

ПУТЬ В НАУКУ

Прикладные науки.
Строительство

Выпуск 54(124)

Текстовое электронное
издание

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

ПУТЬ В НАУКУ
Прикладные науки. Строительство

Электронный сборник научных трудов

Выпуск 54(124)

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой
2024

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.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

Путь в науку. Прикладные науки. Строительство [Электронный ресурс] : электрон. сб. науч. тр. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2024. – Вып. 54(124). – URL: https://journals.psu.by/specialists_applied_sciences.

ISBN 978-985-531-893-5.

Издается с 2014 года (в печатном виде – с 2004 г.). Обновляется 1 раз в год.

Переименован с 2024 г. (прежнее название «Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоцкого государственного университета. Прикладные науки: строительство»).

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

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

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.

Регистрационное свидетельство № 3671404562 от 30.11.2014 г.

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

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

Компьютерный дизайн обложки *Отдел по связям с общественностью.*

Подписано к использованию 04.11.2024. Объем издания: 11,4 Мб. Заказ 400.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 27.05.2004.

№ госрегистрации 3671404562

ISBN 978-985-531-893-5

© Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой, 2024

ГЕОДЕЗИЯ

УДК 528.7

**ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
В СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ****В.А. СКАКУН, В.В. ГОРОВЕЦ**
(Представлено: М.В. Волошина)

В статье рассмотрена цифровая аэрофотосъемка с использованием беспилотных летательных аппаратов, её преимущества и недостатки, а также процедура выполнения и обработки результатов.

Аэрофотосъемка с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) – это альтернативный классическим методам топографических съемок и наиболее популярный метод получения пространственных данных. Технология заключается в фотографировании поверхности определенной территории с привязкой к координатным данным, а также создании серий изображений местности, которые формируются с небольшим перекрытием. Обработка данных основана на поиске связующих (общих) точек на разных изображениях и сопоставлении их для создания облака точек, характеризующих местность. После этого можно получить готовые продукты (ортофотоплан, 3D-модель и т.п.) [1].

Сегодня большинство полевых работ при выполнении инженерно – геодезических изысканий выполняется наземными методами. На небольших территориях они обеспечивают высокую точность измерений и относительно низкую себестоимость карт и планов. На обширных территориях со сложным рельефом работа «ногами» становится нерентабельной в силу значительных трудовых, временных и финансовых затрат. Если же для топографической съемки местности использовать БПЛА, то работу можно выполнить гораздо быстрее, дешевле и удобнее [2].

Рассмотрим более детально разновидности БПЛА.

Все беспилотники делятся на две разновидности: самолетного типа и квадрокоптеры. Самолетные – это приборы, которые оснащены несущими крыльями, а квадрокоптеры – это аппараты, которые имеют вертикальные роторные приводы. Самолетная разновидность БПЛА будет незаменимым помощником при аэрофотосъемке больших объектов, площадей, протяженных территорий или измерений на большой высоте. Преимуществом использовать квадрокоптер является то, что он может зависать в воздухе – это делает их пригодными для более тонкой работы, нежели самолетные аппараты [3].

Принцип работы БПЛА основан на использовании различных технологий и алгоритмов. Одним из ключевых элементов является система навигации и автопилота. Система навигации позволяет определить местоположение и ориентацию БПЛА в пространстве. Она использует GPS, гироскопы, акселерометры и другие сенсоры для получения данных о положении и движении аппарата. Автопилот, в свою очередь, осуществляет управление полетом на основе полученных данных и заданных параметров.

Следующим этапом рассмотрим преимущества и недостатки аэрофотосъемки с использованием БПЛА в геодезии [1].

Преимущества:

- высокая производительность, прежде всего, за счет высоты полета;
- большая детальность полученных изображений;
- меньшая стоимость оборудования и, соответственно, низкий порог вхождения в эту технологию;
- легкая управляемость, быстрая развертываемость;
- оперативность получения снимков;
- возможность применения в зонах чрезвычайных ситуаций без риска для жизни и здоровья пилотов;
- точность при определении центров фотографирования с использованием бортовых ГНСС (глобальная навигационная спутниковая система) приемников.

Недостатки:

- качество данных непосредственно зависит от освещенности, метеоусловий;
- требуется больше времени для обработки результата съемки;
- невозможно получить цифровые модели рельефа в условиях леса и высокой травы;
- уязвимость дронов в небе;
- законодательная неопределенность.

Важным параметром является перекрытие между снимками (рис. 1), обычно выражаемое в процентах. Этот параметр говорит о том, на сколько процентов перекрываются соседние снимки.

Величина продольного перекрытия составляет несколько больше, чем для классической самолетной аэросъемки и рекомендуется авторами [4] 60 – 80 %. Программное обеспечение ищет особенности, которые появляются на нескольких фотографиях, и использует распознавание этих особенностей для объединения изображений в карту. В целом, чем выше перекрытие, тем проще программному обеспечению идентифицировать особенности на нескольких фотографиях и тем выше вероятность того, что оно сгенерирует успешно высококачественный ортофотоплан [4].

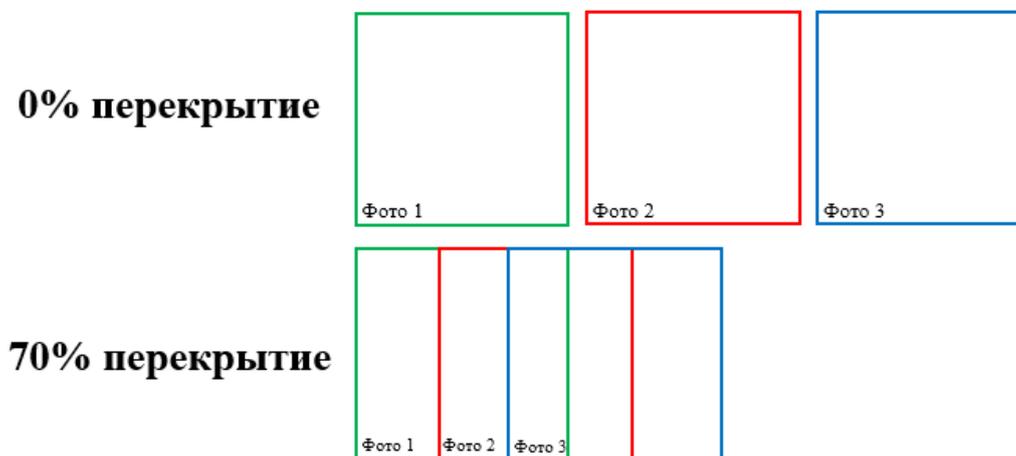


Рисунок 1. – Схема процентного соотношения перекрытий

Также стоит отметить, что чем выше перекрытие, тем ближе друг к другу будут находиться участки траектории полета дрона, тем дольше будет длиться полет, тем больше заряда батареи будет потреблять дрон и тем больше изображений он сделает, чтобы покрыть ту же область.

В техническом плане процесс аэрофотосъемки с использованием БПЛА состоит из трех этапов:

- 1) подготовительный этап;
- 2) собственно съемка;
- 3) постобработка полученных данных.

На подготовительном этапе производится:

- изучение имеющихся материалов; формирование или сбор требований к материалам, которые нужно получить по результатам съемки – тип и масштаб карты, границы объекта съемки;
- формирование полетного задания для БПЛА. Выполняется программой – планировщиком полета, входящей в состав комплекса. Оператор должен выбрать используемый комплекс БПЛА, задать на карте контур участка съемки и примерное положение стартовой площадки, установить требуемое разрешение и перекрытие, после чего программа рассчитывает план полета и проверяет его выполнимость.

Выполнение аэрофотосъемки, по прибытии на стартовую площадку производится:

- уточнение положения стартовой площадки, задание точки возвращения и ввод данных о скорости и направлении ветра на рабочей высоте, если таковые известны;
- автоматическое уточнение плана полета и повторная проверка его выполнимости;
- старт БПЛА с пускового устройства, если необходимо;
- выполнение съемки в автоматическом режиме;
- посадка.

Постобработка данных заключается в:

- снятия данных (фотоснимки и журнал полета) с бортовых носителей информации;
- визуальной оценке качества фотографий и отбраковке «технических» кадров, если такие записаны. Под техническими кадрами понимаются снимки, сделанные вне пределов участка съемки – при полете к участку, на дугах разворота и т.п.;
- обработка данных при помощи специальной программы [5].

В результате выполнения вышеперечисленных действий, после процесса обработки данных при помощи специализированной программы получается ортофотоплан.

Нами все процессы были рассмотрены на примере обработки данных аэрофотосъемки автомобильной стоянки Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой.

Развитие технологий фотосъемки, программного обеспечения позволило значительно расширить направления применения фотограмметрических методов для применения в различных отраслях знаний.

Среди таких востребованных направлений – построение 3D-моделей местности, уникальных исторических объектов, промышленных объектов, зданий, помещений с целью научного и прикладного использования моделей. Современные исследования, программные продукты позволяют использовать даже камеры обычных смартфонов для получения 3D-моделей объектов. Данная работа является промежуточным этапом возможности применения фотограмметрических программных продуктов для обработки результатов съемки камерой смартфона и построения моделей помещений, в частности помещения музея кафедры геодезии и ГИС Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой.

В заключении стоит отметить, что современные БПЛА оснащены высококачественными камерами и сенсорами, которые обеспечивают получение данных с высокой разрешающей способностью. Использование технологий ГНСС позволяет достигать высокой точности позиционирования, что критически важно для геодезических работ. Кроме того, программное обеспечение для обработки данных из аэрофотосъемки становится все более доступным и мощным, позволяет автоматизировать процессы создания карт и 3D-моделей. Основное преимущество использования БПЛА – экономия времени. В среднем сбор данных с помощью БПЛА проходит значительно быстрее, чем при использовании традиционных наземных методов. Кроме того, все данные получаются автономно даже на труднодоступных территориях без угрозы жизни для человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Использование дронов в топографической съемке. Сравнение с классическими методами измерения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aeromotus.ru/ispolzovanie-dronov-v-topograficheskoy-semke-sravnenie-s-klassicheskimi-metodami-izmereniya/> – Дата доступа: 11.09.2024.
2. Применение БПЛА (квадрокоптеров) в геодезии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gis2000.ru/articles/primenenie-bpla-kvadrokopterov-v-geodezii.html> – Дата доступа: 16.09.2024.
3. Беспилотные летательные аппараты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.geo-spektr.ru/bspilotnye-letatelnye-apparaty/> – Дата доступа: 18.09.2024.
4. 7 Common Questions About Drones in Agriculture [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dronelife.com/2016/07/13/7-common-questions-drones-agriculture/> – Дата доступа: 27.09.2024.
5. Аэрофотосъемка с использованием БПЛА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ikga.ru/articles/aerofotosemka-s-ispolzovaniem-bpla/> – Дата доступа: 27.09.2024.

УДК 528.7

**ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЦИФРОВОМ МОДЕЛИРОВАНИИ:
ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ****В.А. СКАКУН, В.В. ГОРОВЕЦ**
(Представлено: М.В. Волошина)

В статье рассмотрены специализированные программные продукты для фотограмметрической обработки данных, их возможности. Также описан процесс создания цифровой модели. Целью данной статьи является изучение особенностей процесса фотограмметрической обработки материалов для создания 3D – модели с использованием программы Agisoft Metashape.

В настоящее время существует множество технологий, которые используются для создания 3D-моделей различных объектов: зданий, сооружений, промышленных объектов, лесов и других природных и искусственных объектов. Зачастую для создания подобных данных применяется лазерная съемка (LiDAR); однако еще одним методом создания 3D-данных в ГИС является цифровая фотосъемка. В результате которой по двум изображениям одного и того же объекта и получают надежные измерения высоты и глубины для нанесения на карту физических характеристик объекта. Если эти изображения получены как часть цифровой аэрофотосъемки, фотограмметрические методы позволяют картографировать территорию в 3D с определенной заданной точностью [1].

В целом, 3D-моделирование представляет собой процесс разработки математического представления любой поверхности объекта в трёх измерениях с помощью специализированного программного обеспечения. Продуктом трёхмерного моделирования является 3D-модель. Трёхмерные модели представляют собой физическое тело, использующее набор точек в трёхмерном пространстве, соединённых различными геометрическими объектами, такими как треугольники, линии, изогнутые поверхности и т. д. На их поверхности впоследствии могут накладываться различные текстуры [2].

Для обработки данных нужно специализированное программное обеспечение и компьютер, вычислительных мощностей которого хватит для создания ортофотоплана или 3D-модели.

Существует множество программных продуктов для обработки фотограмметрических данных, к примеру: Autodesk ReCap Pro, Agisoft Metashape, AliceVision Meshroom, Colmap, Bentley ContextCapture, DroneDeploy, Mic Mac, Open Drone Map, Pix4D, PhotoModeler, RealityCapture, Regard3D, Trimble Inpho, WebODM, 3DF Zephyr, и др. [3].

Для фотограмметрической обработки материалов на сегодняшний день наибольшее распространение в силу своих преимуществ получила программа Agisoft Metashape.

Программа Agisoft Metashape – универсальный инструмент для генерации трёхмерных моделей поверхности объектов съёмки по фотоизображениям этих объектов. Metashape с успехом применяется как для построения моделей предметов и объектов разных масштабов – от миниатюрных археологических артефактов до крупных зданий и сооружений, так и для построения моделей местности по данным аэрофотосъёмки и генерации матриц высот и ортофотопланов, построенных на основе этих моделей. Обработка данных в Metashape предельно автоматизирована – на оператора возложены лишь функции контроля и управления режимами работы программы [4].

Agisoft Metashape даёт возможность:

- 1) обрабатывать изображения, получаемые с помощью RGB– или мультиспектральных камер, включая мультикамерные системы,
- 2) преобразовывать снимки:
 - в плотные облака точек;
 - в текстурированные полигональные модели;
 - в геопривязанные ортофотопланы;
 - в цифровые модели рельефа/местности (ЦМР/ЦММ) [5].

Целью нашей работы является апробация применения фотосъёмки с обычного смартфона и применения фотограмметрических методов для обработки полученных данных для построения 3D-модели музея кафедры геодезии и геоинформационных систем Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой.

Работа по созданию 3D-модели музея включала нижеописанные этапы. Вначале были сделаны фотографии объекта на камеру смартфона. Далее загрузили полученные фотографии в Agisoft Metashape. Следующим этапом непосредственного создания модели является построение пространственной фототриангуляции (на этом этапе машинное зрение определяет положение и ориентацию камер (фотографий), после чего строится разряженное облако точек). Для запуска процесса необходимо выбрать «Обработка – Выровнять снимки».

После завершения предыдущей задачи на экране появилось разреженное облако точек, исходя из которого, можно оценить, правильно ли компьютерное зрение распознало геометрию объекта. При этом в левом окне отображается количество точек в разреженном облаке, и указано количество выравненных снимков. Перед переходом к следующему этапу необходимо почистить модель от лишних объектов в кадре и выбрать область реконструкции объекта. Это нужно для того, чтобы компьютер не обрабатывал геометрию ненужных объектов на следующих этапах. Тем самым меньше времени будет затрачено на обработку.

Следующим этапом является построение тайловой модели. Для этого нужно выбрать «Обработка – Построить тайловую модель», также можно выбрать построение полигональной модели, но для неё потребуется дополнительно построить текстуры. Данный этап – самый длительный из всех этапов создания модели в Agisoft Metashape.

Тайловая модель представляет собой особый формат модели, который содержит пирамиду масштабов модели в виде небольших блоков для каждого уровня, когда как полигональная модель – это единый монолитный блок. Обычно её выбирают для реконструкции крупных объектов, так как она позволяет визуализировать большие 3D-модели с высоким разрешением и детализацией. Полигональную модель в этом случае бывает проблематично построить. Для небольших объектов также можно строить тайловую модель для получения хорошей детализации, при том сразу после этапа выравнивания снимков – на основе карт глубин. Отдельно строить текстуру для тайловой модели не требуется [6].

В результате выполнения вышеперечисленных этапов с исходными снимками в Agisoft Metashape – получили необработанную модель, представленную на рисунке 1.

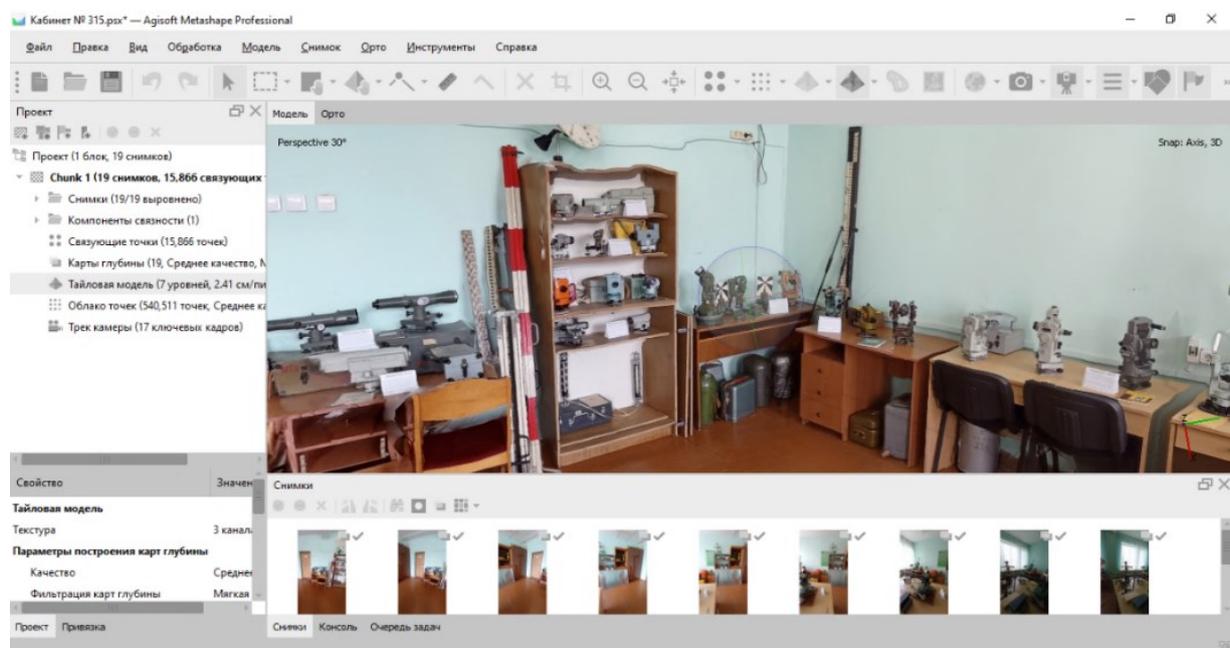


Рисунок 1. – Фрагмент тайловой модели музея кафедры геодезии и геоинформационных систем

Визуальный анализ полученной модели выявил некоторые ошибки при построении модели, представленные на рисунке 2. Так, верхние полки шкафа с приборами имеют волнообразную форму, в то время как в реальности полки шкафа являются ровными, а также плохая детальность приборов. Однако, данные изъяны можно исправить.

Для устранения возникших проблем модели после анализа ошибок модели было решено:

- использовать другой сценарий съемки: двигаться спиной к стене и снимать стену напротив нас, не снимая из одной точки в центре помещения;
- разнести точки, с которых производится фотографирование;
- выполнить съемку с нескольких уровней (несколько маршрутов);
- для сложных мест сделать дополнительные снимки.

После того как будут устранены недочёты, модель становится пригодной для дальнейшего редактирования. Для этого модель нужно экспортировать в формат, который можно использовать в других программах, выполняется с помощью команд «Файл – Экспорт – Экспорт тайловой модели».

Стоит отметить, что Agisoft Metashape поддерживает прямую загрузку результатов обработки (разреженное и плотное облака точек, полигональная и тайловая модели и др.) на различные онлайн ресурсы: 4DMapper, Mapbox, Melown Cloud, Picterra, PointBox, Pointscene, Sketchfab, Sputnik.



Рисунок 2. – Фрагмент тайловой модели (шкаф с приборами)

В результате проведенного анализа съемки мы пришли к выводу, что для достижения более качественных и точных результатов необходимо учитывать множество факторов, влияющих на итоговое изображение. Основные проблемы, такие как неровности и несовпадения в фокусировке, можно устранить, изменив сценарий съемки и подход к освещению. Важно использовать различные точки съемки и уровни, а также применять дополнительные меры, такие как использование штатива и улучшение условий освещения. Применение этих рекомендаций позволит значительно повысить качество фотографий и избежать подобных недостатков в будущем. Вследствие этого повысится качество получаемой модели, которая будет пригодна для дальнейшего использования, к примеру создания виртуального тура по музею.

