того чтобы придать тепловой изоляции большую прочность [1].

На современном рынке теплоизоляционных материалов существует три основных производителя минеральной ваты на основе базальтовых волокон: технениколь, knauf, Rockwool [2]. Средняя плотность и теплопроводность указанных утеплителей представлены в таблице 1. Помимо теплотехнических достоинств к основным преимуществам представленных материалов также относятся высокая химическая стойкость, пористая структура, огнеупорность и высокая паропроницаемость.

Таблица 1. – Плотность и коэффициент теплопроводности каменной ваты

№	Производитель	Средняя плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С
1	технениколь	30–190	0,033–0,047
2	knauf	35–200	0,035–0,04
3	Rockwool	20–220	0,036–0,045

К числу минусов использования базальтовой ваты возможно отнести высокую цену относительно других минераловатных утеплителей, выделение небольшого количества пыли в процессе монтажа и наличие швов в местах стыков.

Лидером по производству стеклянной ваты являются утеплители торговой марки **Isover, Ursa и Knauf**. Стекловата получила название по своему составу – при изготовлении продукции используются те же компоненты, что и для производства стекла: песок, сода, известняк, бура. Компоненты смешиваются, расплавляются при $t=1400^{\circ}\text{C}$, фильтруются, к ним добавляются связующие полимеры. Масса вращается в центрифуге до получения тонких волокон – стеклянных нитей, которые в совокупности с полимеризующими добавками образуют рыхлый материал, пригодный для утепления. После полимеризации готовый продукт охлаждается, формуется, нарезается и упаковывается для продажи [3].

Низкая цена, небольшой вес, пожароустойчивость, химическая инертность, эластичность, высокая звукоизоляция относятся к основным достоинствам стеклянной ваты. Однако, стоит отметить и недостатки, присущие рассматриваемому теплоизоляционному материалу: усадка утеплителя во время эксплуатации, опасность попадания частиц волокон стекловаты на кожу и в дыхательные пути.

Теплотехнические показатели теплоизоляционных материалов Isover, Ursa и Knauf приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Теплотехнические показатели стеклянной ваты различных производителей

№	Производитель	Средняя плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$	Коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/\text{м}\cdot^{\circ}\text{C}$
1	Isover	28–165	0,032–0,046
2	Ursa	15–85	0,035–0,044
3	Knauf	20–160	0,037–0,047

Одной из разновидностей минеральной ваты является шлаковата, широко применяющаяся в качестве утепления любых типов конструкций. В основе сырья шлаковаты используют доменный шлак, предварительно переработанный в микроволокна, диаметр, которых составляет 0,002–0,005 мм, а длина достигает 60 мм. Технологический процесс также предусматривает добавление дополнительного вещества тягучий доменный шлак, с содержанием железа, сернистого вещества и марганца. При средней плотности от 70 до 400 $\text{кг}/\text{м}^3$ теплоизоляционные плиты имеют теплопроводность 0,046–0,048 $\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$.

К основным достоинствам изделия можно отнести: возможность утепления на криволинейных поверхностях, высокие звукопоглощающие свойства, невысокую стоимость и легкость монтажа. Наряду с положительными свойствами к недостаткам шлаковаты следует отнести: потерю теплоизоляционных свойств при резких перепадах температуры и попадания влаги в структуру материала, повышенная гигроскопичность, ломкость и колкость волокон, неустойчивость к вибрации утеплителя и ограниченность в применении.

Сейчас строительный рынок теплоизоляционных материалов предлагает покупателям широкий выбор утеплителей на различном волокнистом сырье: неорганическом, природном, сельскохозяйственном. Однако, применение минераловатных утеплителей у потребителей занимает первое место среди всех выпускаемых теплоизоляционных материалов. Основным структурообразующим материалом для производства минеральной ваты является базальтовая (каменная) вата. Также широкое применение нашли теплоизоляционные плиты из стеклянной и шлаковаты. Рассмотренные в статье теплоизоляционные материалы обладают многими достоинствами по различным параметрам, основными из которых является низкая теплопроводность и невысокая цена, что в большей степени и предопределяет актуальность применения минераловатных утеплителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обзор минеральной ваты [Электронный ресурс] / сайт Tutknow – Режим доступа: <https://tutknow.ru/building/uteplenie/6207-obzor-mineralnoy-vaty.html#opisanie-i-osobennosti-proizvodstva> / – Дата доступа: 19.09.2022 г.;
2. Производство утеплителя (минеральная вата) – технология [Электронный ресурс] / сайт Remontami – Режим доступа: <https://remontami.ru/proizvodstvo-mineralnoj-vaty/> / – Дата доступа: 19.09.2022 г.;
3. Лучшие производители минеральной ваты – обзор рынка [Электронный ресурс] / сайт SRBU.RU – Режим доступа: <https://srbu.ru/stroitelnye-materialy/1664-luchshie-proizvoditeli-mineralnoj-vaty-rejting.html> / – Дата доступа: 19.09.2022 г.;
4. Характеристики шлаковаты и производство [Электронный ресурс] / сайт КАКПОСТРОИТ – Режим доступа: <https://kakpostroidomic.ru/stroitelnye-materialy/uteplitel/shlakovata-cena.html> / – Дата доступа: 22.09.2022 г.

УДК 691.1

**ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ ИЗ ВОЛОКНИСТЫХ ОТХОДОВ
РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ****Е.В. ПОСЛЕД, М.В. КОНЮХОВ***(Представлено: С.А. Романовский; канд. техн. наук, доц. А.А. Бакатович)*

Приведены инновационные материалы на основе растительного сырья, разработанные в Полоцком государственном университете имени Евфросинии Полоцкой. Для каждого утеплителя представлены основные теплотехнические показатели.

Качественная теплоизоляция – это один из ключевых факторов, влияющих на комфорт проживания в доме и на уровень его энергоэффективности. Именно поэтому большинство владельцев крайне ответственно подходят к выбору утеплителя. К современным теплоизоляционным материалам предъявлено множество различных требований в отношении пожаробезопасности, долговечности, экологичности, эффективности и т. д. Этот факт заставляет производителей постоянно совершенствовать свою продукцию, выводить на рынок инновационные утеплители с улучшенными характеристиками, чтобы оставаться конкурентными в своей сфере [1]. В данной статье представлены теплоизоляционные плиты на структурообразующих материалах из волокон растительного происхождения, разработанные в лабораториях инженерно-строительного факультета Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой.

Тепловая изоляция на основе льняных очесов. Одним из структурообразующих материалов для теплоизоляционных плит являются очесы льна, представляющие собой отход производства льняных волокон [2, 3]. В качестве связующего используется натриевое жидкое стекло. Также в качестве добавок может применяться гипс и известь, значительно повышающие водостойкость жидкого стекла. Теплоизоляционные материалы из льняных очесов представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. – Теплоизоляционные материалы из льняных очесов

По итогам комплексных испытаний установлено, что теплоизоляционные плиты на основе льняных очесов обладают средней плотностью от 40 до 120 кг/м³ и обеспечивают коэффициент теплопроводности 0,035–0,042 Вт/м·°С. Сорбционная влажность рассматриваемых утеплителей при относительной влажности воздуха от 60% до 80% составляет 14–16%. Коэффициент паропроницаемости теплоизоляционных материалов на основе очесов при плотности 40–120 кг/м³ равен 0,34–0,41 мг/(м·ч·Па).

Проведенные натурные исследования подтвердили возможность применения теплоизоляционных материалов в качестве эффективного утеплителя для зданий и сооружений. Образцы теплоизоляционных плит закладывали между деревянными балками чердачного пространства и между деревянными стойками деревянного каркасного дома, а также монтировали к кирпичной стене при устройстве вентилируемой системы утепления. В процессе постоянно ведущегося мониторинга в течении трех лет не зафиксированы повреждения, деформации, изменения геометрических размеров теплоизоляционных материалов.

При налаживании выпуска плит из льняных очесов, разработанный утеплитель сможет составить конкуренцию теплоизоляционным материалам на волокнах растительного происхождения и минераловатным утеплителям.

Теплоизоляционные материалы из волокнистых отходов хлопкового производства. Другим вариантом волокнистого структурообразующего материала на основе растительного происхождения является отход хлопкового производства [4]. По результатам исследований установлено, что при средней плотности 40–100 кг/м³ теплопроводность теплоизоляционных плит из волокон хлопка варьируется в пределах от 0,037 до 0,041 Вт/(м·°С). Наименьший коэффициент теплопроводности 0,037 Вт/(м·°С) соответствует плотности 50–60 кг/м³. При введении добавок из извести и гипса для повышения нерастворимости жидкого стекла теплопроводность утеплителя повышается до 0,039 Вт/(м·°С).

Сорбционная влажность теплоизоляционных материалов на основе хлопковых волокон при относительной влажности воздуха 60–70% составляет 11–12%. При указанном значении сорбционной влажности теплопроводность плит равна 0,043–0,045 Вт/(м·°C).

Теплоизоляционные плиты на основе мха-сфагнома. Также в Полоцком университете выполнялись исследования по получению теплоизоляционных материалов из мха-сфагнома (рисунок 2) [5].



Рисунок 2. – Теплоизоляционные плиты из мха-сфагнома

Утеплитель из мха-сфагнома обеспечивает теплопроводность 0,034–0,04 Вт/(м·°C) при плотности от 150 до 170 кг/м³. Стоит отметить, что у рассматриваемых плит есть недостаток в виде усадки материала в процессе сушки. Для решения указанной проблемы предложено 20–30% мха по массе заменить на дробленую солому [6]. После введения соломы зафиксированы следующие технические показатели: средняя плотность 156–190 кг/м³, теплопроводность 0,044–0,046 Вт/(м·°C), прочность на сжатие при 10% деформации 0,2–0,21 МПа.

Повышение требований к экологии жилища стимулирует интерес к созданию безопасных теплоизоляционных материалов из сырья растительного происхождения. Перспективным сырьем для производства теплоизоляционных материалов являются очесы льна, волокна хлопка и мха-сфагнома. Данные структурообразующие материалы благодаря своим свойствам обеспечивают высокие теплотехнические показатели, экологичность и способствуют поддержанию благоприятных температурно-влажностных условий в помещениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новинки рынка утеплителей [Электронный ресурс] / сайт строительный эксперт – Режим доступа: <https://ardexpert.ru/article/novinki-teploizolyacii> / – Дата доступа: 25.09.2022 г.;
2. Romanovskiy, S Influence of the Fibrous Structure on the Physical and Mechanical Characteristics of Insulating Slabs from Flax Noils / S. Romanovskiy, A. Bakatovich // Scientific Journal of Riga Technical University «Construction Science» – 2017. – vol. 20. – P. 10–16;
3. Romanovskiy, S. Bakatovich, A. Full-scale study of flax fiber-based thermal insulating slabs on the atticfloor // Sustainability and Automation in Smart Constructions. Proceedings of the International Conference on Automation Innovation in Construction (CIAC 2019). Leiria, Portugal, pp. 271 – 278, Springer. doi:10.1007/978-3-030-35533-3_3;
4. Розыев, М.А. Конструкционные и теплоизоляционные материалы с использованием в качестве заполнителей отходов хлопкового производства: дисс. ... маг. техн. наук: 1-70 80 01 / М.А. Розыев. – Новополоцк, 2020. – 45 с.;
5. Бакатович, А.А. Микроструктура как основной критерий, определяющий использование мха сфагнома в качестве заполнителя для эффективного плитного теплоизоляционного материала // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. 2017. № 8. С. 42–46;
6. Becerra C., Montory J. A new biobased composite material using bark fibres eucalyptus // The 13 th pacific rim bio-based composites symposium «Bio-based composites for a sustainable future, Chile. 2016. Pp. 46–50.

УДК 7.032

АФИНСКИЙ АКРОПОЛЬ – ПАМЯТНИК АРХИТЕКТУРЫ МИРОВОГО ЗНАЧЕНИЯ**Д.О. ПОХАЛЁНОК***(Представлено: Н.А. Железова)*

Данная статья посвящена истории Афинского Акрополя и его значению в мировой архитектуре. В наши дни этот храмовый комплекс является самой посещаемой достопримечательностью столицы Греции.

Ключевые слова: Афинский Акрополь, достопримечательность, мировая культура, дорический ордер, храмовый комплекс, греческая архитектура, реставрация, наследие архитектуры.

Афинский Акрополь – самая известная достопримечательность в Греции (рисунок 1), которую каждый год посещают несколько миллионов туристов. Достопримечательность находится на высоте 156 м над уровнем моря и занимает территорию почти в 3 га. Он просматривается, практически, со всех точек города, так как в стране существуют ограничения на строительство зданий вблизи этого памятника архитектуры.



Рисунок 1. – Афинский Акрополь

Территория холма Афинского Акрополя застраивалась постепенно. Иногда новые строения возводились на руинах. Временами строительство надолго затягивалось из-за нехватки средств. В древности эта возвышенность являлась своеобразной стройплощадкой. В соответствии с научными исследованиями на территории Афинского Акрополя были расположены такие памятники: Ворота II в. до н.э., Пиргос и Храм Ники Аптерос, Пропилеи, Пинакотека, Статуя Афины Промехос, Святилище Артемиды Бравронии, Халкотека, Пеласговская стена, Парфенон, Храм Ромы и Августа, Современное здание музея, Святилище Зевса, Алтарь Афины, Храм Афины Полиады, Эрехтейон, Театр Диониса, Новый и Старый храм Диониса, Одеон Перикла, Памятник Фрасила, Святилище Асклепия, Стоя Евмена, Одеон Ирода Аттика (рисунок 2).

Самым древним объектом Афинского Акрополя, сохранившимся до наших дней, является Парфенон, который построен на исходе господства в греческой архитектуре дорического ордера с массивными колоннами. Более поздним строением считается Эрехтейон – образец более стройного ионического ордера. На входе в храмовый комплекс располагаются Пропилеи – главные ворота Акрополя. Ворота представляют собой шесть массивных дорических колонн и две легкие ионические колонны с разных сторон. В прежние времена к воротам прилежала библиотека и художественная галерея. В настоящее время перед главными воротами находится небольшой храм, имеющий по четыре ионические колонны на главном и второстепенном фасадах. Согласно истории, храм Ники Аптерос расположился за пределами Акрополя,

потому что, в соответствии с мифами Древней Греции, он должен был охранять вход в храмовый комплекс. Этот храм возведен в честь бескрылой богини Ники - богини Победы.

Главным строением в храмовом комплексе является храм Парфенон, посвященный богине Афине Палладе, которая считалась покровительницей города. Парфенон – вершина творчества зодчего Иктина, который работал с командой единомышленников. Храм возведен из белого мрамора, сверкающего на солнце золотистыми оттенками. Уникальность храма заключается в том, что с любой точки Акрополя можно наблюдать классически строгую прямолинейность форм храма. Эту строгость и прямолинейность создают колонны, расстояния между которыми расширяются в центре, а диагональные колонны и пол расположены под углом.

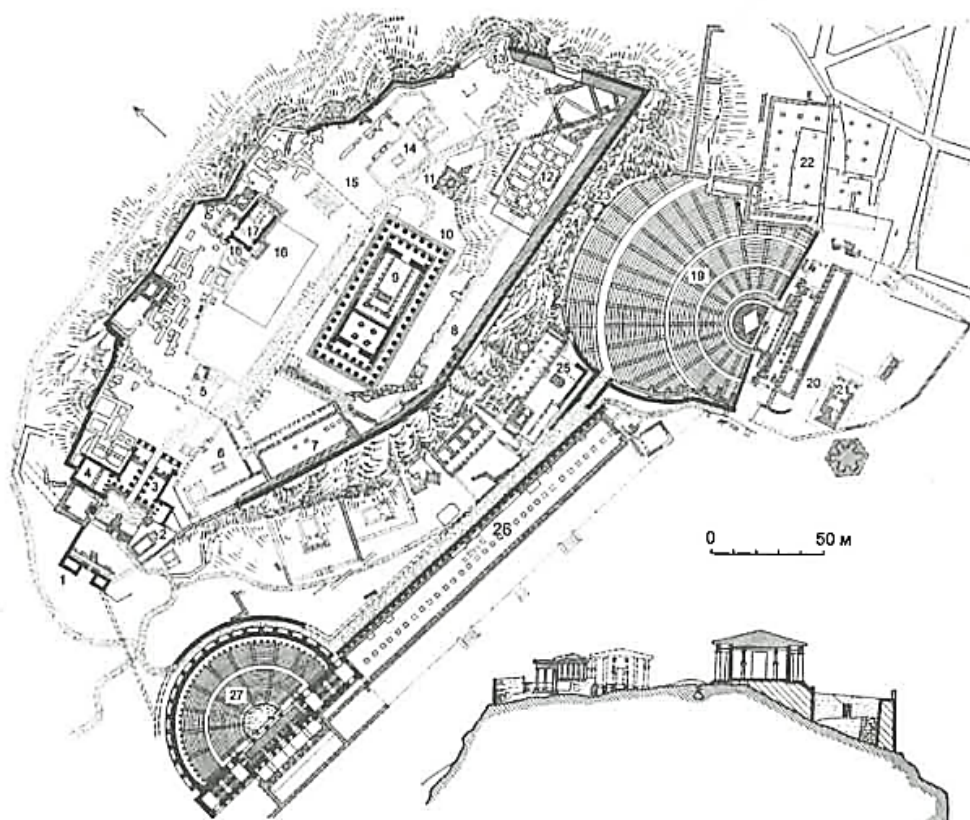


Рисунок 2. – План и разрез Афинского Акрополя

В 1874 г. в Афинском Акрополе был открыт музей, где находились декоративные артефакты зданий древнего города. Но количество фрагментов музея с каждым годом возрастало и уже в 2009 году был открыт новый трехуровневый комплекс.

Новый музей в настоящее время имеет стеклянный пол в цокольном этаже, что позволяет туристам наблюдать за раскопками, которые проводятся ниже. Помимо археологических работ, на территории храмового комплекса, начиная с 1878 года, ведутся реставрационные работы. Благодаря им на сегодняшний день туристы видят точные копии строений далеких времен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Википедия – Афинский Акрополь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Афинский_Акрополь
2. Мировая архитектура – Архитектура античной Греции и Древнего Рима. – Москва: Эскмо, 2020. – С. 18-20.
3. Wikiway – Афинский Акрополь, Греция. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wikiway.com/greece/afiny/afinskiy-akropol/>
4. Архитектура античной Греции и античного Рима – Архитектура Афинского Акрополя. Москва: «Архитектура-С», 2008. – С. 48-66.
5. Применение ордерных систем – Классические архитектурные формы: учеб. пособие. – Минск: «Вышэйшая школа», 2008. – С. 169-205.

УДК 7.032

**ХРАМ НИКИ АПТЕРОС – ЧАСТЬ АФИНСКОГО АКРОПОЛЯ,
ВЫПОЛНЕННЫЙ В ИОНИЧЕСКОМ ОРДЕРЕ****Д.О. ПОХАЛЁНОК***(Представлено: Н.А. Железова)*

В данной статье рассматривается история возникновения Храма Ники Аптерос, как образца ионического ордера в Афинском Акрополе. Большое внимание уделяется уникальности данного храма и его истории.

Ключевые слова: достопримечательность, мировая архитектура, ионический ордер, амфипростиль, греческая культура, богиня Ника, Ника Аптерос.

Афинский Акрополь – это древний старинный город, расположенный на возвышенности. В Акрополе располагается множество храмов: Парфенон, Эрехтейон, Храм Афины-Победы и другие. У входа в исторический комплекс располагается небольшое строение – Храм Ники Аптерос, т.е. храм Богини Победы, который, в соответствии с мифами Древней Греции является стражем древнего города Акрополя (рисунок 1).

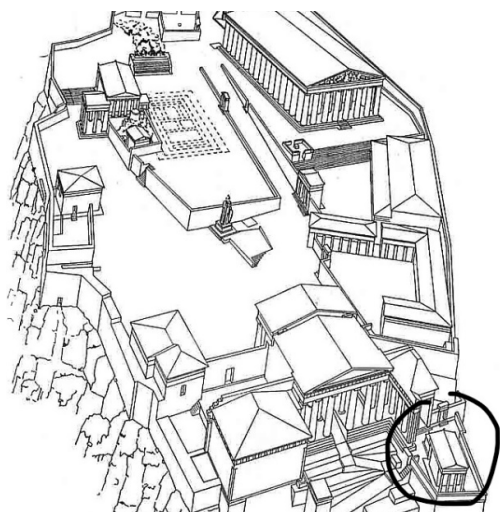


Рисунок 1. – Храм Ники Аптерос: расположение и общий вид

Храм Ники Аптерос (Бескрылой богини Победы) – одна из достопримечательностей, расположенная у входа в древний город. Храм, как и весь комплекс, виден практически из любой точки города. Храм Ники Аптерос - образец древнегреческого ионического стиля в Акрополе. На главном и дворовом фасаде находятся по четыре ионические колонны, стоящие в один ряд. Стилобат, т.е. основание храма имеет три ступени, и верхняя называется стереобатом.

Храм Ники Аптерос построили по инициативе афинского государственного деятеля Перикла. Автором этого памятника зодчества, выполненного в ионическом ордере, считается древнегреческий архитектор Калликрат, работавший в Афинах в V в. до н.э. Архитектурный стиль храма – амфипростиль, т.е. храм имеет двухстороннюю ориентацию. Храм Ники Аптерос является одним из самых знаменитых храмов такого типа. У него характерна двухсторонняя ориентация: портики из колонн находятся на главном и дворовом фасадах. Такой тип храмов обусловлен почитанием сразу двух богинь: Ники Аптерос и Афины Паллады. Материал сооружения – пентелийский мрамор.

Храм богини Ники считается загадочным строением в Афинском Акрополе. Маленькое сооружение стоит на высокой башне и, как бы, медленно поворачивается своим главным фасадом к каждому входящему. Расположение этого храма тоже уникальное: в отличие от других храмовых сооружений Акрополя он находится возле Пропилей перед входом в древний город, как бы охраняя его.

Здание выполнено в ионическом стиле, который по некоторым древним греческим мифам считается воплощением женственности. Стройные ионические колонны подчеркивают воздушность храма. На фризе храма Ники Аптерос барельефы посвящены олимпийским богам и сражениям с участием богини Афины Паллады. Но самый известный барельеф – рельеф, где изображена Ника, поправляющая санда-

лию. В композиции барельефа используется техника мокрой драпировки. Для неё характерен показ особенностей фигуры, прикрытой складками одежды.

Храм Ники Аптерос имеет особое значение в древнегреческой культуре по теме войны греков с персами. Большие потери понесли греки в этой войне. Храм был возведен в честь победы над войском персов в благодарность крылатой богине Нике. Согласно легенде, греки лишили богиню крыльев для того, чтобы на земле, которая находится под покровительством божества, был вечный мир.

ЛИТЕРАТУРА

1. Википедия – Храм Ники Аптерос. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Храм_Ники_Аптерос.
2. Википедия – Афинский Акрополь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Афинский_Акрополь.
3. Мировая архитектура – Архитектура античной Греции и Древнего Рима. – М. : Эскмо, 2020. – С. 18–22.
4. Применение ордерных систем – Классические архитектурные формы: учеб. пособие. – Минск: «Вышэйшая школа», 2008. – С. 169–205.
5. Архитектура античной Греции и античного Рима – Архитектура Афинского Акрополя. – М. : «Архитектура-С», 2008. – С. 48–66.

УДК 747.012

АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЖИЛОГО ПРОСТРАНСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Н.В. РАЩИНСКИЙ
(Представлено В.А. Хватынец)

В статье представлены результаты опроса населения Республики Беларусь о предпочтениях при обустройстве жилого пространства частных домов и квартир. Проанализированы полученные ответы, составлен список приоритетов заполнения пространства и стилей оформления.

Важной составляющей любого жилого пространства является уровень его благоустройства. Интерьерное заполнение включает в себя: стилистику оформления, геометрию мебели, цветовые решения, освещение, материалы, планировку и количество открытого пространства.

Человек примерно 2/3 всего времени проводит дома, будь то индивидуальный загородный коттедж или квартира в городе. В связи с этим у него возникает желание сформировать комфортные для себя условия проживания. Находясь в общественных учреждениях, таких как: школа, супермаркет, университет или кинотеатр мы обязаны соблюдать правила общественного поведения, которые частично ограничивают как действия человека, так и его личность. Это пространства временного пребывания людей, направленные как на практичность, так и на комфорт. Индивидуальное жилье отличается от временного тем, что в нем нам необходимо почувствовать уют, тишину и расслабление после рабочего дня. Такое пространство должно быть ориентировано на легкость эксплуатации, свободу разума и тела.

В зависимости от национальности, возрастного состава, а также мировоззрения у людей могут формироваться различные требования к жилому пространству. В ходе научной учебно-исследовательской работы был проведен опрос населения Республики Беларусь на предмет благоустройства интерьерного пространства. В ходе работы по возможности старались учитывать мнения всех возрастных категорий и региональных единиц республики.

Целью опроса является установление наиболее комфортного домашнего пространства для населения Республики Беларусь путем сбора данных, систематического анализа и конечных выводов.

Предпочтения стиля и приоритеты в интерьере распределились следующим образом (рисунок 1).

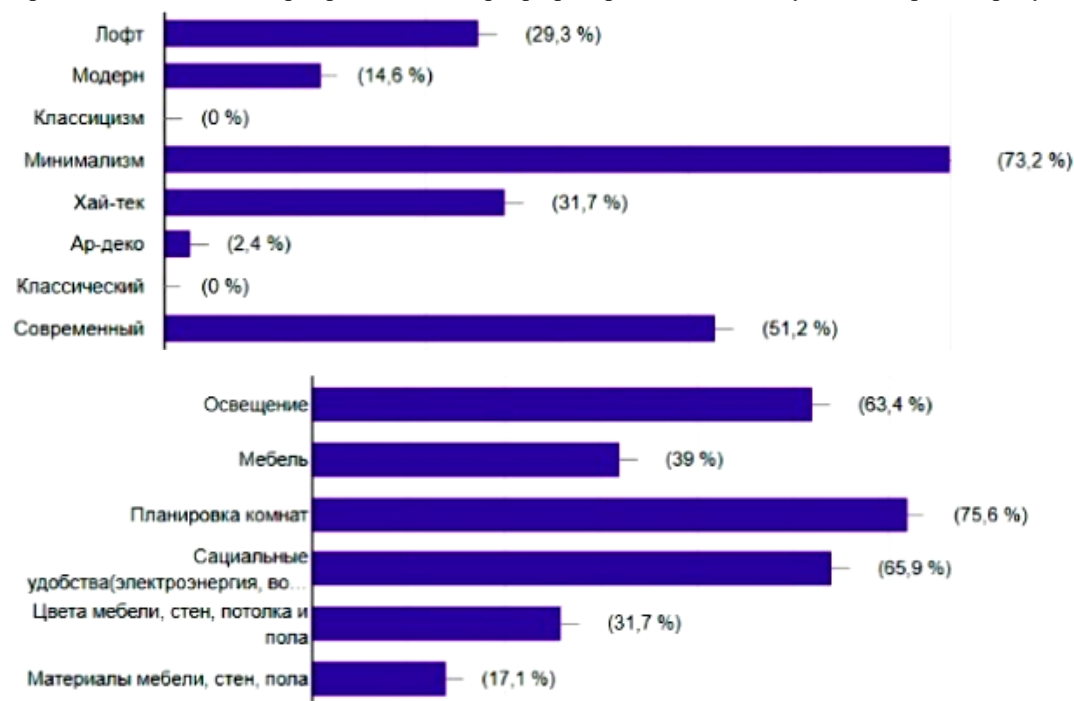


Рисунок 1. – Данные опроса по стилю и приоритетам в жилом пространстве

Предпочтения по свету, цвету и наполняемости пространства представлены следующими результатами (рисунок 2).