ЛИТЕРАТУРА

1. Извлечение 3D-зданий с помощью фотограмметрии: решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learn.arcgis.com/ru/projects/extract-3d-buildings-using-photogrammetry/> – Дата доступа: 11.09.2024.
2. Применение материалов комплексной аэро-, наземной и лидарной съемки при создании трехмерной модели местности населенных пунктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.geoscan.ru/ru/blog/primeneniye-materialov-kompleksnoy-aero-nazemnoy-i-lidarnoy-syemki-pri-sozdanii-trekhmernoy-modeli-mestnosti-naselennykh-punktov> – Дата доступа: 11.09.2024.
3. Лучшее программное обеспечение для фотограмметрии решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lider-3d.ru/blog/obzory/luchshee-programmnoe-obespechenie-dlya-fotogrammetrii/> – Дата доступа: 18.09.2024.
4. Создание топокарт и планов по данным БПЛА на базе PhotoScan [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gisinfo.ru/techno/photoscan.htm> – Дата доступа: 18.09.2024.
5. Agisoft Metashape Professional [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.geoscan.ru/ru/software/agisoft/metashape_pro – Дата доступа: 27.09.2024.
6. Пошаговое руководство «Построение 3D-модели здания в программе Agisoft Metashape 1.6» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.agisoft.com/pdf/MS_1.6_tutorial_ru_3D_Model.pdf – Дата доступа: 29.09.2024.

УДК 528.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА АЛИДАДЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ

В.С. СТЕГАШЁВА

(Представлено: К.И. Маркович)

Современные тахеометры широко используются в геодезии для высокоточных измерений углов и расстояний. Однако, как и любое измерительное оборудование, они подвержены различным типам погрешностей, которые могут оказывать значительное влияние на результаты измерений. Даже небольшие отклонения в угловых измерениях могут привести к серьёзным ошибкам при строительстве, создании картографических данных или выполнении инженерных работ. В условиях современных проектов, где требования к точности постоянно растут, минимизация погрешностей становится важным фактором.

Электронные тахеометры широко применяются для угловых измерений в геодезии и строительстве. Они позволяют производить точные измерения благодаря встроенным системам. Однако даже в таких современных устройствах могут возникать ошибки, связанные с конструктивными особенностями, такими как эксцентриситет алидады.

Алидада тахеометра должна вращаться строго вокруг вертикальной оси, но из-за несовпадения центра делений лимба с осью вращения прибора появляются отклонения, которые могут влиять на точность измерений. Эти отклонения особенно заметны при изменении ориентации алидады, когда ошибки в отсчётах становятся максимально выраженными. В современных приборах встроенное программное обеспечение может корректировать часть этих ошибок, но влияние эксцентриситета не устраняется полностью.

Эксцентриситет алидады — это несовпадение центра делений лимба с осью вращения алидады (рисунки 1) [1; 2]. Данная погрешность возникает в результате конструктивных особенностей приборов и неточностей в изготовлении их компонентов, таких как шарикоподшипники. Из-за эксцентриситета алидады угловые измерения могут быть искажены, особенно в электронных тахеометрах, где лимб неподвижен и невозможно выполнить необходимые перестановки для устранения погрешностей.

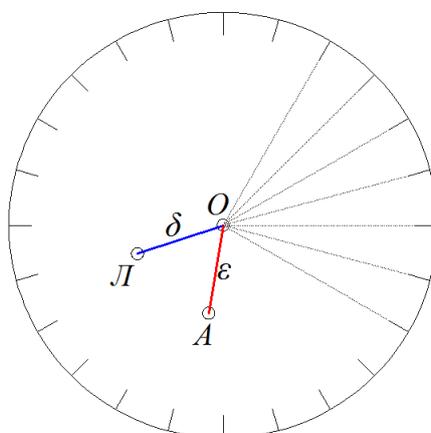


Рисунок 1. – Лимб с центром делений O и осями вращения лимба L и алидады A

Из теории эксцентриситета известно, что эксцентриситет алидады можно определить по колебанию коллимационной ошибки, полученной при различных установках алидады. В электронных тахеометрах с двусторонней системой отсчитывания будет лишь иметь место остаточное влияние эксцентриситета, связанное, с неточностью изготовления шарикоподшипника осевой системы. При работе тахеометром с односторонней системой отсчитывания при одном положении вертикального круга угловой элемент эксцентриситета будет оказывать полное влияние на измеренный угол.

Методика исследования эксцентриситета электронных тахеометров заключалась в определении его по колебанию коллимационной ошибки при различных установках алидады. Зависимость эксцентриситета алидады ϵ и коллимационной ошибки c представлена в формуле (1) [3]

$$\epsilon + c = \frac{KL - KP \pm 180^\circ}{2} \quad (1)$$

где KL , KP – отсчеты при двух положениях зрительной трубы.

В качестве исследуемых приборов были выбраны точные и высокоточные электронные тахеометры с односторонней и двусторонней системой отсчитывания. Оба типа приборов были снабжены штрихкодowymi лимбами абсолютного типа. В исследовании участвовали:

Spectra Precision FOCUS 4 5'' — точный тахеометр с односторонней системой отсчёта по лимбу [4].

Trimble M3 DR TA 5'' и Trimble M3 DR TA 2'' — точный тахеометр с двусторонней системой отсчёта по лимбу [5].

Leica TCR 1201 1'' — высокоточный тахеометр с двусторонней системой отсчёта по лимбу [6].

Коллимационная ошибка определялась при различных установках алидады (через каждые 30°). Измерения проводились в лабораторных условиях на специально закреплённые на стенах марки. Тахеометры устанавливались на стационарные тумбы с принудительным центрированием (Рисунок 2). По каждому из направлений определение выполнялось шесть раз, после чего результаты осреднялись. Схема измерений представлена на рисунке 3.



Рисунок 2. – Принудительное центрирование тахеометра

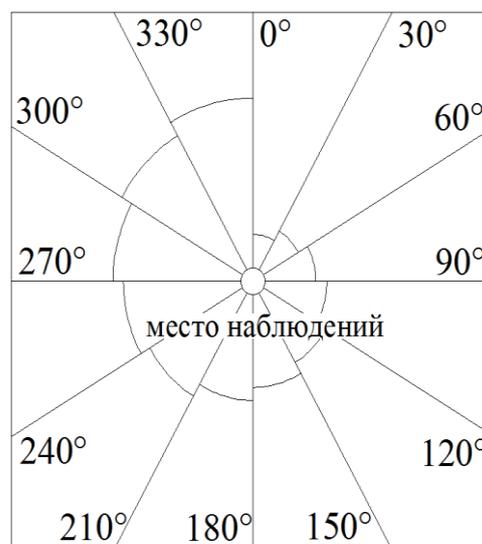


Рисунок 3. – Схема измерений

Ниже в таблице 1 и на рисунке 4 представлены результаты измерений электронным тахеометром Spectra Precision FOCUS 4 5''.

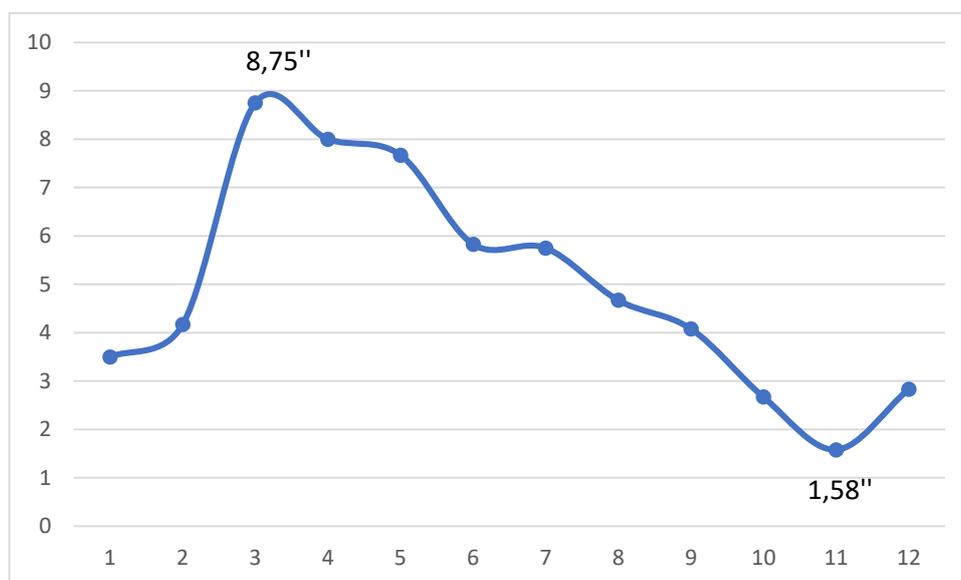


Рисунок 4. – Колебания коллимационной ошибки тахеометра Spectra Precision FOCUS 4 5''

Таблица 1. – Результаты измерений электронным тахеометром Spectra Precision FOCUS 4 5''

Ориентировка алидады	Значение коллимационной ошибки c в приемах, ''						Среднее значение c , ''
	1 прием	2 прием	3 прием	4 прием	5 прием	6 прием	
0°	1,5	6,0	3,5	2,0	3,0	5,0	3,50
30°	3	7,0	6,0	1,0	5,0	3,0	4,17
60°	12,5	7,5	5,5	11,0	8,5	7,5	8,75
90°	9,5	7,0	9,0	6,0	8,5	8,0	8,0
120°	8,0	8,0	5,0	10,0	6,5	8,5	7,67
150°	9,0	5,0	4,0	5,0	8,0	4,0	5,83
180°	11,0	3,5	3,5	7,0	5,5	4,0	5,75
210°	3,0	5,0	3,0	6,0	7,0	1,0	4,17
240°	6,0	4,0	8,5	1,5	1,0	3,5	4,08
270°	3,0	5,0	2,0	2,0	1,0	4,0	2,83
300°	1,0	3,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,58
330°	3,0	2,0	1,0	2,0	2,0	6,0	2,67

Исследования показали, что максимальные значения эксцентриситета алидады у всех исследуемых тахеометров значительно превышают заявленную производителем точность угловых измерений.

1. Spectra Precision FOCUS 4 5'' показал наибольшие значения эксцентриситета алидады. Максимальное колебание коллимационной ошибки составило 7,17'', что в полтора раза превышает заявленную точность прибора (5'').

2. Trimble M3 DR TA 5'' продемонстрировал колебания коллимационной ошибки в пределах 7.6'', что также превышает заявленную точность прибора в полтора раза. Этот результат указывает на то, что даже у приборов с двусторонней системой отсчёта по лимбу эксцентриситет может оказывать заметное влияние на угловые измерения.

3. У Trimble M3 DR TA 2'' колебания коллимационной ошибки составили 3.9'', что вдвое превышает заявленную точность прибора (2''). Несмотря на то, что у этого тахеометра также присутствует двусторонняя система отсчёта, влияние эксцентриситета остаётся значительным.

4. Leica TCR 1201 1'', будучи самым точным прибором среди исследуемых, показал минимальные значения эксцентриситета. Максимальное колебание коллимационной ошибки составило 2.8'', превышая заявленную точность прибора почти в 3 раза (1'').

Результаты исследования эксцентриситета электронных тахеометров с односторонней и двусторонней системой отсчитывания показали следующее:

1. Минимальное значение эксцентриситета наблюдается у самого точного (Leica TCR 1201 1'') из представленных выше электронных тахеометров.

2. Максимальное значение эксцентриситета наблюдается у менее точного (Spectra Precision FOCUS 4 5'') из представленных выше электронных тахеометров.

3. Анализ величины эксцентриситета электронных тахеометров одной точности (Spectra Precision FOCUS 4 5'' и Trimble M3 DR TA 5'') показал, что тахеометр с двусторонней системой отсчитывания по лимбу обладает меньшим эксцентриситетом алидады. Данный факт соответствует общей теории эксцентриситета.

4. У всех приборов эксцентриситет превышает заявленную точность измерения угла в два и более раза (несмотря на то, что у электронных тахеометров с двусторонней системой отсчитывания влияние на отсчеты по горизонтальному кругу оказывает лишь остаточный эффект углового элемента эксцентриситета).

5. При работе тахеометрами с односторонней системой отсчитывания по лимбу обязательно измерение углов при двух кругах вертикального круга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болотов, П.А. Практикум по основным геодезическим работам / П.А. Болотов [и др.]. – М.: Недра, 1977. – 336 с.
2. Островский, А.П. Геодезическое прибороведение / А.П. Островский [и др.]. – Львов : Вища Школа, 1983. – 208 с.
3. Староверов, С. В. Разработка компактных средств геодезической метрологии для оперативной поверки и исследований нивелиров и тахеометров: дис. ... канд тех. наук : 25.00.32 / Староверов Сергей Вячеславович. – М., 2018. – 108 с.
4. Электронный тахеометр Focus 4. Руководство пользователя. Spectra Precision. – 134 с.
5. Руководство по эксплуатации Trimble M3 DR. Trimble. – 65 с.
6. Руководство по эксплуатации Leica TCR 1201. Leica Geosystems. – 244 с.

УДК 528.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРАВИЛЬНОСТИ РАСЧЁТОВ ОБРАТНОЙ ЛИНЕЙНО-УГЛОВОЙ ЗАСЕЧКИ НА ТАХЕОМЕТРЕ Trimble M3 И В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ Credo Dat 3.0

В.С. СТЕГАШЁВА

(Представлено: К.И. Маркович)

Метод обратной засечки широко применяется при геодезическом обеспечении строительства зданий и сооружений для определения координат места установки прибора с высокой точностью. До появления электронных тахеометров данный метод базировался на измерении углов между известными точками для определения своего местоположения. В современных тахеометрах, таких как Trimble M3, координаты и точность положения определяются автоматически с помощью встроенного программного обеспечения, что значительно облегчает процесс.

Обратная засечка заключается в определении координат станции тахеометра по углам и расстояниям до нескольких известных точек (минимум двух). Это позволяет не только определять плановые координаты, но и высотное положение станции. Современные приборы автоматически обрабатывают полученные данные и оценивают точность определения положения. Этот метод, также известный как задача Потенота [1], является фундаментальным в геодезии и активно используется при строительстве зданий и сооружений. Ранее измерения производились вручную, что требовало значительных временных и трудовых затрат. С появлением электронных тахеометров, таких как Trimble M3, процесс стал автоматизированным: прибор сам измеряет углы и расстояния до опорных точек, а встроенное программное обеспечение производит расчет координат станции, включая высотную составляющую. Кроме того, приборы сразу же предоставляют оценку точности определяемого положения.

Тахеометр Trimble M3 оснащен функцией автоматической обратной засечки, что позволяет оперативно и с высокой точностью определять координаты станции, даже если установка прибора была выполнена в случайной точке [2]. Основными измеряемыми параметрами являются горизонтальные углы и расстояния до каждой опорной точки. Встроенное программное обеспечение обрабатывает данные и рассчитывает координаты станции, предоставляя информацию о возможных погрешностях в определении положения. При использовании метода обратной засечки важно учитывать возможные источники ошибок, такие как погрешности измерения углов и расстояний, а также влияние систематических ошибок, связанных с несовершенством оборудования и окружающей среды. В современных приборах эти факторы учитываются и компенсируются.

Credo Dat 3.0 — это специализированное программное обеспечение для обработки геодезических измерений и выполнения уравнивания координат. Оно широко применяется для анализа данных, полученных при помощи различных геодезических приборов, включая тахеометры. В случае обратной линейно-угловой засечки программа позволяет ввести исходные координаты опорных точек, измеренные углы и расстояния, после чего выполняется уравнивание и расчет координат станции. Отличительной особенностью Credo Dat 3.0 является то, что оно проводит комплексный анализ данных и выполняет уравнивание координат с учетом введенных ошибок и погрешностей, позволяя получить более точные результаты [3]. Однако, как показало исследование, использование данного программного комплекса может приводить к некоторым отклонениям от истинных координат, несмотря на более низкие значения среднеквадратических ошибок.

В исследовании были использованы три марки, закрепленные на стенах здания (рисунок 1), на которые ориентировался тахеометр Trimble M3. Прибор устанавливался в выбранном месте, и ему задавались произвольные координаты и ориентировка. Далее по функциям тахеометра «Обратная засечка» были определены координаты станции, и с помощью программного комплекса Credo Dat 3.0 аналогично производились расчеты координат. Для проверки точности в координаты марок вводились ошибки величиной 10 мм в разных комбинациях.

Основное различие между встроенным программным обеспечением тахеометра Trimble M3 и программным комплексом Credo Dat 3.0 заключается в способе обработки данных и оценки точности. Trimble M3 производит расчет координат непосредственно на месте измерений, а Credo Dat 3.0 выполняет более детальное уравнивание на основе введенных данных. Однако результаты показали, что встроенное ПО тахеометра предоставляет более точные координаты станции, несмотря на более высокие значения СКО, что делает его предпочтительным для задач оперативного определения координат.

Процесс выполнения измерений представлен на рисунке 2. Схема обратной линейно-угловой засечки представлена на рисунке 3.



Рисунок 1. – Марка, закрепленная на стене



Рисунок 2. – Расположение марок на здании

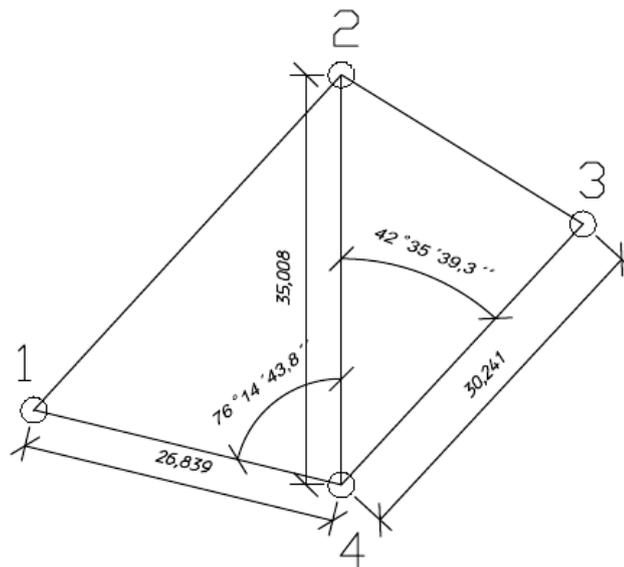


Рисунок 3. – Схема обратной линейно-угловой засечки

Таблица 1 – Исследование правильности расчетов тахеометра

№	Номера точек в обратной линейно-угловой засечке								СКО		
	1		2		3		4		mx, мм	my, мм	m, мм
	X, мм	Y, мм	X, мм	Y, мм	X, мм	Y, мм	X, м	Y, м			
1	-	-	-	-	+10	+10	1000,003	1000,005	3	5	15
2	-	-	-	-	-10	-10	999,997	999,993	3	5	14
3	-	-	-	-	+10	-10	1000,004	999,999	3	5	14
4	-	-	+10	+10	-	-	1000,002	1000,001	4	5	5
5	-	-	-10	-10	-	-	999,997	999,997	4	6	6
6	-	-	+10	-10	-	-	1000,003	999,998	4	6	19
7	+10	+10	-	-	-	-	1000,005	1000,001	4	6	8
8	-10	-10	-	-	-	-	999,996	999,998	4	6	9
9	+10	-10	-	-	-	-	1000,003	999,990	2	3	6
10	-	-	+10	+10	+10	+10	1000,006	1000,008	4	6	8
11	-	-	-10	-10	-10	-10	999,994	999,990	4	5	8
12	-	-	+10	-10	+10	-10	1000,007	999,998	2	3	9
13	+10	+10	-	-	+10	+10	1000,007	1000,006	4	5	7
14	-10	-10	-	-	-10	-10	999,992	999,991	4	6	6
15	+10	-10	-	-	+10	-10	1000,007	999,990	4	5	17
16	+10	+10	+10	+10	+10	+10	1000,010	1000,009	0	0	0
17	-10	-10	-10	-10	-10	-10	999,990	999,989	0	0	0
18	+10	-10	+10	-10	+10	-10	1000,010	999,989	0	0	0

Таблица 2 – Исследование правильности расчетов Credo_Dat

№	Номера точек в обратной линейно-угловой засечке								СКО		
	1		2		3		4		m _x , мм	m _y , мм	m, мм
	X, мм	Y, мм	X, мм	Y, мм	X, мм	Y, мм	X, м	Y, м			
1	-	-	-	-	+10	+10	1000,001	1000,003	2	4	4
2	-	-	-	-	-10	-10	999,999	999,997	1	4	4
3	-	-	-	-	+10	-10	1000,011	1000,015	4	9	10
4	-	-	+10	+10	-	-	1000,004	1000,017	3	8	9
5	-	-	-10	-10	-	-	999,996	999,984	3	8	9
6	-	-	+10	-10	-	-	999,997	999,985	3	9	10
7	+10	+10	-	-	-	-	1000,005	999,991	2	6	7
8	-10	-10	-	-	-	-	999,995	1000,009	2	6	7
9	+10	-10	-	-	-	-	1000,002	999,991	1	2	2
10	-	-	+10	+10	+10	+10	1000,005	1000,019	2	6	7
11	-	-	-10	-10	-10	-10	999,995	999,981	2	6	7
12	-	-	+10	-10	+10	-10	1000,008	1000,000	1	2	2
13	+10	+10	-	-	+10	+10	1000,006	999,994	3	8	9
14	-10	-10	-	-	-10	-10	999,994	1000,007	3	8	9
15	+10	-10	-	-	+10	-10	1000,013	1000,005	3	8	9
16	+10	+10	+10	+10	+10	+10	1000,010	1000,010	0	0	0
17	-10	-10	-10	-10	-10	-10	999,990	999,990	0	0	0
18	+10	-10	+10	-10	+10	-10	1000,010	1000,010	0	0	0

Результаты исследования показали, что при использовании тахеометра Trimble M3 среднеквадратические ошибки (СКО) оказались выше, однако определяемые координаты станции были более близки к истинным значениям. В то время как программный комплекс Credo Dat 3.0 показывал более низкие значения СКО, но урванненные координаты значительно отличались от истинных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геодезия: Учебник для вузов, Ч. II – М.: Недра, 1981. 544 с
2. Электронный тахеометр Focus 4. Руководство пользователя. Spectra Precision. – 134 с.
3. Руководство пользователя (для начинающих). – 808 с.

УДК 528.2/3

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ТРАНСФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМ КООРДИНАТ

Д.В. ШКУТ

(Представлено: А.С. Ивашиёва)

Для решения задачи трансформирования систем координат, представлены результаты применения двух методов к решению данной задачи: метод наименьших квадратов и применение искусственных нейронных сетей. Цель статьи состоит в выяснении, может ли процедура нормализации сделать методы машинного обучения надежной альтернативой для решения задачи трансформирования систем координат.

Трансформирование систем координат является часто применяемым инструментом работы в геодезии и топографии, потому, есть необходимость оптимизации, надежности получения данных с наибольшей точностью. Имеется множество подходов для решения задачи трансформирования систем координат, основанных на методе наименьших квадратов, методе наименьших модулей, с помощью комплексных чисел, нейронных сетей. Для решения задачи были реализованы два подхода: метод наименьших квадратов и метод, основанный на использовании методов машинного обучения.

Когда существует избыточная система уравнений, то коэффициенты трансформирования можно определить применением метода наименьших квадратов (МНК). На основе аффинного преобразования, рассмотрим классический алгоритм метода наименьших квадратов. Название способа «метод наименьших квадратов» означает, что после подстановки в начальные уравнения неизвестных величин, выведенных этим способом, в правых частях уравнений получаются если не нули, то небольшие величины. Сумма квадратов этих величин оказывается меньше, чем сумма квадратов подобных же остатков, после подстановки каких бы то ни было других значений неизвестных [1].

Искусственные нейронные сети (далее ИНС) представляют собой математические модели, построенные по принципу организации и функционирования сетей нервных клеток живого организма. Существуют множество различных применений нейронных сетей, в том числе и в геодезии, для решения таких задач как преобразование координат, моделирование поверхностей GPS, обнаружение изменений в зеленом покрове и т.д. [2–4].

Модели ИНС могут быть сформированы с различными архитектурами в зависимости от количества дополнительных слоёв и нейронов, алгоритмов обучения и функции активации. Преимуществом является самоадаптирующаяся способность обнаруживать закономерности в наборе данных без учёта существования функциональных взаимосвязей между входными и выходными данными. Методы машинного обучения помогают избежать возможных ошибок оценки параметров, поскольку они не работают с параметрами [5; 6].

В качестве недостатков машинного обучения выделим природу искусственных нейронных сетей «чёрный ящик», так же на получаемую точность и эффективность вычислений влияет архитектура сети, которая определяется посредством последовательных шагов проб и ошибок.

При преобразовании координат чаще всего используют 2 вида искусственных нейронных сетей: радиальной базисной функции и обратного распространения ошибки. Данные методы искусственного интеллекта правильно откалиброваны на наборе данных обучения, на тестовой выборке показывают координаты с повышенной точностью [7].

В проведенном исследовании были созданы искусственные нейронные сети для выборки из различного количества точек, таких как 30 и 50, 70 и 100. Прежде чем производился расчет в точки искусственно вводились погрешности, а далее данные проходили через нормализацию. Для разных слоев созданных нейронных сетей, были выбраны различные функции. Количество нейронов первого слоя составляло десять для сигмоидной функции и два нейрона для второго слоя линейной функции активации. Процесс обучения был связан с настройкой весов для минимизации разницы между требуемыми и выходными сигналами после обучения сети. Обучение производилось по обучающей выборке, а для оценки работы созданы тестовые выборки, при проведении исследования данные проходили нормализацию.

Нормализацией данных будет преобразование численных данных в диапазон с крайними значениями в диапазоне [0; +1], [-1; +1]. Если количественные данные описаны в одной шкале с разными интервалами, после нормализации их можно сравнивать и оценивать математически. Ниже представлена формула применяемая в эксперименте [8].

$$x_n = -1 + \left(2 * \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \right)$$

Нормализованные данные были загружены в созданную нейронную сеть, вычислительный эксперимент был проведен шесть раз, на основе одних и тех же смоделированных данных. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты эксперимента

Количество точек	МНК	ИНС
	[v ²], м ²	[v ²], м ²
30	6.5008e-09	1.1305·10 ⁻⁶
		6.5114·10 ⁻⁶
		1.9483·10 ⁻⁷
		1.1877·10 ⁻⁵
		1.3279·10 ⁻⁶
		0.0003
50	1.7976e-08	1.9913·10 ⁻⁸
		6.1213·10 ⁻⁹
		7.2683·10 ⁻⁹
		5.0203·10 ⁻⁹
		5.5169·10 ⁻⁸
		4.2637·10 ⁻⁹
70	1.6639e-08	3.3669·10 ⁻⁷
		6.4577·10 ⁻⁹
		9.0210·10 ⁻⁸
		6.5846·10 ⁻⁶
		6.5379·10 ⁻⁹
		2.9856·10 ⁻⁹
100	2.5690e-08	1.9695·10 ⁻⁹
		3.1071·10 ⁻⁹
		1.7590·10 ⁻⁹
		1.8901·10 ⁻⁹
		2.4204·10 ⁻⁹
		1.9993·10 ⁻⁹

При выполнении нормализации метод, основанный на машинном обучении, дал лучший результат по сравнению с прошлым исследованием без выполнения процедуры нормализации исходных модельных данных. Следует отметить, что при увеличении количества общих точек сумма квадратов поправок, получаемые по тестовой выборке ИНС, становится меньше, нежели сумма квадратов поправок метода наименьших квадратов для тестовых выборок. Так же отметим что, что при небольшом количестве точек (30 и менее) с нормализацией исходных данных ИНС не выдавала некорректные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мазуров Б. Т. Высшая геодезия : учеб. для вузов / Б. Т. Мазуров. — 2-е изд., стер. — СПб. : Лань, 2022. — 224 с.
2. Kavzoglu, T. Modelling local GPS/Levelling geoid undulations using artificial neural networks / T. Kavzoglu, M. H. Saka // Journal of Geodesy. – 2005. — P. 520-529.
3. Tierra, Alfonso Planes coordinates transformation between PSAD56 to SIRGAS using a Multilayer Artificial Neural Network / Alfonso Tierra, Ricardo Romero // Geodesy and Cartography. – 2014. – Vol. 63, No. 2. – P. 199-209.
4. Madhu, Khurana Green Cover Change Detection using a Modified Adaptive Ensemble of Extreme Learning Machines for North-Western India / Madhu Khurana, Vikas Saxena // Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences. – 2018. – 9 p.
5. Ziggah, Y.Y. 2D cadastral coordinate transformation using extreme learning machine technique. Geodesy and Cartography/Y.Y.Ziggah, Y. Issaka, P.B. Laari, Z.Hui-2018. –С.321-343.
6. Шкут, Д. В. Нейронные сети в геодезии / Д. В. Шкут // Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой / ред. кол.: Ю. Я. Романовский (пред.) [и др.]. – Новополоцк : Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, 2023. - Вып. 49 (119): Прикладные науки. Строительство. – С. 18-19.
7. Ziggah, Y.Y. Application of Multivariate Adaptive Regression Spline Approach for 2D Coordinate Transformation / Y.Y. Ziggah, P.B. Laari // Ghana Journal of Technology. - 2018.- Vol. 2, № 2. - P. 50 - 62.
8. Старовойтов, В.В. Нормализация данных в машинном обучении / В. В. Старовойтов, Ю. И. Голуб. – Минск: Национальная академия наук, 2021. – 83-96 с

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА. ДИЗАЙН

УДК 656.015

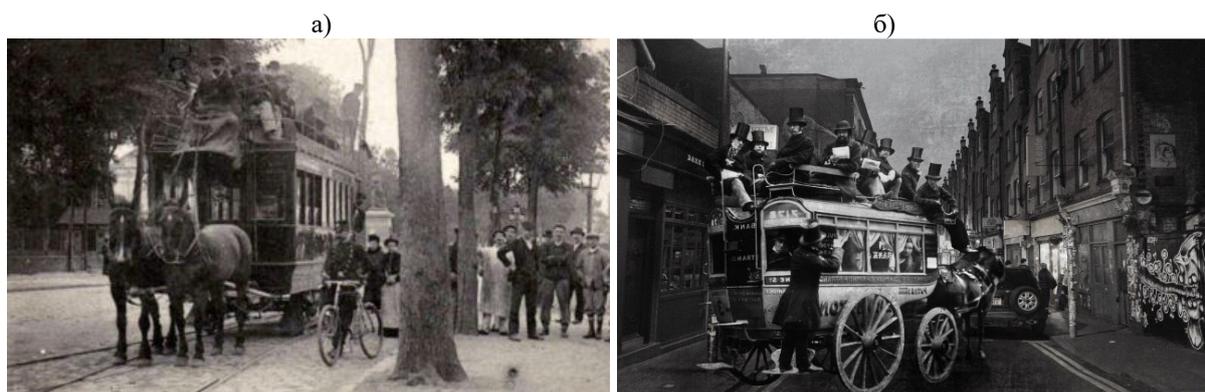
ОСТАНОВКА ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА. ИЗ ПРОШЛОГО В НАСТОЯЩЕЕ**В.В. АФНАГЕЛЬ***(Представлено: Е.Г. Кремнева)*

Проведен анализ исторических этапов развития остановок, выявлены актуальные для своего времени факторы, способствовавшие их развитию. Сравнительный анализ современных остановок с их предшественниками выявил ключевые изменения в их функциональности и роли в городской среде.

Малая архитектурная форма в виде остановочного павильона с простыми, но важными функциями стала привычным атрибутом современной жизни. Это не просто место, где люди ждут транспорт, это важная часть городской инфраструктуры, которая определяет удобство, комфорт и безопасность пассажиров, а также влияет на эффективность общественного транспорта в целом. Но так ли это было всегда? Чтобы выяснить этот момент следует не просто углубиться в историю остановки, но и вспомнить о происхождении самого общественного транспорта.

18 марта 1662 года в Париже открылся первый маршрут общественного пассажирского транспорта, названного впоследствии омнибусом. Впоследствии, подобные многоместные конные экипажи стали появляться и в других городах. Однако широкое распространение омнибус получил лишь в XIX веке. Омнибус совмещал в себе функции извозчика и дилижанса: он мог перевозить пассажиров как по городу, подобно извозчику, так и на дальние расстояния, как дилижанс, принимая на борт большое количество людей. Монополия омнибусов быстро уступила место новому виду транспорта: конкам, которые появились в городах уже в 1830-х годах. Она представляла из себя экипаж, доходящий до 2 этажей. Под управлением кучера, пара запряженных лошадей, тянули вагон по рельсам. В настоящее время в ряде европейских городов омнибусы выполняют функцию транспорта для туристов, [1].

С появлением первых городских маршрутов возникла необходимость организации специально отведённых мест для ожидания, и чтобы как-то обозначить остановочный пункт, устанавливался столб или специальный знак с указателем. (рисунок 1). Данный вариант был малозатратным и в то же время не функциональным, т.к. не было ни скамеек, ни крыши. Единственной полезной функцией такой остановки была информация о следовании маршрута.

**Рисунок 1. – Вариант первой остановки (а) и пример омнибуса (б)***Источник: [4; 5].*

Архитектурные формы автопавильонов в процессе развития транспорта менялись очень быстро. Первая остановка, представляющая собой простейшее сооружение из бетона, была зарегистрирована в Англии в 1890 году. В то время началось массовое использование бетона. Это была отправная точка повсеместного строительства идентичных сооружений для ожидания общественного транспорта. Позже остановки начали представлять собой прямоугольную конструкцию с крышей, тремя или одной «задней» стеной и скамьей. [1; 2].

Немного позднее на остановках стали устанавливать кассы, у граждан была необходимость постоянного передвижения между республиками, областями и городами. В связи с этим возросла популярность

маршрутного транспорта. Чтобы скрасить время ожидания маршрута, пришлось разнообразить монотонные однотипные павильоны. Благодаря необычным рисункам конструкции приобретали особенный вид и становились целым произведением искусства. Появились остановки в виде птиц, гнезд и т.д. Потом на остановках стали появляться такие материалы как кирпич, металл и витражи, стекло.



Рисунок 2. – Остановка на улице Калинина, г. Новополоцк. Мозаика

Источник: [3].

Сегодня автобусный павильон – это не просто место для ожидания маршрутного транспорта. Это пространство, где можно отдохнуть, укрыться от непогоды, разместить на рекламных щитах полезную информацию, купить и выпить кофе, зарядить телефон.

На остановках устанавливают навесы, скамейки, павильоны и урны. На остановке имеется табличка с номерами маршрутов общественного транспорта, а часто также расписание и карта маршрутов. Иногда на остановках имеются пункты продажи билетов. Теперь можно купить билеты на общественный транспорт онлайн. Это позволяет пассажирам планировать свои поездки заранее, делая их более удобными.

В некоторых городах остановки оснащены Wi-Fi, что позволяет пассажирам провести время с пользой, пока они ждут транспорт. Сегодня остановки устанавливают из стекла или светопрозрачных материалов в целях безопасного и комфортного ожидания пассажирами транспорта.

В зоне остановок автомобильного общественного транспорта часто наносится соответствующая дорожная разметка, запрещающая парковку автомобилей. Кроме того, для комфортного функционирования остановок, они должны быть достаточно протяженными, чтобы и маршрутное такси и автобусы не мешали друг другу, и что бы пассажир мог выбрать не один маршрут, а несколько, из ближайших прибывших.

В заключении необходимо сказать, что современная остановка становится это не просто местом ожидания транспорта, а комфортным пространством, достопримечательностью и арт объектом города, что, несомненно улучшит качество жизни и красоту города.

ЛИТЕРАТУРА

1. Информационное агенство Комиинформ [Электронный ресурс] / Информационный ресурс. – Москва, 2019. – Режим доступа: <https://komiinform.ru/nt/2037> – Дата доступа: 15.09.2024.
2. И.В. Куликова. Малая архитектурная форма. Остановка общественного транспорта (автобусная остановка): учеб. пособие / И.В. Куликова; Министерство образования и науки Российской Федерации. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет». Кафедра теории и истории архитектуры. – Томск, 2014. – 6 с.
3. Общество с ограниченной ответственностью «Онлайнер» [Электронный ресурс] / Информационный ресурс. – Минск, 2012. – Режим доступа: <https://people.onliner.by/2012/07/17/novopolock> – Дата доступа: 15.09.2024
4. Журнал Пространство – портал о жизненном пространстве [Электронный ресурс] / Информационный ресурс. – Режим доступа: <https://www.prostranstvo.media/istorija-gorodskogo-transporta-ot-lodok-do-trolleibusov/> – Дата доступа: 15.09.2024
5. Tourisme-Marseille.com [Электронный ресурс] / Информационный ресурс. – Режим доступа: <https://tourisme-marseille.com/ru/> – Дата доступа: 15.09.2024

УДК 696.48: 697.34

**К ВОПРОСУ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОЙ НАГРУЗКИ ГОРЯЧЕГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ЗАКРЫТЫХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
ПРИ ОДНОСТУПЕНЧАТОЙ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СХЕМЕ
ПОДКЛЮЧЕНИЯ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ**

**А.В. БАТЕНКОВА, А.А. КОРШУН, А.Д. МИЛОЧКИНА,
А.А. НИКОНОВА, А.Н. МАЛЕВИЧ
(Представлено: А.М. Нияковский)**

С использованием цифровой модели для подбора водоподогревателей горячего водоснабжения исследованы переменные режимы работа пластинчатых теплообменников. Уточнены известные уравнения для определения параметра теплообменника и температуры греющего теплоносителя на его выходе из теплообменника при изменении начальной температуры, что сделало возможным их использование при расчете регулирования пластинчатых теплообменников в системах горячего водоснабжения.

При эксплуатации централизованных систем теплоснабжения при совместном отпуске тепловой энергии на нужды отопления и горячего водоснабжения возникает необходимость в регулировании расхода греющего теплоносителя, поступающего в водоподогреватели системы горячего водоснабжения (СГВ), в зависимости от его температуры в подающей магистрали тепловой сети. При этом различают два поддиапазона регулирования отпуски теплоты на горячее водоснабжение: переменный – при температурах наружного воздуха, находящихся в пределах от точки излома температурного графика регулирования отопительной нагрузки до температуры наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92, и расчетный – при температурах наружного воздуха, превышающих его температуру в точке излома температурного графика.

В расчетном поддиапазоне температура и расход греющего теплоносителя остаются постоянными, инвариантными в отношении температуры наружного воздуха. В переменном диапазоне по мере изменения температуры греющего теплоносителя на входе водоподогревателя СГВ одновременно должен снижаться и расход теплоносителя.

Вопрос регулирования отпуски теплоты на горячее водоснабжение был достаточно подробно изучен в отношении кожухотрубных теплообменников [1; 2]. В частности, в [1] для этой цели было предложено уравнение характеристики теплообменного аппарата, позволяющее выполнять необходимые расчеты регулирования, причем, применительно к подогревателям горячего водоснабжения в указанной работе обосновывалось постоянство следующего комплекса, названного параметром теплообменника:

$$\Phi = \frac{k \cdot F}{c \cdot (G_{\tau} \cdot G_t)^{0,5}} = \text{const} , \quad (1)$$

где k – коэффициент теплопередачи теплообменника при фактических расходах теплоносителей, Вт/(м²·°С);
 F – поверхность теплообмена, м²;
 G_{τ} и G_t – расходы соответственно греющего и нагреваемого теплоносителей, кг/с;
 c – удельная теплоёмкость теплоносителя, Дж/(кг·°С).

Однако, в случае пластинчатых теплообменников соотношение (1), как показывают эксперименты и расчеты, не соблюдается. Не дает возможности получить однозначные практически полезные результаты и методика, представленная в [3]. В силу чего была **поставлена задача** выполнить численные исследования, позволяющие найти зависимость для расчета параметра пластинчатого теплообменника Φ по типу уравнения (1). Численные исследования были осуществлены **с использованием компьютерной программы** для расчета и подбора пластинчатых водоподогревателей, предоставленной ООО «Производственная компания Теплосила» [4].

В ходе исследований было установлено, что как для кожухотрубчатых, так и для пластинчатых теплообменников параметр теплообменника Φ может быть рассчитан с использованием уравнения:

$$\Phi = \frac{k \cdot F}{(cG_{\tau} \cdot cG_t)^m} = \text{const} , \quad (2)$$

где m – показатель степени, зависящий от типа теплообменника.

Исследования были выполнены для дискретного ряда теплообменников, сформированного по величине площади поверхности теплообмена, при различных расходах теплоносителей и разных величинах тепловой мощности каждого теплообменника, составляющего этот дискретный ряд с учетом выводов, содержащихся в [5].