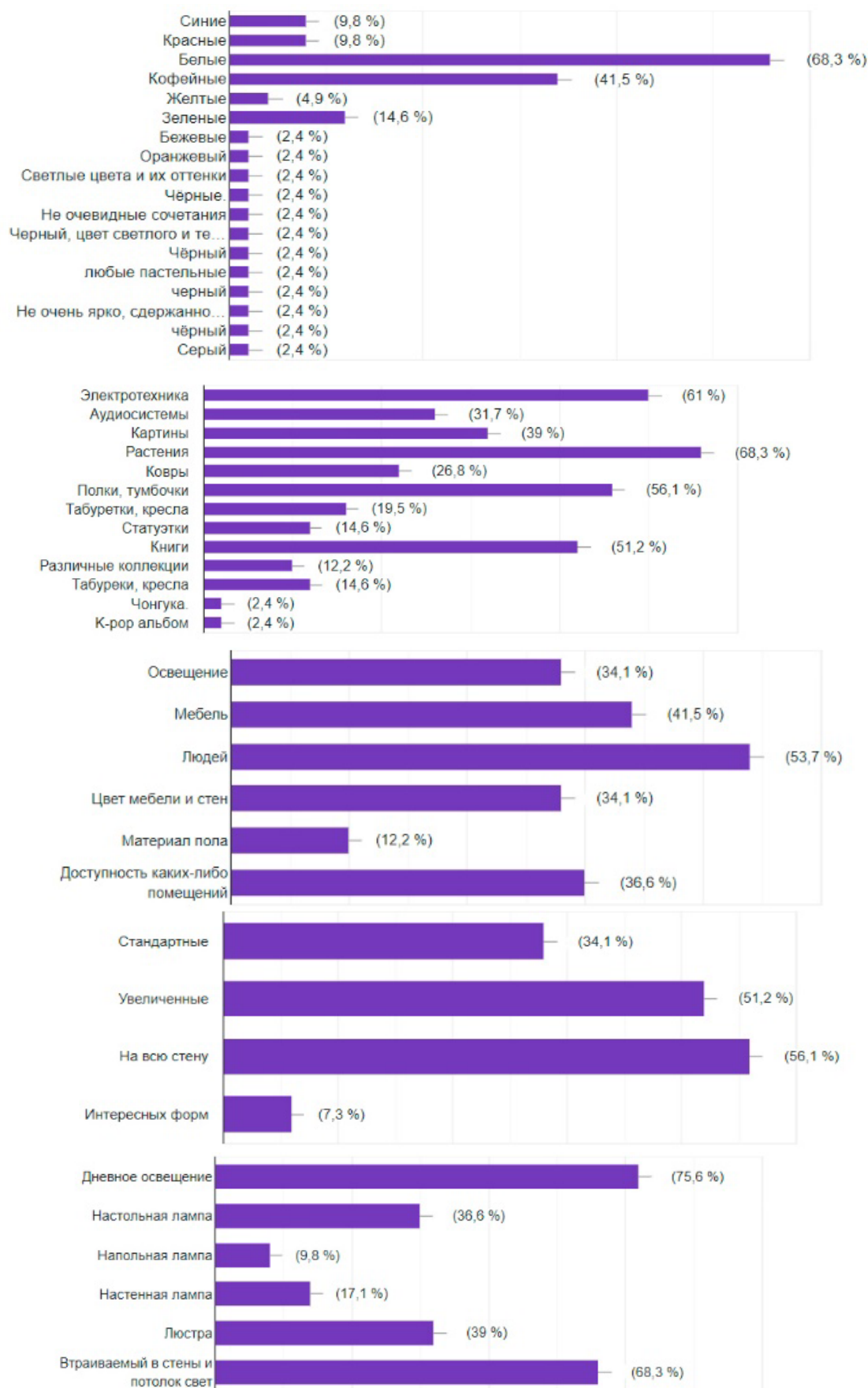
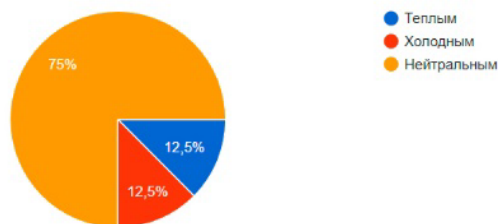


Рисунок 2. – Данные опроса о цвете, свете и наполняемости пространства

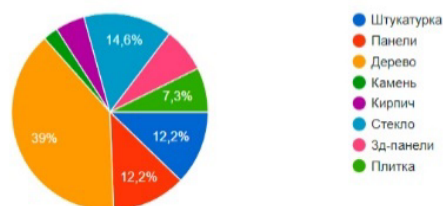
Свет в вашем доме должен быть:



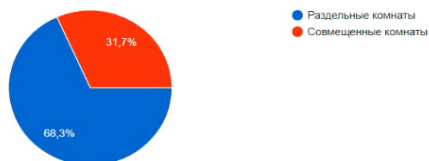
В оформлении мебели вы предпочитаете:



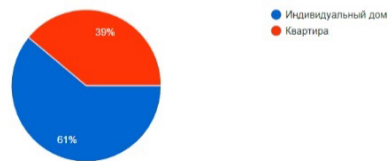
Материалы для отделки жилого пространства, которые бы вам понравились:



Вид жилых комнат по способу коммуникации?



Вы отдаете предпочтение?



Доступность между спальным, рабочим и обеденным местом:

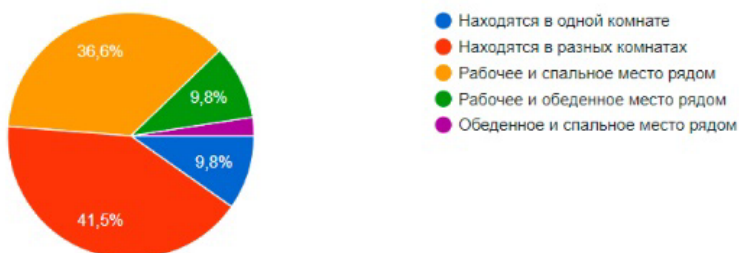
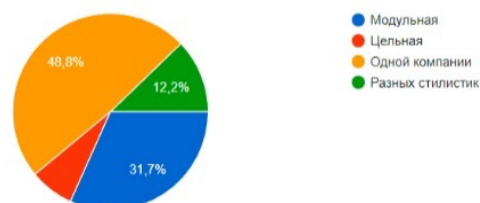


Рисунок 3. – Данные опроса о мебели, жилых помещениях и их расположении

Какую мебель вы предпочитаете?



В каком помещении вы находитесь большую часть времени?

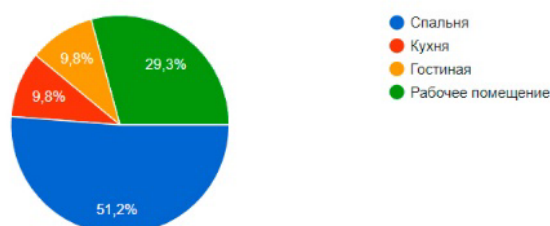


Рисунок 4. – Данные опроса о типе мебели и времени пребывания в помещениях

Согласно проведенному опросу, в котором участвовало 122 человека, было выявлено, что большая часть населения Республики Беларусь предпочитает стиль интерьера минимализм, характеризующийся прямыми линиями, светлыми цветами и минимальным наполнением. В числе наиболее симпатизирующих выделяются стили: современный, лофт, хай-тек. Классический стиль оказался невостребованным. Первостепенное значение в жилом пространстве люди придают планировке комнат, на втором плане стоит социальное благоустройство (газ, вода, электроэнергия) и освещение. На цветовую гамму и материалы мебели обращают незначительное внимание. Доминирующее большинство желает видеть в своей квартире белые, кофейные, а также зеленые цветовые решения. Мнение по поводу освещения единогласно связывается с его нейтральной температурой. В качестве декоративного наполнения люди предпочитают иметь в доме электротехнику, растения, книги, полки и тумбочки. По виду линий предпочтение было отдано строгой геометрии мебели, стен, углов и т.д.

Первостепенное значение при входе в домашнее пространство имеют люди и доступность к функциональным помещениям. В качестве основного материала отделки большее количество проголосовало за органическое оформление из дерева. В спальнях комнатах желаемым будет окно на всю стену либо же увеличенное. Также рабочее место желательно располагать в отдельной комнате от спального. В доме по мнению большинства должна присутствовать единая стилистика мебели, по возможности модульной. Для освещения люди предпочитают дневной свет или встраиваемое точечное.

Подводя выводы анализа результатов опроса можно сказать, что для Республики Беларусь в домашнем пространстве важна статичность, единство планировки и стиля, а также четкий функционализм и практичность жилого пространства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ремонт и Дизайн [Электронный ресурс] // URL: <https://stroystart.ru/stilistika-dizajna> (дата обращения: 28.04.2022)

УДК 747.012

АНАЛИЗ НЕОБХОДИМОСТИ СИСТЕМ «УМНОГО ДОМА» ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Н.В. РАЩИНСКИЙ

(Представлено: В.А. Хватынец)

В статье представлен и рассмотрен проведённый опрос населения, касаемо информированности о системе «Умный дом», необходимости её установки и пожелания дальнейших потребителей. Так же исследованы возможности и требования при внедрении технологий повсеместно.

В современном мире широкое применение нашли автоматизированные системы «Умного дома». Особенно развивающимся данный вид технологий оказался в странах Запада и Европы.

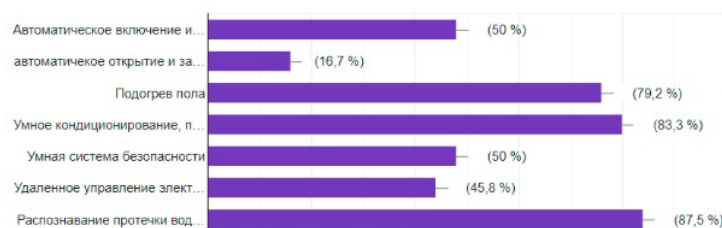
Умный дом – это универсальная автоматизированная система взаимосвязанных компонентов, предназначенных для улучшения уровня жизни пользователя. На основе систем Умного дома проектируются и создаются также и специализированные элементы домашнего благоустройства, комплексные технические сети и приборы для навигации. Ведущие компании мира предлагают, как полную установку комплектов системы умного дома для всего жилого пространства, так и приобретение отдельных объектов систем. Умные компьютерные технологии контролируют климатические изменения в квартире, системы безопасности, оповещение о появлении возгорания, утечки газа, затопление, а также организуют комфортное пребывание в жилом пространстве.

В настоящее время умный дом – это полностью автоматизированная система управления и регулирования каких-либо функций домашнего пространства, его организации, формирования и строения. На данный момент ведущими компаниями в этой области являются INSTABUS, РОСТЕЛЕКОМ и XIAOMI.

В первую очередь, основной задачей данной технологии в современном мире представляется энергосбережение, повышения уровня жизнедеятельности людей, организацию комфортного нахождения и проведения досуга, выполнение элементарных задач для упрощения процесса деятельности.

С целью выявления перспективности включения и дальнейшего развития систем Smart-дома на территории Беларуси был проведен опрос населения. Аудиторию опрошенных включает в себя как молодое поколение, способное быстро адаптироваться под современные технологии, так и возрастные группы населения, нуждающиеся в облегчении многих процессов жизнедеятельности. В опросе приняло участие 94 человека.

Какие системы умного дома вы считаете полезными?



Наиболее удобный для вас способ управления системами умного дома?

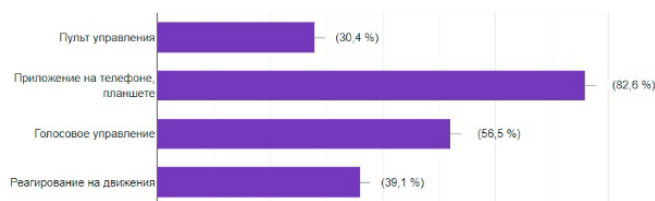
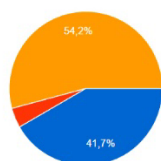
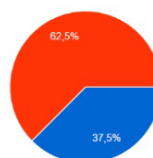


Рисунок 1. – Результаты опроса о полезности систем Умного дома и удобности управления

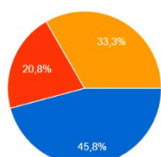
Знаете ли вы о системах умного дома?



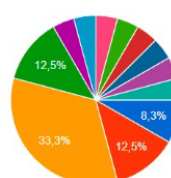
Датчики систем умного дома лучше:



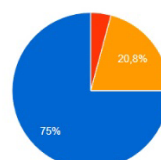
Нуждаются ли жилые пространства РБ в широком внедрении систем умного дома?



Какую сумму вы готовы отдать за полный комплект системы умного дома?



Считаете ли вы, что функции умного дома должны подходить под различные стили, слои населения и обладать широкими возможностями?



На ваш взгляд будут ли востребованы системы умного дома и среди кого?

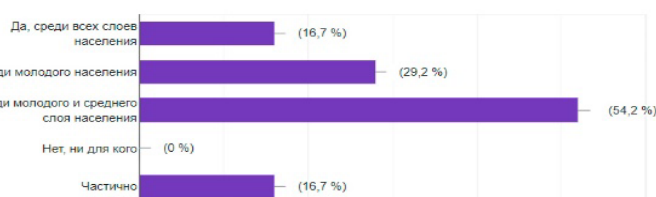


Рисунок 2. – Результаты опроса о информированности, необходимости и возможности внедрения систем Умного дома

В результате опроса были получены следующие данные. Население страны хорошо ознакомлено или просто слышало о системах Умного дома, что облегчает подачу и восприятие дальнейшей информации. Среди наиболее полезных функций для автоматизации большинство выделяет функции распознавания протечки воды, газа, дыма; кондиционирование, регулирование влажности воздуха, подогрев пола и управление освещением. Наиболее эффективный способ размещения датчиков в помещениях так и не был выявлен, поскольку голоса разделились между включением датчиков в существующий интерьер и скрытием их за декоративными элементами интерьера. Многие предпочитают по возможности не обращать на них внимание. По статистике опроса датчики автоматизации домашнего пространства будут востребованы в основном среди молодого и среднего возрастов страны. Средняя сумма, которую люди готовы платить за полную комплектацию системы Smart-дома составляет от 1000 до 1500 б.р. Среди дополнительных систем автоматизации опрошенные склоняются к улучшению датчиков по регуляции воздуха в помещении, кондиционированию и подогреву. Создаваемые технологии необходимы делать многофункциональными и рассчитанными под различные слои и группы населения. Наиболее комфортным способом управления системами Умного дома большинство считает управление через приложение на телефоне или планшете.

Ознакомившись более тщательно с основными функциями системы, опрашиваемые дали положительный ответ о необходимости широкого внедрения систем умного дома на территории Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Какие бывают виды систем умного дома [Электронный ресурс] // URL: <http://elite-teh.ru/blog/kakie-byvayut-sistemy-umnogo-doma/> (дата обращения: 02.03.2022)
2. Гордюшина О. С. Концепция умного дома / О.С. Гордюшина, О.А. Кувшинова //Форум молодых ученых. – 2019. – №. 2. – С. 540-545.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОМАШНЕГО ПРОСТРАНСТВА КАК НОВЫЙ СТИЛЬ

(Представлено: В.А. Хватынец)

В составе выполняемой научной работы по теме «Дизайн датчиков умного дома» были исследованы основные особенности систем автоматизации домашнего пространства, их классификация, назначение и стилистические особенности. Для более углубленного изучения темы в качестве источников информации использовались научные статьи и публикации из интернет-источников.

Было выявлено, что все датчики имеют очень разрозненную и однотипную оболочку. Поэтому их сложно применить к каким-либо обыденным жилым помещениям, как минимум по причине несовпадения контрастного и стилистического оформления. Посредством тестового опроса населения Республики Беларусь были собраны необходимые данные для разработки наиболее приемлемого решения жилой квартиры.

Разработанный уникальный интерес соответствует интересам большинства опрошенных жителей региона. Наряду с этим осуществлялась разработка дизайнерских решений датчиков автоматизации домашнего пространства с учетом универсального интерьера и их включения в него. В ходе работы соблюдались стилистические, дизайнерские и технические параметры датчиков автоматизации.

В ходе работы основной задачей стояло включить как можно большее количество датчиков для максимальной автоматизации жилья и обеспечения комфортной жизнедеятельности людей. Датчики не должны выбиваться из общего колорита интерьера и мешать естественному ходу жизни домохозяйства.

Все системы имеют специализированную форму, текстуру и даже логотип, являющийся индивидуальной разработкой учащегося. В составе датчиков были разработаны многочисленные способы управления освещением и его режимы, в том числе ночной и дневной. Существует возможность голосового, манипулятивного и сенсорного управления каждой системой и прибором освещения по отдельности. Большое внимание уделялось системам безопасности: датчикам протечки воды, пожарной опасности, камерам видеонаблюдения, датчикам протечки газа. В квартире присутствуют элементы модульной мебели, электрооборудования, автоматизированные карнизы, полотна окон и дверей. Отдельную конфигурацию имеет входная дверь. Разработан дизайн умных розеток, подсветки основных мест деятельности, датчиков отслеживания температуры и влажности, теплого пола и кондиционирования.

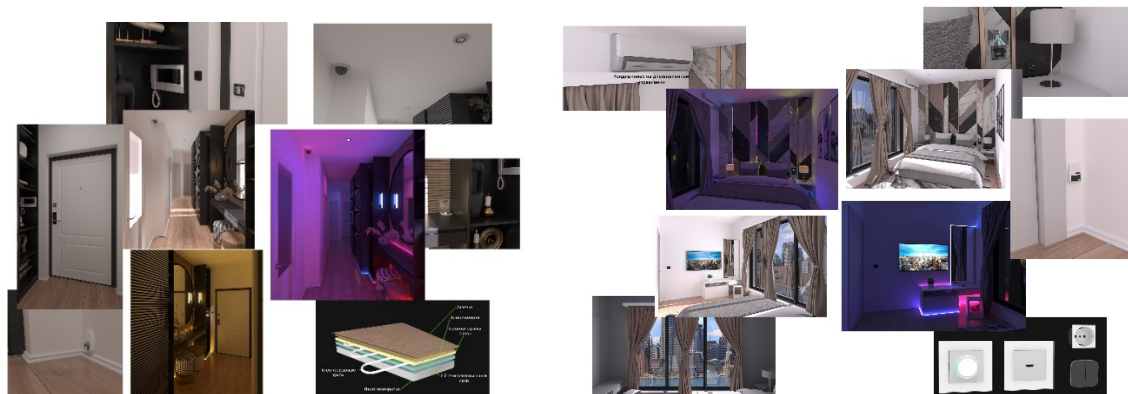


Рисунок 1. – Пример датчиков автоматизации домашнего пространства в интерьере

По окончании работы было создано гармоничное и удобное домашнее пространство, которое оснащено всеми современными автоматизированными датчиками с уникальным дизайнерским решением. Данные системы значительно упростят выбор интерьерных решений квартиры и расширят спектр применимых к ним датчиков автоматизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордюшина О. С. Концепция умного дома / О.С. Гордюшина, О.А. Кувшинова //Форум молодых ученых. – 2019. – №. 2. – С. 540-545.
2. Стиль минимализм в интерьере [Электронный ресурс] // URL: <https://www.pufikhomes.com/ru/stil-interera/minimalizm> (дата обращения: 28.09.2022).

УДК 747.012

ВЛИЯНИЕ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОБЩЕСТВО**Н.В. РАЩИНСКИЙ***(Представлено: В.А. Хватынец)*

Влияние современных информационных технологий очень велико как для всего общества в целом, так и для отдельных индивидов. Наряду с тем существенное влияние на подсознание и жизнедеятельность оказывают новые инженерные, коммуникационные, архитектурные, строительные, дизайнерские, экономические и многие другие развивающиеся сферы.

В данной статье будут рассмотрены основные взаимоотношения, складывающиеся в индустриальном обществе как в целостном, но взаимоподчиненном организме. Говоря о информационных технологиях и техническом прогрессе в первую очередь на ум приходят компьютерные, цифровые и материальные возможности, которые получает человек в процессе индустриализации. В широком смысле – так оно и есть: современная техника создает поражающее воображение оборудование, конструкторская мысль обогащает инженерно-строительную отрасль новыми творениями, объекты масс-медиа непрерывно дают огромные потоки информации, а компьютерная сеть позволяет общаться, работать и отдыхать из любой точки мира. Однако, у всего есть как положительные, так и отрицательные стороны.

Введение цифровых устройств передачи информации непременно ведет к ухудшению личностных качеств запоминания, но вместе с тем позволяет более рационально и логично распределять внимание человека в процессе его деятельности. В последние годы стала возможной цифровизация мозговых импульсов в определенный код и передача их по интернету в другой мозг. В медицине разрабатываются многочисленные протезы, приспособляющиеся под организм владельца.

Средствами массовой информации являются телефоны, компьютеры, умные часы, наушники, электро-самокаты, беспилотные дроны, роботы пылесосы и многое другое. Умные технологии способствуют более быстрому получению информации, регулированию своих действий в определенных областях, широкому использованию возможностей служб масс-медиа. Вместе с тем, они оказывают достаточно подавляющий эффект на наше сознание. Облегчая его работу, они могут тормозить процесс развития, затушевывать внимание, ограничивать восприятие.



Рисунок 1. – Многообразие информационных систем

Непосредственное воздействие современные технологии оказывают и на психологический уровень как самого общества, так и личности. Многочисленные технологии служат эффективным переводчиком меж-интернационального диалога.

Переходя к вопросу о нововведениях в инженерных технологиях и организации облегченной жизнедеятельности человека в пределах жилого, общественного и промышленного пространства следует отметить, что это очень перспективная тенденция технологического прогресса. Намечившаяся механизация в области промышленности уже давно не является инновацией и во многом современные материальные блага зависят от развитости этой отрасли. Высокие темпы производительности позволяют поддерживать товарооборот, только из-за автоматизации на производстве снижается потребность в человеческом факторе.

Автоматизация общественных и жилых пространств является наиболее востребованной, поскольку это объекты и пространство, в котором человек находится большую часть времени. Кроме того, общественные места характеризуются наличием плотного потока людей с различными функциональными потребностями. Вследствие чего возникает необходимость координации, распределения и направления такого потока. А также организации их рекреации. Домашнее пространства в первую очередь должно обеспечивать рекреационные и вспомогательно-бытовые функции, чтобы владелец мог сосредоточиться на собственных интересах и не тратить много времени на домашние заботы.

Таки образом, можно сделать вывод, что современные информационные технологии могут оказывать как положительный, так и отрицательный эффект на жизнедеятельность общества. Это зависит лишь от того, в какой сфере жизнедеятельности, и каким образом их применять.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емелин В.А. Технологические соблазны информационного общества: предел внешних расширений человека / В.А. Емелин, А.Ш. Тхостов // Вопросы философии. – 2010. – №. 5. – С. 84-90.
2. Журавлев А.Л. Социально-психологические последствия внедрения новых технологий: перспективные направления исследований / А.Л. Журавлев, Т.А. Нестик // Психологический журнал. – 2019. – Т. 40. – №. 5. – С. 35-47.
3. Хмелевская С.А. Человек как био-социо-техническое существо: влияние новых технологий на природу человека / С.А. Хмелевская // Цифровое общество как культурно-исторический контекст развития человека. – 2018. – С. 407-412.
4. Phocs. Влияние новых технологий на жизнь [Электронный ресурс] // URL: <https://phocs.ru/vliyanie-novyh-tehnologii-na-zhizn> (дата обращения: 01.10.2022)
5. Камолов С.Г. Технологии будущего для “умных городов” / С.Г. Камолов, А.М. Корнеева // Вестник московского государственного областного университета. Серия: экономика. – 2018. – №. 2. – С. 100-114.

УДК 620.169.2

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОПЕРЕЧНОГО АРМИРОВАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ, ЖЕСТКОСТЬ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Д.Х. ФАРРАН

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.И. Колтунов)

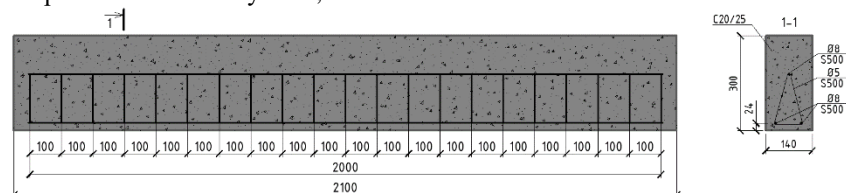
В статье описывается влияние трех различных типов поперечного армирования на прочность, жесткость и трещиностойкость изгибаемых железобетонных элементов, приводятся экспериментальные данные о работе железобетонных балок, армированных различными типами каркасов. Испытания проводились на четырех железобетонных балках, одна из которых была с хомутами, а три – с различными типами поперечной арматуры вида фермы.

Введение. Сборно-монолитные перекрытия широко используются при возведении современных зданий и сооружений. Это объясняется легкостью конструкции, прочностью и эффективностью таких перекрытий. При этом, в строительной отрасли, сборные балки (главные или второстепенные) имеют различные типы поперечного армирования.

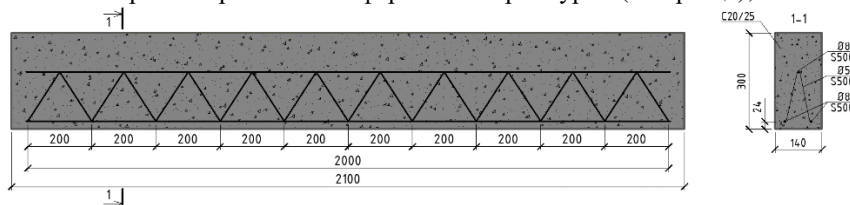
Постановка задачи. Исследование прочности, жесткости и трещиностойкости изгибаемых железобетонных элементов проводилась на балках, имеющих различные виды поперечного армирования.

Типы поперечных каркасов:

1) Балка с вертикальными хомутами;



2-3) Балка с симметричной решетчатой ферменной арматурой (2 образца);



4) Балка с несимметричной решетчатой ферменной арматурой.