При обработке данных численного эксперимента уравнение (2) было дополнено уравнениями (3) и (4), а также условием (5), справедливым для системы горячего водоснабжения:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t_{cp}; \quad Q' = k' \cdot F' \cdot \Delta t'_{cp}, \quad (3)$$

$$Q = cG_{\tau} (\tau - \tau_{2r}) = cG_t (t_r - t_x); \quad Q' = cG'_{\tau} (\tau'_{1r} - \tau'_{2r}) = cG'_t (t_r - t_x); \quad (4)$$

$$Q/Q' = 1, \quad (5)$$

где Q – тепловая нагрузка горячего водоснабжения, Вт;

Δt_{cp} – средний температурный напор в теплообменнике, Вт/(°C·м²)

t_r и t_x – температуры нагреваемой воды соответственно на выходе и входе теплообменника, °C;

τ_1 и τ_{2r} – температуры греющего теплоносителя соответственно на входе и выходе теплообменника, °C;

штрихами отмечены величины, относящиеся к расчетному режиму работы теплообменника, соответствующему точке излома температурного графика регулирования отопительной нагрузки.

Исходя из соотношений (3)–(5), уравнение (2) для переменного режима работы теплообменника можно записать в виде:

$$\Phi = \frac{k \cdot F}{\left(cG_{\tau} \cdot \frac{Q}{Q} \cdot cG_t \cdot \frac{Q}{Q} \right)^m} \cdot \frac{Q}{Q} = \frac{1}{\left(\frac{Q}{(\tau - \tau_{2r})} \cdot \frac{Q}{(t_r - t_x)} \right)^m} \cdot \frac{Q}{\Delta t_{cp}}. \quad (6)$$

Для расчетного режима уравнение (6) примет следующий вид:

$$\Phi = \frac{k' \cdot F}{\left(cG'_{\tau} \cdot \frac{Q'}{Q} \cdot cG'_t \cdot \frac{Q'}{Q} \right)^m} \cdot \frac{Q'}{Q'} = \frac{1}{\left(\frac{Q'}{(\tau'_{1r} - \tau'_{2r})} \cdot \frac{Q'}{(t_r - t_x)} \right)^m} \cdot \frac{Q'}{\Delta t'_{cp}}. \quad (7)$$

После почленного деления уравнения (6) на уравнение (7), приняв во внимание, что $\Phi = const$, а также условие (5) получим:

$$\left(\frac{\tau_1 - \tau_{2r}}{\tau'_{1r} - \tau'_{2r}} \right)^m \cdot \frac{\Delta t'_{cp}}{\Delta t_{cp}} = 1. \quad (8)$$

Если средние температурные напоры в уравнении (8) представить как среднелогарифмические, то окончательное уравнение регулирования тепловой нагрузки горячего водоснабжения в переменном поддиапазоне регулирования в случае использования пластинчатых теплообменников и одноступенчатой параллельной схеме их подключения будет иметь вид:

$$\left(\frac{\tau_1 - \tau_{2,c}}{\tau'_{1,c} - \tau'_{2,c}} \right)^m \times \frac{\left(\frac{(\tau'_{1,c} - t_r) - (\tau'_{2,c} - t_x)}{\ln \frac{\tau'_{1,c} - t_r}{\tau'_{2,c} - t_x}} \right)}{\left(\frac{(\tau_1 - t_r) - (\tau_{2r} - t_x)}{\ln \frac{\tau_1 - t_r}{\tau_{2,c} - t_x}} \right)} = 1. \quad (9)$$

В ходе проведенных исследований установлено, что в случае кожухотрубчатых теплообменников показатель степени m принимает значение равно 0,5, а в случае пластинчатых – значение 0,27.

Уравнение (9) решается относительно τ_{2r} методом подстановки при значениях τ_1 , задаваемых по графику регулирования отопительной нагрузки. Все остальные величины, входящие в уравнение (9), являются наперед заданными расчетными.

Выводы.

1. Предложено обобщенное уравнение для расчета регулирования тепловой нагрузки горячего водоснабжения в переменном поддиапазоне регулирования в случае использования кожухотрубчатых или пластинчатых теплообменников, подключенных по одноступенчатой параллельной схеме.

2. Установлено, что показатель степени m в уравнении регулирования нагрузки горячего водоснабжения в рассматриваемых условиях зависит от типа теплообменника и равен 0,5 для кожухотрубчатых теплообменников и 0,27 для пластинчатых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети : Учеб. для вузов по спец. "Пром. Теплоэнергетика" / Е. Я. Соколов. – 5-е изд., перераб. – М. : Энергоиздат, 1982. – 360 с. : ил.
2. Теплоснабжение: Учебник для вузов / А. А. Ионин, Б. М. Хлыбов, В. Н. Братенков, Е. Н. Терлецкая; Под ред. А. А. Иониной. – М. : Стройиздат, 1982. – 336 с, ил.
3. Новый подход к обоснованию закона изменения расхода греющей воды при местном количественном регулировании теплового потока на горячее водоснабжение в закрытых водяных системах централизованного теплоснабжения – Режим доступа: <https://pandia.ru/text/81/130/33398.php> – Дата доступа: 31.03.2024.
4. Программы подбора оборудования ООО «Производственная компания Теплосила» – Режим доступа: <https://teplosila.com/programmy-podbora-oborudovaniya> – Дата доступа: 31.03.2024.
5. Нияковский, А.М., Москалёнок, Ф.И., Сидорова, А.Ю. К вопросу выбора расчётной производительности системы горячего водоснабжения при замене кожухотрубных подогревателей на пластинчатые / А. М. Нияковский, Ф. И. Москалёнок, А. Ю. Сидорова // Материалы докладов 51 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. Том 1. – Витебск: ВГТУ, 2018г. – С. 376–378.

УДК 69.001.5

РАЗРАБОТКА ГЛУБИННОГО ДАТЧИКА ИЗ ПЕРЕРАБОТАННЫХ ПЭТ БУТЫЛОК

А.В. БЕЛОУСОВ, Н.С. ЖУРАВСКИЙ
(Представлено: Д.Н. Шабанов, А.Н. Ягубкин)

Описаны идеи по разработке глубинного датчика из переработанных ПЭТ бутылок. Представлены виды моделей корпусов глубинных датчиков в программе Ansys. Приведены результаты моделирования. Наименьшим концентратором напряжений будет являться глубинный датчик в форме диска.

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].

Исходя из вышесказанного, нужно определиться, как контролировать рост трещин, в том числе и магистральной трещины в частности. Магистральная трещина – это трещина, протяженность которой превосходит размеры структурных составляющих материалов и областей самоуравновешенных напряжений и по поверхностям которой произойдет деление образца на части [2].

Существует два вида отслеживания роста магистральной трещины. Разрушающий и косвенный. К недостаткам разрушающего метода можно отнести недостатки то, что придётся брать образец из уже эксплуатируемого здания, что не всегда может положительно сказаться на самом объекте. Так же этот метод является достаточно дорогостоящим. К плюсу можно отнести то, что после испытания образца будут получены более точный результат.

К минусам же данных способов исследования можно отнести то, что данные могут быть отличными от реальных показателей, однако есть и методы, которые дают достаточно точные показатели. К одному из методов такого исследования можно отнести способ при помощи глубинных датчиков.

На данный момент известен датчик деформации композитный для закладки в бетон. Его работа основана на принципе тензометрии. В его корпусе содержится два тензорезистора. Сам датчик имеет двухслойный герметичный корпус. Первый слой покрывает тензорезисторы, а второй слой расположен вокруг стержня и вышеуказанных слоёв. Слои состоят из силикона [3].

В данной работе также используется тензорезисторный датчик. Данный вид датчиков работает благодаря различным видам тензорезисторов. Тензорезистор (strain gauge) – элемент, сопротивление которого меняется в зависимости от деформации [4].

Главная проблема глубинного датчика - то, что он будет являться концентратором напряжений, а это в свою очередь ведёт к факту развития деформаций, и вредит целостности объекта. Так же возникает вопрос коррозионной стойкости. Датчик из стали или железа в среде бетона запустит процесс коррозии.

Корпус глубинного датчика из переработанных ПЭТ бутылок распечатанный на 3D принтере позволит решить все представленные выше проблемы. Оптимизировать корпус датчика, который является концентратором напряжений, помогла компьютерная программа ANSYS Workbench.

Ansys Workbench – это платформа интеграции и рабочих процессов, которая соединяет продукты Ansys. Схема проекта позволяет пользователям настраивать процессы моделирования, оптимизировать исследования с помощью параметрического управления, отправлять задания решателю как локально, так и удаленно, а также добавлять API, которые позволяют использовать стороннее программное обеспечение [4].

Ansys использует метод конечных элементов. Минусом данного метода является то, что за счёт того, что ANSYS использует матричный способ решения, для его работы необходим достаточно мощный компьютер даже для старых версий программ. Ранее данный продукт уже использовался для испытаний кернов из асфальтобетона и не только [5]. Данный программный продукт был использован для оптимизации трёх геометрических форм: шар, диск, цилиндр.

Для того, чтобы испытать геометрические формы для глубинного датчика была выбрана графа “Static structural” (рисунок 1). Для испытания заранее были сделаны три модели корпусов.

После открытия “Static structure” было предложено выбрать материал и создать «тело», а также выбран материал для него – бетон, который входит в базовый пакет ANSYS Workbench. После испытаний получены следующие результаты напряжения: диск – 0.0066466 МПа; цилиндр – 0.0071466 МПа; шар – 0.0097554 МПа. Таким образом, наименьшим концентратором напряжений будет являться диск.

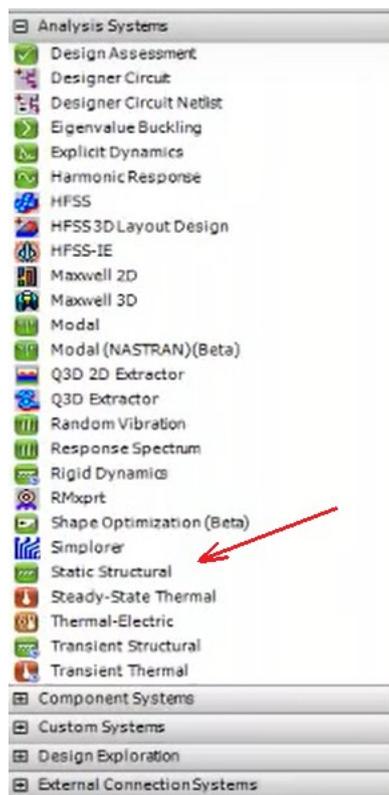


Рисунок 1 – Интерфейс программного продукта Ansys

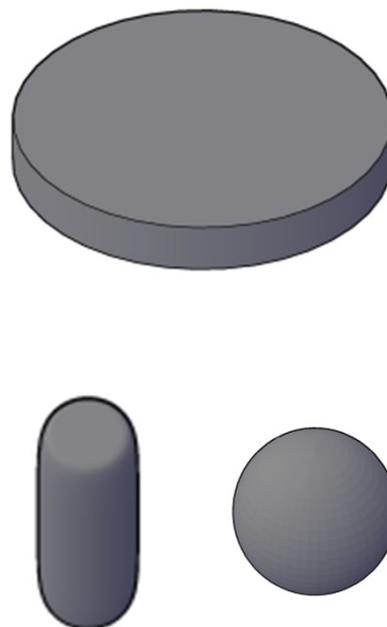


Рисунок 2. – Виды моделей корпусов датчиков

Следующим этапом был выбор материала для печати на 3D-принтере. Для этого хорошо подходит пластик из переработанных ПЭТ бутылок. На рисунке 3 приведена фотография распечатанного корпуса глубинного датчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. – М.: Госстройиздат, 1962. – 96 с.
2. Бетоны. Методы определения характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении : ГОСТ . – Введ. 01.09.22. – Москва: Российский институт стандартизации. Основные положения, 2022.
3. Тензорезисторы. Энциклопедия [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: Тензорезисторы. Энциклопедия электроники L7805CV — Date of access: 15.09.2024.
4. Personal project platform for managing all your Ansys products [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: <https://www.ansys.com/products/ansys-workbench> — Date of access: 15.09.2024.
5. Белоусов А.В. Определение предела прочности асфальтобетона на растяжение совмещёнными методами исследования / Белоусов А.В. — Новополоцк, 2021.

УДК 69.001.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ РАЗРАБОТАННОЙ СИСТЕМОЙ МОНИТОРИНГА С ГЛУБИННЫМ ДАТЧИКОМ ИЗ ПЕРЕРАБОТАННЫХ ПЭТ БУТЫЛОК

А.В. БЕЛОУСОВ, Н.С. ЖУРАВСКИЙ
(Представлено: Д.Н. Шабанов, А.Н. Язубкин)

Описана экспериментальная установка для тарировки глубинного датчика. Представлены результаты испытаний образца с глубинным датчиком. Приведены зависимость нагрузки от показаний глубинного датчика. Модель, получаемая с глубинного датчика, позволяет предсказывать нагрузку образца с точностью 99%, а остаточный ресурс (последние 10%) с точностью 100%.

Для получения данных использовалась схема полумоста Уинстона. При помощи которой измерялось относительное изменение сопротивления в тензорезисторе [1-5]. На первом этапе глубинный датчик в корпусе-цилиндре из переработанных ПЭТ бутылок тарировался с помощью прессы ПМ-2МГ4 (рисунок 1). Значения нагрузки и деформации, получаемые с датчика, соответствовали показаниям прессы с точностью $\pm 1\%$.

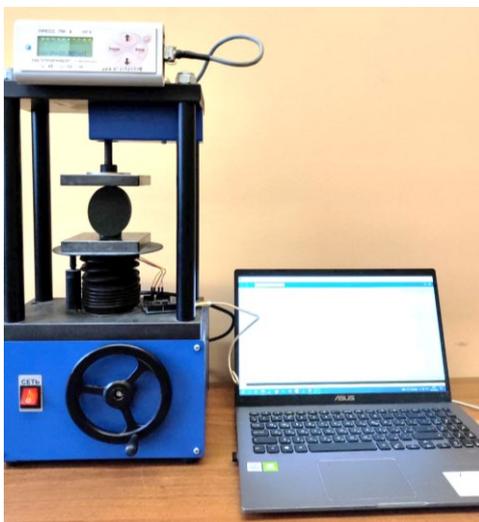


Рисунок 1 – Установка для тарировки глубинного датчика

На втором этапе глубинный датчик погружался в образец бетона (куб с размером ребра 100 мм). Через 28 суток образец сжимался на прессе ПГМ-500МГ4А. Значения нагрузки и деформации образца куба с глубинным датчиком приведены в таблице 1 и на рисунках 1-2.

Таблица 1 – Результаты испытаний образца с глубинным датчиком

Нагрузка, кН	Показания датчика	Примечание
0	167	
7,29	167	
33,47	167	
55,13	167	
77,53	167	
96,32	167	Трещ в образце
122,2	167	
151	167	
173,3	167	
181	167	
207,9	305	Разрушение образца
185	294	Снятие нагрузки
174	294	
165	290	
130	165	
125	166	
98,3	167	



Рисунок 1 – Зависимость нагрузки от показаний глубинного датчика

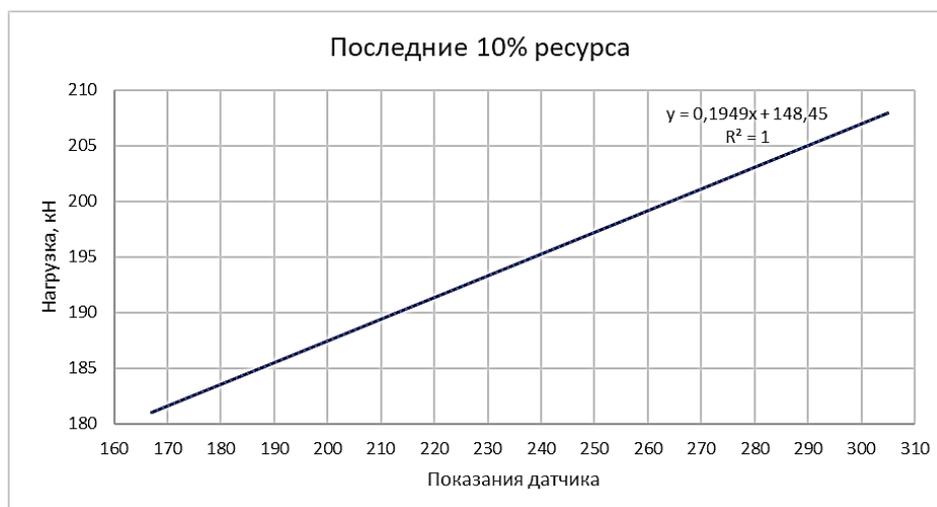


Рисунок 2 – Зависимость нагрузки (последние 10% ресурса образца) от показаний глубинного датчика

Как видно из рисунков 1-2 модель, получаемая с глубинного датчика, позволяет предсказывать нагрузку образца с точностью 99%, а остаточный ресурс (последние 10%) с точностью 100%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. – М.: Госстройиздат, 1962. – 96 с.
2. Бетоны. Методы определения характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении : ГОСТ . – Введ. 01.09.22. – Москва: Российский институт стандартизации. Основные положения, 2022.
3. Тензорезисторы. Энциклопедия [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: Тензорезисторы. Энциклопедия электроники L7805CV — Date of access: 15.09.2024.
4. Personal project platform for managing all your Ansys products [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: <https://www.ansys.com/products/ansys-workbench> — Date of access: 15.09.2024.
5. Белоусов А.В. Определение предела прочности асфальтобетона на растяжение совмещёнными методами исследования / Белоусов А.В. — Новополюцк., 2021.

УДК 69.001.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ РАЗРАБОТАННОЙ СИСТЕМОЙ МОНИТОРИНГА С ГЛУБИННЫМ ДАТЧИКОМ ИЗ ПЕРЕРАБОТАННЫХ ПЭТ БУТЫЛОК

А.В. БЕЛОУСОВ, Н.С. ЖУРАВСКИЙ
(Представлено: Д.Н. Шабанов, А.Н. Язубкин)

Описана экспериментальная установка для тарировки глубинного датчика. Представлены результаты испытаний образца с глубинным датчиком. Приведены зависимость деформации от показаний глубинного датчика. Модель, получаемая с глубинного датчика, позволяет предсказывать деформацию образца с точностью 99%, а остаточный ресурс (последние 10%) с точностью 100%.

Для получения данных использовалась схема полумоста Уинстона, при помощи которой измерялось относительное изменение сопротивления в тензорезисторе [1-5]. На первом этапе глубинный датчик в корпусе-цилиндре из переработанных ПЭТ бутылок тарировался с помощью прессы ПМ-2МГ4 (рисунок 1). Значения нагрузки и деформации, получаемые с датчика, соответствовали показаниям прессы с точностью $\pm 1\%$.

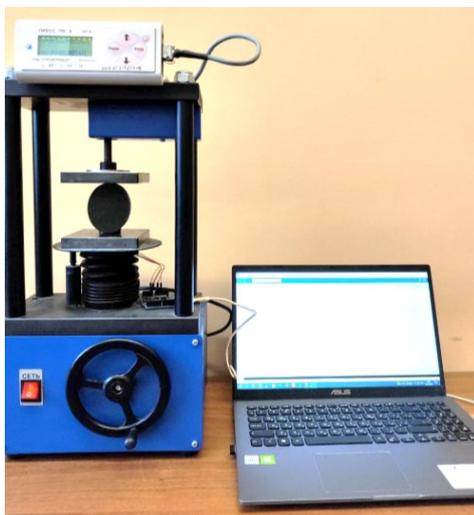


Рисунок 1 – Установка для тарировки глубинного датчика

На втором этапе глубинный датчик погружался в образец бетона (куб с размером ребра 100 мм). Через 28 суток образец сжимался на прессе ПГМ-500МГ4А. Значения нагрузки и деформации образца куба с глубинным датчиком приведены в таблице 1 и на рисунках 2-3.

Таблица 1 – Результаты испытаний образца с глубинным датчиком

Деформация, мм	Показания датчика	Примечание
0	167	
0,2	167	
0,32	167	
0,43	167	
0,52	167	
0,62	167	Треск в образце
0,72	167	
0,92	167	
1,11	167	
1,22	167	
1,7	305	Разрушение образца
1,7	294	Снятие нагрузки
1,7	294	
1,7	290	
1,7	165	
1,7	166	
1,7	167	

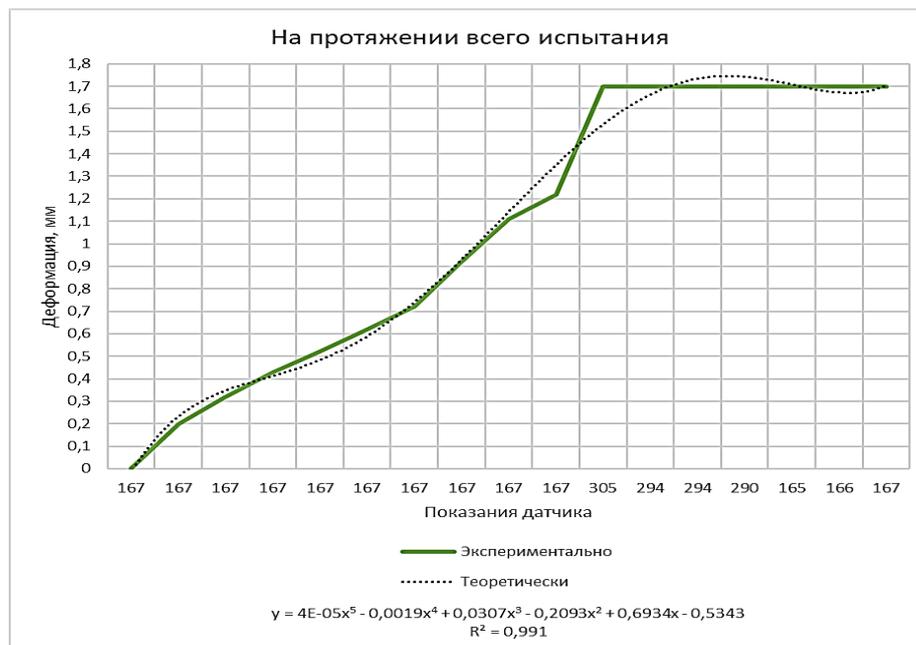


Рисунок 2. – Зависимость деформации от показаний глубинного датчика

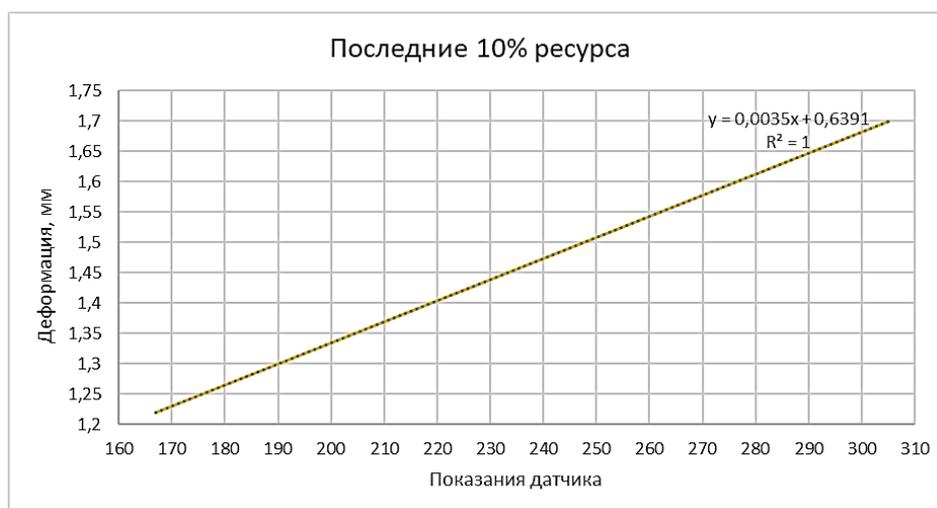


Рисунок 3. – Зависимость деформации (последние 10% ресурса образца) от показаний глубинного датчика

Как видно из рисунков 1-2 модель, получаемая с глубинного датчика, позволяет предсказывать деформацию образца с точностью 99%, а остаточный ресурс (последние 10%) с точностью 100%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. – М.: Госстройиздат, 1962. – 96 с.
2. Бетоны. Методы определения характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении : ГОСТ . – Введ. 01.09.22. – Москва: Российский институт стандартизации. Основные положения, 2022.
3. Тензорезисторы. Энциклопедия [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: Тензорезисторы. Энциклопедия электроники L7805CV — Date of access: 15.09.2024.
4. Personal project platform for managing all your Ansys products [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: <https://www.ansys.com/products/ansys-workbench> — Date of access: 15.09.2024.
5. Белоусов А.В. Определение предела прочности асфальтобетона на растяжение совмещёнными методами исследования / Белоусов А.В. — Новополюцк., 2021.

УДК 69.001.5

ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЛАБОРАТОРНОГО КОРПУСА ПО ВЫПУСКУ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И ГЛУБИННЫХ ДАТЧИКОВ ИЗ ПЕРЕРАБОТАННЫХ ПЭТ БУТЫЛОК

А.В. БЕЛОУСОВ, Н.С. ЖУРАВСКИЙ
(Представлено: Д.Н. Шабанов, А.Н. Ягубкин)

Разработан проект производственно-лабораторного корпуса по выпуску систем мониторинга и глубинных датчиков из переработанных ПЭТ бутылок. Представлены основные конструктивные решения здания. Разработана BIM модель здания.

Конструктивные решения разработаны на основе принятых архитектурных решений на стадии создания архитектурной части, в соответствии с требованиями «Воздействия на конструкции», «Основания и фундаменты зданий и сооружений», «Бетонные и железобетонные конструкции» [1-10]. Выбор основных несущих и ограждающих конструкций осуществляется с учетом принятых архитектурных решений с учетом номенклатуры материалов, выпускаемых на территории Республики Беларусь. Здание запроектировано из монолитного железобетона. Исходя из условий эксплуатации используется бетон класса С20/30. Кровля рулонная. Наружные стены – газосиликатные блоки, толщиной 400 мм. Внутренние перегородки – из газосиликатных блоков толщиной 120 мм. Фундаменты под колонны – куст забивных свай. Перекрытие – монолитный железобетон. Проектируемое здание не имеет подвал и чердак.

Производственный корпус представляет собой пятиэтажный объем с размерами в плане 54,0 x 75,0 м. Средние пролеты оборудованы подвесными кранами грузоподъемностью 1 т. Высота до низа стропильной конструкции – 5,9 м. На основании инженерно-геологических изысканий выполненных в районе строительства установлено, что основанием фундаментов служит плотный песок: $\gamma_s=27,1\text{кН/м}^3$, $p=19,6\text{кН/м}^3$, $R_d=8,3\text{ МПа}$. Фундаменты запроектированы в соответствии со СП 5.01.03-2023 «Свайные фундаменты». Нормы проектирования с учетом требований СП 5.01.01-2023 «Общее положение по проектированию оснований и фундаментов зданий и сооружений». Устройство фундаментов надлежит производить немедленно после приемки основания комиссией и подписания акта, разрешающего приступить к устройству фундамента. Не допускаются перерывы более двух суток между окончанием разработки котлована и устройством фундамента. Для предотвращения попадания капиллярной влаги в конструкцию стен верхние блоки имеют горизонтальную гидроизоляцию из одного слоя рубероида.

Вертикальная гидроизоляция – обмазка горячим битумом за два раза. Для защиты фундаментов от поверхностных вод по периметру здания устраивают асфальтобетонную отмостку.

Состав покрытия: монолитная железобетонная плита – толщ. 250 мм, керамзитобетон $\gamma=500\text{ кг/м}^3$ для уклона от 20 до 120 мм, утеплитель PAROC $\gamma = 150\text{ кг/м}^3$, кровля двухслойная системы «SIPLAST», слой гравия кр. 5-10 мм ГОСТ 8268-82 на битумной мастике МБК-Г-65 ГОСТ 2889-80. Лестницы сборные – ж/б марши и площадки ребристой конструкции серии 1.050.1-2. Перемычки – брусчатые. Двери входные, тамбурные – по СТБ 2433-2015. Двери внутренние – по СТБ 2433-2015. Окна по СТБ 2433-2015.

Для устройства стыка кладки стены со столярным блоком и предотвращения сквозного продувания в проемах устраивают четверти, размером 65x120 мм. Зазоры между оконными коробками и стенами заполняются пенополиуретаном, покрываются мастикой и закрываются наличниками.

Заполнение дверных проемов производится деревянными дверями соответствии с СТБ 2433-2015. Двери к стенам и перегородкам крепятся шурупами к деревянным пробкам, установленным в просверленные отверстия. Зазоры между дверными коробками и стенами заполняются пенополиуретаном, покрываются мастикой и закрываются наличником.

Вокруг здания устраивается отмостка из смеси асфальтобетонной шириной 1,15 м. Внутренняя отделка помещений принята в зависимости от назначения помещений с учетом эксплуатационных условий. BIM модель здания представлена на рисунке.

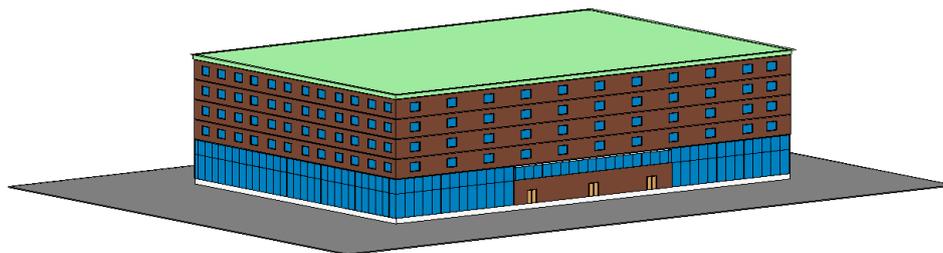


Рисунок. – BIM-модель производственно-лабораторного корпуса по выпуску систем мониторинга и глубинных датчиков из переработанных ПЭТ бутылок

ЛИТЕРАТУРА

1. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. – М.: Госстройиздат, 1962. – 96 с.
2. Бетоны. Методы определения характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении : ГОСТ . – Введ. 01.09.22. – Москва: Российский институт стандартизации. Основные положения, 2022.
3. Тензорезисторы. Энциклопедия [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: Тензорезисторы. Энциклопедия электроники L7805CV — Date of access: 15.09.2024.
4. Personal project platform for managing all your Ansys products [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: <https://www.ansys.com/products/ansys-workbench> — Date of access: 15.09.2024.
5. Белоусов А.В. Определение предела прочности асфальтобетона на растяжение совмещёнными методами исследования / Белоусов А.В. — Новополоцк., 2021.
6. The Wheatstone Bridge Circuit [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: <https://www.hbm.com/en/7163/wheatstone-bridge-circuit/> — Date of access: 15.09.2024.
7. Планировка и застройка населенных пунктов: СН 3.01.03-2020. – Введ. 30.05.2021. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2021. – 67 с.
8. Правила выполнения чертежей генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов: СТБ 2073-2010. - Введ.07.06.2010. – Минск: Госстандарт, 2010. – 31 с.
9. 3. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Снеговые нагрузки: СН 2.01.04-2019. – Введ. 08.09.2020. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2020. – 43 с.
10. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Ветровые воздействия: СН 2.01.05-2019. – Введ. 08.09.2020. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2020. – 119 с.

УДК 69.001.5

ПЕРСПЕКТИВЫ «ЗЕЛЕНОГО» СТРОИТЕЛЬСТВА В БЕЛАРУСИ**С.С. БОКАЧ, Е.В. ПЕТРОВСКАЯ**
(Представлено: С.А. Романовский)

Описаны идеи «зеленого» строительства, направленные на реализацию установленных проблем. Представлены показатели, отражающие социально-экономический контекст и характеристики «зеленого» роста в Беларуси. Приведены преимущества использования «зеленого» строительства.

В современном мире, где проблемы окружающей среды и потребление ресурсов становятся все более острой проблемой, «зеленое» строительство становится приоритетом для многих стран и организаций. «Зеленое» строительство основывается на принципах устойчивого развития, энергоэффективности и использовании экологически чистых материалов.

В широком смысле концепция строительства «зеленых» зданий подразумевает проектирование, строительство, эксплуатацию, обслуживание и утилизацию всех материалов в конце срока их службы, которые обеспечивают безопасность для здоровья людей, повышение производительности труда, разумное использование природных ресурсов и уменьшение воздействия на окружающую среду. Другими словами, каждый этап при «зеленом» строительстве выполняется в соответствии с экологической целесообразностью.

В данный период времени воздействие человека на окружающую среду превышает адаптационные возможности биосферы и со временем приобретает катастрофический характер. Анализируя различные направления, самым прогрессирующим оказалось направление строительной науки, которое включает в себя широкий круг изучаемых проблем:

- техногенные и антропогенные воздействия на окружающую природную и социальную среды при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений;
- архитектурно-градостроительные принципы снижения экологической нагрузки на окружающую среду;
- экологическая надежность и безопасность строительных материалов и технологий;
- утилизация отходов строительной деятельности, вторичное использование ресурсов;
- использование возобновляемых источников энергии, ресурсо- и энергосберегающие архитектурно-планировочные и конструктивные решения зданий и сооружений;
- биопозитивные элементы строительства, экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду, экологический мониторинг и информационно-экологические системы, нормативные и правовые вопросы охраны окружающей среды в строительстве [1].

Учитывая описанные проблемы «зеленое» строительство направлено на реализацию следующих идей:

- максимальное сохранение естественного ландшафта участка и видового разнообразия обитающей на ней флоры и фауны при возведении зданий;
- безопасная утилизация образовавшихся строительных отходов по окончании строительства;
- применение как можно более простой формы дома, с минимальным количеством углов;
- наиболее правильное расположение здания относительно солнца и преобладающего направления ветра;
- отсутствие ущерба для природы при сбросе сточных и ливневых вод;
- ориентирование на возобновляемость сырья при выборе строительных материалов из которого они сделаны;
- ориентирование на экологичность применяемых строительных материалов в течение всего жизненного цикла;
- применение наиболее ресурсосберегающего оборудования и технологий в помещении;
- продуманность в здании системы поступления свежего воздуха, обеспечение оптимальных показателей температуры, влажности и освещения;
- создания акустического комфорта;
- создание комфортности экологического здания, которому способствуют развитая инфраструктура, доступность общественного транспорта, удобства для перемещения инвалидов, а также наличие близости парковок, образовательных и медицинских учреждений.
- обеспечение долговечности здания в условиях эксплуатации [2].

Стоит отметить, что данные идеи активно начинают реализовываться в Республике Беларусь. Для нашей страны имеются следующие показатели, отражающие социально-экономический контекст и характеристики «зеленого» роста, что в свою очередь должно положительно влиять на рост «зеленого» строительства в Беларуси:

1. экологическая и ресурсная эффективность, включающая в себя:
 - углеродную и ресурсную эффективность,
 - ресурсную эффективность,
 - многофакторную производительность.
2. база природных ресурсов, включающая в себя:
 - возобновляемые запасы,
 - невозобновляемые запасы,
 - биоразнообразие и экосистему.
3. Экологические аспекты качества жизни, включающие в себя:
 - Состояние окружающей среды и риски,
 - экосистемные услуги и экологические блага.
4. экономические возможности и политические инструменты, включающие в себя:
 - технологию и инновации,
 - экологические товары и услуги,
 - международные финансовые потоки;
 - цены и трансферы,
 - навыки и обучение,
 - нормативные акты и управленческие подходы.
5. Социально-экономический контекст и характеристики роста, включающие в себя:
 - экономический рост и структуру экономики,
 - производительность и торговлю,
 - рынки труда, образование и доходы,
 - социально-демографическую тенденцию [3].

Как видно из приведенных характеристик в Беларуси есть все возможности для реализации «зеленого» строительства. При этом, стоит отметить основные преимущества для окружающей среды и здоровья человека от применения «зеленых» технологий, которые получит наша Республика: значительное сокращение выбросов парниковых газов, мусора и загрязнённых вод, расширение и защита естественной среды обитания и биологического разнообразия, сохранение природных ресурсов, создание более комфортных условий в помещениях по качеству воздуха, а также тепловым и акустическим характеристикам, снижение уровня загрязнений, попадающих в воду, почву и воздух, и как следствие, сокращение нагрузки на городскую инфраструктуру, повышение качества жизни с помощью оптимального градостроительного проектирования – размещения мест приложения труда в непосредственной близости жилых районов и социальной инфраструктурой (школы, медучреждения, общественный транспорт и т. д.).

Заключение: с уверенностью можно сказать, что «зеленое» строительство – одно из главных условий светлого будущего человечества для комфортного проживания и эксплуатации зданий. В Беларуси «зелёное» строительство только находит своё применение, на раннем этапе страна ищет различные пути для сотрудничества с другими государствами для обмена опытом и внесения новых разработок в строительство. Также стоит отметить, что реализация строительства «зеленых» зданий и сооружений возможна только с активной господдержкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженова, О.О. Зеленое строительство во взаимосвязи с экологической безопасностью строительства / О. О. Баженова // Сборник докладов Международного строительного форума – 2018 (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова) / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – Белгород. – 2018. – С. 18-22;
2. «Зеленое» строительство – инвестиции в будущее [Электронный ресурс] / сайт Профигруп – Режим доступа: [https://ecologia.by/number/2016/10/zelenoe_stroitelstvo_investitsiya_v_budushee_/](https://ecologia.by/number/2016/10/zelenoe_stroitelstvo_investitsiya_v_budushee/) – Дата доступа: 19.09.2024 г.;
3. Водопьянова, Т.П. Показатели «зеленого» роста Беларуси / Т.П. Водопьянова // Материалы Международного форума «Культура и экология - основы устойчивого развития России. Культурное и природное наследие - ключевой ресурс социально-экономического развития» / Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. – Екатеринбург. – 2022. – С. 319-329;
4. Романовский, С. А. Зелёное строительство / С. А. Романовский // Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоцкого государственного университета / Полоцкий государственный университет ; ред. кол. : Д. Н. Лазовский (пред.) [и др.]. – Новополоцк : ПГУ, 2014. - Вып. 04 (74): Прикладные науки. Строительство. – С. 58-59.

УДК 69.001.5

ПРОЕКТЫ «ЗЕЛЕНОГО» СТРОИТЕЛЬСТВА В БЕЛАРУСИ**С.С. БОКАЧ, Е.В. ПЕТРОВСКАЯ**
(Представлено: С.А. Романовский)

В статье представлено описание реализованных проектов «зеленого» строительства – экологическая деревня Дружная и Старый Лепель. Приведены сведения о масштабном проекте квартала «Дом Парк» в городе Минска. Сделаны выводы о актуальности «зеленого» строительства в Беларуси.

XXI век – время более разумного отношения к окружающей среде и стремления к устойчивому развитию. В мире наблюдается тенденция строительства «зеленых» зданий – максимально комфортных, безопасных, экологических. Повсеместное внедрение концепции «зеленого» строительства создает принципиально новое общество, ориентированное на здоровый образ жизни и ответственное потребление в интересах будущих поколений [1]. Ориентирование на создание и внедрение проектов «зеленых» зданий реализуется и в Республики Беларусь, которая, как и многие страны мира, стремится идти в ногу со временем с современными трендами. Наиболее яркими примерами строительства «зеленых» зданий является строительство экологические деревни «Старый Лепель» и «Дружная».

Экологическая деревня Дружная располагается в Мядельском районе Минской области. Основной концепцией поселка является использование в качестве главных строительных материалов соломы и глины. Главным аргументом в пользу строительства подобных домов является их экологичность. Поскольку здания полностью возведены из природных материалов, они не являются источниками вредных излучений. Основные преимущества строительных указанных «зеленых» зданий – дешевизна строительства и экологической безопасности. Опыт строительства саманных домов показывает, что такие здания могут эксплуатироваться без капитального ремонта более 50 лет. Проект строительства деревни «Дружная» преследует несколько целей: создание комфортабельного жилья для переселенцев с учетом особенностей их здоровья и обеспечение их в последующем рабочими местами в непосредственной близости от места проживания. Что касается качества жилья, то оно вполне удовлетворяет современным требованиям с точки зрения планировки, инженерного оборудования и общего бытового комфорта.

Начало постройки экологической деревни Старый Лепель относится к 2001 году. При постройке поселка учитывался опыт эко-поселка «Дружный». Так, основной технологией при возведении домов осталась саманная. Однако, новые дома строились с дополнительным утеплением. Как и в проекте деревни «Дружная» ставилась задача максимального использования экологичных материалов. Помимо жилых зданий в поселке возведены уникальные для Беларуси фельдшерско-акушерский пункт и культурно-образовательный центр [2]. Внешний вид жилых домов в деревне Старый Лепель приведен на рисунке 1.