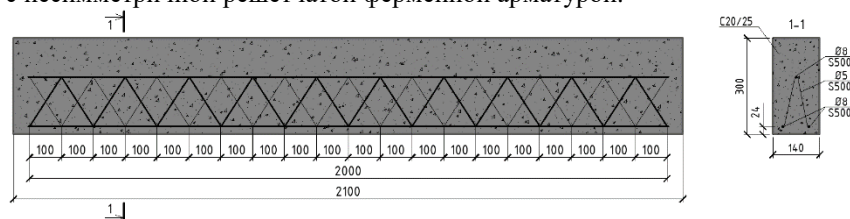


Рисунок 1. – Опытные балки 1 по 4 с различными типами поперечного армирования

Экспериментальные исследования, проводились в лаборатории кафедры «Строительные конструкции» Полоцкого государственного университета.

Проверка жесткости арматурных каркасов.

Для определения жесткостных параметров арматурных каркасов, было произведено их испытание нагужением в соответствии с рисунком 2 сосредоточенными силами в двух точках. Деформации определялись с помощью прогибомеров.

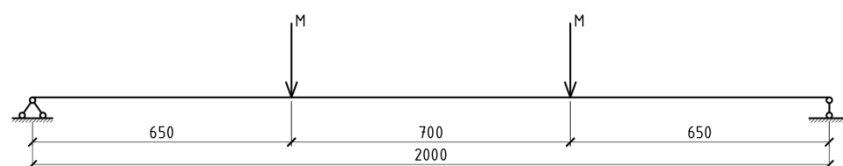


Рисунок 2. – Схема нагружения арматурных каркасов

График прогибов представлен на рис.3.

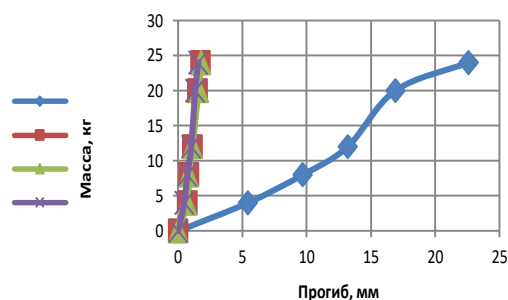


Рисунок 3. – График деформаций арматурных каркасов

Исходя из полученного графика, показано что минимальную жесткость имеет каркас с вертикальными хомутами.

Схема испытания балок представлена на рис.4. Нагружение образцов производилось гидравлическим домкратом через две траверсы. Измерение прогибов производилось с учетом осадки опор тремя прогибомерами. Для оценки ширины раскрытия трещин при увеличении нагрузки, использовался микроскоп. Необходимо отметить, что все четыре балки были изготовлены из одинаковых конструкционных материалов в один и тот же день.

Условный класс бетона С15/10. Класс арматурной стали S500, с тремя продольными арматурами Ø8, и с поперечным армированием Ø5.

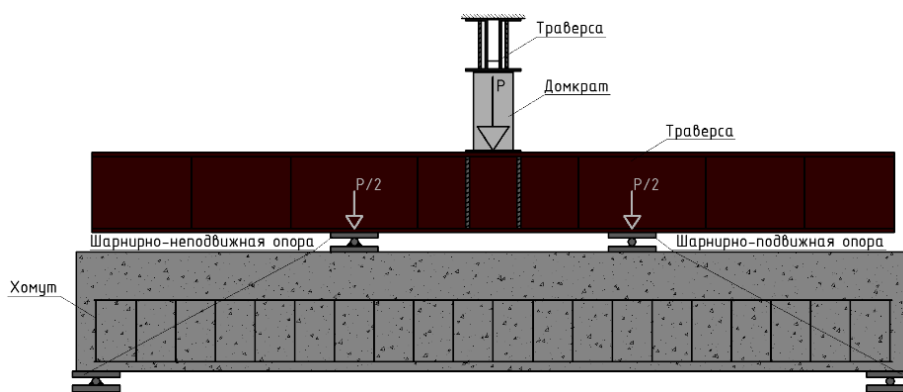


Рисунок 4. – Схема испытания балок

Результаты экспериментальных исследований опытных балок представлены на рисунках 5 и 6.

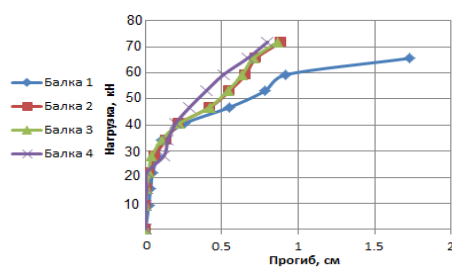


Рисунок 5. – Графики деформаций опытных балок

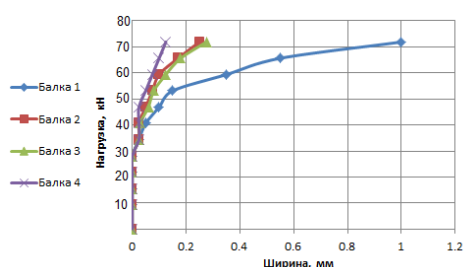


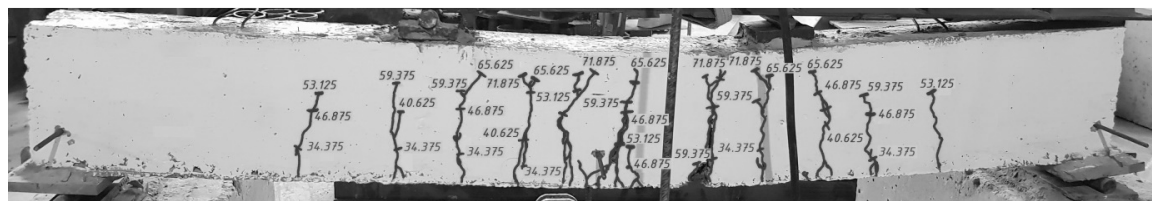
Рисунок 6. – Графики ширины раскрытия трещин опытных балок

Результаты, полученные в ходе эксперимента, представлены в таблице 1.

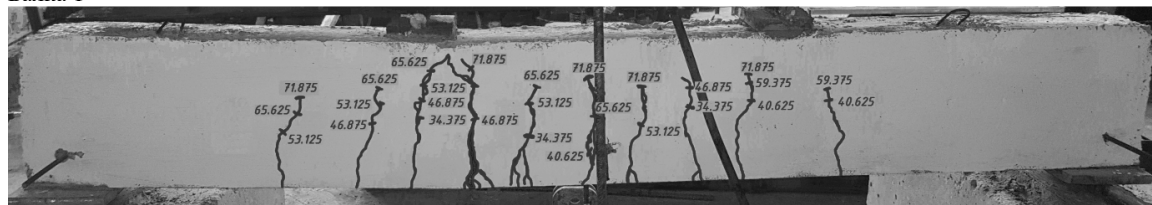
Таблица 1. – Результаты эксперимента

	Балка 1	Балка 2	Балка 3	Балка 4	Разница 1-4, %
Разрушающая нагрузка, кН	71,875	82	82	82	12,3
Прогиб, см	1,891	0,864	0,799	0,765	57
Кол-во трещин	22	24	24	23	4
Макс. ширина трещин, мм	1	0,25	0,25	0,15	85

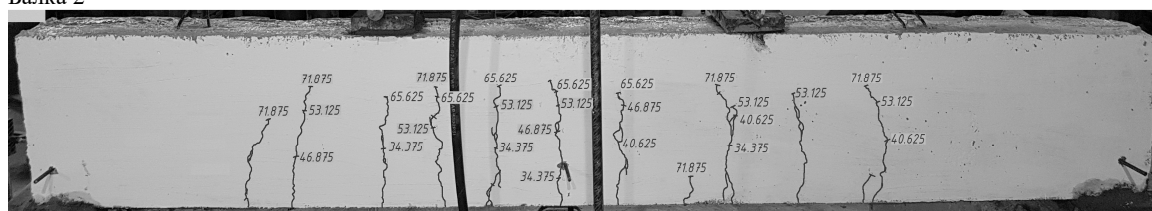
Фотографии опытных образцов после испытаний, представлены на рисунке 7.



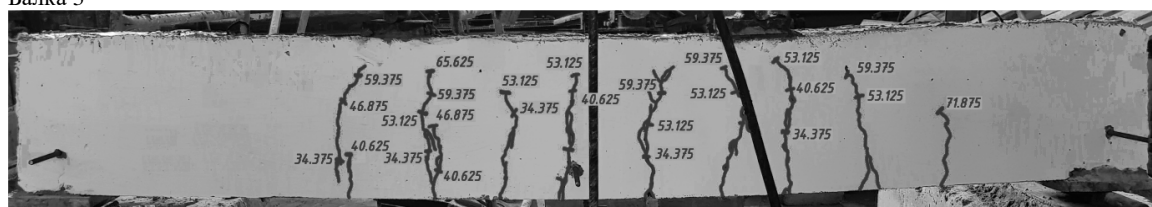
Балка 1



Балка 2



Балка 3



Балка 4

Рисунок 7. – Опытные образцы после испытаний

Исследования, выполненные в работе, позволяют сформулировать общее представление о влиянии поперечной решетчатой ферменной арматуры на прочность, жесткость, и трещиностойкость железобетонных изгибаемых элементов, а также самих каркасов.

1. В стадии перевозки и монтажа каркасы с решетчатым расположением поперечной арматуры являются более жесткими.

2. При испытании арматурных изделий, балки с симметричным и с несимметричным решетчатым ферменным армированием имели прогибы на 57% меньше чем у балки с вертикальными хомутами. Это явление можно объяснить тем, что ферма увеличивает жесткость за счет перераспределения внутренних сил в каркасе.

3. Количество образовавшихся трещин в балке с вертикальными хомутами меньше по количеству, но их ширина приблизительно в 2 раза больше чем в остальных балках. Предельного значения ширины раскрытия трещин по второй группе предельных состояний достигла первая балка при нагрузке на 37% меньшей чем балки с ферменным армированием.

4. Балки с симметричным и с несимметричным ферменным решетчатым армированием показали более высокие прочностные показатели поперечного сечения по отношению с балкой вертикально армированной (до 12%).

Разрабатывается методика расчета балок с применением поперечной ферменной решетчатой арматурой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Effect of Type and Position of Shear Reinforcement of High-Strength Reinforced Concrete Deep Beams /Dr.OmarQarani Aziz(Assist Prof.), Dr.SinanAbdulkhaliqYaseen/Civil Engineering Dept. / College of Engineering / University of Salahaddin-Hawler.
2. Системы сборно-монолитных перекрытий Е.С. Недвига, Н.А. Виноградова/Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург/Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 4 (43). 2016. 87-102.
3. Lattice Girder Elements - Investigation of Structural Behaviour and Performance Enhancements/ Ingemar Löfgren M.Sc. in Civil Engineering Department of Structural Engineering / Concrete Structures Chalmers University of Technology SE-412 96 Göteborg, Sweden.
4. Effect of the Truss System to the Flexural Behavior of the External Reinforced Concrete Beams/ Rudy Djamaluddin, Yasser Bachtar, Rita Irmawati, Abd. Madjid Akkas, Rusdi Usman Latief/ World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil and Environmental Engineering Vol:8, No:6, 2014.

УДК 624.072.221

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ БАЛОК
С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ПОПЕРЕЧНОГО АРМИРОВАНИЯ

Д.Х. ФАРРАН

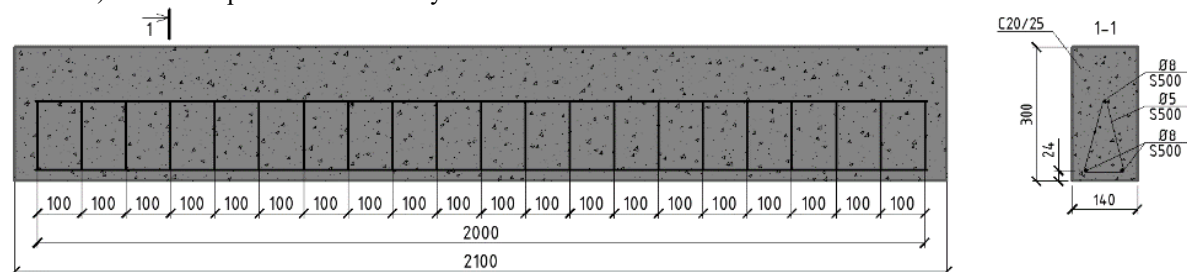
(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.И. Колтунов)

Целью исследования является изучение теории характера работы балок с различными типами поперечного армирования. Как результат исследования выполнен теоретический и практический анализ деформаций железобетонных изгибаемых элементов и выявлены деформационные характеристики разно-армированных балок. Предложена методика расчета балок с применением поперечной ферменной решетчатой арматурой в виде формул с подтверждением полученных результатов экспериментальными результатами.

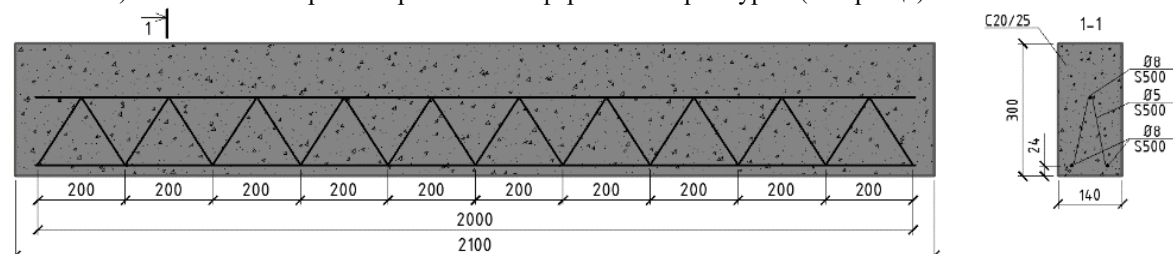
Общие сведения по ранее проведенным опытным исследованиям. Произведен опыт четырех балок с различными типами поперечного армирования. Характеристики опытных балок:

Размеры балок: длина = 2100 мм, высота = 300 мм, ширина = 140 мм. Класс прочности бетона: С20/25. Класс прочности арматурных стержней: S550. Типы поперечных каркасов для армирования балок:

1) Балка с вертикальными хомутами:



2-3) Балка с симметричной решетчатой ферменной арматурой (2 образца):



4) Балка с несимметричной решетчатой ферменной арматурой:

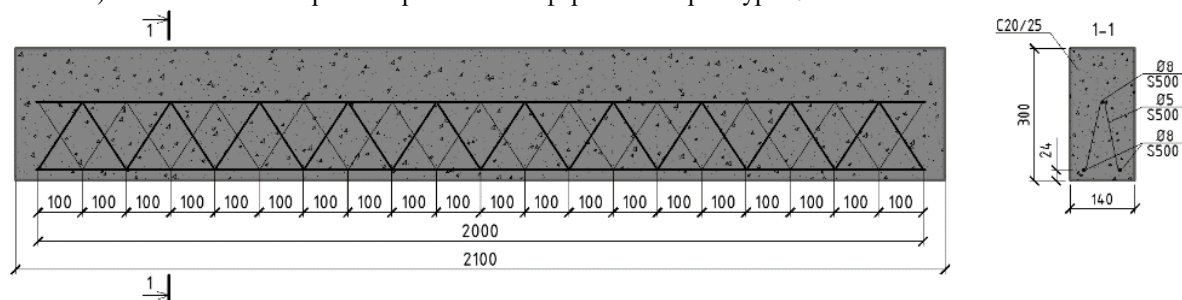


Рисунок 1. – Балки 1 по 4 с различными типами поперечного армирования

Расчет прочности сечений, нормальных к продольной оси. Согласно положению норм проектирования расчет железобетонных конструкций по прочности сечений нормальных к продольной оси при действии изгибающих моментов может выполняться с использованием нескольких методов. Расчет строго согласуется с гипотезой плоских сечений [1; 2].

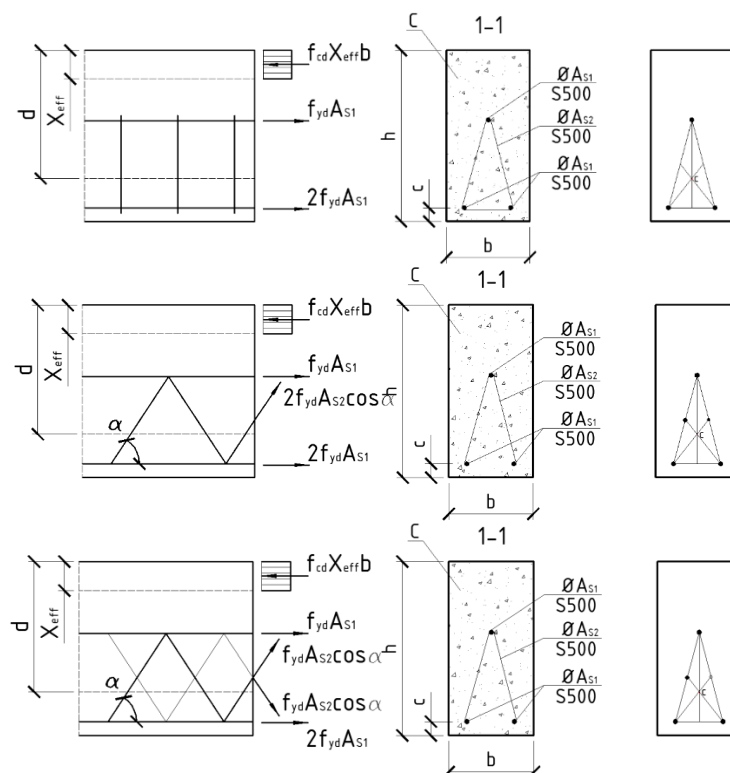


Рисунок 2. – Схема усилий в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого железобетонного элемента

Учет работы фермы

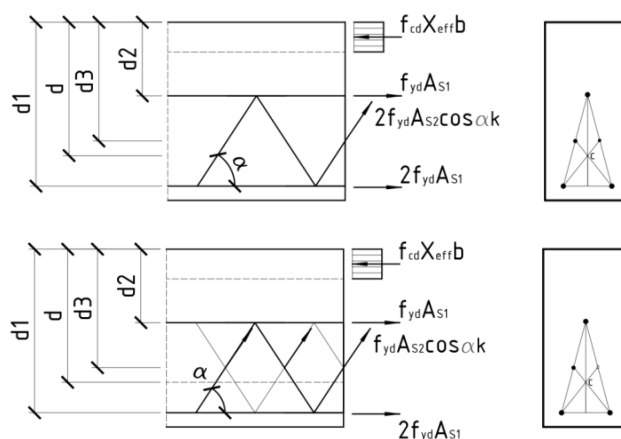


Рисунок 3. – Схема усилий в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого железобетонного элемента с учетом количества наклонных стержней

Эффективная высота условной сжатой зоны сечения

1) Балка 1

$$x_{eff} = \frac{f_{yd} \cdot A_{s1}}{f_{cd} \cdot b} \quad (1)$$

2) Балки 2 и 3

$$x_{eff} = \frac{f_{yd} \cdot A_{s1} + f_{yd} \cdot A_{s2} \cdot \cos \alpha \cdot k}{f_{cd} \cdot b} \quad (2)$$

3) Балка 4

$$x_{eff} = \frac{f_{yd} \cdot A_{s1} + f_{yd} \cdot A_{s2} \cdot \cos \alpha \cdot k}{f_{cd} \cdot b}, \quad (3)$$

где x_{eff} – эффективная высота условной сжатой зоны сечения;

f_{yd} – расчетное значение ненапрягаемой арматуры;

f_{cd} – расчетное сопротивление бетона сжатию;

A_{s1} – площадь сечения одной растянутой арматуры;

A_{s2} – площадь сечения наклонных стержней;

b – ширина балки.

Расчетное сопротивление сечений нормальных к продольной оси

1) Балка 1

$$M_{Rd} = 2 \cdot f_{yd} \cdot A_{s1} \cdot \left(d_1 - \frac{x_{eff}}{2}\right) + f_{yd} \cdot A_{s1} \cdot \left(d_2 - \frac{x_{eff}}{2}\right). \quad (4)$$

2) Балки 2 и 3

$$M_{Rd} = 2 \cdot f_{yd} \cdot A_{s1} \cdot \left(d_1 - \frac{x_{eff}}{2}\right) + f_{yd} \cdot A_{s1} \cdot \left(d_2 - \frac{x_{eff}}{2}\right) + f_{yd} \cdot A_{s1} \cdot \cos \alpha \cdot k \cdot \left(d_3 - \frac{x_{eff}}{2}\right). \quad (5)$$

3) Балка 4

$$M_{Rd} = 2 \cdot f_{yd} \cdot A_{s1} \cdot \left(d_1 - \frac{x_{eff}}{2}\right) + f_{yd} \cdot A_{s1} \cdot \left(d_2 - \frac{x_{eff}}{2}\right) + f_{yd} \cdot A_{s1} \cdot \cos \alpha \cdot k \cdot \left(d_3 - \frac{x_{eff}}{2}\right). \quad (6)$$

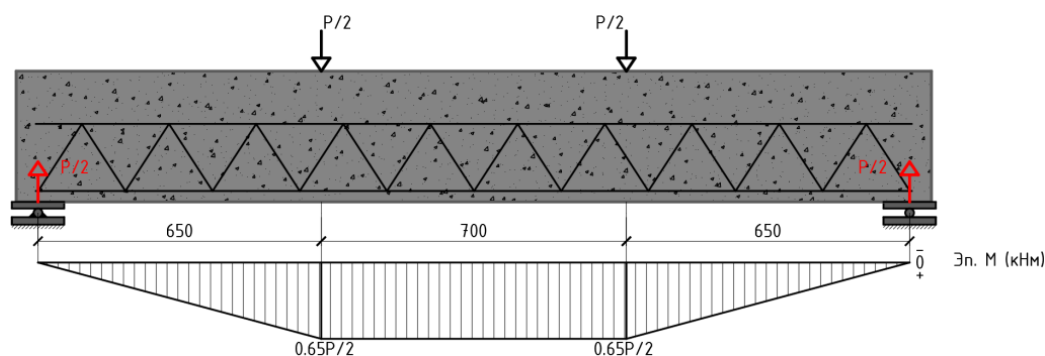


Рисунок 4. – Эпюра моментов испытанных балок 1–4

Работа балок 2 и 3. При симметричном расположении, относительно верхней продольной оси, плоских ферменных каркасов, учитываются восходящие наклонные стержни (в количестве «к») с шагом 200мм работающих в зоне максимального момента. Соответственно к – количество наклонных стержней, работающих на растяжение (восходящие стержни).

Работа 4 балки. При смещении расположения, относительно верхней продольной оси, плоских ферменных каркасов, также учитываются восходящие наклонные стержни (в количестве «к») с шагом 100мм работающих в зоне максимального момента. Учет количество наклонных стержней, работающих на растяжение, строго связан с принципом работы фермы. Учет количество стержней удовлетворяет принципу перераспределения по жестко-связанным структурам, напряжений, и соответственно усилий.

Расчет балок по методу предельных состояний. Используя выведенные формулы (1) по (6), рассчитываем теоретическое расчетное сопротивление сечение нормальных к продольной оси:

1) Балка 1

$$x_{eff} = \frac{550 \cdot 151}{1 \cdot 19.5 \cdot 140} = 30,42 \text{ мм}$$

$$M_{Rd} = 2 \cdot 550 \cdot 50,3 \cdot \left(276 - \frac{30,42}{2}\right) + 550 \cdot 50,3 \cdot \left(124 - \frac{30,42}{2}\right) = 17,44 \text{ кНм}$$

Разрушающая нагрузка:

$$M = \frac{P \cdot 0,65}{2}$$

$$P = \frac{2 \cdot M}{0,65} = \frac{2 \cdot 17,44}{0,65} = 53,66 \text{ кН}$$

2) Балки 2 и 3

$$x_{eff} = \frac{550 \cdot 151 + 550 \cdot 39 \cdot \cos 57 \cdot 2}{1 \cdot 19,5 \cdot 140} = 38,98 \text{ мм}$$

$$M_{Rd} = 550 \cdot 101 \cdot \left(276 - \frac{39,98}{2}\right) + 550 \cdot 50,3 \cdot \left(124 - \frac{39,98}{2}\right) + 550 \cdot 39 \cdot \cos 57 \cdot 2 \cdot \left(200 - \frac{39,98}{2}\right) = 21,3 \text{ кНм}$$

Разрушающая нагрузка:

$$M = \frac{P \cdot 0,65}{2}$$

$$P = \frac{2 \cdot M}{0,65} = \frac{2 \cdot 21,3}{0,65} = 65,538 \text{ кН}$$

3) Балка 4

$$x_{eff} = \frac{550 \cdot 151 + 550 \cdot 19,6 \cdot \cos 57 \cdot 8}{1 \cdot 19,5 \cdot 140} = 47,538 \text{ мм}$$

$$M_{Rd} = 550 \cdot 101 \cdot \left(276 - \frac{39,98}{2}\right) + 550 \cdot 50,3 \cdot \left(124 - \frac{39,98}{2}\right) + 550 \cdot 39 \cdot \cos 57 \cdot 2 \cdot \left(200 - \frac{39,98}{2}\right) = 21,3 \text{ кНм}$$

Разрушающая нагрузка:

$$M = \frac{P \cdot 0,65}{2}$$

$$P = \frac{2 \cdot M}{0,65} = \frac{2 \cdot 21,3}{0,65} = 65,538 \text{ кН}$$

Производим сводку данных в таблицу 1, где включены результаты опытных данных и теоретических теоретическим расчетом.

Таблица 1. – Соотношение опытных и расчетных значений несущей способности балок

№	Максимальный момент, кНм (опытные данные)	Максимальный момент, кНм (теоретический расчет)
Балка-1	23,36	17,44
Балка-2	26,65	21,3
Балка-3	26,65	21,3
Балка-4	26,65	21,3

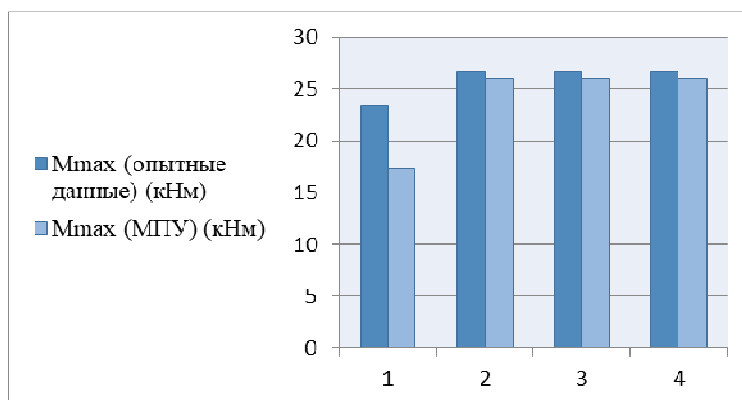


Рисунок 5. – Сравнение опытных и теоретических результатов (кНм)

Расчет прочности сечений, наклонных к продольной оси

1) Балка 1

$$V_{Rd, sy} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta \quad (7)$$

$$V_{Rd, sy} = \frac{79}{100} 201,6 \cdot 550 \cdot \cot 40 = 104,39 \text{ кН}$$

2) Балки 2 и 3

$$V_{Rd, sy} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \quad (8)$$

$$V_{Rd, sy} = \frac{158}{200} 201,6 \cdot 550 \cdot (\cot 40 + \cot 57) \cdot \sin 57 = 135,25 \text{ кН}$$

3) Балка 4

$$V_{Rd, sy} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \quad (9)$$

$$V_{Rd, sy} = \frac{79}{100} 201,6 \cdot 550 \cdot (\cot 40 + \cot 57) \cdot \sin 57 = 135,25 \text{ кН}$$

Расчет показывает, что несущая способность наклонных сечений балок с ферменной решетчатой арматурой (балки 2-4) больше в 22% чем в балке с вертикальными хомутами (балка 1).