Рисунок 1. – Внешний вид жилых домов деревни Старый Лепель

Проект квартала «Дом Парк» стал победителем Республиканского конкурса инновационных проектов в 2010 году и внесен в генеральный план строительства Минска. Предусматривает строительство трех 10-этажных 4-корпусных жилых домов с надземными многоуровневыми пристроенными автостоянками.

В градостроительной концепции проекта решена проблема организации машиномест в многоэтажных жилых домах. Особенность зданий заключается в том, что к ним присоединена надземная автостоянка, с поэтажным сообщением между объектами (рисунок 2).



Рисунок 2. – Внешний вид проекта «Дом Парк»

Общая площадь всех зданий объекта составляет 88,5 тыс. кв. м, из них 588 квартир общей площадью 46,5 тыс. кв. м. Белорусские специалисты на примере инновационного квартала планируют реализовать суперсовременные идеи в различных областях. Например, применить в качестве материала несущих стен керамические поризованные крупноформатные блоки с их цепной укладкой на тонкослойный клеевой раствор с заполнением вертикального шва кладки. Кроме того, предполагается разработать и построить жилые здания, геометрическая форма которых способна управлять потоками воздушных масс, преобразуя энергию ветра в электрическую в промышленном объеме, достаточном для собственного жизнеобеспечения. В ресурснезависимом квартале опробуют гравитационную энергетику [3].

Не смотря на имеющиеся и реализованные проекты пока говорить о популярности экологического строительства в Беларуси не приходится. К основным барьерам полноценного развития этой отрасли можно отнести высокую себестоимость таких проектов.

В сооружении экологичных зданий применяются новейшие инженерные системы, что неизбежно приводит к удорожанию квадратного метра жилья в среднем на 10 %. Некоторые эксперты считают, что окупаемость таких домов в Беларуси для частных лиц будет занимать десятилетия. В результате белорусы не спешат покупать энергоэффективные дома, а инвесторы не спешат вкладывать деньги в эту отрасль. Поэтому первые «зеленые» проекты в стране должны осуществляться за счет государственных вложений, а для привлеченных инвесторов должны быть созданы льготные условия [1].

Заключение. Для популяризации строительства «зеленых» зданий на территории Республики Беларусь у населения страны должно произойти изменения в общественном сознании. По данной причине одной из главных задач для популяризации «зеленого» строительства является создание условий и реализация успешных проектов строительства «зеленых» зданий.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Зеленое» строительство – инвестиции в будущее [Электронный ресурс] / сайт Профигруп – Режим доступа: https://ecologia.by/number/2016/10/zelenoe_stroitelstvo_investitsiya_v_budushee/ – Дата доступа: 19.09.2024 г.;
2. Лысыков, К. Г. Опыт проектирования экологических поселков на территории Республики Беларусь с применением природных материалов / К. Г. Лысыков, Е. И. Хомкова // Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоцкого государственного университета / Полоцкий государственный университет ; ред. кол.: Д. Н. Лазовский (пред.) [и др.]. - Новополоцк : ПГУ, 2019. – Вып. 29 (99): Прикладные науки. Строительство. – С. 35-37;
3. Галай, Е. Ю. Зеленое» строительство в Республике Беларусь. Ресурснезависимый квартал «дом парк» в Минске / Е. Ю. Галай, К. В. Заборская // Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоцкого государственного университета / Полоцкий государственный университет ; ред. кол. : Д.

УДК 624.072

ТОПОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ОЧЕРТАНИЯ ПЛОСКИХ ФЕРМ В ПАКЕТЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ MathCAD

П.Н. ДАНСКАЯ

(Представлено: Л.С. Турищев)

Рассматривается формализованное описание геометрического очертания плоской статически определимой фермы и её числовых характеристик в пакете компьютерной математики MathCAD с помощью специальных матриц теории графов. Составлены MathCAD программы формирования этих матриц.

Среди встречающихся в строительной практике стержневых конструкций весьма широкий класс образуют плоские статически определимые фермы с балочной схемой опирания, применяемые в качестве несущих конструкций покрытий зданий и сооружений различного назначения. В проектной практике для расчетов несущих конструкций обычно используют программные комплексы Лира и Склад. Вместе с тем использование программных комплексов является громоздким для вариантного проектирования ферменных конструкций при изменении их параметров. Наиболее просто вопросы вариантного проектирования ферменных конструкций решаются в пакете компьютерной математики MathCAD. Этот пакет получил мировое распространение в инженерных расчетах. К числу узловых вопросов, связанных с расчетом ферменных конструкций в пакете MathCAD, относится формализованное описание информации о геометрическом очертании конструкции.

Рассматривается плоская статически определимая балочная ферма с произвольным очертанием поясов (прямоугольное, треугольное, трапециевидальное, полигональное) и следующими 3 типами простых решеток:

- 1 тип – раскосная решетка с восходящими раскосами;
- 2 тип – раскосная решетка с нисходящими раскосами;
- 3 тип – треугольная решетка с дополнительными стойками.

Расчетная схема фермы характеризуется следующими числовыми параметрами:

- пролет фермы – L ;
- высота фермы – H ;
- число панелей – p ;
- число узлов – n , в том числе m внутренних узлов и $n-m$ опорных узлов;
- число стержней – s ;
- число опорных стержней – r .

Топологическое описание расчетной схемы фермы основывается на матричном описании геометрической структуры и её числовых характеристик.

Для матричного описания геометрической структуры расчетной схемы фермы формируются следующие матрицы:

- матрица геометрической структуры;
- матрица инцидентий.

Прямоугольная матрица геометрической структуры имеет размеры $3 \times s$ и описывает формализованную информацию о стержнях фермы. Первая строка содержит номера стержней, вторая – номера начальных узлов фермы, третья – номера конечных узлов фермы. Для ферм любой мерности матрица имеет вид

$$S = \begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & \dots \\ b_1 & b_2 & \dots & \dots \\ e_1 & e_2 & \dots & \dots \end{pmatrix} \quad (1)$$

где j – номер стержня;

b_j ($j = 1, \dots, s$) – номер начального узла j – того стержня;

e_j ($j = 1, \dots, s$) – номер конечного узла j – того стержня.

Принимается следующий порядок нумерации стержней фермы:

- нумерация элементов нижнего пояса $j = 1, 2, \dots, p$;
- нумерация элементов верхнего пояса $j = p + 1, p + 2, \dots, 2p$;
- нумерация стоек $j = 2p + 1, 2p + 2, \dots, 3p + 1$;

– нумерация раскосов $j = 3p + 2, \dots, 4p + 1$.

Связь нумерации узлов элементов поясов и стоек с их номерами и числом панелей фермы не зависит от типа решетки и описывается следующими соотношениями:

– узлы элементов нижнего пояса $b_j = j \quad e_j = j + 1 \quad (1 \leq j \leq p)$;

– узлы элементов верхнего пояса $b_j = j + 1 \quad e_j = j + 2 \quad (p + 1 \leq j \leq 2p)$;

– узлы стоек $b_j = j - 2p \quad e_j = j - (p - 1) \quad (2p + 1 \leq j \leq 3p + 1)$.

Связь нумерация узлов раскосов с их номерами зависит от типа решетки и описывается следующими соотношениями:

1 тип решетки $b_j = j - (3p + 1) \quad e_j = j - (2p - 1) \quad (3p + 2 \leq j \leq 4p + 1)$;

2 тип решетки $b_j = j - 3p \quad e_j = j - 2p \quad (3p + 2 \leq j \leq 4p + 1)$;

3 тип решетки:

– нечетные панели $b_j = j - (3p + 1) \quad e_j = j - (2p - 1) \quad (p_j = 1, 3, 5, \dots)$;

– четные панели $b_j = p_j + 1 \quad e_j = j - 2p \quad (p_j = 2, 4, 6, \dots)$.

Прямоугольная матрица инцидентий [1] описывает взаимосвязь между номерами стержней фермы и номерами их начальных и конечных узлов. Размеры матрицы $n \times x$ и она имеет вид

$$d = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & & \\ d_{21} & d_{22} & \dots & & \\ \dots & \dots & \dots & \vdots & \\ d_{n1} & d_{n2} & \dots & & \end{pmatrix} \quad (2)$$

В этой матрице каждому стержню фермы соответствует столбец, а каждому узлу – строка. Если стержень номера j начинается в узле b_j и заканчивается в узле e_j , то элементы соответствующего ему столбца матрицы могут принимать следующие значения

– 1 если $i = b_j$

$d_{ij} = +1$ если $i = e_j$

0 если $i \neq b_j$ и $i \neq e_j$

Для матричного описания числовых характеристик геометрической структуры фермы в декартовой системе координат используются:

- матрица координат узлов;
- матрица проекций длин стержней;
- вектор длин стержней;
- матрица направляющих косинусов стержней.

Прямоугольная матрица координат имеет размеры $2 \times n$ и описывает координаты узлов фермы в заданной координатной системе

$$z = \begin{pmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots \\ z_{21} & z_{22} & \dots \end{pmatrix} \quad (3)$$

Прямоугольная матрица проекций длин стержней фермы на координатные оси имеет размеры $2 \times x$

$$\Delta = \begin{pmatrix} \Delta_{11} & \Delta_{12} & \dots \\ \Delta_{21} & \Delta_{22} & \dots \end{pmatrix} \quad (4)$$

и её элементы связаны с элементами матриц (2) и (3) следующей формулой [1]

$$\Delta_{jk} = \sum_{i=1}^n z_{ki} d_{ij}$$

Вектор длин стержней фермы имеет вид

$$l = \begin{pmatrix} l_1 \\ \vdots \\ l_j \\ \vdots \\ l_s \end{pmatrix}, \quad (5)$$

и его элементы связаны с элементами матрицы (4) следующей формулой

$$l_j = \sqrt{\sum_{k=1}^2 \Delta_{jk}^2}.$$

Прямоугольная матрица направляющих косинусов стержней фермы имеет размеры $2 \times s$

$$c = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots \\ c_{21} & c_{22} & \dots \end{pmatrix} \quad (6)$$

и её элементы связаны с элементами матрицы (4) и вектора (5) следующей формулой

$$c_{jk} = \frac{\Delta_{jk}}{l_j}.$$

Полученные формулы (1) – (6) позволяют формализовано с помощью матриц описывать топологию расчетной схемы балочных ферм и могут использоваться при их численном расчете в пакете MathCAD с использованием разрешающих уравнений строительной механики [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Перельмутер А. Основы расчета вантово-стержневых систем. – М.: Стройиздат, 1969. – 180 с.
2. Алгоритмы построения разрешающих уравнений механики стержневых систем / А.П. Филин, О.Д. Тананайко, И.М. Чернева, М.А. Шварц – Л.: Стройиздат, 1983. – 228 с.

УДК 624.072

РАСЧЕТ ПЛОСКИХ ФЕРМ В ПАКЕТЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ MathCAD

П.Н. ДАНСКАЯ

(Представлено: Л.С. Турицев)

Рассматривается расчет плоских статически определимых ферм в пакете компьютерной математики MathCAD с применением общей системы уравнений строительной механики. Используется формализованное описание геометрической структуры расчетной схемы фермы. Составлена MathCAD программа автоматизированного расчета произвольной плоской статически определимой фермы.

Рассматривается плоская статически определимая ферма с произвольным очертанием поясов и любым типом простой решетки, которая включает в себя s прямолинейных стержней, соединяющих n узлов. Число опорных стержней равняется r .

Соотношение между числом узлов и стержней фермы удовлетворяет условию

$$s + r - 3n = 0$$

Формализованное описание геометрической структуры плоской фермы и её числовых характеристик согласно [1] осуществляется с помощью:

- матрицы геометрической структуры;
- матрицы инцидентий;
- матрицы координат узлов;
- матрицы проекций длин стержней;
- матрицы направляющих косинусов стержней.

Внешняя нагрузка, действующая на ферму, представляет собой систему сосредоточенных сил, приложенных ко всем n узлам фермы по направлениям перемещений этих узлов. Внешняя нагрузка, приложенная к каждому внутреннему узлу, характеризуется двумя составляющими. Таким образом, внешняя нагрузка описывается вектором

$$\bar{P} = \begin{pmatrix} P_1 \\ \vdots \\ P_i \\ \vdots \\ P_n \end{pmatrix}$$

Продольные силы, возникающие в стержнях фермы от действия нагрузки, описываются вектором

$$\bar{N} = \begin{pmatrix} N_1 \\ \vdots \\ N_s \\ \vdots \\ N_n \end{pmatrix}$$

Уравнения равновесия узлов заданной фермы имеют вид

$$A\bar{N} + \bar{P} = 0. \quad (1)$$

Прямоугольная матрица коэффициентов уравнений равновесия узлов имеет вид

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{t1} & \dots & \dots \end{pmatrix}$$

Перемещения, возникающие в узлах фермы от действия нагрузки, описываются вектором

$$\bar{Z} = \begin{pmatrix} Z_1 \\ \vdots \\ Z_i \\ \vdots \\ Z_s \end{pmatrix}$$

Происходящие изменения длин стержней фермы от действия нагрузки, описываются вектором

$$\bar{\lambda} = \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_i \\ \vdots \\ \lambda_s \end{pmatrix}$$

Связь между изменениями длин стержней и перемещениями узлов фермы описывается формулой

$$\bar{\lambda} = B\bar{Z} \quad (2)$$

Матрица B имеет вид

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ b_{s1} & \dots & \dots \end{pmatrix}$$

и она связана с матрицей A следующим образом

$$B = -A' \quad (3)$$

Происходящие изменения длин стержней фермы от действия нагрузки согласно закону Гука, связаны с продольными силами соответствующих стержней следующей формулой

$$\bar{N} = r\bar{\lambda} \quad (4)$$

Матрица r является матрицей жесткости несвязанных между собой стержней фермы и имеет вид

$$r = \begin{pmatrix} r_{11} & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots \end{pmatrix} \quad r_k = \frac{E_k A_k}{l_k}; \quad k = 1, \dots, s.$$

Уравнения (1), (2), (4) образуют общую систему уравнений строительной механики стержневых систем [2], характеризующих статическую, геометрическую и физическую стороны задачи. Подставляя в уравнения равновесия (1) соотношения (2), (4), получим разрешающие уравнения для расчета фермы

$$ArA'\bar{Z} - \bar{P} = 0 \quad (5)$$

Решая уравнение (5), найдем вектор узловых перемещений фермы

$$\bar{Z} = (ArA')^{-1} \bar{P} \quad (6)$$

Подставляя (2), (3), (6) в (4) получим формулу для определения вектора продольных сил стержней фермы

$$\bar{N} = -rA'(ArA')^{-1} \bar{P} \quad (7)$$

На основании полученного разрешающего уравнения (5) и конечных формул (6), (7) с учетом соотношений, приведенных в [1], составлена программа их численной реализации в пакете MathCAD.

Программа имеет модульную структуру и включает в себя следующие модули:

- модуль формирования матрицы координат узлов фермы;
- модуль формирования матрицы геометрической структуры фермы;
- модуль формирования вектора нагрузки;

- модуль формирования матрицы инцидентов фермы;
- модуль формирования проекций длин стержней;
- модуль формирования матрицы направляющих косинусов стержней;
- модуль формирования матрицы коэффициентов уравнений равновесия узлов;
- модуль определения внутренних усилий фермы;
- модуль определения перемещений узлов фермы.

На рисунке 1 приведен скриншот базового модуля программы - модуля формирования матрицы коэффициентов уравнений равновесия узлов.

```

A := | k ← 1
      | for i ∈ 1..n
      |   for j ∈ 1..s+r
      |     | A1i,j ← (-cosα)k,j · di,j if j ≤ s
      |     | A1i,j ← 1 if j = s+1 ∧ i = 1
      |     | A1i,j ← 0 if j > s+1
      |   k ← 2
      |   for i ∈ 1..n
      |     for j ∈ 1..s+r
      |       | A2i,j ← (-cosα)k,j · di,j if j ≤ s
      |       | A2i,j ← 1 if j = s+2 ∧ i = 1
      |       | A2i,j ← 1 if j = s+r ∧ i = p+1
      |     A ← stack(A1, A2)

```

Рисунок 1. – Модуль формирования матрицы коэффициентов

Составленная Mathcad программа позволяет определять продольные силы и узловые перемещения для балочной фермы с произвольным очертанием поясов и различными типами простых решеток. Исходными параметрами программы являются следующие числовые характеристики фермы – пролет и высота, число панелей, число опорных стержней и значения узловых нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данская П.Н. Топологическое описание геометрического очертания плоских ферм в пакете компьютерной математики MathCad. – Статья в настоящем сборнике трудов.
2. Шапошников Н.Н. Вычислительная механика. Ч.2. – М.: МИИТ, 2005. – 72 с.

УДК 622.691.4.07

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АЭРАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ
НА НАПОРНЫХ СТАНЦИЯХ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ****А.А. КЛЕНОВИЧ, С.А. МАЛЕЦ, Ю.И. МОЛОТКОВА**
(Представлено: Е.С. Велюго, Е.В. Лесович)

В настоящее время для малых населенных пунктов широко применяются централизованные системы водоснабжения из подземных источников, характеризующихся повышенным содержанием двухвалентного железа, окисляемости, цветности и аммонийных солей. В данной статье будет предложена сравнительная оценка аэрационного оборудования на напорных станциях водоподготовки для малых населенных пунктов.

Введение. Вода — один из самых важных ресурсов для жизнедеятельности человека и устойчивого развития населенных пунктов. В условиях растущих требований к качеству питьевой воды и ограниченных ресурсов, особенно в малонаселенных пунктах, эффективное водоснабжение становится актуальной задачей. Одним из ключевых этапов процесса водоподготовки является аэрация, которая позволяет удалять растворенные газы и повышать содержание кислорода, что, в свою очередь, способствует улучшению качества воды.

В Витебском регионе подземные воды действительно характеризуются высоким содержанием железа, что связано с геологическими и гидрогеологическими условиями данной территории [1]. Поэтому содержание железа в подземных водах Витебского региона требует внимательного подхода. Тем самым инженеру в области водоснабжения должны выбирать эффективные методы очистки с целью обеспечения здоровья населения и сохранения экосистемы региона.

Существует множество технологий и оборудования для аэрации. Какие технологии аэрации наиболее эффективны и экономически целесообразны для применения в таких условиях? Как различные типы аэрационного оборудования влияют на качество воды, затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание? В данной статье мы проведем сравнительную оценку различных типов аэрационного оборудования, применяемого на напорных станциях водоподготовки для малонаселенных пунктов.

Основная часть. Подача воздуха в фильтры может осуществляться тремя способами: безнапорный, эжекторный, напорный с использованием компрессора.

В случае применения безнапорного варианта вода насыщается кислородом воздуха дважды в приемной камере и непосредственно в фильтре путем ее излива с высоты 500–600 мм [2].

Для малых населенных пунктов обычно используется напорная схема обработки подземной воды, когда она перед фильтрами насыщается кислородом воздуха посредством эжектора или компрессора [3].

Эжектор — это простое устройство, позволяющее под действием вакуума засасывать воздух в трубу подачи воды. За счёт того, что труба сначала сужается, а затем расширяется, изменяется скорость потока и возникает область пониженного давления, в которой происходит подсос воздуха (принцип работы — сопло Вентури) через специальное отверстие. Чтобы предотвратить вытекание воды наружу, вакуумный патрубок оснащается обратным клапаном. После эжектора вода поступает на фильтровальную установку.

Эжекторная система аэрации широко применяется при методе упрощенной аэрации. К достоинствам этого метода относятся простота обслуживания, технологическая надежность, низкая себестоимость очистки, безреагентная обработка воды. Но, следует отметить, что одноступенчатая схема обработки воды сложного состава, когда кроме железа, содержатся дополнительные загрязнения (мутность, цветность, окисляемость, марганец, соли аммония и др.) на напорных фильтрах по методу упрощенной аэрации, имеет низкую технологическую и санитарную эффективность и надежность, т.е. фильтрат не соответствует по качеству нормативным показателям.

При методе интенсивной аэрации для подачи воздуха в основном используется компрессор. Часто при этом перед напорными фильтрами устанавливают аэрационные колонны различного типа. При плохой промывке фильтров в толще загрузки образуются конгломераты соединений железа, достигающие размера в диаметре до 10–15 мм, объем загрузки увеличивается ее приходится часто менять. Без перегрузки фильтра в этом случае обойтись трудно. Все эти недостатки особенно проявляются при высоком, 5 мг/дм³ и более, содержании железа в воде. Можно промывать фильтровальную установку водо-воздушной системой, обеспечивающей более глубокое удаление загрязнений из загрузки, но для малой производительности станции водоподготовки это практически невозможно.