Жесткость балок. При одинаковой нагрузке, равной 65 кН, чистый прогиб у первой балки равен 17,5 мм, у второй и третьей 7,2 мм а у четвертой равен 6 мм. За счёт перераспределения изгибающих усилий на продольные составляющие в балках с ферменным решетчатым армированием, каркас начинает работать как ферма, что увеличивает жесткость балки, уменьшая прогиб.

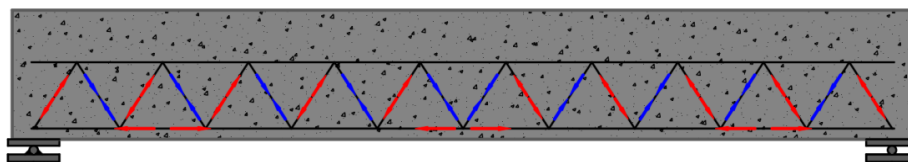


Рисунок 6. – Схема перераспределения усилий на продольные составляющие в поперечных стержнях

Ширина раскрытия трещин в балках. Исходя из анализа опытных данных, выявлено что балка с несимметричной решетчатой ферменной арматурой сопротивляется меньше всех появлению нормальных и наклонных трещин. По действующим нормам, предельное значение ширины раскрытия трещин равняется 0,3 мм. Первая балка достигает это значение при нагрузке 57,5 кН, а вторая и третья при нагрузке 71,875 кН. В четвертой балке максимальная трещина достигает ширину равной 0,15 мм при действии нагрузки равной 82 кН. Проводя сечения по наклонному стержню в трех точках, можно заметить, что в интервале $\{0, x, i\}$, напряжения, возникающие в восходящем стержне, меняются от минимального к максимальному значению.

Интервал i с точек 1 по 3 соответствует длине наклонного стержня. Соответственно, при проведении сечения в точке 1, напряжения минимальны, и значение увеличивается до максимума в точке 3 поскольку растягивающие усилия максимальны (рисунок 7.).

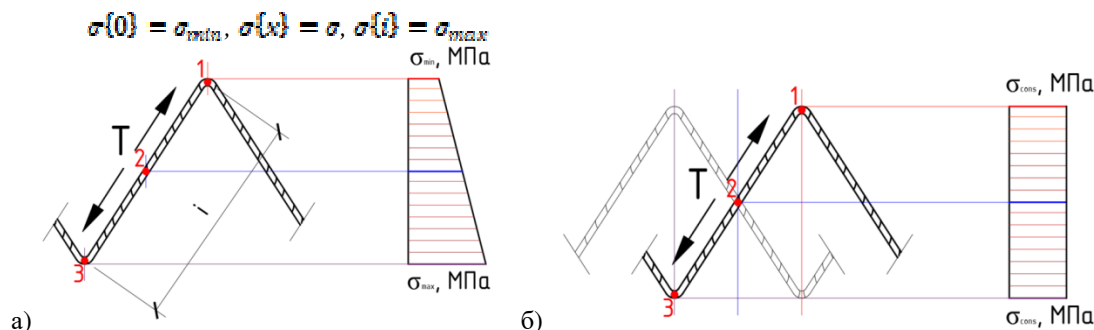
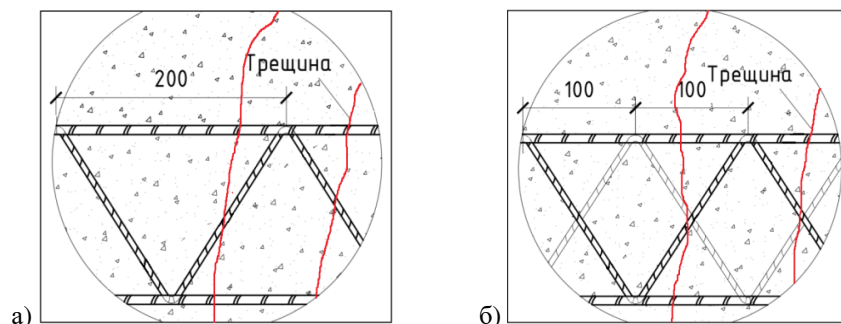


Рисунок 7. – Усилия в наклонных стержнях при действии поперечной силы каркасы 2-3(а), каркас 4(б)

При проведении сечения в точках 1 и 3, напряжения минимальны в верхней части арматуры, но максимальны в нижней. В точке 2, сечение проходит через два стержня, где напряжения компенсируются и являются максимальными. За счет такой компенсации, напряжения являются максимальными и по-

стоянными (рисунок 8). Следует отметить, что ширина раскрытия трещин меньше в 4-й балке, не смотря на наибольшее их количество из-за того, что шаг наклонных стержней меньше (100 мм).



а) – балки 2-3; б) – балка 4

Рисунок 8. – Схема сопротивления поперечных стержней трещинам

За счет меньшего шага при смещении плоских каркасов, по траектории трещин находится больше арматурных стержней. Это не влияет на прочность по наклонным сечениям, но уменьшает ширину раскрытия за счет уменьшения напряжений на бетон.

В ходе исследования обнаружено:

1. Теоретические расчеты показывают, что предложенная методика расчета железобетонных изгибаемых элементов с учетом влияния наклонных стержней увеличивает расчетное сопротивление сечений нормальных к продольной оси на практически 20%. Данные теоретических расчетов коррелируют с результатами опытных данных ранее проведенных исследований, где расчетное сопротивление сечений нормальных к продольной оси балок с ферменным решетчатым армированием больше на практически 15%.

2. Теоретические расчеты показывают, что предложенная методика расчета железобетонных изгибаемых элементов с учетом влияния наклонных стержней увеличивает расчетное сопротивление сечений наклонных к продольной оси на практически 30%.

3. Понятнее о характере распределения и ширин раскрытия трещин в балках с ферменным решетчатым армированием анализируется. В ходе анализа выявлено что смещение плоских каркасов уменьшая шаг наклонных стержней в сечения до 100 мм распределяет напряжения на бетон что увеличивает количество трещин причем уменьшая их ширину раскрытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lattice Girder Elements - Investigation of Structural Behaviour and Performance Enhancements/ Inge-marLöfgren M.Sc. in Civil Engineering Department of Structural Engineering / Concrete Structures Chalmers University of Technology SE-412 96 Göteborg, Sweden.
2. Effect of the Truss System to the Flexural Behavior of the External Reinforced Concrete Beams/ Rudy Djamaluddin, Yasser Bachtar, Rita Irmawati, Abd. MadjidAkkas, Rusdi Usman Latief/ World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil and Environmental Engineering Vol:8, No:6, 2014.

УДК 699.82

**ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ УСТРАНЕНИЯ ВЗДУТИЙ
В СОВМЕЩЕННЫХ РУЛОННЫХ КРОВЛЯХ****Г.О. ЦИПАН, Гуань ШУЙЦЗИНЬ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л.М. Парфенова)*

В статье показано, что вздутия приводят к нарушению целостности кровельного покрытия, являются причиной расхождения швов, растяжения кровельного материала, потери защитной посыпки и растрескивания. Представлены традиционные технологии ремонта вздутий и предложена технология с использованием кровельной крошки, полученной путем измельчения отходов ремонта рулонных кровель.

Совмещенные рулонные кровли являются наиболее распространенными в мире. К преимуществам данного типа кровель можно отнести: контроль расхода материала (толщина, ширина устанавливается производителем на заводе) и трудозатрат, скорость, экологичность и безопасность, механическую и деформационную стойкость кровельного покрытия. Недостатком является большое количество стыков и технологических операций, которые необходимо выполнить в процессе устройства кровли.

Для устройства совмещенных рулонных кровель в настоящее время широко применяются рулонные битумно-полимерные материалы. Содержание полимера составляет 8-12% по массе битума. Это дает возможность расширить диапазон рабочих температур за счет снижения температуры хрупкости и повышения температуры размягчения, повысить адгезию к основанию и улучшить адгезию при строительстве многослойного ковра. Распространенными полимерами для этих целей являются атактический полипропилен (АПП) и синтетические термопластичные эластомеры, в частности стирол-бутадиен-стирол (СБС). По сравнению с обычным окисленным битумом, битумы, модифицированные АПП, характеризуются высокой термостойкостью, хорошей гибкостью в холоде (до 20°C) и высокой устойчивостью к атмосферным воздействиям. Битумы, модифицированные СБС, обладают еще большей гибкостью в холодных условиях (до 30°C), но более чувствительны к УФ-излучению. Для повышения прочности и возможности механического монтажа рулонные материалы армируются стеклом или синтетическими волокнами, а также дисперсной арматурой с короткими длинами волокон. Для защиты от солнечной радиации используется посыпка из специально подготовленной и окрашенной минеральной (шифер, керамика, базальт) или пластиковой крошки. Композитные связующие содержат в своем составе до 20-25% полимера. В регионах с теплым климатом предпочтение отдается битуму, модифицированному АПП, благодаря его хорошей устойчивости к УФ-излучению. Составы на основе битума и СБС имеют высокую эластичность и незаменимы в регионах с холодным климатом. Считается, что СБС и битум более подвержены старению под воздействием УФ-излучения; поэтому защита (покрытие порошковым, фольгированным или лакокрасочным покрытием) является обязательной для таких материалов [1].

Распространенными дефектами рулонных кровель, приводящими к появлению протечек, являются: образование вздутий кровельного ковра, растрескивание верхнего слоя рулонного покрытия, отслаивание дополнительного водоизоляционного ковра от вертикальных участков (парапетов), впадины на поверхности кровельного покрытия [1-5].

Застой воды: скопление воды на плоской крыше может сократить ожидаемый срок службы до 10%, а из-за конструкции совмещенных покрытий протечки трудно найти и устранить. Вода может пройти значительное расстояние от места проникновения через слои покрытия, прежде чем проявиться внутри. При значительном затоплении несущие конструкции крыши могут даже обрушиться. Кровли с зонами затопления, как правило, имеют срок службы вдвое меньше, чем кровли с надлежащим водоотводом [2].

Растрескивание: Растрескивание верхнего слоя рулонного покрытия происходит на участках без защитной посыпки.

Вздутия: вздутия представляют собой полости, заполненные воздухом и (или) влагой. Они могут возникать между покрытием и поверхностью основания и (или) между слоями рулонного ковра. Битумные кровельные материалы растягиваются в теплое время суток, но становятся жесткими и не возвращаются к своей первоначальной форме при охлаждении. Любая остаточная деформация кровельного покрытия создаст вакуум внутри вздутия, и воздух проникает в замкнутое пространство через микроскопические трещины. Пузыри растут, когда объем воздуха, всасываемого в них ночью, превышает объем воздуха, вытесняемого из них днем, и это повышенное давление преодолевает периферическую связь вздутия (рисунк 1).

Размер вздутия на кровле может изменяться от едва заметных пятен до раздутых «горбов», площадью в несколько квадратных метров. Вздутия не только не красивы, но и сокращают срок службы кровли, увеличивая уязвимость кровельного покрытия к физическому и химическому разрушению. Образовавшиеся выпуклости могут изменить направление стока воды на кровле и вызвать образование застойных зон [4].

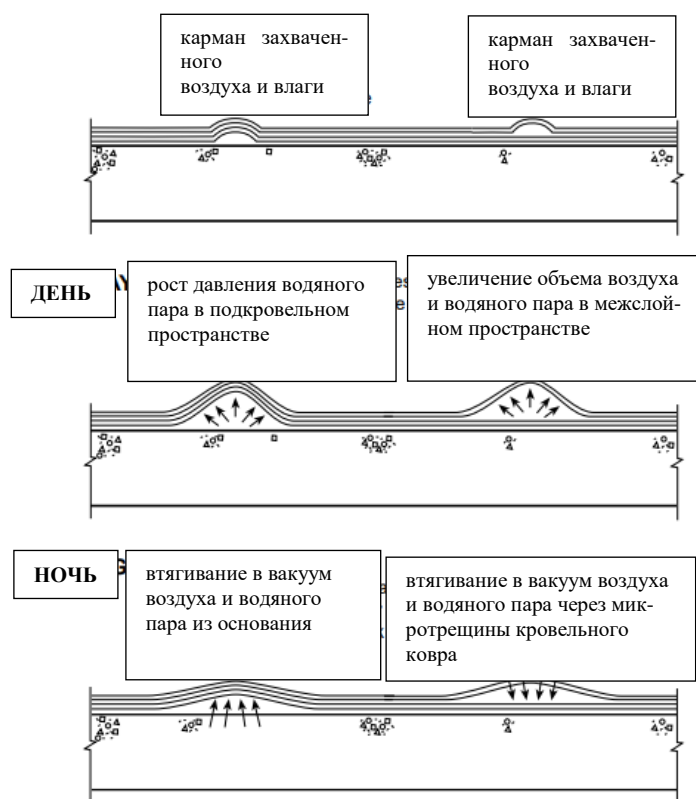


Рисунок 1. – Схема образования вздутий кровельного покрытия

Источник: [3].

Растягивая поверхность кровельного материала, вздутия приводят к потере защитной посыпки в месте вздутия, что ускоряет ультрафиолетовое старение покрытия (рисунок 2) [4]. Под воздействием ультрафиолетового излучения изменяется состав битума за счет химического перехода масел в смолы, смол – в асфальтены, асфальтенов – в карбены и карбоиды. Указанные изменения сопровождаются уплотнением высокомолекулярной части битума, что вызывает усадку и растрескивание поверхностного (покровного) слоя рулонного материала, постепенное обнажение основы и проникновение атмосферных осадков в толщу покрытия, а это в свою очередь приводит к появлению расслоений водоизоляционного ковра (рисунок 3) [4].

Вздутие не обязательно нарушит целостность покрытия. Если защитное покрытие кровли над вздутием остается неповрежденным и вздутие на кровле не становится достаточно большим, чтобы нарушить герметичность швов, вздутие может быть безвредным.

Исследование вздутий [2], проведенное в США показало, что газ внутри пузырей в битумных мембранах, модифицированных СБС, состоял из воздуха, паров воды и незначительных примесей. Относительная влажность внутри вздутий колебалась от 50 % до 75 %. Поскольку объемное расширение воды из жидкого состояния в парообразное очень велико (~1250 раз), мельчайшее количество воды в небольшой пустоте может создать достаточное давление паров, чтобы заставить пустоту превратиться во вздутие. Присутствие воды особенно опасно при высоких температурах, когда рулонный ковер становится мягким, а давление в пузыре высоким. Механические испытания покрытия, показали, что наличие неповрежденного вздутия не снижает прочность покрытия, но наличие разорванного вздутия, в одном из образцов, снизило прочность материала более чем на 50 %. Отмечается, что для предотвращения образования пузырей необходимо хорошее сцепление между основанием и слоями кровельного ковра.

Причиной образования вздутий являются непоклеенные участки, как следствие, низкое сцепление между слоями и основанием, а также наличие избыточной (свободной) влаги в конструкции кровельного покрытия. Например, влага может попасть между слоями кровельного ковра или в материал теплоизоляционного слоя при производстве работ во время дождя, даже небольшого. В этом случае можно видеть вздутия, сосредоточенные в одной области кровельного покрытия.

Ремонт вздутий. В публикации канадских ученых [3] приведены следующие рекомендации по ремонту вздутий. Небольшие вздутия, длиной менее 0,6 м, обычно не вызывают проблем, если остаются водонепроницаемыми и не становятся слишком большими и их рекомендуют не трогать. Большие вздутия следует устранять незамедлительно, особенно если защитное покрытие уже отсутствует. Оголенные зоны на небольших вздутиях можно обработать битумной мастикой и присыпать защитной посыпкой.

Если вздутие приближается к диаметру около 0,6 м, рекомендуется отметить его внешней границей, и периодически проверять размер, чтобы определить, не увеличивается ли он. Когда размеры вздутий достигают 1,5 м или они возникают в местах с интенсивным хождением, вздутия следует ремонтировать. Если вздутие разорвано и не герметично, процесс ремонта заключается в удалении всей приподнятой части кровельного ковра и заполнении пустоты последовательным нанесением новых слоев рулонного материала. В качестве альтернативы на вздутие может быть сделан надрез в виде буквы «Х», углы разреза отгибают, образовавшуюся полость очищают, обрабатывают праймером, приклеивают заплатку, далее углы надреза отгибают и приклеивают к заплатке. Затем поврежденную зону усиливают дополнительным верхним слоем кровельного материала.



Рисунок 2. – Отсутствие защитной посыпки над вздутием

Источник: [4].



Рисунок 3. – Вздутие кровельного ковра с нарушением герметичности

По технологии ООО «ТехноНИКОЛЬ-Строительные Системы» [5] ремонт вздутий между слоями кровельного ковра выполняется следующим образом. Вначале освобождают кровельный ковер от защитного слоя или крупнозернистой посыпки на ширину 20 см на участке предполагаемого разреза вздувшейся части, затем делают крестообразный разрез вздувшихся слоев кровельного ковра и отгибают их в сторону. Находят складки, по которым вода поступает к местам вздутия, разрезают их и отгибают в стороны; вскрытую поверхность рулонного ковра (под вздутием и складками) высушивают, очищают от пыли и покрывают холодной или горячей кровельной мастикой. При применении горячей мастики вскрытую поверхность грунтуют, отогнутые части вздувшихся полотнищ (а в необходимых случаях и ведущих к ним складок) сразу же укладывают на кровельную мастику и прижимают от краев к разрезу. По местам разреза слоев кровельного ковра наклеивают полосу из рулонных материалов шириной 15 – 20 см и восстанавливают защитный слой в этих местах, а также на участках возможного повреждения на изгибах. Ремонтировать воздушные мешки можно и более простым способом. Необходимо проколоть вздутие, выпустить воздух и ввести в полость растворитель (уайт-спирит, керосин), после чего уплотнить ремонтируемый участок.

Еще одним способом устранения вздутий является установка аэраторов, обеспечивающих вентиляцию подкровельного пространства. Аэраторы позволяют снизить давление, которое появляется в кровельной конструкции и становится причиной образования пузырей на кровле; выводят, поднимающейся к кровле водяной пар внутренних помещений до того, как он успеет нанести вред конструкции; препятствуют образованию конденсата на нижнем слое гидроизоляции, который проникает в теплоизоляционный слой [6].

Следует отметить, что традиционные способы ремонта вздутий основаны на замене поврежденных или приклеивании дополнительных слоев водоизоляционного ковра. В качестве альтернативы может быть предложен способ ремонта с использованием кровельной крошки, полученной путем измельчения отходов ремонта рулонных кровель. После вскрытия вздутия, путем выполнения надреза в виде буквы «Х» и отгибания углов, основание необходимо высушить и очистить, промазать холодной кровельной мастикой, засыпать равномерно, без разрывов, слоем кровельной крошки. Далее осуществляется нагрев, в процессе которого происходит регенерация содержащегося в кровельной крошке битума и размягчение слоя, после чего края углов прикатываются к разогретому слою для устранения замкнутых полостей, сверху приклеивается новый слой кровельного материала, восстанавливается защитная посыпка.

Предлагаемая технология позволит снизить себестоимость ремонта и трудоемкость по сравнению с традиционными способами ремонта вздутий, при этом сохранить водонепроницаемость и сплошность кровельного покрытия и расширит область применения кровельных отходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Турчанинов, В.И. Технология кровельных и гидроизоляционных материалов : учебное пособие / В.И. Турчанинов; Оренбургский гос. ун-т. Оренбург : ОГУ, 2012. – 284 с.
2. Liu, K.K.Y. Blistering in SBS polymer modified bituminous roofs / K.K.Y. Liu, R. M. Paroli, T.L. Smith [Electronic resource] // Construction Technology Update. – № 38. – 2000.06.01. – Mode of access: <https://doi.org/10.4224/40002830>.
3. Paroli, R. M.; Booth, R. J. Ways to reduce blistering in built-up roofs [Electronic resource] // Construction Technology Update/ – №. 4. – 1997.05.01. – Mode of access: <https://doi.org/10.4224/40002864>.
4. Jack Gray Roof Blisters 101. Important Facts & Guidelines [Electronic resource] // Roof Online. Roof Issues and Problems. – Mode of access: roofonline.com. – Date of access: 20.08.2022.
5. Ведение кровельных работ и эксплуатация крыш с использованием рулонных и штучных материалов: учебное пособие / Под ред. Выборнова В.Ю., Кудрявцевой Т.Н. – Ярославль: ООО «ТехноНИКОЛЬ - Строительные системы», 2016. – 210 с.
6. Кровли: СН 5.08.01-2019. – Введ. 16.12.2019. – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2020. – 27 с.

УДК 72.012.6; 72.012; 72.025

**ЗНАЧЕНИЕ ЦВЕТА И ФАКТУРЫ
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ОБЛИКА ЖИЛОГО ДОМА СЕРИИ 1-335****Е.С. ШКУРИН***(Представлено: Е.Ю. Орловская)*

Рассматриваются приёмы применения цвета и фактуры при формировании эстетически привлекательного облика типового жилого дома при его реконструкции. На основе изученного опыта реконструкции панельных жилых зданий разработано авторское предложение по формированию эстетически привлекательного фасада жилого дома серии 1-335 с использованием таких визуальных свойств объектов архитектуры как цвет и фактура.

Введение. Представление человека об облике современного города формируется исходя из внешнего решения его застройки. При формировании личных критериев художественной оценки объекта архитектуры, человеком учитывается комплекс художественных требований, среди которых выделяются доэстетические, эстетические и сверхэстетические [1]. При восприятии, человек интуитивно оценивает объект архитектуры, определяет для себя его индивидуальные черты, назначение, соответствие облика определённой эпохе и др.

В Республике Беларусь существует значительный фонд жилья индустриальной застройки прошлого века, который не соответствует современным представлениям об эстетически привлекательном облике. Такая застройка морально устарела, монотонна, лишена индивидуальности и в ней сложно ориентироваться. С целью повышения эстетической привлекательности такой застройки и придания ей разнообразия без изменения внутреннего планировочного решения, рационально использовать такие визуальные свойства архитектурной композиции как цвет и фактура.

В рамках данной статьи рассматривается возможность изменения внешнего решения типового жилого дома серии 1-335. Здания этой серии в процентном соотношении составляют 23% всего индустриального жилого фонда городов Беларуси. «Они, как и большинство жилых зданий индустриальной постройки, обладают запасом прочности порядка 120...150 лет» [2, с.65-80], их остаточный срок эксплуатации может составить более 100 лет. Реконструкция позволит восстановить потребительские и технические качества жилищного фонда, сохранить эксплуатационную надёжность, а также повысить его эстетическую привлекательность.

Цель исследования – выявить наиболее рациональные приёмы применения цвета и фактуры при формировании эстетически привлекательного облика типового жилого дома серии 1-335 при его реконструкции.

Задачи исследования:

- изучить отечественный и зарубежный опыт реконструкции фасадов зданий типовых серий, проанализировать применяемые приёмы формирования их цвето-композиционного и фактурного решения, отвечающего современным представлениям человека об эстетически привлекательной визуальной среде;
- предложить свою концепцию по формированию цвето-композиционного и фактурного решения фасада дома серии 1-335.

Основная часть. Типовые жилые дома индустриального этапа домостроения подобные нашим, возводились во многих странах Европы: в Германии, Франции, Литве, Российской Федерации, Чехии и др.. Поскольку такие дома с течением времени физически и морально устарели, в настоящее время проводится их реконструкция с целью продления срока эксплуатации. Особое внимание уделяется повышению уровня комфорта проживания, улучшению тепло-технических характеристик, формированию эстетически привлекательной среды и уютного дворового пространства.

Применение при реконструкции зданий цвета и фактуры позволяют выявить его пластику, откорректировать пропорции, усложнить метрические и ритмические закономерности построения, внести композиционное разнообразие, выявить акцент и др. Фактурно-колористическая модернизация фасадов сейчас активно используется в Беларуси при капитальном ремонте зданий и их тепловой санации, как наиболее эффектный и экономически оправданный приём улучшения внешнего вида зданий.

Как основные приёмы формирования цветового решения фасадов можно отметить:

- акцентирование различных архитектурных элементов на фасаде;
- визуальное объединение плоскости фасада;
- усложнение плоскости фасада;
- объединение оконных проёмов по горизонтали или вертикали;
- акцентирование входных групп.

Применение фактуры усиливает образную выразительность фасадов реконструируемого здания. Чтобы разнообразить пластику фасада жилого дома следует применять различные по форме, размеру,

цвету, фактуре облицовочные материалы. Также предполагается замена оконных и балконных блоков, располагающих широким диапазоном вариантов применяемых материалов, используемых цветов и форм, что непосредственно сказывается на восприятии здания.

При изучении и анализе опыта реконструкции особое внимание было уделено реализованному в конце 1990-х начале 2000-х гг. проекту реконструкции жилой застройки Восточной Германии, разработанному под руководством архитектора Штефана Форстера (StefanForster) «Восточное возрождение». До реконструкции застройка представляла собой простые параллелепипеды высотой 5-6 этажей (рисунок 1). Фактура фасадов – стеновые панели.



Рисунок 1. – Внешний вид жилой застройки до реконструкции г. Лейнфилд, Восточная Германия [3]

В результате реконструкции значительно преобразился визуальный облик зданий (рисунок 2). Уровень первых этажей с организованными террасами был обшит клинкером, а существующие стеновые панели – оштукатурены и покрашены. В качестве цветового решения плоскости фасада были выбраны три основных варианта: 1) бледно голубой цвет; 2) бледно голубой цвет в сочетании с коралловым; 3) бледно голубой цвет в сочетании с жёлтым. Применения на фасадах двух цветов выполнило их деление на уличный и дворовой. Активно использовалось такое средство архитектурной композиции как контраст. Роль цветовых акцентов выполняли балконы, объединённые по горизонтали цветом ряды окон, перегородки между соседними балконами, откосы окон и балконов. Большое внимание уделялось акцентированию входных групп.



Рисунок 2. – Внешний вид жилой застройки после реконструкции (Haus 03, Haus 05) г. Лейнфилд, Восточная Германия. StefanForsterGmbH [3; 4]

Данный проект является ярким примером трансформации визуального облика, приёмы которого неоспоримо стоит взять во внимание. Используемые приёмы, позволяют воспринимать один и тот же дом по-разному, в зависимости от точки и ракурса восприятия.

На основе изучения и анализа опыта реконструкции панельных зданий, в рамках данной статьи была разработана концепция по формированию цвето-композиционного и фактурного решения для жилого дома серии 1-335 (рисунок 3). Изначально внешний облик крупнопанельного дома серии 1-335 формируется из панелей наружных стен, а также их стыков и сопряжений, образующих метрические закономерности. Решение стеновых панелей, её фактурной и рельефной обработки, неразрывно связано с восприятием здания. Разбивка такой монотонной плоскости или же остановка метрического ряда происходит посредством вертикалей лестничных клеток.



Рисунок 3. Фрагмент фасада типового жилого дома серии 1-335 после реконструкции

За основу разрабатываемой концепции взят опыт реконструкции жилого фонда в Восточной Германии. Реконструируемые здания смотрятся лаконично, их цветовое и фактурное решение довольно простое, но при этом оригинальное и эстетически привлекательное. Цветовое решение является скорее шаблоном, набором взаимозаменяемых элементов с широким набором возможных сочетаний цветов.

В рамках разрабатываемой концепции было принято решение выделить горизонтальное членение фасадов, путём использования дополнительного, отличного от основной плоскости фасадов цвета. В проёмах между окнами можно использовать различные по цвету и фактуре материалы вроде дерева (деревянных реек), вставок металла, которые создают визуальную параллель с окнами, создавая иллюзию непрерывного остекления. Откосы окон выкрашиваются в акцентный цвет, для создания дополнительной иллюзии глубины и объёма. Балконы обшиваются в едином стиле, чтобы поддерживать единый визуальный облик здания. Для обшивки применяется матовый металл, такого же цвета, что и основное решение плоскости фасада здания. Такое решение создаст гармонию между основной плоскостью фасада и выступающими элементами. Так же предполагается решение, при котором балконы обшивают акцентным цветом.

Выводы. Проведённое исследование показывает, что цвет и фактура являются важным визуальным свойством архитектурной композиции зданий, которое позволяет создать выразительный современный облик даже для простого по своей форме дома-параллелепипеда, чем визуально и является серия домов 1-335. Они дают дополнительную возможность усложнить фасад, позволяют достичь единства и гармонии, выявить композиционный центр и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хачатрянц, К.К. Архитектура и воздух / К.К. Хачатрянц, В.В. Вашкевич // Архитектура и строительство. – 2006. – №3. – С. 18-21.
2. Комплексная реконструкция индустриальной жилой застройки: организационнотехнологические основы / В. М. Пилипенко. - Минск : Адукацыя і выхаванне, 2007. – 279 с.
3. Haus 03 [Электронный ресурс] // StefanForsterGmbH]. – Режим доступа: <https://www.sfa.de/en/projekte/haus-03/>. – Дата доступа: 11.10.2022.
4. Haus 05 [Электронный ресурс] // StefanForsterGmbH]. – Режим доступа: <https://www.sfa.de/en/projekte/haus-05/>. – Дата доступа: 11.10.2022.

УДК 69.059; 72.012.6

**ПРИЕМЫ ИЗМЕНЕНИЯ ВНЕШНЕГО ОБЪЕМА ТИПОВЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ 1970 – 90-х гг.
ЕВРОПЕЙСКИЙ ОПЫТ****Е.С. ШКУРИН***(Представлено: Е.Ю. Орловская)*

Введение. В Республике Беларусь реконструкция жилого фонда является одним из актуальных направлений его сохранения. В соответствии с «Национальной стратегией устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года» в сфере жилищного строительства предусматривается «реконструкция кварталов жилой застройки 70-90-х годов XX века» [1, с. 67]. Это значительный по своей площади жилищный фонд, построенный из капитальных строительных материалов. Но, под влиянием времени, экономического, технического прогресса и социального развития общества физически и морально устаревший.

Для продления срока эксплуатации таких зданий в Республике Беларусь реализуется подпрограмма «Ремонт жилья», входящая в Государственную программу «Комфортное жильё и благоприятная среда» на 2021-2025-е годы. Одной из основных задач её реализации является «восстановление технических и потребительских качеств, а также сохранение эксплуатационной надёжности жилищного фонда» [2, с. 12]. Осуществляется данная подпрограмма путём текущего и капитального ремонта, с установкой или заменой лифтов.

В Республике Беларусь реконструкция, как правило, проводится без перепланировки квартир и без существенного изменения изначального объёма с сохранением существующего контингента жильцов [3]. При изменении внешнего объёма здания преимущественно происходит его надстройка либо к нему пристраиваются новые объёмы. Демонтаж применяется редко, так как с экономической точки зрения не целесообразен.

Цель исследования – выявить наиболее рациональные приёмы изменения внешнего объёма реконструируемых жилых зданий.

Задачи исследования:

- изучить приёмы изменения внешнего объёма жилого здания при его реконструкции, используемые в зарубежной практике;
- выявить наиболее актуальные приёмы, которые в последующем могут быть применены при реконструкции жилищного фонда в Республике Беларусь.

Основная часть. В странах Европы, таких как Германия, Российская Федерация, Чехия и др. существуют такие же с точки зрения градостроительства и эстетических качеств проблемы со зданиями из сборных панелей, что и в Республике Беларусь. При изучении опыта реконструкции таких зданий в общих чертах были выявлены следующие основные приёмы:

- изменение визуального объёма по вертикали;
- изменение визуального объёма по горизонтали;
- изменение внешнего объёма путём пристройки вертикальных и горизонтальных коммуникаций.

Изменение объёма по вертикали проводится путём надстройки и демонтажа (рисунок 1). При использовании первого приёма, осуществляется надстройка этажей или их части, мансард, пентхаусов, оранжерей и т.п.. Повышение этажности даёт прирост жилой площади здания, а значит и дополнительные финансы для реконструкции. Этот приём предоставляет широкий инструментарий для создания уникальных ансамблей, путём выделения и акцентирования конкретных жилых зданий. Демонтаж этажей или их части повышает уровень добрососедства и усиливает чувство комфорта при нахождении в среде сомасштабной человеку. Этот приём является скорее исключением и используется в случае сокращения численности населения.

Изменение объёма по горизонтали проводится путём пристройки, вставок и демонтажа (рисунок 2). При использовании первого приёма осуществляется увеличение ширины корпуса здания, пристройка дополнительных секций, квартир или комнат, а также входных групп и террас. Вставки устраиваются в промежутке между торцов расположенных рядом зданий. При демонтаже объёмов здания по горизонтали удаляются сегменты, представляющие собой секцию, квартиры или отдельные помещения.

Изменение внешнего объёма здания может осуществляться путём пристройки вертикальных и горизонтальных коммуникаций, таких как галереи, лестницы, лифты и террасы (рисунок 3). Часто использование такого приёма обосновано изменением объёмно-планировочной структуры дома или повышением уровня комфорта проживания. Активно используется приём изменения объёмно-планировочной структуры зданий средней этажности с секционной на галерейную.

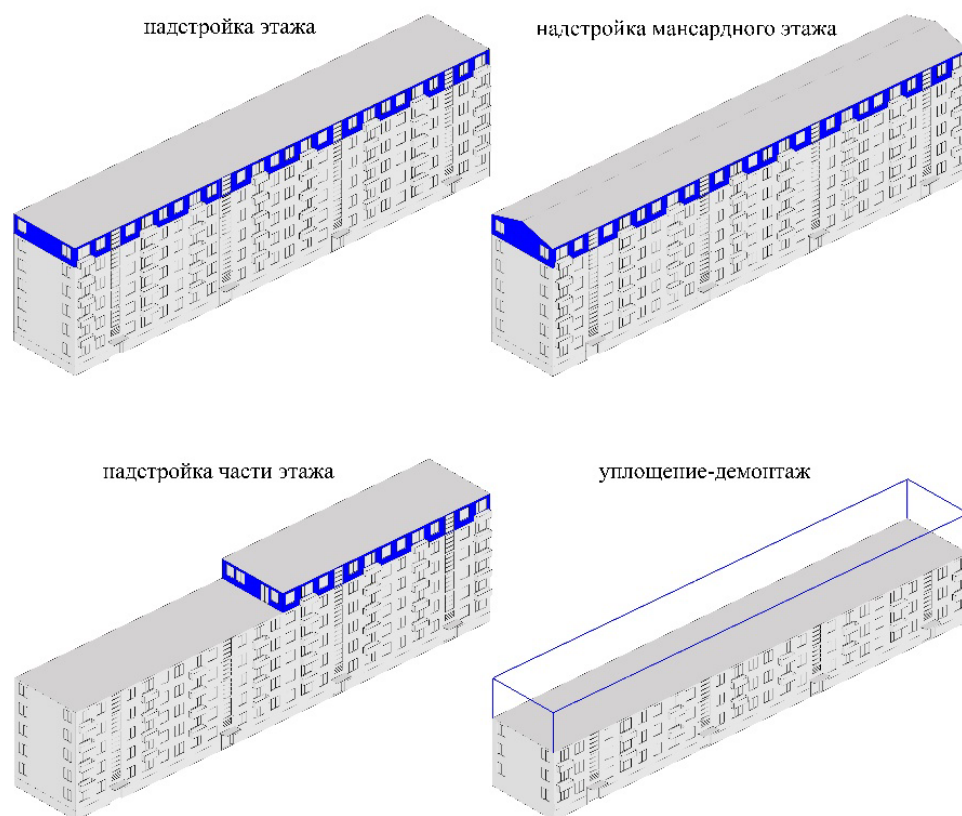


Рисунок 1. – Приёмы вертикального изменения объёма жилого дома

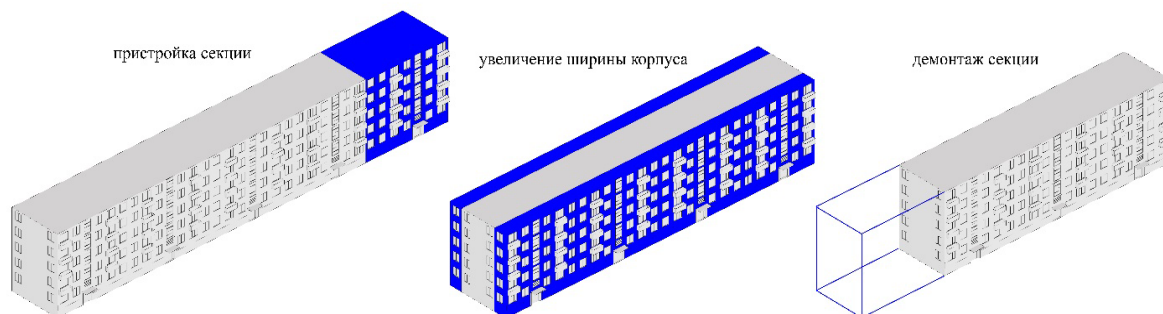


Рисунок 2. – Приёмы горизонтального изменения объёма жилого дома

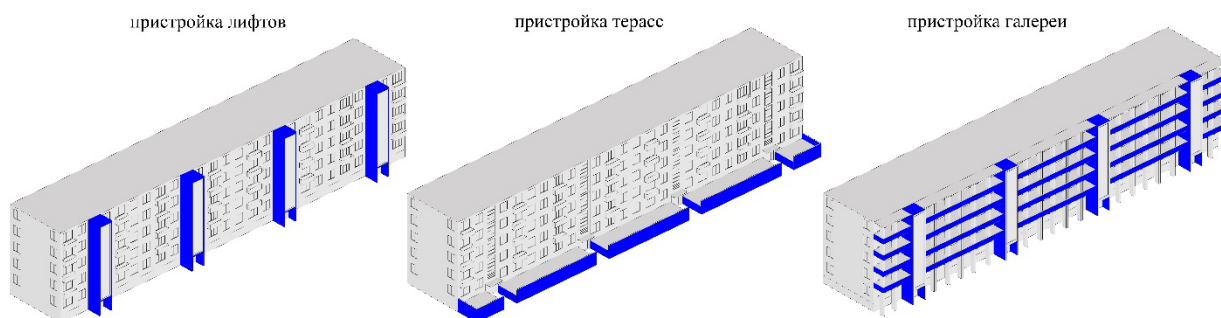


Рисунок 3. – Приёмы изменения объёма жилого дома путём пристройки вертикальных и горизонтальных коммуникаций

Закключение. Приёмы реконструкции, связанные с уменьшением этажности и демонтажем не являются актуальными для Республики Беларусь. В отличии от опыта Германии, у нас не происходит оттока населения, все жилые площади в индустриальных домах 70-90 гг. заняты собственниками, либо сдаются в аренду. Наиболее приемлемыми решениями являются надстройка и пристройка, т.к они способствуют увеличению жилой площади дома, способствуют формированию более сложного силуэта и повышению уровня комфорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года [Электронный ресурс] :одобр. Протоколом заседания Президиума Совета Министров Республики Беларусь от 2 мая 2017 г. // Министерство экономики Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://www.economy.gov.by/uploads/files/NSUR2030/Natsionalnaja-strategija-ustojchivogo-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitija-Respubliki-Belarus-na-period-do-2030-goda.pdf> . – Дата доступа: 11.05.2021.
2. О Государственной программе «Комфортное жильё и благоприятная среда» на 2021-2025 годы [Электронный ресурс] : Постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 28 янв. 2021 г. №50 // Pravo.by / Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
3. Реконструкция объектов архитектуры и градостроительства. Раздел П. Реконструкция жилых и общественных зданий [Электронный ресурс] : учебно-методический комплекс для специальностей первой ступени высшего образования 1-69 01 01 «Архитектура» и 1-69 01 02 «Архитектурный дизайн» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Архитектура жилых и общественных зданий» ; сост. Т. А. Рак. – Минск : БНТУ, 2019.

ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

УДК 697.1:536

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА НАРУЖНОЙ СТЕНЫ
НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ПОТЕНЦИАЛА ВЛАЖНОСТИ****А.В. БАТЕНКОВА, А.А. КОРШУН, А.Д. МИЛОЧКИНА**
(Представлено: В.А. Зафатаев)

Представлены результаты влажностного расчёта нестепрозрачной многослойной конструкции наружной стены, не облучаемой прямой солнечной радиацией, на основе теории потенциала влажности. На рассмотренном примере показано, что наряду с традиционным методом стационарной диффузии водяного пара расчёт влажностного режима методом потенциалов влажности позволяет количественно учесть содержание влаги в её различных фазовых состояниях, включая сорбированную влажность и область сверхсорбционного увлажнения.

Введение. Защита ограждающих конструкций зданий от влаги необходима для повышения их теплозащитных и эксплуатационных свойств, а также долговечности. Влажностный режим ограждения является одним из основных при расчете теплопередачи, поскольку переувлажнение приводит к заметному снижению теплозащитных свойств и долговечности конструкции. С повышением влажности строительных материалов повышается и их теплопроводность. При увеличении теплопроводности материала уменьшается температура внутренней поверхности ограждения, что может привести к образованию на ней конденсата и плесени.

Известны инженерные методы расчёта температурно-влажностного режима ограждающих конструкций К. Ф. Фокина, Э. Х. Одельского, А. М. Шкловера, Ф. В. Ушкова, М. В. Поликанова, А. Г. Перехоженцева, Д. А. Андреева, Ю. С. Вытчикова, В. В. Козлова, В. Н. Богословского, С. В. Корниенко [1]. Особый интерес представляет метод расчёта влагопереноса в ограждающих конструкциях на основе теории потенциала влажности. Теория потенциала влажности была разработана В. Н. Богословским [2]. Достоинством теории потенциала влажности является возможность учесть не только сконденсировавшуюся влагу, но и содержание влаги в материале при любом её фазовом состоянии [3]. Метод позволяет определить не только положение зоны возможной конденсации, но и количественно определить влагосодержание по толщине ограждения в широком диапазоне влажности, включая область сверхсорбционного увлажнения материалов. Однако широкое практическое применение теории потенциала влажности в инженерных расчетах сдерживается отсутствием единой методики расчета потенциалов влажности [3]. Другим недостатком теории является неопределённость значений коэффициентов влагопроводности χ для многих существующих строительных материалов [3].

Метод расчета влажностного режима ограждающих конструкций на основе теории потенциала влажности включает следующие допущения [4]:

- рассматривается одномерный тепло- и влагоперенос в многослойной ограждающей конструкции, состоящей из n слоев различных материалов;
- принимают стационарные условия тепло- и влагопереноса в конструкции при фиксированных значениях температур и абсолютного потенциала влажности внутреннего и наружного воздуха;
- теплофизические характеристики отдельных материальных слоев в конструкции (коэффициенты теплопроводности λ и влагопроводности χ) постоянны в пределах данного слоя и ступенчато изменяются от слоя к слою;
- заданы граничные условия третьего рода – коэффициенты теплообмена и влагообмена на границах конструкции с окружающей средой.

Постановка задачи и результаты исследований. В данной статье представлена инженерная оценка влажностного режима ограждающей конструкции на основе теории потенциала влажности.

Для исследования влажностного режима выбрана наружная стена помещения лаборатории строительной теплофизики, находящейся на первом этаже главного корпуса Полоцкого государственного университета, и имеющая ориентацию на Север. Эта конструкция в меньшей степени подвержена прямому солнечному облучению, и условия её естественного высыхания значительно хуже, чем у стены главного фасада учебного корпуса, ориентированной на Юг, то есть вероятность образования в этой конструкции зоны конденсации значительно выше, чем у стены главного фасада. Состав конструкции представлен в таблице 1.

Таблица 1. – Характеристики материалов слоёв исследуемой наружной стены

Наименование материала слоя*	Толщина слоя δ , м	Коэффициент теплопроводности λ по условиям эксплуатации, Вт/(м·°C)	Коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)	Сопротивление теплопроводности R_t , м ² ·°C/Вт	Сопротивление паропроницанию R_{μ} , м ² ·ч·Па/мг
1. Штукатурка из цементно-песчаного раствора $\rho=1800$ кг/м ³	0,02	0,76	0,09	0,026	0,222
2. Кладка из полнотелого керамического кирпича на цементном растворе $\rho=1800$ кг/м ³	0,38	0,7	0,11	0,543	3,455
3. Кладка из полнотелого силикатного кирпича на цементном растворе $\rho=1800$ кг/м ³	0,13	0,99	0,11	0,131	1,182
4. Плиты минераловатные ПТМ СТБ 1995-T5-DS(TH)1-CS(10)40-TR15-WS1 $\rho=135$ кг/м ³	0,12	0,0428	0,482	2,804	0,249
5. Армированный полиминеральный слой по СТБ 1621 $\rho=1730$ кг/м ³	0,006	0,87	0,015	0,007	0,4
6. Защитно-отделочный полиминеральный слой по СТБ 1621 $\rho=1740$ кг/м ³	0,006	0,87	0,02	0,007	0,3

(*) - нумерация и последовательность расположения слоёв конструкции соответствует направлению от внутреннего воздуха помещения к наружному воздуху

Данные для таблицы 1 взяты из проекта термореновации 18.17 «Реконструкция учебно-лабораторных корпусов №-1, 2 Полоцкого государственного университета», разработанного в 2017 г. Полоцким государственным университетом. При изучении материалов проекта нами установлено, что в нём отсутствуют какие-либо расчётные показатели влажностного режима ограждающих конструкций.

Физико-математическое понятие потенциала влажности θ , °Вл, аналогично потенциалу температуры t , °С. По аналогии с законом теплопроводности удельный поток влаги через ограждение G , кг/(м²·ч), пропорционален градиенту потенциала влажности, который учитывает все формы переноса влаги в материалах [3, 5]:

$$G = -\chi \cdot \text{grad}\theta \quad (1)$$

где χ – коэффициент влагопроводности, кг/(м·ч·°Вл); θ – градиент потенциала влажности, °Вл/м.

Коэффициент влагопроводности строительных материалов определяется по зависимости [3, 5]:

$$\chi = \frac{(e_{\text{int}} - e_{\text{ext}}) \cdot \mu}{\theta_{\text{int}} - \theta_{\text{ext}}} \quad (2)$$

где e_{int} , e_{ext} – соответственно упругости водяного пара с внутренней и наружной сторон слоя материала ограждения, Па; θ_{int} , θ_{ext} – соответственно потенциалы влажности воздуха с внутренней и наружной сторон слоя материала ограждения, °Вл; μ – коэффициент паропроницаемости материала, кг/(м·ч·Па).

Потенциалы влажности внутреннего и наружного воздуха можно определить по аналитическим зависимостям [3, 5, 6]:

при $t \leq 10$ °С и любой относительной влажности φ или при $t > 10$ °С, $\varphi < 80\%$ и $0 < d \leq 20$ г/кг

$$\lg \theta = 0,057 \cdot d + 0,829$$

при $t > 10$ °С и $\varphi \geq 80\%$

$$\lg \theta = 0,12 \cdot d - 0,049 \cdot t + 1,056$$

Формулы получены путем аппроксимации кривых постоянных потенциалов влажности θ , нанесенных на I - d -диаграмму влажного воздуха. Формулы получены без учёта влияния солнечной радиации на величину потенциала влажности [6].

Влагосодержание воздуха d , г/кг, можно определить по формуле [3, 5]:

$$d = \frac{\varphi}{24,39 \cdot \exp(-0,062 \cdot t)} \quad (3)$$

Максимальный сорбционный потенциал влажности, соответствующий максимальному сорбционному влагосодержанию материала при температуре t , определяется по формуле [3, 4, 7]:

$$\theta_{\max} = \frac{5314 \cdot R}{1 + 107,08 \cdot \exp(-0,106 \cdot t)} \quad (4)$$

где R – газовая постоянная водяного пара, кДж/(кг·°К)

По профилю температуры $t(x)$ определяется профиль сорбционного потенциала влажности $\theta(x)$ [4]. По наибольшему положительному отклонению θ от $\theta_{\max}$ определяется плоскость наибольшего увлажнения. Затем строится профиль относительного потенциала влажности $\theta_{\phi}(x) = \theta(x) / \theta_{\max}(x)$. На основе имеющихся зависимостей $w = f(\theta_{\phi})$ строят профиль равновесного влагосодержания материалов ограждающей конструкции $w(x)$. Сверхсорбционное увлажнение материалов ограждающих конструкций будет при условии $\theta(x) > \theta_{\max}(x)$.

Поглощение влаги материалом определяется зависимостью равновесного влагосодержания w , кг/кг от абсолютного потенциала влажности θ при разных температурах при помощи относительного потенциала влажности θ_{ϕ} [8]. С использованием зависимостей равновесного влагосодержания материала w от относительного потенциала влажности θ_{ϕ} определяется количество влаги в материале конструкции.

График зависимости $\theta_{\phi}(x)$ для исследованной ограждающей конструкции приведён на рисунке 1.

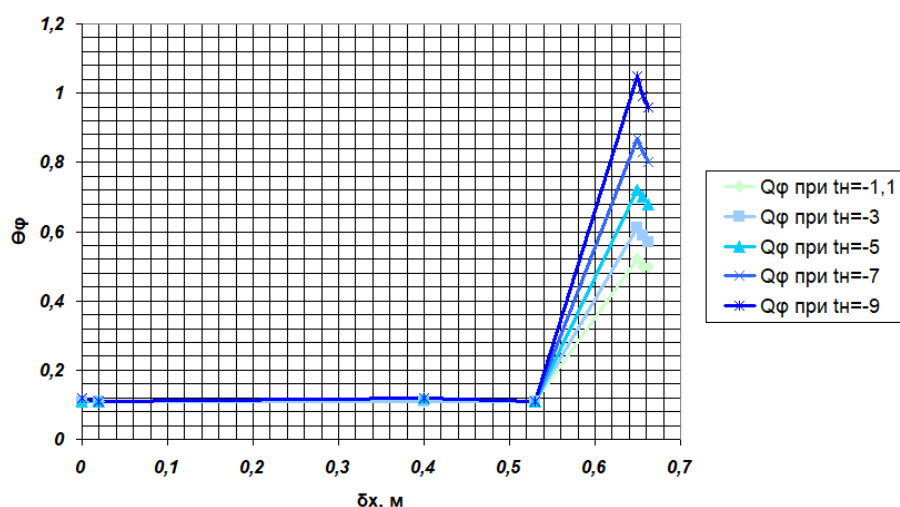


Рисунок 1. – Изменение относительного потенциала влажности θ_{ϕ} в материалах слоёв наружной стены при различных температурах наружного воздуха t_n ; δx – толщина слоёв конструкции, м, отсчитываемая от внутренней поверхности стены

Из рисунка 1 видно, что превышение θ над $\theta_{\max}$ отсутствует при температурах наружного воздуха выше -9°C . На стыке теплоизоляционного слоя с наружными армированным и защитно-отделочными слоями $\theta_{\phi} \sim 1$.

В наибольшей степени увлажнению подвергается теплоизоляционный слой (рисунок 2).

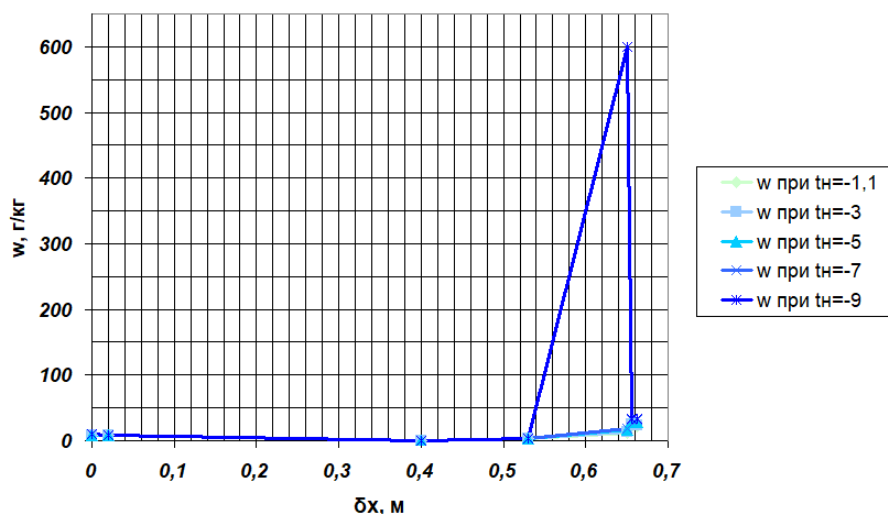


Рисунок 2. – Изменение равновесного влагосодержания w , г/кг, в материалах слоёв наружной стены при различных температурах наружного воздуха t_n ; δx – толщина слоёв конструкции, м, отсчитываемая от внутренней поверхности стены

В этом слое конструкции образуется зона сверхсорбционной влажности при температурах наружного воздуха от -9°C и ниже. При этом в данном слое наблюдается переход от сорбционно-связанной влаги к капиллярной ($\theta_{\phi} < 1,5$) (переход от капиллярно-связанной к свободной влаге может наблюдаться при $\theta_{\phi} \geq 1,5$).