Подача воздуха с помощью компрессоров вместо эжекторов непосредственно перед фильтрами улучшает процесс удаления железа до 1,5 мг/дм³, при этом азотная группа по показателю солей аммония (аммиака) также не достигает нормируемых показателей (2,8–3,0 мг/дм³).

Только при дополнительном устройстве аэрационной колонны перед фильтрами, их перевод с параллельной схемы работы на последовательную, замене в первом фильтре загрузки из песка на сорбент АС, а во втором — двойной слой: сорбент АС и цеолит позволило достичь положительных результатов по загрязнению в фильтрате: железо до 0,3 мг/дм³, аммоний до 1,4–1,6 мг/дм³ [3].

Аэрационные колонны (рисунок 1) представляют собой пластиковый корпус фильтра, оснащенный специальным оголовком для подачи и отвода воды и распределения воздуха, воздухоотделительным клапаном.

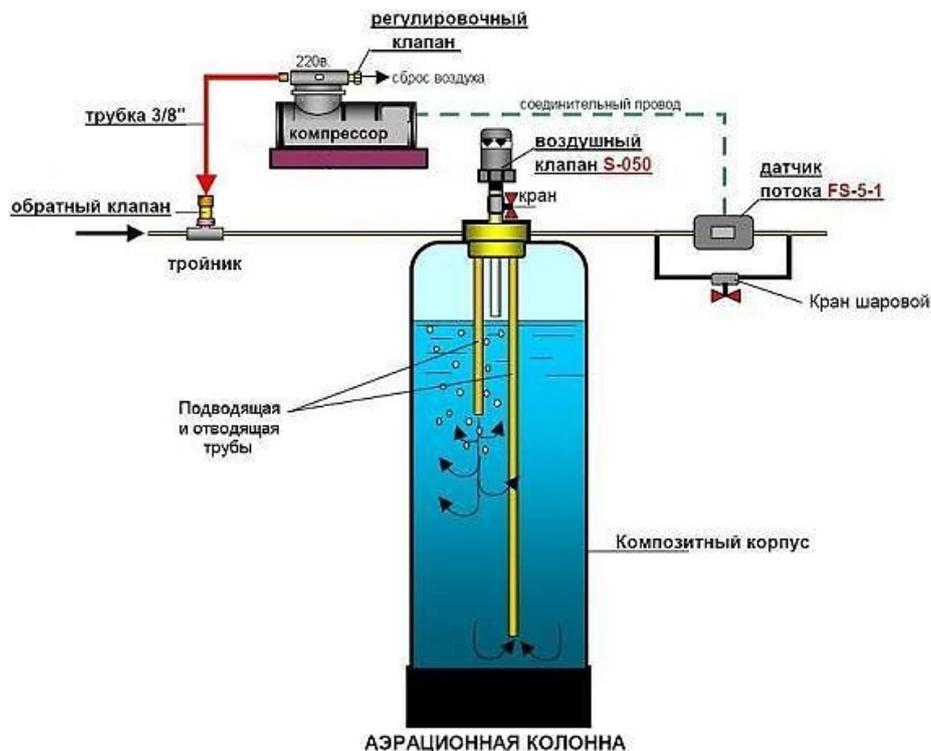


Рисунок 1. – Аэрационная колонна

Основными задачами аэрации являются: окисление растворенного (двухвалентного) железа до трехвалентного с соответствующим его переводом во взвешенное состояние; насыщение воды кислородом с целью интенсификации автокаталитического окисления железа на специальных фильтрующих материалах (АС и МС, ОДМ-2Ф, ОДМ-5Ф и т.п.) и увеличения срока их эксплуатации; отдувка растворенных газов, в т.ч. производных угольной кислоты.

Для достижения наибольшего эффекта аэрации исходной воды корпус аэрационной колонны наполняют различными видами насадок.

По способу установки выделяется несколько видов насадок:

– регулярные – насадка, элементы которой правильно уложены, что обеспечивает их лучшую смачиваемость. К регулярным относится хордовая, блочная и кольцевая насадки.

– нерегулярные – элементы насадки расположены хаотично, загружаются в установку навалом. Такая насадка обладает меньшей удельной поверхностью, чем упорядоченная, ее проще загружать. Нерегулярные насадки бывают кольцевые, седлообразные, пропеллерные и витые. Эта форма чаще всего применяется для водоподготовки питьевой воды.

Элементы кольцевой насадки представляют собой цилиндрические тонкостенные кольца, наружный диаметр которых обычно равен высоте кольца. Диаметр насадочных колец изменяется от 10 до 150 мм. К кольцевым насадкам относятся кольцо Рашига, Палля (рисунок 2), Лессинга и с крестообразной перегородкой.



Рисунок 2. – Кольцо Палля

К насадкам нерегулярного типа относятся кольца Палля, которые предназначены в основном для засыпки навалом, и обладают меньшим гидравлическим сопротивлением и несколько большей эффективностью по сравнению с кольцами Рашига. Кольца Палля широко применяются в качестве башенных насадок в химической, нефтехимической, коксовальной промышленности, в ТЭЦ и охране окружающей среды, в частности, в технологиях водоподготовки и очистки сточных вод.

Преимущества:

1. Большая пропускная способность и более низкое гидравлическое сопротивление.
2. Большая эффективность разделения и степень смачивания за счёт перфорированной структуры.
3. Развёрнутая структура насадки облегчает равномерную засыпку насадки и этим снижает потери давления.

4. Большая эффективность разделения и степень смачивания за счёт перфорированной структуры.

Кольца Палля изготавливаются из таких материалов, как: металл, пластмассы – полипропилен (ПП), полиэтилен (ПЭ), ПВХДФ, а также керамики.

Недостатки:

1. Не всегда подходят для всех типов зданий или конструкций.
2. Установка колец может требовать специальных навыков и оборудования, что увеличивает затраты на строительство.
3. Кольца Палля сложны в изготовлении и обладают малым свободным объёмом.

Экспериментальная часть. В экспериментальных исследованиях были рассмотрены три варианта применения аэрационной колонны с подачей воздуха от компрессора:

1. Подача воздуха в колонну 10” с аэрационным струйным смесителем. Колонна была установлена после водомерного узла перед фильтрами.

2. Колонна была загружена на 0,5 высоты плавающими трубками из ПВХ.

3. Колонна была загружена на 0,5 высоты (в опорожненном состоянии) плавающими кольцами Палля.

Для каждого варианта был выполнен эксперимент по эффективности удаления железа в фильтрах с предварительной аэрацией в аэрационной колонне (рисунок 3).

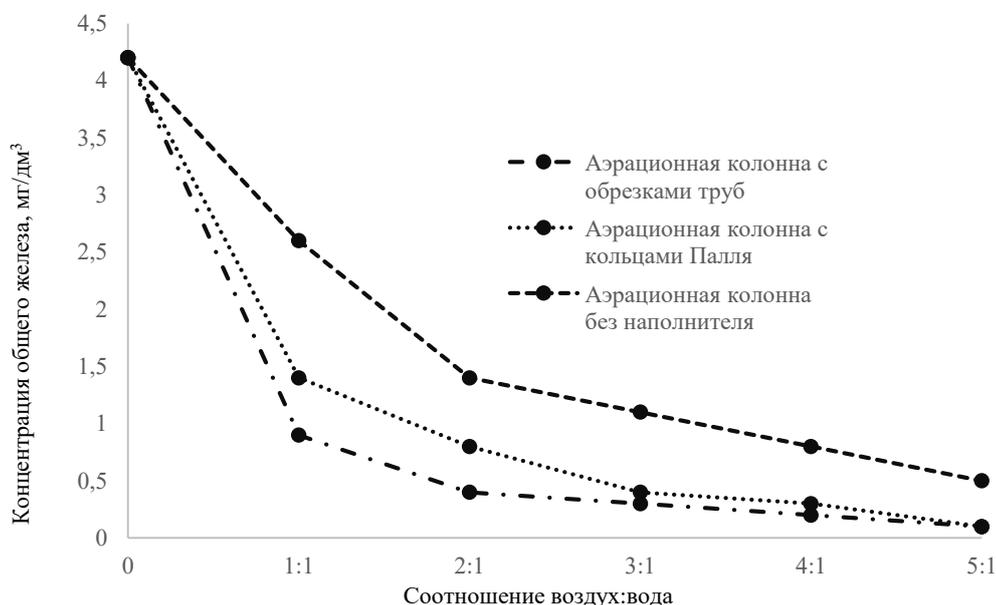


Рисунок 3. – График зависимости концентрации железа при воздушно-водяном соотношении

Заключение. Анализируя график зависимости концентрации железа при воздушно-водяном соотношении видно, что обеспечение нормативного показателя по общему железу ($\leq 0,3 \text{ мг/дм}^3$) достигается при воздушно-водяном соотношении 4:1 в двух случаях – при заполнении аэрационной колонны обрезками труб и при заполнении аэрационной колонны кольцами Палля.

Выполнено технико-экономическое сравнение этих вариантов с учетом надежности работы и обеспечения нормативного показателя по качеству воды, принимая, что конечный продукт должен быть экологически чистым.

В дальнейшем, при очистке подземных вод, в которой присутствуют различные загрязнения и, прежде всего, железо, аммоний и др., рекомендуется применять аэрационные колонны с насадками из обрезков труб или кольца Палля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Велюго, Е.С. Причины загрязнения подземных вод железом с учетом его гидрогеохимических особенностей на территории Республики Беларусь // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. Геоэкология, №8 – Новополоцк, 2021. – С.21 – 24.
2. Чайковский Г.П., Кулаков В.В., Сошников Е.В. Обезжелезивание и деманганация подземных вод: Учебное пособие/ Чайковский Г.П.; – Хабаровск: ДВГУПС, 1998. – 90 с.
3. Yushchenko, V. / Influence of ammonium nitrogen on the treatment efficiency of underground water at iron removal stations / Yushchenko V., Velyugo E., Romanovski V. / Groundwater for Sustainable Development – 2023. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.100943> – Date of access: 08.2023.

УДК 656.015

ИЗ НАСТОЯЩЕГО В БУДУЩЕЕ. ОСТАНОВКА ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА**Ю.И. КЛИМЕНОК***(Представлено: Е.Г. Кремнева)*

Обоснована необходимость усовершенствования остановок общественного транспорта. Проанализирована ситуация на остановках сегодня и, исходя из этого, определены направления для развития остановки будущего. Разработана концепция остановки, удовлетворяющая понятие «остановка будущего».

Остановочные пункты сегодняшнего дня претерпевают существенные трансформации. Громоздкие бетонные, кирпичные остановки прошлого века сменяются более утонченными, эстетичными. Возможность изготовления автопавильонов из различных материалов с использованием большого спектра цветовых и световых опций позволила конструкциям из стекла, металла и пластика вписаться в архитектуру города, занять лидирующие позиции и даже стать его достопримечательностью, [1].

Современные автопавильоны – это не просто укрытия от непогоды, а полноценные элементы городской среды, которые не только подчеркивают индивидуальность каждого района, но и становятся информационными центрами.

Если смотреть в будущее, то остановка это та, с которой не хочется уезжать. Поэтому в рамках проекта предлагается определить основные принципы остановок будущего.

Прежде всего остановка общественного транспорта будущего — это не просто место, где люди ждут автобуса или трамвая. Это целый комплекс, который сочетает доступность, функциональность, комфорт, логистику, конструкции, технологии.

Доступность – основа комфорта для всех. Остановка общественного транспорта должна быть максимально доступной для всех людей, вне зависимости от их физических возможностей. Это значит, что она должна быть оборудована:

– информационной системой: звуковыми сигналами и световыми оповещениями о приближении автобуса;

– пандусами и лифтами: для комфортного передвижения людей с ограниченной мобильностью;

– тактильной плиткой: для удобной навигации незрячих людей.

Многофункциональность. Остановка может быть оборудована киосками с едой и напитками, и даже небольшими магазинами, чтобы обеспечить ожидание пассажиров удобством.

Безопасность. Остановка будет хорошо освещена, оборудована камерами видеонаблюдения и системой безопасности, а также тревожной кнопкой на случай внезапного и угрожающего жизни происшествия.

Комфорт. Немаловажным, а для остановки будущего одним из главных пунктов является комфорт и удобство людей. Остановка должна обладать возможностями:

– Удобного ожидания: наличие сидений с функцией подогрева или охлаждения, крыши, защищающей от дождя и солнца, и доступом к Wi-Fi.

– Система кондиционирования: поддерживает комфортный микроклимат в любое время года.

– Информационные экраны: отображают информацию о маршрутах, времени прибытия транспорта, оповещения и новости.

Логистика. Остановки будущего должны стать не просто местом посадки и высадки, а настоящими транспортными узлами. Ключевым элементом этого станет интеграция с другими видами транспорта:

– для удобства пассажиров, осуществляющих пересадку с велосипедных дорожек и пешеходных зон на общественный транспорт, остановки должны быть расположены так, чтобы обеспечить безопасный и комфортный доступ;

– интеграция с метро: размещение остановки в непосредственной близости от станций метро обеспечивает плавный переход между видами транспорта;

– зарядка электромобилей: обеспечение инфраструктуры для зарядки электромобилей на остановке делает ее более привлекательной для пользователей электротранспорта.

Конструкции остановок. На смену массивных и энергоёмких элементов из железобетона и кирпича приходят легкие конструкции. Это металлические элементы, стекло, иногда пластик.

Интересная концепция конструкции остановки будущего представлена в Швеции (рисунок 1). Конструкция не предусматривает скамеек и стен. К крыше остановки прикреплены вращающиеся модули, по своей форме напоминающие стручки гороха. Они защищают от ветра, на них можно опереться и отдохнуть, побыть наедине со своими мыслями и даже вздремнуть, к тому же они могут быть обогреваемыми.



Рисунок 1. – Остановка общественного транспорта в Швеции

Источник: [2].

Технологии. Остановка будущего не обойдется без современных и инновационных технологий, которые должны облегчить и усовершенствовать пользование остановкой:

- Интеллектуальные системы: остановка будет оснащена датчиками, которые анализируют поток пассажиров, прогнозируют время прибытия транспорта и оптимизируют движение.
- Цифровые информационные киоски: предоставляют информацию о туристических маршрутах, расписаниях работы музеев, а также о достопримечательностях, магазинах и других объектах (рисунок 2).
- Системы оплаты проезда: бесконтактная оплата продукции в киосках или проезда до прибытия нужного автобуса, чтобы снять нагрузку с кондукторов или водителей, а также обеспечить возможность пассажиру сразу занять свое место, не думая об оплате.
- Доступность информации через приложения: информация о маршрутах, времени прибытия транспорта, оповещения о задержках и т.д. будут доступны в мобильных приложениях.



Рисунок 2. – Концепция информационного киоска

Источник: [3].

Немаловажной деталью является дизайн, т.к. он решает не только эстетическую часть остановки, но и предусматривает функциональное ее назначение:

- Эстетичный внешний вид: современный, стильный дизайн, который гармонирует с окружающей средой. Дизайн должен вписываться в окружающую обстановку города, но также привлекать внимание людей, желающих проехать к месту назначения.

– Зеленые зоны: наличие зелени, цветов и фонтанов, создающих приятную атмосферу. Так, например, можно разбить небольшой сад на крыше самой остановки поддержав таким образом экологию города.

– Устойчивые материалы: использование экологически чистых материалов, таких как дерево, металл и стекло, для поддержания экологичной и чистой среды.

В заключении необходимо сказать, что остановка будущего станет не просто местом ожидания транспорта, а интеллектуальным, функциональным и комфортным пространством, которое улучшит качество жизни в городе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stop-bus.ru [Электронный ресурс] / Информационный ресурс. – Москва, 2014. – Режим доступа: https://stopbus.ru/news/ekskursiia_v_proshloie_istoriia_vozniknovieniia_ostanovki_obshchestvennogo_transporta – Дата доступа: 15.09.2024.
2. ООО «Архи.ру». [Электронный ресурс] / Информационный ресурс. – Москва, 2020. – Режим доступа: <https://archi.ru/news/85611/na-severe-shvecii-postroili-umnyyu-ostanovku-ona-ne-tolko-zaschischaet-ot-vetra-no-i-signaliziruet-o-priblizhenii-avtobusov> – Дата доступа: 15.09.2024.
3. Placemark.com [Электронный ресурс] / Информационный ресурс. – Великобритания, 2021. – Режим доступа: <https://www.placemark.com/projects/all-projects/oxford/> – Дата доступа: 15.09.2024.

УДК 656.015

ОСТАНОВКИ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**В.В. АФНАГЕЛЬ, Ю.И. КЛИМЕНОК**
(Представлено: Е.Г. Кремнева)

Обоснована необходимость модернизации остановок общественного транспорта в городе Новополоцк. Перечислены проблемы, выявленные путем анализа остановки в городе Новополоцк, а также в других городах страны и за рубежом. В результате анализа опыта других стран были разработаны решения существующих проблем и предложена концептуальная 3D-модель.

Остановка общественного транспорта — это не просто место, где люди ждут транспорт. Это важная часть городской инфраструктуры, которая определяет удобство, комфорт и безопасность пассажиров, а также влияет на эффективность общественного транспорта в целом.

Остановки рассматриваются на примере нашего города, в котором мы учимся, как студенты Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой. Большинство остановок в г. Новополоцк не обладают функциями, которые удовлетворяют базовые потребности человека, находящегося на остановке общественного транспорта, в бурно развивающемся 21 веке, [1]. Поэтому изучение данного вопроса является актуальным.

Основными проблемами, выявленными в процессе анализа остановок города Новополоцка, являются:

– Недостаточная инфраструктура. Многие остановки не имеют надлежащего навеса или укрытия, что создает неудобство пассажирам, ожидающим автобуса на улице при плохой погоде. Нередко не хватает сидений или мусорных баков, а также информационных табло с расписанием автобусов, что может вызывать недопонимание и стать источником неудобств.

– Недостаточная безопасность. Некоторые остановки находятся в закрытых местах или плохо освещенных районах, что может создавать моральный дискомфорт для пассажиров, особенно в темное время суток. Отсутствие камер видеонаблюдения или других мер безопасности также приводит к возможности воровства или нападений.

– Информационные проблемы также встречаются на отдельных автобусных остановках. Остановки не имеют ясной информации о маршрутах и времени прибытия автобусов. Это может приводить к запутанности пассажиров и увеличивать время ожидания. Некоторые системы транспорта пытаются решить эту проблему, предоставляя приложения для мобильных устройств с актуальной информацией о расписании автобусов, но на сегодняшний момент не все могут воспользоваться данной возможностью, например, пожилым людям тяжело разобраться в этом.

Дополнительные функции, которые необходимы человеку и сделали бы ожидание транспорта более уютным это:

– Проблема взаимодействия с другими видами транспорта также возникает на некоторых остановках. Неправильная организация парковки или отсутствие покрытия для велосипедов или мотоциклов может создавать проблемы при пересадке на общественный транспорт. К тому же к остановке сразу может подойти несколько маршрутных такси и автобус.

– Доступность также является проблемой на многих автобусных остановках. Остановки не имеют пандусов для людей с ограниченными возможностями. Это ограничивает доступность транспорта для лиц с инвалидностью или с детскими колясками. Недостаточное количество тротуаров или переходов может также создать опасность для пешеходов при подходе к остановкам.

– Размер остановок не соответствует потребностям пассажиров. Сегодня на остановках, помимо рядового транспорта, обрели популярность маршрутки и заказной транспорт на более дальние поездки, поэтому часто происходит затор, и пассажир теряется при поиске своего транспорта.

При анализе ситуации в других городах нашей страны, можно заметить похожую тенденцию в большей или меньшей степени. Поэтому мы обратились к опыту зарубежных стран, [2].

Объединённые Арабские Эмираты. Чтобы ожидание наземного транспорта не стало пыткой для жителей при любом раскладе, в ОАЭ разработали закрытые автобусные остановки со встроенными кондиционерами и раздвижными дверьми, которые герметично закрываются и не впускают жар или песок с улицы. В последние годы остановки в стране также снабжают солнечными батареями, что позволяет им успешно работать независимо от городского электричества.