Закключение. Таким образом, на рассмотренном примере показано, что наряду с традиционным методом стационарной диффузии водяного пара расчёт влажностного режима методом потенциалов влажности позволяет учесть количественно и качественно содержание влаги в её различных фазовых состояниях, включая при этом сорбированную влажность и область сверхсорбционного увлажнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корниенко, С. В. Влагозащита ограждающих конструкций и ее повышение : монография / С. В. Корниенко ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград : Изд-во ВолгГТУ, 2021. – 96 с.
2. Богословский В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) : Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1982. – 415 с.
3. Рафальская, Т. А. Определение влагонакоплений в многослойных ограждающих конструкциях на основе потенциала влажности / Т. А. Рафальская // Современное промышленное и гражданское строительство, 2019. – Том 15. – № 2. – С. 91–98.
4. Корниенко, С. В. Метод инженерной оценки влажностного режима ограждающих конструкций на основе потенциала влажности] / С. В. Корниенко // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. №2. – С. 46–48.
5. Кучеренко, М. Н. Применение теории потенциала влажности для расчёта переноса влаги через наружные ограждения / М.Н. Кучеренко, Е.В. Чиркова // Известия вузов. Строительство, 2013. – № 5. – С. 63–67.
6. Кучеренко, М. Н. Определение расчётных параметров наружного и внутреннего воздуха на основе теории потенциала влажности / М. Н. Кучеренко, Е. В. Чиркова, М. В. Бикунова, Г. И. Грейсх, В. В. Салмин // Региональная архитектура и строительство, 2018. – № 1. – С. 162–167.
7. Корниенко, С. В. Инженерная оценка влажности наружных стен / С. В. Корниенко // Вестник ВолгГАСУ, 2015. – Вып. 1(37). – С. 113–126.
8. Корниенко, С. В. Характеристики состояния влаги в материалах ограждающих конструкций зданий [Текст] / С. В. Корниенко // Строительные материалы, 2007. – № 4. – С. 74–76.

УДК 622.691.4

УСЛОВИЯ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

В.В. БЕРДАШКЕВИЧ

(Представлено: А.Н. Янушонок)

Целью исследования является обзор основных методов определения технического состояния распределительных газопроводов и выбор оптимального метода для более объективной оценки ресурса газопровода и оборудования.

В настоящее время общая протяженность распределительных сетей природного газа Республики Беларусь составляет около 65 тыс. км. Из них находится в эксплуатации 35 тыс. км полиэтиленовых и 30 тыс. км стальных газопроводов, входящих в газораспределительную систему Республики Беларусь, через которую ежегодно поставляется потребителям 18–19 млрд м³ природного газа. Газификация Республики Беларусь, как процесс создания в масштабе страны разветвленной газораспределительной системы для снабжения потребителей газообразным топливом, осуществляется с 6 ноября 1958 года.

В связи с повышением сроков эксплуатации встает необходимость оценки технического состояния распределительных газопроводов с антикоррозионными покрытиями, защищаемые от коррозии станциями катодной защиты. Опыт организаций, которые эксплуатируют сетевые газопроводы, показывает, что при проведении диагностических работ состояние труб после длительной эксплуатации мало отличается от новых участков. В тоже время обобщение и систематизация результатов проводимых работ на текущий момент не проведена. В связи с этим целесообразно провести оценку технического состояния распределительных газопроводов, находящихся в длительной эксплуатации за пределами нормативного срока службы.

Научные основы определения технического состояния конструкций включают следующие элементы:

- обоснование параметров, с помощью которых оценивается его техническое состояние;
- определение критериев достижения предельного состояния;
- оценку напряженно-деформированного состояния конструкций;
- установление механизма деградации материала.

В целом процессы деградации обуславливаются условиями эксплуатации конструкции. К основным факторам, которые могут повлечь деградацию, обычно относят:

- жесткость нагружения конструкции;
- цикличность нагружения;
- температурный режим эксплуатации;
- возможность эрозионных процессов;
- изменение химического состава вследствие контакта со средой, содержащей вредные примеси, способные проникать в решетку металла;
- механизм и динамика развития коррозионных процессов;
- воздействие радиационного излучения.

Результатом совокупности воздействий эксплуатационных факторов обычно являются следующие процессы:

- изменение геометрии элемента конструкции;
- поверхностное коррозионное повреждение элемента конструкции;
- образование и развитие макродефекта;
- деградация (старение) структуры материалов.

Деградация структуры сталей может проявляться в виде их разупрочнения, упрочнения и охрупчивания.

Рассмотрим условия работы газопроводов распределительных сетей.

Газопроводы распределительных сетей нагружены внутренним давлением транспортируемого газа. В соответствии с [1] избыточное давление в сетевых газопроводах не превышает 1,2 МПа. При этом в городских условиях наибольшая часть распределительных сетевых газопроводов, подающих природный газ непосредственно потребителю, имеет избыточное давление не более 5 кПа. Определим необходимую толщину стенки газопровода по известной формуле 1:

$$\delta = \frac{npD_n}{2(R_1 + np)} \quad (1)$$

где n — коэффициент надежности по нагрузке, то есть по внутреннему рабочему давлению в трубопроводе;

p — внутреннее давление, МПа;

D_n — наружный диаметр трубы, мм;

R_1 — расчетное сопротивление растяжению, МПа.

Если использовать наиболее высокие коэффициенты запаса прочности и условий работы, то для наиболее широко используемых газопроводов диаметром 59, 89, и 108 мм с максимально возможным давлением в 1,2 МПа толщина стенки необходимая для безопасного восприятия внутреннего давления не превышает 1 мм, что в три и более раз ниже значений толщин стенки в сортаменте. Таким образом можно констатировать, что условия эксплуатации сетевых распределительных газопроводов таковы, что в металле труб отсутствуют напряжения, которые могли бы вызвать пластические деформации. Это обстоятельство говорит о том, что не должно происходить значительного повышения предела прочности и предела текучести, а также снижения относительного удлинения и ударной вязкости стали сетевых газопроводов вследствие деформационного старения, накопления повреждаемости стали и развития процессов макродефектности.

Следующим возможным фактором деградации металла строительных конструкций является деформационное старение в зонах и элементах металлических конструкций, испытывающих малоцикловую усталость и перегрузку. В результате действия циклических нагрузок с размахом более 15% от допускаемого напряжения при расчете на статическую прочность происходит процесс накопления при пластической деформации дефектов кристаллической решетки типа дислокаций и последующего закрепления их атомами внедрения. Режим работы сетевых газопроводов определяется регуляторами давления газа, поддерживающими стабильное значение на протяжении всего периода эксплуатации. Полный цикл нагрузки от нуля до максимальных значений возможен только в случае проведения ремонтных работ. Кроме того напряжения в металле распределительных газопроводов гораздо ниже значений, при которых происходят пластические деформации. Это свидетельствует о низком риске развития деформационного старения вследствие циклических нагрузок.

Рассмотрим температурный режим эксплуатации распределительных газопроводов. В данном исследовании рассматриваются только проложенные в подземном исполнении газопроводы, так как свободный доступ к ним осложнен необходимостью проведения земляных работ. Сетевые газопроводы укладываются на глубине не менее 0,8 метра [1], что сглаживает суточные колебания температуры и обеспечивает достаточно стабильный температурный режим. Как правило в условиях Республики Беларусь изменение температуры на глубине заложения газопроводов в течение года не превышает 15°C, а максимальная температура не превышает 20°C [2]. Малые перепады температур обуславливают незначительные осевые температурные напряжения, а низкое значение максимальной температуры эксплуатации исключает возможность развития тепловой хрупкости, обусловленной сегрегацией вредных примесей типа фосфора и его химических аналогов и выделением карбидов по границам зерен, и появляющейся при длительных воздействиях температуры выше 250°C [3].

Изменение химического состава вследствие контакта со средой, содержащей вредные примеси, способные проникать в решетку металла может также приводить к деградации механических свойств. Так, например, известно о хрупкости, вызванной воздействием водорода и водородосодержащих газовых и жидкостных сред, или вызванной насыщением азотом и углеродом [3]. В соответствии с [4] помимо метана и его гомологов в незначительных количествах в состав перекачиваемого газа может входить азот, диоксид углерода, водяные пары, серосодержащие соединения, инертные газы. При определении химического состава, например [5] также выявляют гелий, водород, кислород и ряд углеводородов. Несмотря на контактирование распределительных газопроводов со средой, которая содержит вредные примеси, которые потенциально могут приводить к охрупчиванию металла труб, содержание этих примесей в природном газе крайне мало. При этом условия протекания охрупчивания металлов подразумевают высокие давления и температуры [3], которые на порядок выше тех, при которых эксплуатируются распределительные газопроводы (не выше плюс 20°C) [2]. Таким образом хрупкость стали, вызываемая изменением химического состава вследствие контакта со средой, содержащей вредные примеси, должна быть не характерна для распределительных газопроводов. Радиационная хрупкость, вызываемая длительным воздействием потока нейтронов при высоких температурах, не характерна для распределительных газопроводов в связи с отсутствием как высоких температур, так и интенсивного длительного потока нейтронов.

Деградация структуры в углеродистых сталях может проявляться в виде графитизации или сфероидизации перлита. Графитизация, заключающаяся в распаде цементита с выпадением графита происходит в углеродистых сталях при их длительном нагреве при температурах выше 400°C, что значительно выше температур эксплуатации и не проявляется в металле труб распределительных газопроводов. Сфероидизация перлита свойственна углеродистым и низколегированным сталям с пластинчатым перлитом. Процесс превращения пластинчатой перлитной составляющей в сферическую сопровождающаяся снижением вязко-пластических свойств и возрастанием прочностных свойств. В связи с малой долей углерода в сталях, применяемых для сооружения распределительных газопроводов, можно ожидать незначительное изменение этих свойств в результате старения.

Эрозионные процессы возможны при наличии высокой скорости движения потока газа и содержании в нем твердых механических включений. В связи с тем, что скорости газа в распределительных газо-

проводах не превышают 25 м/с, а для газопроводов низкого давления 7 м/с [1], а также наличия фильтров на газорегуляторных пунктах, то эрозионные процессы также не будут проявляться при эксплуатации распределительных газопроводов.

Для распределительных газопроводов, как и любых стальных конструкций, возможно протекание коррозионных процессов. Их динамика и механизмы могут быть различными в зависимости от условий прокладки. Материал газопроводов контактирует с разнообразными грунтами различной степени обводненности в случае нарушения изоляционного покрытия. Для защиты от коррозии на стальные распределительные газопроводы наводят защитный потенциал, который делает термодинамически невозможным протекание процесса коррозии, а также при подземной прокладке наносят изоляционное покрытие с целью разграничения металла труб с почвенным электролитом. Как показывает практика этих мер достаточно для предотвращения обширной общей коррозии, и толщина стенки труб после эксплуатации в течение 30-60 лет находится в допусках на изготовление труб. При этом возможны процессы локальных коррозионных повреждений вследствие наличия блуждающих токов или колоний бактерий в почве. Участки, выработавшие свой ресурс по критерию коррозионных повреждений, должны быть выявлены и заменены. Как показывают практические данные с учетом защиты газопроводов пассивными (нанесение изоляционных покрытий) и активными методами (электрохимическая защита) коррозионные процессы в целом развиваются достаточно медленно и не являются в общем случае причиной изменений состояния металла распределительных газопроводов.

В литературе также отсутствуют упоминания об отказах или повреждениях распределительных газопроводов вследствие действия комплекса перечисленных факторов, таких как коррозионно-усталостное разрушение или коррозионное растрескивание под напряжением.

Заключение. Распределительные газопроводы эксплуатируются в щадящих условиях и скорость деградации их структуры, а также механических свойств будет мало меняться со временем. Ожидается снижение вязко-пластичных свойств и незначительный рост прочностных характеристик металла газопроводов. В тоже время наиболее достоверные выводы могут быть получены только на основании проведения исследований изменения свойств газопроводов в процессе эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Газораспределение и газопотребление: СН 4.03.01-2019. – Введ. 21.09.2020 (с отменой ТКП 45-4.03-267-2012 (02250), ТКП 45-4.03-257-2012 (02250) (в части проектирования газопроводов из полиэтиленовых труб)). – Минск: Стройтехнорм, 2020. – 113 с.
2. Справочник по климату Беларуси, 85с. ред., т. ч. I Температура воздуха и почвы, Мн.: 2017.
3. РД 30-410-01. Инструкция по проведению комплексного технического освидетельствования изотермических резервуаров сжиженных газов, М.: РАО «ЕЭС России», 2001, р. 38 с.
4. ГОСТ 5542—2014 «Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения», 2014.
5. ГОСТ 31371.3-2008 Газ природный. Определение состава методом газовой хроматографии с оценкой неопределенности. Часть 3. Определение водорода, гелия, кислорода, азота, диоксида углерода и углеводородов до C3 с использованием двух насадочных колонок.

УДК 622.691.4

ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛА
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ**В.В. БЕРДАШКЕВИЧ**

(Представлено: А.Н. Янушонок)

Целью исследования оценка фактического состояния материала распределительных газопроводов и определения срока службы газопроводов.

В настоящее время общая протяженность распределительных сетей природного газа Республики Беларусь составляет около 65 тыс. км. Из них находится в эксплуатации 35 тыс. км полиэтиленовых и 30 тыс. км стальных газопроводов, входящих в газораспределительную систему Республики Беларусь.

Фактический срок эксплуатации части газопроводов превысил нормативный срок службы, который составляет 40 лет. После достижения данного срока требуется выполнение мероприятий по техническому обследованию, а для газопроводов, находящихся в эксплуатации свыше 40 лет (в среднем по системе – 17% от общей протяженности стальных газопроводов) – выполнение мероприятий по техническому диагностированию для принятия решения по дальнейшему продлению назначенного ресурса газопроводов или их реконструкции (замены) [1].

В отличие от магистральных трубопроводов в распределительных сетях низкого давления избыточное давление не вызывает таких значительных напряжений в металле труб, что снижает скорость деградации их служебных свойств. Таким образом, встает вопрос об обоснованности 40-летнего нормативного срока службы распределительных газопроводов и возможности его изменения в сторону его увеличения.

Научные основы определения технического состояния включают:

- обоснование параметров, с помощью которых оценивается его техническое состояние;
- определение критериев достижения предельного состояния;
- оценку напряженно-деформированного состояния конструкций;
- установление механизма деградации материала.

Качество решения поставленной задачи зависит от полноты собранной информации об объекте диагностирования, полученной при изготовлении и за все время его эксплуатации. Оценка остаточного ресурса газопроводов проводится путем экстраполяции изменения значений измеряемых характеристик, определенных при текущем диагностировании, при сохранении существующих условий эксплуатации (рисунок 1).

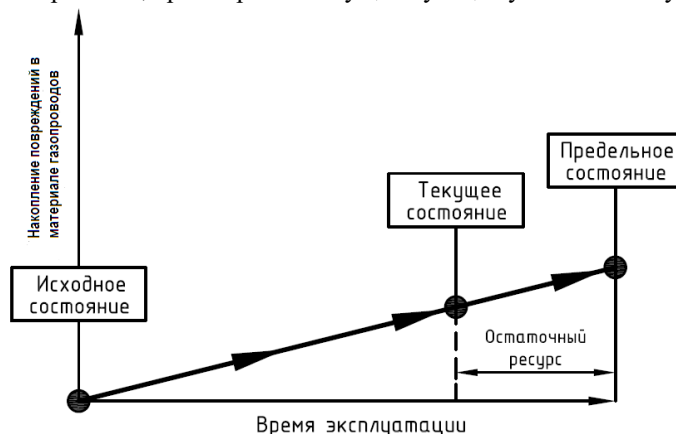


Рисунок 1. — Схема, поясняющая определение остаточного ресурса газопроводов

Классический подход к анализу материала конструкций газопроводов предусматривает оценку во взаимосвязи изменений во времени его химического состава, структуры и механических свойств в зависимости от влияния внешних факторов (температуры, давления и воздействия агрессивных сред) [2].

Для оценки состояния материала труб распределительных газопроводов нами была разработана программа испытаний и проведена серия экспериментов. Испытаниям подвергался основной металл и сварные соединения сетевых газопроводов, которые эксплуатируются более 30 лет. Определено 49 мест для вырезки участков газопроводов. Минимальная толщина стенки составляла 4 мм, диаметр – не менее 89 мм. По возможности для исследований выбирали трубы, которые эксплуатировались в наихудших условиях: с малым радиусом изгиба, что ведет к повышенным напряжениям в металле труб в процессе эксплуатации, и в грунтах с высокой коррозионной активностью.

Отбор проб для испытаний на растяжение и ударный изгиб проводился по ГОСТ 7564 [3]. Из объектов исследования изготавливались стандартные образцы.

Испытания на растяжение проводились на разрывной машине ZD 10/90 №55/72 (свидетельство о калибровке ВУ 01 №3096-41 от 08.09.2020 г. Объем испытаний составлял не менее 2 образцов для определения значений на каждую исследуемую точку. Для испытания на ударный изгиб по ГОСТ 9454 [4] изготавливались образцы длиной 55 мм, шириной 8 мм, с V-образным концентратором напряжений

Оценка макроструктуры и микроструктуры проводились по стандартным методикам. Подготовка образцов производилась холодным механическим способом:

- резанием (образцы вырезались);
- заливка эпоксидной смолой для получения шлифов;
- шлифовались, полировались на станок шлифовальный «Mecatome T201A зав. №214»;

Для выявления микроструктуры проводилось травление образцов 3% раствором азотной кислоты в спирте, протиркой контролируемого сечения реактивом. По окончании травления шлифы тщательно промывались в проточной воде и просушивались.

Измерение твердости производилось на твердомере ТК-2 зав. №255.

Химический состав трубных сталей определяли спектроскопическими методами.

Результаты исследований наносили на временную шкалу. После чего устанавливали наличие деградации механических свойств и анализировали изменения, происходящие в материале. По каждому из выбранных критериев проводили статистическую обработку экспериментальных данных согласно [5], их аппроксимацию и последующую экстраполяцию (выбор функции экстраполяции определялся наиболее быстрым снижением свойств при высоком коэффициенте возможной корреляции) с целью оценки возможности эксплуатации в течение не менее 15 лет. В качестве предельных значений принимались минимальные нормативные значения исследуемых параметров.

Таблица 1. – Результаты статистической обработки изменений свойств металла труб

№	Статистический параметр	Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² ,	Относительное удлинение δ_5 , %,	Предел текучести σ_{02} , МПа,	Предел прочности σ_b , МПа	Предел прочности сварного шва σ_w , МПа
2	Среднее значение от шва (X_{cp})	105,8	32,4	347,3	445,0	441,3
3	Стандартное отклонение S по генеральной совокупности	17,025	4,070	37,516	33,668	37,282
4	Стандартное отклонение среднего S_{cp}	2,4321	0,5814	5,3594	4,8097	6,6960
6	Доверительный интервал ДИ=t· S_{cp}	4,890	1,169	10,776	9,671	13,675
7	Относительная ошибка δ , %	4,6221	3,6082	3,1026	2,1731	3,0985
9	Предельная остаточная погрешность первичных измерений данной серии	43,787	10,467	96,491	86,594	89,513

Промахом считается любой отслеживаемый параметр X_i , для которого $|\Delta x_i| > f_{np.n}$. Это условие выполняется для одной точки № 31, поэтому все измерения в данной серии принимаются действительными для дальнейшего анализа.

Таблица 2 – Результаты статистической обработки ударной вязкости сварного соединения труб KCV, Дж/см²

№	Статистический параметр	Околошовная	Шов
2	Среднее значение KCV, Дж/см ² , от шва (X_{cp})	91,2	83,5
3	Стандартное отклонение S по генеральной совокупности	31,493	30,284
4	Стандартное отклонение среднего S_{cp}	4,4990	4,3262
6	Доверительный интервал ДИ=t· S_{cp}	9,046	8,698
7	Относительная ошибка δ , %	9,9167	10,4213
9	Предельная остаточная погрешность первичных измерений данной серии	81,000	77,889

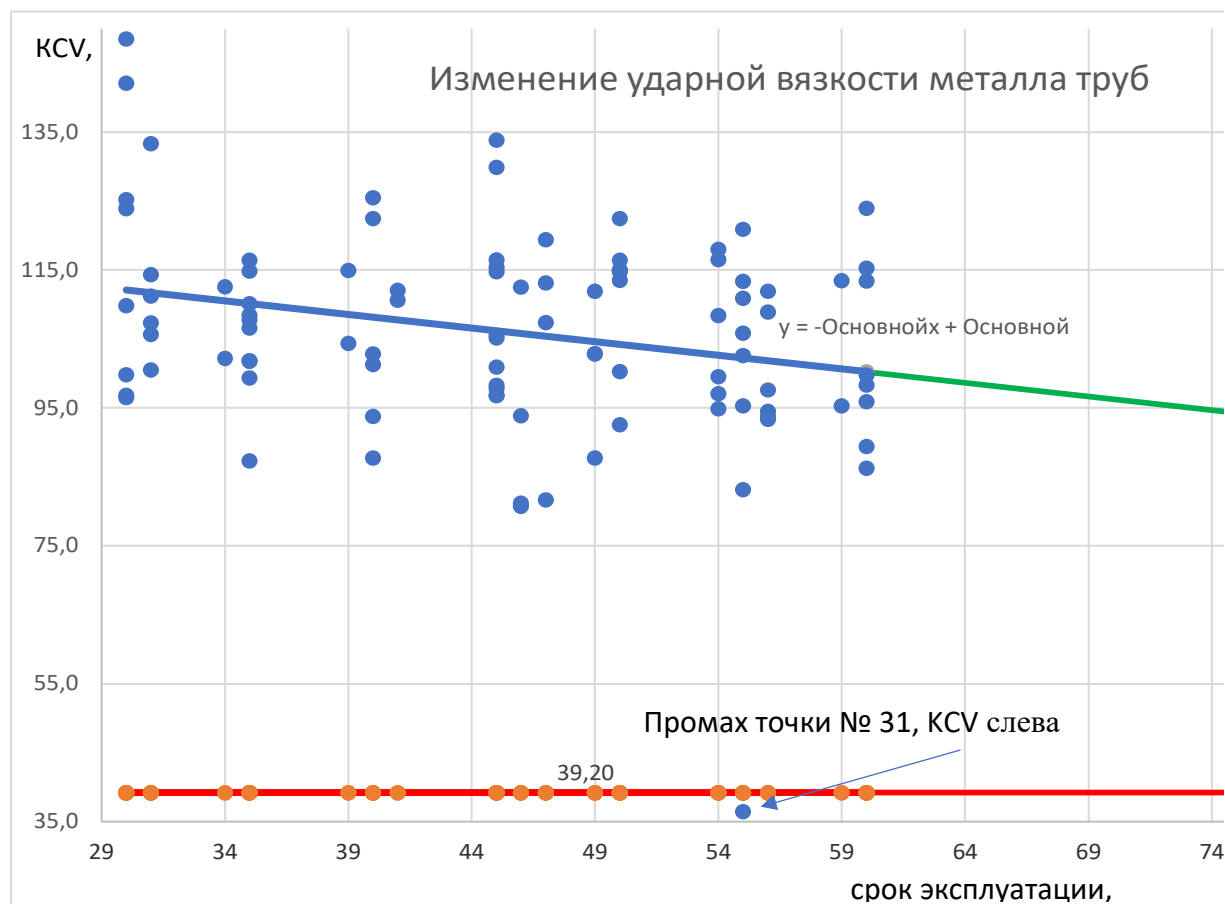


Рисунок 2 – Аппроксимация изменения ударной вязкости металла труб KCV слева от шва (синяя линия) по сроку эксплуатации, лет, и её экстраполяция (зелёная линия). Красная линия – нормативное значение KCV

Заключение. Нормативный срок службы распределительных газопроводов может быть увеличен с 40 до 55 лет при условии сохранения текущей политики эксплуатации. Увеличение срока службы только до 55 лет обусловлено тем, что сохраняется достаточный срок до истощения остаточного ресурса по критерию ударной вязкости, а также увеличением дисперсии значений контролируемых параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Газораспределение и газопотребление: СН 4.03.01-2019. – Введ. 21.09.2020 (с отменой ТКП 45-4.03-267-2012 (02250), ТКП 45-4.03-257-2012 (02250) (в части проектирования газопроводов из полиэтиленовых труб)). – Минск: Стройтехнорм, 2020. – 113 с.
2. РД 03-421-01. Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного ресурса службы сосудов и аппаратов, СПб.: ЦОТПБСП, 2003, р. 136 с.
3. ГОСТ 7564. Прокат. Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний, Мн.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997, р. 15 с.
4. ГОСТ 9454-78. Металлы. Методы испытаний на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах, М.: Издательство стандартов, 2008.
5. Камкина, Л.В., Надточий, А.А., Гришин, А.М., Стогний, Ю.Д., Основы научных исследований: Учебное пособие, Днепрпетровск: НМетАУ, 2013, 88 с.

УДК 614.842.61:66.076

**СНИЖЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЧЕЛОВЕКА
И СОСЕДНИЕ РЕЗЕРВУАРЫ ПРИ ВОЗГОРАНИИ РЕЗЕРВУАРА
ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СЖИЖЕННОГО ГАЗА****А.Д. КОНДРАТЮК***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.Г. Кульбей)*

Рассчитывалась величина зон влияния теплового излучения при возгорании на хранилище сжиженного природного газа, а также интенсивность теплового излучения на соседние с очагом возгорания резервуары. В ходе работы был сделан вывод что перевод резервуаров из надземного исполнения в подземное позволяет значительно уменьшить вероятность развития аварии.

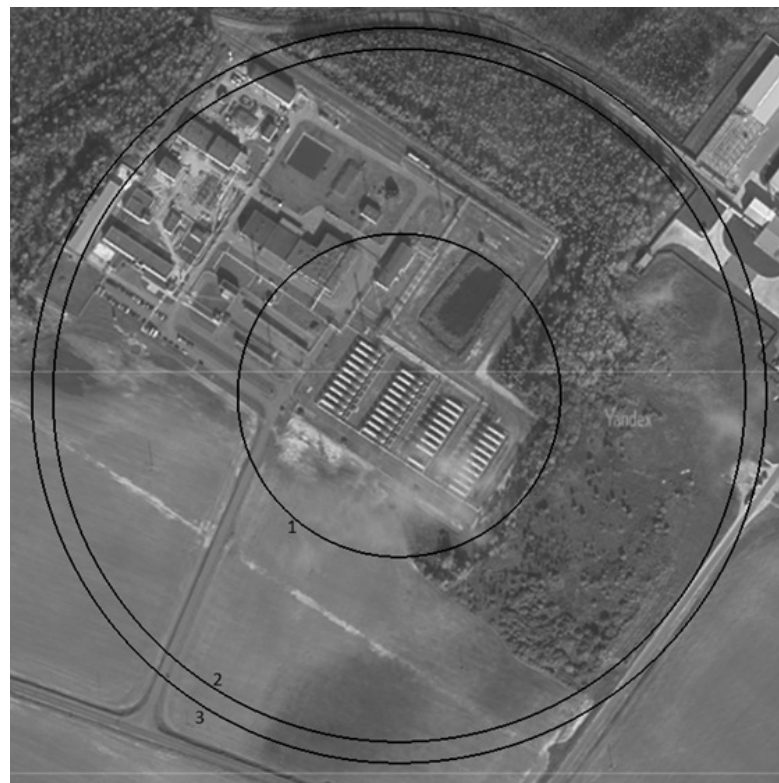
В современном мире остро стоят вопросы охраны труда и экологии. Особую опасность в этих вопросах представляют склады хранения сжиженных углеводородных газов в связи с тем, что при возгорании резервуаров на складах сжиженных природных газов возникает высокая опасность как для здоровья человека, так и для окружающей среды в связи с высоким уровнем теплового излучения, а также высоким уровнем выбросов оксидов углерода в атмосферу. Исходя из вышеперечисленного необходимо провести оценку влияния интенсивности теплового излучения на человека и соседние резервуары.

Горение сжиженных углеводородных газов возможно с возникновением огненного шара и без возникновения огненного шара [1]. При оценке значений критерия пожарной опасности учитывается сценарий с наибольшей интенсивностью теплового излучения. Был выбран сценарий с возникновением огненного шара и произведен расчет сценария [1]. Результаты расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты расчета радиусов зон воздействия теплового излучения при пожаре с возникновением огненного шара

Время существования «огненного шара», с	Расстояние при реакции на человека, м		
	Отсутствие воздействия на человека	Переносится длительное время	Появление ожогов (волдырей) через 10–20 с
11,57	>333,501	314,231	146,777

Для анализа зон действия ударной волны и теплового излучения была выбрана Руденская газонаполнительная станция резервуарный парк которой насчитывает 39 стальных горизонтальных резервуаров.



1 – отсутствие воздействия на человека
2 – переносится длительное время
3 – появление ожогов (волдырей) через 10-20 с

Рисунок 1. – Радиусы зон воздействия теплового излучения при пожаре с возникновением огненного шара

При горении сжиженных углеводородных газов на Руденской газонаполнительной станции была рассчитана интенсивность теплового излучения для резервуаров соседних от очага возгорания [1]. Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Интенсивность теплового излучения для резервуаров соседних от очага возгорания

Номер по счету от источника возгорания	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Интенсивность теплового излучения на резервуар, кВт/м ²	112,24	110,07	105,89	100,09	93,13	85,49	77,59	69,8	62,36

Исходя из данных приведенных в таблице 2 возможно развитие эффекта BLEVE при котором будет происходить вскипание сжиженных углеводородных газов в резервуарах соседних от очага возгорания, что в свою очередь приведет к взрыву соседних резервуаров, увеличению интенсивности горения и выбросу в атмосферу паров сжиженного природного газа. Человек находящийся в атмосфере с небольшим содержанием паров сжиженного газа в воздухе, испытывает кислородное голодание, а при значительных концентрациях в воздухе может погибнуть от удушья.

Для подземных стальных горизонтальных резервуаров интенсивность теплового излучения можно не учитывать так как времени, которое требуется для нагрева такого резервуара до критических значений, достаточно для устранения аварии. Из вышесказанного можно сделать вывод что перевод стальных горизонтальных резервуаров для хранения сжиженных углеводородных газов из надземного положения в подземное значительно снизит вероятность развития аварии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности = Катэгарыраванне памяшканняў, будынкаў і вонкавых устаноў па ўзрывапажарнай і пажарнай небяспек: ТКП 474–2013. – Введ. 29.01.13. – Минск: Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 2013. – 53 с.

УДК 614.842.61:66.076

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗЕМЛЯНОЙ НАСЫПИ НА ВЕЛИЧИНУ РАДИУСОВ ДЕЙСТВИЯ
УДАРНОЙ ВОЛНЫ ПРИ ВЗРЫВЕ ПАРОВ СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ****А.Д. КОНДРАТЮК***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.Г. Кульбей)*

По величине радиусов зон действия ударной волны при взрыве сжиженных углеводородных газов, хранящихся в резервуаре в надземном и подземном исполнении, определялось влияние земляного вала на величину радиусов действия взрывной волны. Был сделан вывод что перевод резервуаров из надземного исполнения в подземное позволяет значительно уменьшить радиусы зон действия ударной волны.

В мире наблюдается процесс увеличения количества диверсий. Например удар по нефтебазе в Белгороде, а также удары по областным нефтебазам Украины (в Волынской области, Ивано-Франковской области и т.д.). Кроме того Президент Беларуси Александр Лукашенко заявил на совещании по вопросу обеспечения законности и правопорядка: «По-прежнему актуальным является вопрос противодействия террористической и экстремистской угрозам. Больше, чем когда-либо в предыдущие годы». Особую опасность представляют склады хранения сжиженных углеводородных газов из-за возможности пожаров, взрывов и интоксикации людей при утечке больших объемов горючих токсичных газов. Стандартной практикой хранения сжиженных углеводородных газов в Республике Беларусь является их хранение в стальном горизонтальном резервуаре. Ввиду высокой взрывоопасности сжиженных углеводородных газов большую опасность представляют взрывы в самих резервуарах и последующие выбросы в атмосферу взрывоопасных и токсичных продуктов, что в свою очередь несет большие последствия для экологической ситуации.

Стальные горизонтальные резервуары для хранения сжиженных углеводородных газов существуют в надземном и подземном исполнении. Для оценки влияния земляного вала на величину радиусов действия ударной волны необходимо провести расчет радиусов действия ударной волны для надземных и подземных сооружений. При взрыве сжиженных углеводородных газов основным поражающим фактором является ударная волна. Был произведен расчет радиусов действия ударной волны при взрыве паров сжиженных углеводородных газов [1]. Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты расчета радиусов действия ударной волны при взрыве паров сжиженных углеводородных газов

Радиусы разрушения зданий и оборудования, м					Радиусы поражения человека, м	
Полное разрушение	Тяжелые повреждения, здание подлежит сносу	Средние повреждения, возможно восстановление здания	Разрушение оконных проемов, легко сбрасываемых конструкций	Частичное разрушение остекления	порог выживания	порог повреждения (контузия лёгких)
42,408	51,027	86,671	137,943	693,036	52,705	307,986

Для анализа зон действия ударной волны и теплового излучения была выбрана Руденская газонаполнительная станция резервуарный парк которой насчитывает 39 стальных горизонтальных резервуаров. Согласно таблице 1 при взрыве паров сжиженных углеводородных газов на Руденской газонаполнительной станции при наихудшем сценарии, который предполагает, что эпицентр взрыва будет расположен в центре резервуарного парка, будет уничтожен весь резервуарный парк.

При переводе стальных горизонтальных резервуаров из надземного исполнения в подземное происходит ослабление ударной волны на 90% [2]. Результаты расчетов радиусов действия ударной волны при взрыве паров сжиженных углеводородных газов для подземных сооружений [1] представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Результаты расчета радиусов действия ударной волны при взрыве паров сжиженных углеводородных газов для подземных сооружений

Радиусы разрушения зданий и оборудования, м				
Полное разрушение	Тяжелые повреждения, здание подлежит сносу	Средние повреждения, возможно восстановление здания	Разрушение оконных проемов, легко сбрасываемых конструкций	Частичное разрушение остекления
4,2408	5,1027	8,6671	13,7943	69,3036



- 1 – полное разрушение;
- 2 – тяжелые повреждения, здание подлежит сносу, порог выживания;
- 3 – средние повреждения, возможно восстановление здания;
- 4 – разрушение оконных проемов, легко сбрасываемых конструкций;
- 5 – порог повреждения (контузия лёгких);
- 6 – частичное разрушение остекления

Рисунок 1. – Радиусы действия ударной волны при взрыве паров сжиженных углеводородных газов



- 1 – полное разрушение
- 2 – тяжелые повреждения, здание подлежит сносу;
- 3 – средние повреждения, возможно восстановление здания;
- 4 – разрушение оконных проемов, легко сбрасываемых конструкций;
- 5 – частичное разрушение остекления

Рисунок 2. – Радиусы действия ударной волны при взрыве паров сжиженных углеводородных газов для подземных сооружений

Согласно таблице 2 при взрыве паров сжиженных углеводородных газов при переводе стальных горизонтальных резервуаров на Руденской газонаполнительной станции из надземного исполнения в подземное при наихудшем сценарии происходит разрушение только двух резервуаров соседних от резервуара с утечкой.

Исходя из вышеперечисленного можно сделать вывод что при переводе стальных горизонтальных резервуаров из надземного исполнения в подземное происходит значительное ослабление ударной волны

при взрыве, что в свою очередь приводит к значительному повышению противодиверсионной устойчивости складов хранения сжиженных углеводородных газов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности = Катэгарыванне памяшканняў, будынкаў і вонкавых устаноў па ўзрывапажарнай і пажарнай небяспек: ТКП 474–2013. – Введ. 29.01.13. – Минск: Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 2013. – 53 с.
2. Белопухов Л. К., Симонов Н. Н. Исследование действия взрыва за разрушающимися преградами. – Академия наук СССР: Физика взрыва. Сб. №4, 1955. – 117 с.

УДК 621.9.047

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПАДЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА НА ДЕФЕКТАХ ИЗОЛЯЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ

Н.А. НАЗАРЕНКО

(Представлено: канд. тех. наук, доц. А.Г. Кульбей)

В процессе выполнения работ, связанных с методом наклонно-направленного бурения, могут быть выявлены нарушения изоляционного покрытия протянутой трубы, в том числе, повреждения термоусадочных манжет на сварочных стыках.

Одним из методов выявления нарушений изоляционного покрытия является двухэлектродный метод. При помощи данного метода были проведены исследования подводных переходов магистрального нефтепровода Гомель-Горки. Рассмотрим подводный переход через канал Крупка, выполненный способом наклонно-направленного бурения по бестраншейной технологии.



Рисунок 1. – Автор лично принимал участие в поиске утечек изоляционного покрытия

При исследовании двухэлектродным методом синхронно измерялся суммарный потенциал, а также поперечный градиент напряжения в каждом пункте измерения с шагом в 5 метров. Производились следующие синхронные измерения:

- разность потенциалов «труба-земля»
- падения напряжения в грунте (между двумя электродами сравнения, установленными - один над трубопроводом, второй на расстоянии до 5м от первого, перпендикулярно оси трубопровода)

В результате исследования подводного перехода были выявлены критические падения потенциала, что однозначно указывает на наличие дефектов изоляционного покрытия трубопровода. Повреждённые участки могут стать очагами коррозии и привести к негерметичности нефтепровода.

Исходя из этого можно сделать вывод, что актуальным является вопрос обеспечения противокоррозионной защиты повреждённых частей трубопровода.

УДК 621.9.047

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ НАРУШЕННОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Н.А. НАЗАРЕНКО

(Представлено: канд. тех. наук, доц. А.Г. Кульбей)

В результате выполнения строительных работ магистрального нефтепровода Гомель-Горки, после сооружения подводных переходов методом наклонно-направленного бурения, выявились нарушения изоляционного покрытия протянутой трубы, в том числе повреждения термоусадочных манжет на поперечных сварочных стыках.

При проведении электрометрических измерений было определено, что состояние изоляционного покрытия трубопровода не соответствует требуемому значению, что приводит к необходимости определения площади нарушенной изоляции.

Хотелось бы отметить, что конкретных методик решения данного вопроса для данной ситуации не существует. Поэтому, я, совместно с моим научным руководителем Кульбеем Андреем Геннадьевичем, провёл исследовательскую работу по устройству дополнительной компенсационной электрохимической защиты подводных переходов.

Решение данной проблемы мы видим в изменении параметров настройки запроектированной активной защиты, представленной станцией катодной защиты и глубинными анодными заземлителями.

Один из рассматриваемых подводных переходов, на котором было обнаружено повреждение изоляционного покрытия, проложен под каналом Крупка. Согласно исходным данным нам удалось рассчитать дополнительный ток, необходимый для обеспечения защиты данного участка. Значение дополнительного тока составило $1,55 \cdot 10^{-3}$ А.

Нами учтено, что катодная поляризация неизолированной металлической конструкции до величины защитного потенциала требует дополнительного тока. Наиболее вероятные величины плотностей токов, необходимых для поляризации стали в различных средах до минимального защитного потенциала (- 0,85 В) по отношению к медно-сульфатному электроду сравнения, известны [с.240, 1]:

Однако катодная защита используется совместно с изоляционными покрытиями, нанесенными на наружную поверхность трубопровода. Поверхностное покрытие уменьшает необходимый ток на несколько порядков. Например, для катодной защиты стали с хорошим покрытием в почве требуется всего $0,01 \dots 0,2$ мА/м².

Т.е. нами определено, что для защиты поверхности трубы под повреждениями во влажной среде, которую собой представляет подводный переход, потребуется плотность тока q от $16,9$ мА/м² до $64,6$ мА/м².

Это предположение позволило определить суммарную площадь, которую будет обеспечивать дополнительный ток для обоих вариантов, это и будет предполагаемая площадь повреждения изоляции:

$$S_{\text{повр max}} = I_{\text{дон}}/q = 1,55 \cdot 10^{-3}/16,9 \cdot 10^{-3} = 0,09172 \text{ м}^2 = 917,2 \text{ см}^2$$
$$S_{\text{повр min}} = I_{\text{дон}}/q = 1,55 \cdot 10^{-3}/64,6 \cdot 10^{-3} = 0,02399 \text{ м}^2 = 239,9 \text{ см}^2$$

Действительное значение суммарной площади нарушения изоляции предположительно будет лежать в пределах от $917,2 \text{ см}^2$ до $239,9 \text{ см}^2$.

Необходимо отметить, что вычисленная суммарная площадь не дает представления о количестве и действительных размерах порывов. Так, суммарная площадь в 200 см^2 может быть представлена одним порывом размерами 10×20 см или десятью порывами 10×2 см и т.д.

Определить действительную величину нарушения изоляции можно только если раскопать трубопровод, пролегающий на глубине порядка 10м, что является чрезвычайно дорогостоящим мероприятием.

Таким образом, предложенный нами способ позволяет при помощи расчётов определить предполагаемую суммарную площадь повреждения изоляционного покрытия, которую другими способами определить крайне затруднительно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Защита подземных металлических сооружений от коррозии: Справочник / И.В. Стрижевский, А.Д. Белоголовский, В.И. Дмитриев и др. – М.: Стройиздат, 1990. – 303 с.

УДК 628.16

ОБРАБОТКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД СЛОЖНОГО СОСТАВА НА НАПОРНЫХ УСТАНОВКАХ

В.П. ПРОСОЛОВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Д. Ющенко; Е.С. Велюго)

В статье изучены особенности очистки подземных вод сложного состава, содержащих железо и аммиачные соединения, на установках напорного типа и проведены исследования с разработкой технологической схемы на конкретном выбранном объекте.

Введение. Системы водоснабжения являются важными показателями жизнеобеспечения населения. От стабильного функционирования указанных систем зависит нормальная работа населенных пунктов, предприятий, здоровье и безопасность жителей [1,2].

Обеспечение населения водой нормативного качества для городов и поселков городского типа на данный момент является практически решенной задачей. Но, вследствие неравной доступности современных благ и услуг малонаселенных пунктов, это еще остается *актуальной и значимой* проблемой.

Целью данной работы является изучить особенности очистки подземных вод сложного состава, содержащих железо и аммиачные соединения на установках напорного типа и провести исследования с разработкой технологической схемы на конкретном выбранном объекте.

Для проведения эксперимента необходимо было выбрать малый объект водоснабжения, артезианские воды которого содержали в своем составе железо и аммонийные соли. Трудность борьбы с аммиачными соединениями в подземной воде определяется его химическими свойствами: высокой растворимостью этого соединения, что ведет к увеличению их концентрации в водоносном горизонте, а также способностью азотсодержащих компонентов накапливаться в подземной воде во всем природном диапазоне *Eh-pH* состояний подземных вод. При очистке воды от азотсодержащих соединений надо учитывать, что конечный продукт должен быть экологически чистым [3–5]. По этим показателям была определена деревня, расположенная в Витебской области. Для очистки воды была построена станция водоподготовки напорного типа, номинальной производительностью 4 м³/ч.

Состав воды из подземного источника при проектировании станции водоподготовки был принят по результатам анализов в зимний период, когда концентрация железа составляла порядка 5 мг/дм³, а аммония NH_4^+ – до 0,7 мг/дм³. В летний период эти концентрации увеличились до 6 мг/л (железо) и 2,3–3,1 мг/дм³ (аммония NH_4^+). Также произошло увеличение и окисляемости воды (5.09 – 5.31 мгО₂/дм³), что указывает на наличие органических веществ в воде, кроме аммонийных соединений. В этих условиях станция водоподготовки не смогла обеспечить нормативные показатели по СанПиН 10-124 РБ 99.

Увеличение концентраций в летний период обусловлено расположением рядом со скважиной сельскохозяйственных полей и в относительной близости ферм крупнорогатого скота, где с азотсодержащими удобрениями и отходами обращаются недостаточно осмозрительно.

Кроме того, было установлено, что водонапорная башня не могла обеспечить промывку фильтров с требуемым расходом промывной воды. Таким образом, необходимо было выполнить ряд мероприятий по изменению технологической схемы очистки и подачи к потребителю подземной воды с получением нормативных показателей.

Методология исследований. Исследовательские работы выполнялись на лабораторных (50 мм) и производственных фильтрах в следующей последовательности:

- выполнена ревизия существующей водонапорной башни для обеспечения промывки фильтров станции водоподготовки;
- производилось увеличение степени аэрации воды воздухом, используя вместо эжекторов компрессионные установки;
- изменялась схема аэрирования воды перед фильтрами обезжелезивания путем установки аэрационных колонн;
- для интенсификации снижения железа исследована загрузка совместного применения песка и сорбента типа АС;

При выполнении экспериментальных исследований применялись физико-химические и технологические методы, опытно-конструкторские разработки, технологические исследования и производственные испытания.

Определение концентрации аммоний-ионов осуществлялось в соответствии с методикой определения минеральных азотсодержащих веществ с использованием коллометрического и потенциометрического методов. Метод позволяет определять аммоний-ионы в природных водах любой минерализации с относительной ошибкой 10%.

Определение железа общего осуществлялось по методике вычисления измерений концентрации железа (III) и железа общего фотометрическим методом сульфосалициловой кислотой. Цветность исследу-

дуемой воды определяется качественно по дихромат-кобальтовой шкале, сравнивая цвет исследуемой воды с растворами, приготовленными на дистиллированной воде.

Проведение эксперимента. Вариант 1. Метод упрощенной аэрации с последующим фильтрованием по исходной технологической схеме на фильтрах с песчаной загрузкой.

Сжатый воздух подавался в трубопровод исходной воды при помощи компрессоров в каждый фильтр, его избыток удалялся из фильтров вантузами. Станция водоподготовки работала в переменном режиме 2,5-4 м³/ч. Периодичность промывки была принята 1 раз в 7 суток.

Отмечено быстрое и значительное засорение вантузов (продолжительность работы до 3 суток) и всего слоя загрузки, что происходит из-за неудовлетворительной промывки фильтров.

При эксплуатации фильтров остаточные концентрации по железу составили 2,2 (исходная – до 6) мг/дм³, по аммонийному азоту ~ 3,1 (равна исходной) мг/дм³. Окисляемость также была равна исходной и составила порядка 5,31 мгО₂/дм³. Концентрация кислорода в воде после фильтров отсутствовала.

Вариант 2. Для удовлетворительной промывки фильтров станции водоподготовки была проведена ревизия существующей водонапорной башни с заменой участка водопровода с 50 на 100 мм между ними. Это позволило упорядочить равномерную работу станции водоподготовки с номинальным расходом 4 м³/ч и осуществлять нормальный режим промывки фильтров, которая была установлена 1 раз в сутки. Замерами было получено значение соотношения подачи воздуха в обрабатываемую воду 3:1. При эксплуатации в этом варианте и постоянном режиме подачи воды остаточные концентрации по железу составили 1,4 мг/дм³, по аммонийному азоту – 2,2 мг/дм³. Концентрация кислорода в воде после фильтров также отсутствовала.

Учитывая, что в виду отсутствия прибора невозможно было определить окислительно-восстановительный потенциал Eh , можно только предположить, что его значения для данной подземной воды будут менее 110 (порядка 60-80) мВ, что и затрудняло ведение окислительных процессов по железу и аммиаку.

Полученные результаты по двум вариантам экспериментов свидетельствует о том, что такая методика обработки подземных вод сложного состава не может работать без усовершенствования самой технологии водоочистки. В дальнейшем эксперименты проводились при постоянном режиме работы станции водоподготовки.

Вариант 3. Вместо непосредственной подачи воздуха в фильтры была установлена аэрационная напорная емкость с винтовым диспергатором. Подача воздуха осуществлялась от компрессора. Время контакта воды с воздухом в аэраторе составила 2-3 мин, там же производилось удаление избыточного воздуха, после чего вода подавалась на фильтры, где остаточный воздух удалялся через вантузы. В очищенной воде концентрация железа снизилась до 0,7-0,8...1,0 мг/дм³. Концентрация кислорода в воде после аэратора увеличилась и на выходе составила в пределах 0,2-0,5 мг/дм³. Очевидно, что повышение концентрации кислорода после аэратора позволило увеличить эффект удаления железа, но все равно не достигало желаемого результата – 0,3 мг/дм³.

В дальнейшем на аэрационной колонне было перекрыто удаление избыточного воздуха и увеличен диаметр вантузов, т.е. воздух полностью удалялся уже в фильтрах. Концентрация кислорода в воде после аэрации достигала свыше 8,5 мгО₂/дм³, но после фильтров все равно была всего лишь 0,5 мгО₂/дм³. В очищенной воде не было достигнуто нормативное содержание железа, которое снизилось до 0,7...0,9 мг/дм³, удаление аммонийного азота происходило незначительно и составляло выше 2,1 мг/дм³. Увеличение диаметра вантузов фильтров позволило повысить промежуток между их прочистками 1 раз в 3 суток, что является наиболее рациональной величиной, при которой, с одной стороны, засорение загрузки фильтров не превышало 1%, а с другой не допускалось ухудшение санитарных показателей.

Вариант 4. Аэрационная колонна была загружена кольцами Паля (пластмассовые трубки диаметром и высотой 30 мм). Также применена модифицированная загрузка в фильтрах, состоящая из песчаной загрузки фильтров и сорбента АС (фракция 1,5...3,0 мм.) в соотношении 1:1 и общей высотой 1,0 м (осень 2021 г). Предварительные эксперименты были проведены на лабораторных, а уже затем на производственных фильтрах. Результаты практически были идентичные.

Сорбент АС действует как катализатор окисления в реакциях взаимодействия растворенного кислорода с соединениями железа (II) и (III), в результате которой образуется гидроксид железа (III), который является не растворимым соединением и легко удаляется обратным током воды. Сероводород также окисляется и задерживается в последующих слоях загрузки с удалением обратным током воды. Сорбент не требует для регенерации применение каких-либо химических реагентов. Необходимой и достаточной является периодическая промывка обратным током воды.

Проведенными работами был достигнут положительный результат по остаточному железу (устойчиво ниже 0,3 мг/дм³) и аммонийному азоту менее 1,7 мг/дм³. Увеличился период между прочистками вантузов 12-15 суток. Рекомендуемый режим промывки 1 раз в 3 суток.

Выводы и обсуждение результатов исследований. Исходный состав воды из скважины имеет значительные концентрации железа до 6 и аммония до 3,1 мг/дм³. Существующая станция водоподготовки с компрессорной системой аэрации и фильтрами с песчаной загрузкой не смогла обеспечить нормируемые показатели фильтрата в 0,3 и 2,0 мг/дм³.

Установлено, что для станций рассматриваемого ряда по производительности до 300 – 500 м³/сут и содержащих железо и аммонийный азот метод упрощенной аэрации с использованием компрессоров и последующим фильтрованием на песчаных фильтрах не дают положительный нормативный результат по указанным загрязнителям. При содержании аммонийного азота свыше 2,0 или нитратов более 45 мг/дм³ практически только незначительная часть кислорода воздуха расходуется на окисление железа, при этом полностью не решает задача его удаления и снижения концентрации загрязнителей азотной группы.

Установка аэрационной колонны (с подачи воздуха от компрессора) до фильтров улучшает процесс удаления железа, но также не удаляет азотную группу. Следует отметить, что уже содержание аммонийного азота свыше 0,7...0,8 мг/дм³ или нитратов более 25 мг/дм³ значительно осложняет процессы удаления железа, и желателен применять компрессоры с повышением соотношения воздуха и воды до 5-6 м³/м³. Использование вместо песка сорбента типа АС в фильтрах, дает стабильный высокий эффект удаления железа 0,3 мг/дм³ и менее, а также снижения аммония или нитратов до 2 мг/дм³ при исходной их концентрации не более 3 мг/дм³.

Результаты экспериментов представлены на рисунках 1 и 2.

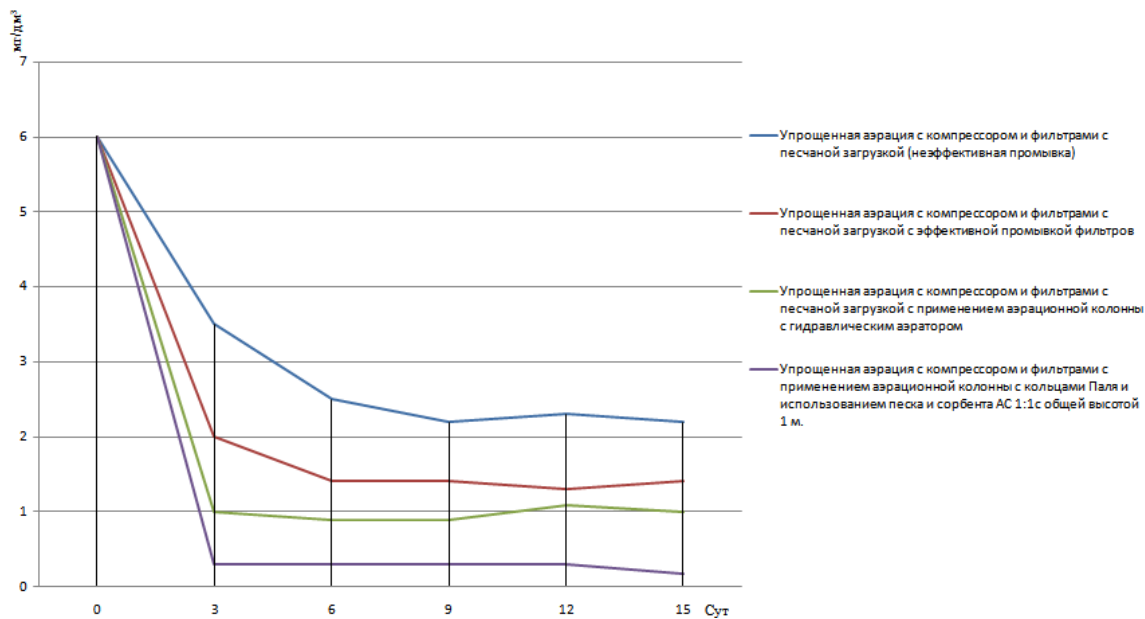


Рисунок 1. – График изменения концентрации «железо общее» в очищенной воде

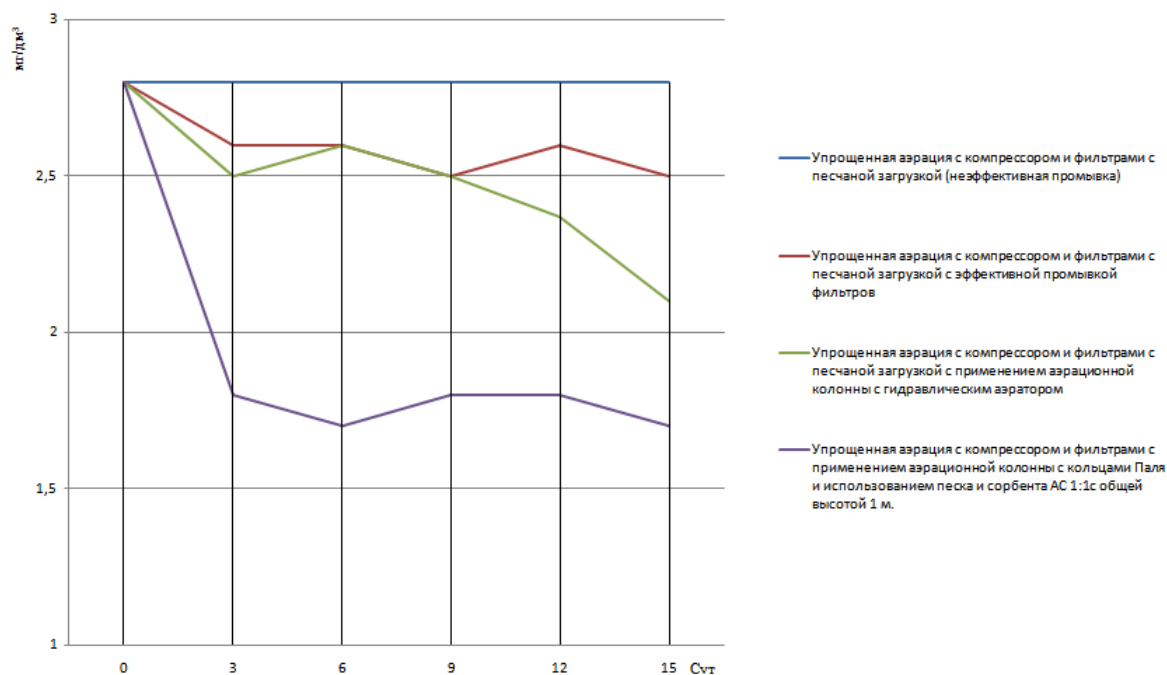


Рисунок 2. – График изменения концентрации аммония в очищенной воде

Таким образом, разработана технологическая схема очистки подземной воды от железа и аммония: исходная вода из скважины – компрессор-аэрационная колонна с кольцами Паля – фильтры обезжелезивания и снижения аммонийного азота (песок и сорбент АС) – водонапорная башня – водопроводная сеть. Эта схема позволяет получить устойчивые результаты по остаточным загрязнениям ниже нормативных значений.

Заключение. Рациональное применение аэрационных методов снижения железа в присутствии аммонийного азота для малых населенных пунктов указывает на использование технологической схемы с применением аэрационной колонны и фильтра с загрузкой из песка и сорбента АС (1:1). Использование заявленной схемы позволит повысить степень очистки подземной воды от соединений двухвалентного железа с содержанием в воде аммонийного азота, а также снизить затраты на изготовление установки и процесса очистки.

На получение воды хозяйственно-питьевого назначения влияет исходный состав воды из скважин, производительность системы водоснабжения, отсутствие учета водопотребления, неравномерный гидравлический режим работы станций водоподготовки. Для станций рассматриваемого ряда по производительности до 200 м³/сут и содержащих железо и аммонийный азот метод упрощенной аэрации с использованием компрессоров и последующим фильтрованием на песчаных фильтрах не дают положительный нормативный результат по указанным загрязнениям.

Рациональное применение аэрационных методов снижения железа в присутствии аммонийного азота для малых населенных пунктов указывает на использование технологической схемы с использованием аэрационных колонн с последующим фильтрованием на модифицированных загрузках. Для равномерной работы станции водоподготовки желательно использовать водонапорную башню, или железобетонные резервуары чистой воды, где это будет признано целесообразным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года. Проект, коллектив авторов, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Минск: 2010. – 43 с.
2. Водный Кодекс Республики Беларусь: Кодекс Республики Беларусь от 30 апреля 2014 г. № 149-З (ред. от 05.01.2022 г.) // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. - Минск: Амалфея, 2022. – 76 с.
3. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. М.: Стройздат, 2003. – 228 с.
4. Галай, Е.И. Использование природных ресурсов и охрана природы / Е.И. Галай. – Минск : Высшая школа, 2007. – 252 с.
5. Ющенко В.Д., Велюго Е.С., Рашкевич Е.И., Просолов В.П. Седлуха С.В. Основные пути и решения проектирования систем водоподготовки малых населенных пунктов в республике Беларусь. Полоцкий Государственный Университет. Серия F. Строительство. Прикладные науки, 2021.

УДК 628.35

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ
МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ****С.В. СЕДЛУХА, Д.С. ЕРОМЕНОК***(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Д. Ющенко; Е.С. Велюго)*

Для малых населенных пунктов при проектировании очистных сооружений приходится искать компромиссные решения, которые удовлетворяли бы природоохранным и санитарным требованиям, но были бы достаточно доступны в строительстве и эксплуатации по экономическим параметрам.

Введение. В последние годы динамика развития водопроводно-канализационного хозяйства Витебской области направлена на решение вопросов отвода сточных вод из централизованных систем водоотведения [1]. Наиболее остро проблема водоочистки стоит перед малыми населёнными пунктами, для которых характерен объем сточных вод до 1,5 тыс. м³/сут. Учитывая требования, в настоящей работе основное внимание уделяется биостанциям малой пропускной способностью: конструктивные особенности, условиями их функционирования, что позволяет усовершенствовать технологию водоподготовки малых объектов. Особенностью этих систем является неравномерность водоотведения по времени, как по части расходов, так и загрязнений, что при вводе в эксплуатацию новых объектов – источников сточных вод.

Целью данной работы является изучение и проработка вопросов особенностей проектирования систем канализации малых населенных пунктов в современных условиях.

В настоящее время повсеместно функционирует множество малых населенных пунктов, отдаленных от крупных централизованных систем водоотведения, с собственными биологическими очистными сооружениями.

Из характерных особенностей малых канализационных очистных сооружений вытекают следующие требования к их проектированию и строительству:

- малые очистные сооружения не могут быть просто уменьшенными по размерам копиями больших сооружений;
- регулирование и усреднение притока сточной воды на очистку может быть более важным для обеспечения эффективности очистки, чем применение самых высокотехнологичных методов очистки;
- предпочтение должно отдаваться простым универсальным конструкциям по сравнению со сложными многоступенчатыми конструкциями;
- сооружения должны быть простыми в исполнении и обслуживании с надежными механическими устройствами, без применения сложной автоматики;
- эксплуатационная безопасность и удобство технического обслуживания должны быть приоритетными в сравнении с достижением высоких показателей производительности.

Выбор систем и схем канализации объекта и степень их централизации следует производить с учетом требований к степени очистки сточных вод и условиям их отведения, рельефа местности, климатических, геологических и гидрологических условий [2].

Перечисленные особенности определяют выбор метода очистки и технических решений установок малой канализации: они должны быть эффективными, простыми, надёжными в работе, должны иметь высокое качество и одновременно низкую стоимость за счет индустриальности строительства. В местных и малых системах канализации в основном применяются механические и биологические методы очистки, а в случае необходимости предусматривается и доочистка сточных вод [2].

Важной характеристикой сточных вод являются степень равномерности их образования и поступления в водоотводящие системы. Обычно она определяется неравномерностью поступления сточных вод по часам суток в году. Эти характеристики учитываются при проектировании водоотводящих систем.

В последние годы, в связи с ужесточением требований к сбросу сточных вод в водоемы, не все действующие очистные сооружения могут обеспечить требуемую степень очистки. В связи с изменением категорий водоемов ужесточились требования на сброс сточных вод, поэтому фактические концентрации очищенных сточных вод стали превышать предельно допустимые по показателям: БПК, содержание взвешенных веществ, концентрация соединений азота и фосфора.

Основная часть. При их проектировании малых населенных пунктов выбирается одна из возможных схем водоотведения. Желательно использовать наиболее целесообразную (зависит от опыта проектировщика), при этом схему, которую очень часто, необходимо дополнять сооружениями для очистки сточных вод.

Под проектированием понимается процесс составления описания, необходимого для создания еще не существующего объекта, основанный на творческой способности человека, его воображения, интуи-

ции и опыта, поиска и принятия решения для последующей реализации воплощенного замысла. Проектирование систем водоснабжения и канализации ведут поэтапно. Первым делом необходимо собрать исходную информацию об объекте проектирования. Предполагаемое место строительства объекта, его функции, геологические характеристики. После этого формируется задание на проектирование и составляется состав проект.

При разработке проектной документации и согласовании следует руководствоваться требованиями нормативных правовых актов (далее – НПА) и ТНПА Республики Беларусь, настоящим техническим кодексом, иными документами, регулирующими инвестиционную деятельность [3].

При наличии особых условий размещения объекта (исторические зоны городов, оползневые территории и др.) необходимо по указаниям органов градостроительства и архитектуры согласовать проектную документацию с соответствующими организациями.

При проектировании систем водоснабжения и водоотведения широко используются средства вычислительной техники для расчетов и моделирования, что позволяет сократить сроки и повысить качество проектирования. Завершающим этапом проектной документации является экспертиза.

Если рассматривать опыт очистки сточных вод отдельных объектов и предприятий в нашей стране, то традиционными очистными сооружениями в таких случаях являлись поля фильтрации, подземные поля фильтрации, фильтрующие траншеи, песчаногравийные фильтры и подобные сооружения.

Главным плюсом указанных сооружений была простота их устройства. Положительной особенностью полей фильтрации является тот факт, что эксплуатация таких сооружений не требует применения электромеханического оборудования, поэтому и практика их применения для объектов с небольшими расходами сточных вод остается довольно распространенной.

Совместно с тем в настоящее время поля фильтрации возможно отнести к типу сооружений, которые неактуальны в технологическом отношении, и их применение оказывает важное негативное воздействие на окружающую среду. Введение в 2010 г. новых строительных норм проектирования сократило область применения таких сооружений. Их применение возможно для объектов, расположенных вне населенных пунктов, при расходе сточных вод, не превышающем 200 м³/сутки, и дальности транспортирования очищенных сточных вод до водотока-приемника, превышающей 1 км. В дальнейшем Водной стратегией Республики Беларусь на период до 2020 года ставилась задача сокращения использования полей фильтрации в Беларуси на 50 %.

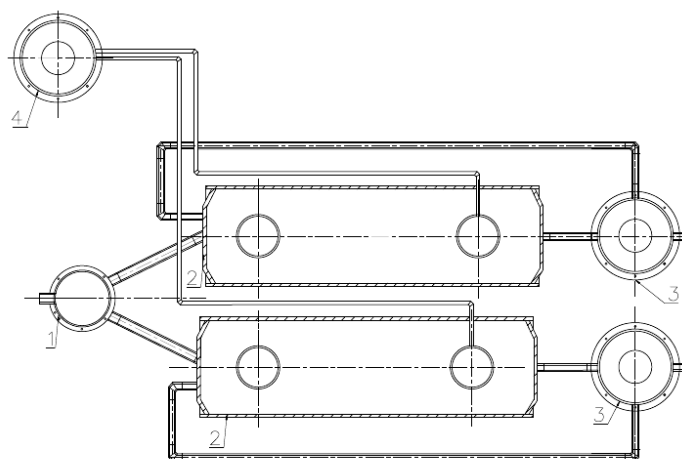
В связи с этим актуальной становится задача разработки и поиска технических решений, которые могут заменить эти традиционные сооружения и обладают надежностью, простотой в эксплуатации и экономичностью, обеспечивая при этом современные санитарные и природоохранные требования. Обычной практикой при выводе полей фильтрации из эксплуатации является строительство очистных сооружений с биологической очисткой в искусственно созданных условиях, с применением биофильтров или аэротенков. В Беларуси такой подход применялся при реконструкции систем отведения ряда населенных пунктов. Следует отметить, что все белорусские города имели такой вид очистки, как поля фильтрации, и в последующем переходили на более мощные сооружения. Например, в Минске станция аэрации запущена в эксплуатацию в 1963 г., в других городах такая замена производилась несколько позднее.

Для объектов с небольшими объемами водоотведения строительство типовых сооружений биологической очистки может быть нецелесообразным, и отказ от полей фильтрации может реализоваться за счет применения очистных сооружений заводского изготовления.

На основании исходных данных и поставленной задачи для биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод и близких к ним по составу производственных стоков разработана в УП «Полимерконструкция» при участии Седлуха С.В. установка заводского заглубленного типа «Кристалл-БИО-П» (рисунок 1).

Установка очистки работает по технологии полного окисления и предназначена для полной биологической очистки сточных вод с достижением качества очищенной сточной воды по требованиям ПДК (постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ от 26 мая 2017. № 16). Преимущества установки «Кристалл-БИО-П» (продленная аэрация): минимальные эксплуатационные затраты; отсутствие реагентного хозяйства; длительный срок службы – не менее 30 лет; работа установки без постоянного присутствия обслуживающего персонала; малое количество избыточного активного ила за счет его минерализации; отсутствие запаха. В состав установки «Кристалл-БИО-П» входит распределительный колодец с решеткой механической очистки, биоблок, вторичный отстойник, воздушная станция.

На первом этапе очистки сточная вода под напором поступает в распределительный колодец, в котором установлена решетка ручной очистки с величиной прозоров 16 мм и контейнер для сбора отбросов (в колодце). Биологическая очистка сточных вод осуществляется по принципу продленной аэрации (метод полного окисления).



1 – колодец распределительный; 2 - биоблок; 3 – вторичный отстойник; 4 – воздуходувная установка.

Рисунок 1. – Установка «Кристалл-БИО-П»

Полное окисление органических загрязнений протекает в три фазы. В первой фазе наличия большого количества в сточной воде органических веществ обеспечивает быстрое размножение микроорганизмов с непрерывным прогрессированием общего их количества. Во второй фазе нагрузка по органическим загрязнениям на активный ил значительно ниже, и из-за недостаточного количества этих загрязнений размножение микроорганизмов несколько сдерживается. Устанавливается определенное соотношение между количеством поступивших органических веществ и приростом ила. В третьей фазе размножение микроорганизмов активного ила замедляется из-за недостатка органических загрязнений. Ил как бы находится в «голодном» состоянии. Это заставляет микроорганизмы активного ила использовать не только органические вещества, поступившие со сточными водами, но и большую часть органических веществ отмерших микроорганизмов, т. е. минерализовать органическую часть самого активного ила. В результате полного окисления органических загрязнений прирост активного ила настолько мал, что его можно удалять из сооружений через 1–4 месяца.

Для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов-минерализаторов в биоблоке обеспечивается непрерывная аэрация с помощью воздуходувок, которые установлены в подземном колодце, и постоянной рециркуляции активного ила из вторичного отстойника.

После отстаивания во вторичном отстойнике очищенная сточная вода самотеком поступает в выпуск очищенных стоков. Избыточный активный ил периодически откачивается, и вывозится на иловые площадки.

Установка очистки сточных вод заглубленного типа, полной заводской готовности типа «КРИСТАЛЛ-БИО-П» была применена при реконструкции детского санатория «Росинка» ОАО «Беллагроздравница».

При ряде достоинств использование таких сооружений сопряжено с необходимостью организации энергоснабжения и технического обслуживания оборудования, удаления и обработки образующегося осадка, а также со значительными первоначальными затратами на приобретение, монтаж и наладку оборудования.

В последнее время интенсивно развивается альтернативное направление — использование усовершенствованных методов биологической очистки сточных вод в условиях близких к естественным, например, очистка на грунтово-растительных площадках [4].

К грунтово-растительным площадкам в настоящее время относят большое количество видов сооружений, различающихся по конструкции и принципу действия.

Во-первых, это пруды, как правило, небольших и средних размеров, в которых очистка сточных вод производится с применением биоценоза свободно плавающих растений, растений, произрастающих на грунте под водой и имеющих надводную часть, а также растений, произрастающих на берегах. Во-вторых, это сооружения, использующие для очистки сточных вод слой фильтрующей загрузки и влаголюбивую растительность, которая высаживается на почвенном слое над фильтрующей загрузкой. Если первая группа сооружений по принципу действия является близкой к биологическим прудам, то вторая — к сооружениям очистки сточных вод в грунте.

ТНПА Республики Беларусь детально не регламентируют правила проектирования грунтово-растительных площадок, но и не содержат запретов на применение таких сооружений. Так, согласно

ТКП 45-4.01 -202-2010 допускается применение методов биологической очистки сточных вод в условиях, близких к естественным, в т.ч. с помощью грунтово-растительных биофильтров. Согласно немецкому стандарту DWA-A 2625 для грунтово-растительных площадок с горизонтальным потоком общая фильтрующая площадь принимается $A_F = 5 \text{ м}^2/\text{ЭН}$, нагрузка по ХПК — $1 \text{ б г}/(\text{м}^2\text{хсут})$, гидравлическая нагрузка — $40 \text{ л}/(\text{м}^2\text{хсут})$. Для грунтово-растительных площадок с вертикальным потоком общая фильтрующая площадь принимается $A_p = 4 \text{ м}^2/\text{ЭН}$, нагрузка по ХПК — $20 \text{ г}/(\text{м}^2\text{хсут})$, гидравлическая нагрузка — $80 \text{ л}/(\text{м}^2\text{хсут})$. Указанные данные позволяют определить потребность в площадях для размещения таких сооружений.

Таблица 1. – Сравнительная характеристики очистных сооружений

Тип очистных сооружений	Биологический пруд	Грунтово-растительная площадка	Очистная установка заводского изготовления
Требуемая площадь для размещения	Очень большая (более $10 \text{ м}^2/\text{ЭН}$)	Значительная ($2-4 \text{ м}^2/\text{ЭН}$)	Средняя
Уровень потребления энергии	Низкий	Низкий	Средний
Стоимость строительства	Низкая	Средняя	Высокая
Стоимость эксплуатации	Низкая	Низкая	Средняя
Потребность в квалифицированных специалистах для строительства и технического обслуживания	Низкая	Низкая	Средняя
Санитарная безопасность при обращении с очищенными сточными водами	Приемлемая	Приемлемая	Хорошая

Закключение. При проектировании очистных сооружений рассматриваются несколько разнозначных и равноценных вариантов, при которых используются разные архитектурные, планировочные, конструктивные, инженерные и другие решения. Использование высокотехнологичных установок для малых населенных пунктов может значительно удорожать строительство и эксплуатацию сооружений очистки стоков. Во многих случаях приходится искать компромиссные решения, которые удовлетворяли бы природоохранным и санитарным требованиям, но были бы достаточно доступны в строительстве и эксплуатации по экономическим параметрам. Упрощенная оценка возможностей применения очистных сооружений, приведенная в таблице, показывает, что сооружения с меньшими капитальными затратами требуют больших площадей для их размещения и это может быть определяющим фактором при анализе приемлемости того или иного варианта. Выбор конкретного технического решения в немалой степени определяется местными условиями (рельеф, грунты, доступность коммуникаций и т.д.), а также финансовыми возможностями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года. Проект, коллектив авторов, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Минск: 2010. – 43 с.
2. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: справочник проектировщика / под ред. В.Н. Самохина. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
3. Закон Республики Беларусь «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Беларусь» от 5 июля 2004 г. № 300-3.
4. Hallberg R.O., Martinell R. Vyredox - in-situ purification of ground water. J. Ground water. Vol. 4, 2, 1976.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОДЕЗИЯ

<i>Алексеева К.С., Кириллова А.В.</i> Программное обеспечение для обработки больших геопространственных данных	3
<i>Алексеева К.С., Кириллова А.В.</i> Технологии Big Date и некоторые аспекты их использования	6
<i>Герасимова М.А.</i> Использование беспилотных летательных аппаратов в технологиях точного земледелия	9
<i>Герасимова М.А.</i> Технологии точного земледелия и их картографо-геодезическое обеспечение	11
<i>Давидовская А.И., Игнатенко К.В.</i> Особенности инженерно-геодезических изысканий линейных сооружений	14
<i>Давидовская А.И., Игнатенко К.В.</i> Программное обеспечение обработки и представления результатов инженерно-геодезических изысканий линейных сооружений	16
<i>Кураш А.В., Хирьянова М.Д.</i> Применение динамических блоков при составлении топографических планов в AutoCAD	19
<i>Кураш А.В., Хирьянова М.Д.</i> Задачи импорта геодезических данных в AutoCAD	22
<i>Мисник М.И., Янюк Е.Н.</i> Оценка риска стихийных бедствий в глобальном масштабе	24
<i>Мисник М.И., Янюк Е.Н.</i> Использование геоинформационных систем для мониторинга стихийных бедствий	26
<i>Шкут Д.В.</i> Математическая основа позиционирования. История её развития на территории Республики Беларусь	28

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА. ДИЗАЙН

<i>Белоусов А.В.</i> Глубинные тензорезисторные датчики. Плюсы и недостатки применения	31
<i>Белоусов А.В.</i> Оптимизация корпуса глубинного датчика для бетона	33
<i>Брусочкин О.Ю.</i> Культурный и визуальный коды как основа для формирования архитектурного стиля	35
<i>Брусочкин О.Ю.</i> Визуальный код белорусской архитектуры	38
<i>Буравский В.С.</i> Сравнительный анализ статического линейного расчета усилий в железобетонных конструкциях по программам Robot Structural Analysis и Лира-САПР	41
<i>Буравский В.С.</i> Расчет армирования железобетонных конструкций в программах Robot Structural Analysis и Лира-САПР	44
<i>Василенко А.С.</i> О влиянии разномодульности материала на собственные частоты балок	49
<i>Василенко А.С.</i> Определение изгибной жесткости поперечного сечения с учетом разномодульности материала	51
<i>Василенко А.С., Гамелько А.А.</i> Определение прочностных характеристик анизотропных грунтов	55
<i>Василенко А.С., Гамелько А.А.</i> Расчет подпорных стен	58
<i>Горбачевская С.О.</i> Значение окна-розы в готической архитектуре	61
<i>Конон А.А.</i> Создание христианских храмов – важное условие развития общества и архитектуры. женские ставропигиальные монастыри Беларуси	64
<i>Конюхов М.В., Послед Е.В.</i> Джутовые и кокосовые волокна. Получение и перспективы применения в производстве теплоизоляционных материалов	66
<i>Конюхов М.В., Послед Е.В.</i> Утеплитель из джутовых волокон	69
<i>Конюхов М.В., Послед Е.В.</i> Теплоизоляционные плиты на основе кокосовых волокон	71
<i>Лукьянчикова А.Д.</i> Свято-успенский монастырь в Жировичах – крупнейший архитектурный ансамбль XVII – XVIII вв. в Беларуси	73
<i>Мацкевич Я.Д., Толмач М.П., Лю Цзянинь</i> Влияние золошлаковых отходов на свойства гипсового вяжущего	76
<i>Мацкевич Я.Д., Толмач М.П., Лю Цзянинь</i> Влияние суперпластификатора Стахемент 2000-М на подвижность зологипсовой композиции	80
<i>Назаренко Н.В.</i> Концепция благоустройства территории Полоцкого коллегиума	83
<i>Назаренко Н.В.</i> Историко-культурное наследие и будущее внутренней территории Полоцкого коллегиума	85
<i>Поправко С.А.</i> Готический стиль и архитектура неоготики на примере собора в н.п. Слободка, Браславский район	88

Послед Е.В., Конюхов М.В. Современные утеплители на основе волокон неорганического происхождения	90
Послед Е.В., Конюхов М.В. Тепловая изоляция из волокнистых отходов растительного происхождения	92
Похалёнок Д.О. Афинский акрополь – памятник архитектуры мирового значения	94
Похалёнок Д.О. Храм Ники Аптерос – часть Афинского акрополя, выполненный в ионическом ордере	96
Ращинский Н.В. Анализ критериев оценки жилого пространства в Республике Беларусь	98
Ращинский Н.В. Анализ необходимости систем «умного дома» для Республики Беларусь	102
Ращинский Н.В. Автоматизация домашнего пространства как новый стиль	104
Ращинский Н.В. Влияние индустриальных инженерных технологий на общество	105
Фарран Д.Х. Влияние различных типов поперечного армирования на прочность, жесткость и трещиностойкость изгибаемых железобетонных элементов	107
Фарран Д.Х. Теоретический расчет балок с различными типами поперечного армирования	110
Ципан Г.О., Гуань Шуйцзинь Причины образования и технологии устранения вздутий в совмещенных рулонных кровлях	116
Шкурин Е.С. Значение цвета и фактуры при формировании облика жилого дома Серии 1-335	120
Шкурин Е.С. Приёмы изменения внешнего объёма типовых жилых зданий 1970 – 90-х гг. Европейский опыт	123

ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

Батенкова А.В., Коришун А.А., Милочкина А.Д. Определение температурно-влажностного режима наружной стены на основе теории потенциала влажности	126
Бердашкевич В.В. Условия работы распределительных газопроводов	130
Бердашкевич В.В. Оценка фактического состояния материала распределительных газопроводов	133
Кондратюк А.Д. Снижение воздействия теплового излучения на человека и соседние резервуары при возгорании резервуара для хранения сжиженного газа	136
Кондратюк А.Д. Изучение влияния земляной насыпи на величину радиусов действия ударной волны при взрыве паров сжиженных углеводородных газов	138
Назаренко Н.А. Определение величины падения потенциала на дефектах изоляционного покрытия	141
Назаренко Н.А. Определение площади нарушенной изоляции	142
Просолов В.П. Обработка подземных вод сложного состава на напорных установках	143
Седлуха С.В., Ероменок Д.С. Особенности проектирования систем водоотведения малых населенных пунктов в современных условиях	147