Сингапур. Одна из самых оснащенных и нескучных автобусных остановок замечена в районе Джуронг, на юго-западе Сингапура.

Ждущим транспорта здесь найдется занятие на любой вкус. Остановка оснащена полками с книгами для любителей традиционного чтения, а любители диджитала могут отсканировать здесь специальный QR-код и получить доступ к электронным книгам из национальной библиотеки. В конструкцию остановки также входят качели (подходят и для детей, и для взрослых), стенд для зарядки смартфона, стоянка для велосипедов и удобное цифровое информационное табло с расписанием транспорта и картой маршрутов, а на крыше тут разбит небольшой сад.

Казахстан. С 2018 года в Астане более 50 конструкций «обычных» остановок было вывезено для благоустройства окраин города, и заменено более продвинутыми, «теплыми» сооружениями. В рамках программы «умная остановка» здесь опробовали и новый проект, который планируется внедрять в ближайшие годы, – остановку, оснащенную мини-кафе-терией, туалетной комнатой, сетью Wi-Fi и встроенными кондиционерами на случай жаркой погоды.

Китай. В Тяньцзине, одном из крупнейших городов Китая, в 2018 году были установлены несколько первых остановок нового типа, которые планируют внедрять и в дальнейшем. Футуристичный дизайн остановки, напоминающий транспорт будущего, сочетается с высокой функциональностью – конструкции оснащены сиденьями с подогревом, сенсорными экранами, где можно листать новости и спланировать свой маршрут, устройствами для зарядки смартфона, вендинговым аппаратом с напитками и бесплатным Wi-Fi.

Проведя анализ проблем, с которыми сталкиваются пассажиры на остановках общественного транспорта, и изучив практики из других стран, был разработан комплексный план действий, который позволит сделать ожидание транспорта более комфортным, безопасным и информативным.

1. Разработка более эргономичного дизайна остановки, т.е. не только стильного, но и удобного для всех пассажиров. Остановка с сиденьями, навесами или целыми павильонами, чтобы защитить пассажиров от погодных условий. Также можно предоставить возможность зарядки устройств, установить вентиляцию, пункт питания (напитки, перекус), освещение (местное и общее). Под местным подразумевается освещение, как способ для акцентной подсветки отдельных участков, например, информационного табло для быстрого ориентира. Общее предназначено для равномерного освещения территории.

2. Информационные системы: оснащение остановок информационными табло или электронными дисплеями, показывающими расписание движения автобусов, актуальное время и дополнительную информацию о маршрутах и ожидаемом прибытии. Так же предусмотреть звуковое сопровождение прибытия транспорта, для комфорта пассажиров.

3. Экологические решения: установка солнечных панелей на крышах или оборудование, использующее альтернативные источники энергии для подачи освещения и зарядки устройств. Также можно установить водостоки и емкости для сбора дождевой воды, которую можно использовать для орошения растений рядом с остановкой.

4. Доступность для инвалидов: построение остановок с пандусами или лифтами для облегчения доступа к автобусам для людей с ограниченными физическими возможностями. Также можно предоставить специальные зоны для колясок и информацию о доступных услугах для инвалидов.

5. Велосипедные стоянки: предоставление удобных и безопасных мест для парковки велосипедов рядом с остановками, чтобы пассажиры могли легко комбинировать поездку на автобусе с ездой на велосипеде.

6. Установка видеонаблюдения: внедрение систем видеонаблюдения на остановках для обеспечения безопасности для пассажиров и предотвращения преступности.

7. Реклама и информация. Информационный стенд (борд) находится рядом с остановкой и содержит сведения о близлежащем объекте. На нем могут быть указаны основные характеристики объекта, его назначение, контактные данные для связи, расписание работы и другая полезная информация. Такой стенд помогает пассажирам узнать о доступных услугах, местоположении и достопримечательностях в непосредственной близости от остановки. Кроме того, информационный стенд может быть полезен для туристов и гостей города, а также помогает повысить осведомленность общественности о различных объектах в окружающей среде.

8. Системы оплаты проезда: бесконтактная оплата продукции в киосках или проезда до прибытия нужного автобуса, чтобы снять нагрузку с кондукторов или водителей, а также обеспечить возможность пассажиру сразу занять свое место, не думая об оплате.

На основе плана по улучшению качества пребывания людей на остановках общественного транспорта была разработана 3D-модель, демонстрирующая все запланированные элементы (рисунок 1, 2).



Рисунок 1. – 3D-модель (вид 1)



Рисунок 2. – 3D-модель (вид 2)

ЛИТЕРАТУРА

1. Сайт города Полоцка и Новополоцка [Электронный ресурс] / Информационный ресурс. – Новополоцк, 2024. – Режим доступа: <https://gorod214.by/new/5954>– Дата доступа: 16.09.2024.
2. Информационное пространство «Про мой район» [Электронный ресурс] / Информационный ресурс. – Москва, 2024. – Режим доступа: <https://dzen.ru/a/YREt6JZaHz7jhHPY>– Дата доступа: 16.09.2024.

УДК 691.175.743

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПВХ ШПУНТА,
ВЫПОЛНЕННОГО ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ПРИ ИСПЫТАНИИ ОБРАЗЦОВ ШПУНТА
НА РАЗРЫВ**

*Е.А. КОНДЫБАЙЛО, Е.С. ВЛАСОВ, А.С. ВАСИЛЕНКО
(Представлено: А.П. Кремнев)*

В данной работе рассматривается испытание ПВХ шпунта, выполненного из вторичного сырья в разрывной машине. Данное испытание проводилось с целью получения физико-механических характеристик материала.

Введение. Полимерный шпунт представляет собой инновационный материал изготовленный из полимеров, таких как полиэтилен высокой плотности (ПЭВП) или поливинилхлорид (ПВХ). Он приобретает все большую популярность в строительной отрасли и обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными материалами для шпунтового ограждения, такими как сталь и железобетон [1].

Преимущества полимерного шпунта [1]:

- Высокая коррозионная стойкость: полимерный шпунт чрезвычайно устойчив к коррозии, что делает его идеальным для использования в агрессивных средах, таких как морская вода, сточные воды и почва с высоким содержанием солей.
- Легкий вес: полимерный шпунт намного легче стального шпунта, что облегчает его транспортировку, установку и демонтаж.
- Простота установки: полимерный шпунт можно устанавливать с помощью различных методов, включая вибрационное или статическое забивание, что делает его подходящим для различных условий грунта.
- Низкий уровень шума: полимерный шпунт создает меньше шума при установке, что делает его идеальным для использования в городских районах или чувствительных к шуму местах.
- Низкий уровень вибрации: полимерный шпунт создает меньше вибрации при установке, что снижает риск повреждения близлежащих конструкций или инфраструктуры.
- Электрическая изоляция: полимерный шпунт не проводит электричество, что делает его безопасным для использования вблизи линий электропередач или другого электрического оборудования.
- Долгий срок службы: полимерный шпунт имеет долгий срок службы, обычно более 50 лет, что снижает затраты на техническое обслуживание и замену.
- Экологичность: полимерный шпунт изготавливается из переработанных материалов и сам может быть переработан по окончании срока службы.

Виды полимерного шпунта [1]:

- Полиэтилен высокой плотности (ПЭВП): наиболее распространенный тип полимерного шпунта, известный своей высокой прочностью, долговечностью и устойчивостью к коррозии.
- Поливинилхлорид (ПВХ): гибкий и легкий тип полимерного шпунта, обеспечивающий хорошую герметичность.
- Полипропилен (ПП): прочный и химически стойкий тип полимерного шпунта, подходящий для использования в агрессивных средах.
- Полиамид (ПА): сверхпрочный и износостойкий тип полимерного шпунта, используемый в особо требовательных условиях

Формы полимерного шпунта [1]:

- Шпунтовые сваи: прямые секции шпунта, сцепляемые друг с другом для создания сплошной стенки.
- Шпунтовые панели: более крупные панели, соединяемые друг с другом внахлест или с помощью замков, образуя непрерывную стену.
- Комбинированные шпунтовые сваи: шпунтовые сваи с пластиковыми или металлическими замками для повышения прочности и герметичности.
- Пескоудерживающие шпунтовые сваи: шпунтовые сваи с перфорированными стенками для фильтрации воды и удержания песка.

К производителям пластикового шпунта за рубежом относятся следующие компании [1]:

- Kingspan Water & Energy (Великобритания)
- Mabe Group (Великобритания)
- ArcelorMittal (Люксембург)

- Naylor Industries (США)
- Everlast Composite Products (Канада).

В Республике Беларусь развитие способов вторичного использования пластиковых отходов является одной из приоритетных задач. Для решения этой задачи государством выделяются значительные средства, выполняются научные исследования, привлекаются частные инвестиции.

ООО «ПВХ Вест» — это белорусская компания, которая занимается поставками полимерных материалов, в том числе полимерного шпунта. Компания является официальным дистрибьютором полимерного шпунта производства компании Kingspan Water & Energy в Республике Беларусь. Компанией ООО «ПВХ Вест» освоено изготовление пластикового шпунта из ПВХ гранул, полученных путем переработки отходов, образующихся при изготовлении пластиковых окон, при этом, прочностные параметры вторичного пластика не уступают первичному [2].

Цель данной работы заключалась в получении физико-механических характеристик ПВХ шпунта, выполненного из вторичного сырья.

Ход работы. Испытание ПВХ шпунта на разрыв проводилось с помощью специального прибора — разрывной машины. Измерение необходимых параметров производилось при помощи специальных индикаторов — ИЧ 10, со шкалой деления 0,01 мм. Данные индикаторы позволяют получить максимально точные данные. Этапы проведения испытания изложены ниже.

1. Подготовка образцов: из ПВХ материала в соответствии с применимыми стандартами были изготовлены два одинаковых по размерам образца с полной длиной 50см, толщиной 8см.

2. Установка образца в испытательной машине: образец ПВХ шпунта устанавливался в зажимы испытательной машины таким образом, чтобы было обеспечено равномерное распределение нагрузки на всю ширину шпунта.

3. Нагружение образца: в испытательной (разрывной) машине нагружали образец ступенями в 2кН до тех пор, пока не происходил разрыв.

4. Анализ полученных результатов: полученные данные анализировались с целью определения прочностных характеристик шпунта, таких как предел прочности, удлинение при разрыве и модуль упругости. Для первого образца предел прочности при разрыве f_u составил: $\sigma_u = 1,96$ МПа, для второго образца предел прочности при разрыве f_u составил: $\sigma_u = 1,94$ МПа. Для первого образца удлинение при разрыве ϵ_u составило: $\epsilon_u = 0,03 = 3\%$, для второго образца удлинение при разрыве ϵ_u составило: $\epsilon_u = 0,028 = 2,8\%$. Для первого образца модуль упругости при разрыве E составил: $E = 65,33$ МПа для второго образца модуль упругости при разрыве E составил: $E = 69,29$ МПа. В Excel были построены диаграммы деформирования образцов по мере увеличения нагрузки (Рисунки 1, 2).

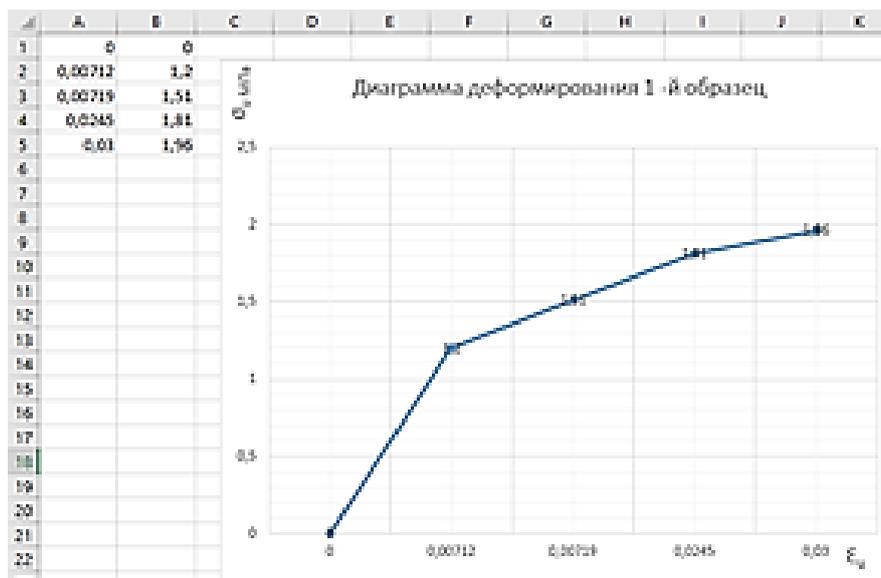


Рисунок 1. – Диаграмма деформирования 1-го образца

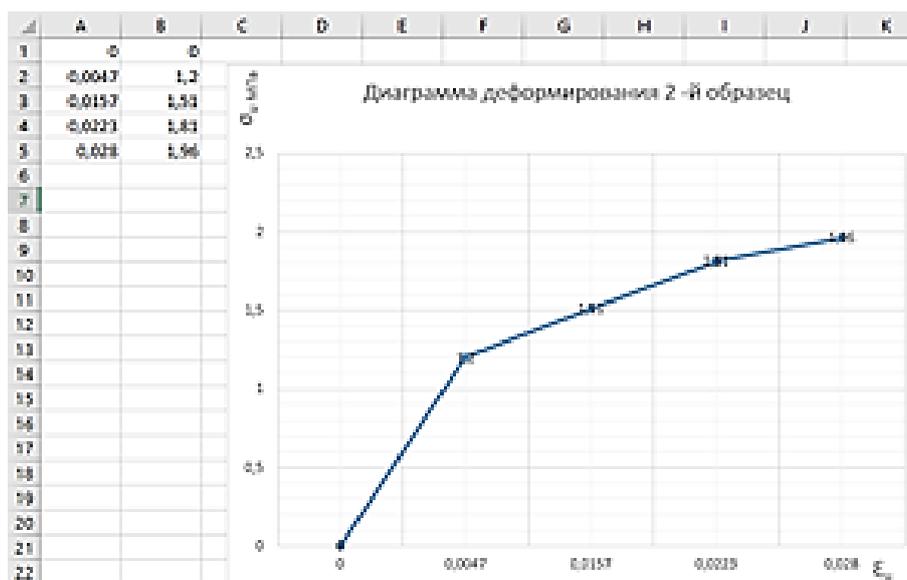


Рисунок 2. – Диаграмма деформирования 2-го образца

Заключение. Полученные данные в результате испытания показывают что такой ПВХ шпунт в целом соответствует требованиям прочности и долговечности, и может быть использован в строительстве для выполнения ряда задач таких как ограждение котлованов и траншей, укрепление береговых линий и речных берегов, создание подпорных стен и дамб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шпунт ПВХ «Оберегстрой» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Шпунт ПВХ "Оберегстрой" \(oberegstroy.by\)](http://oberegstroy.by) Дата доступа: 10.10.2024.
2. ПВХ ВЕСТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Шпунт ПВХ | ПВХ ВЕСТ | Экструзионный инструмент | \(pvcwest.org\)](http://pvcwest.org). Дата доступа: 10.10.2024.

УДК 624.131.37

**АНИЗОТРОПИЯ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ОЗЕРНО-ЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
И МЕТОДЫ ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ****Е.А. КОНДЫБАЙЛО, Е.С. ВЛАСОВ, А.С. ВАСИЛЕНКО**
(Представлено: А.П. Кремнев)

В данной работе рассматривается вопрос анизотропии прочностных свойств озерно-ледниковых отложений и метод ее определения при помощи прибора одноплоскостного среза ГТ 1.2.11

Введение. 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. [1]. Анизотропия грунтов обуславливается слоистой текстурой грунтов различного типа, которая наиболее выражена в озерно-ледниковых отложениях, сформировавшихся в водной среде внутреннеледниковых озер. В озерно-ледниковых отложениях тонкие прослойки из глинистых частиц чередуются с прослойками из пылеватого песка, образуя так называемую ленточную структуру.

Озерно-ледниковые отложения демонстрируют анизотропию прочностных свойств, что означает, что их прочность варьируется в зависимости от направления приложения нагрузки. Существуют различные методы определения анизотропии прочностных свойств грунтовых отложений:

- Лабораторные испытания: проведение лабораторных испытаний на сжатие и сдвиг образцов, взятых по различным направлениям, для определения их прочности в разных направлениях.
- Полевые испытания: выполнение полевых испытаний, таких как испытания на пенетрацию и штамповые испытания, в различных местах и направлениях для оценки вариаций прочности.
- Геофизические методы: использование геофизических методов, таких как сейсмическая рефракция и электроразведка, для определения изменений плотности и скорости волн, которые могут указывать на анизотропию прочностных свойств.
- Анализ данных бурения: анализ данных бурения, таких как скорость бурения и сопротивление кручению, может предоставить информацию об относительной прочности отложений в разных направлениях.
- Моделирование: разработка и калибровка численных моделей для моделирования поведения озерно-ледниковых отложений и оценки их анизотропных прочностных свойств.

Понимание анизотропии прочностных свойств озерно-ледниковых отложений имеет решающее значение для проектирования и строительства сооружений на этих грунтах. Инженеры должны учитывать вариации прочности в разных направлениях, чтобы обеспечить надлежащую устойчивость и производительность конструкций.

Прибор одноплоскостного среза ГТ 1.2.11 предназначен для определения прочностных характеристик грунтов различного происхождения. Данный метод отличается простотой и достаточной для практических целей точностью определения сопротивления грунта сдвигу. Прибор имеет следующие возможности:

- Проведение испытаний в автоматизированном режиме с контролем всех параметров в режиме реального времени;
- Создание вертикальной и срезающей нагрузки до 5 кН;
- Снижение трения при перемещении каретки и исключение ее опрокидывания;
- Проведение испытаний в соответствии с ГОСТ 12248.1-2020 [2].

В рамках испытаний определяются такие характеристики грунтов, как: эффективный и остаточный угол внутреннего трения; эффективное и остаточное удельное сцепление.

Для автоматизированного управления процессом испытаний применяется специальное программное обеспечение для ПЭВМ GeotekStudio. ПО GeotekStudio предоставляет пользователю богатый набор предустановленных алгоритмов для проведения сложных видов испытаний. Широкий набор графических интерфейсов позволяет получать в процессе испытаний полную картину о происходящих во время опыта процессов в виде графиков, показаний датчиков и прочих физических величин. Для специальных испытаний программа предусматривает возможность разработать свою последовательность команд для выполнения уникального типа испытания (написать свой алгоритм). Подобные алгоритмы разрабатываются прямо во встроенной среде разработки алгоритмов программы GeotekStudio блочно-графическим способом.

Цель данной работы заключалась в выявлении наличия анизотропии у глинистого грунта озерно-ледникового происхождения.

Ход работы. Испытание производилось по консолидированно-дренированной схеме с измерением вертикальной деформации. В кольцо диаметром 75 мм и высотой 30 мм производился отбор образцов в двух

взаимноперпендикулярных направлениях (вдоль и поперек слоистости). Для 2-х направлений было испытано 6 образцов (отбор образцов грунта производили в соответствии с требованиями ГОСТ 12248.1-2020) [2].

Изготовленный образец взвешивали и проводили его предварительное уплотнение непосредственно в рабочем кольце срезного прибора.

Далее закрепляли рабочее кольцо в срезной коробке, устанавливали перфорированный штамп, регулировали механизм нагрузки, устанавливали зазор 0,5 мм между подвижной и неподвижной частями срезной коробки, устанавливали измерительную аппаратуру для регистрации вертикальных деформаций образца. Затем на образец грунта передавали то же нормальное давление, при котором происходило предварительное уплотнение грунта. Нормальную нагрузку передавали на образец в одну ступень и выдерживали 30 мин. После передачи на образец грунта нормальной нагрузки приводили в рабочее состояние механизм создания горизонтальной сдвигающей (срезной) нагрузки, устройство для измерения деформаций среза грунта и регистрировали его начальные показания.

Испытание на срез проводилось при непрерывно возрастающей горизонтальной нагрузке (статический режим). На каждой ступени нагружения записывали показания приборов до условной стабилизации деформации. За критерий условной стабилизации деформации среза принимали скорость деформации, не превышающую 0,01 мм/мин. Испытание считали законченным после приложения очередной ступени срезающей нагрузки (произошел мгновенный срез/срыв одной части образца по отношению к другой).

После окончания испытания производили разгрузку образца, извлекали рабочее кольцо с образцом из прибора и отбирали пробы для определения влажности из средней части образца. Далее обрабатывали полученные результаты и строили графики (Рисунки 1, 2)

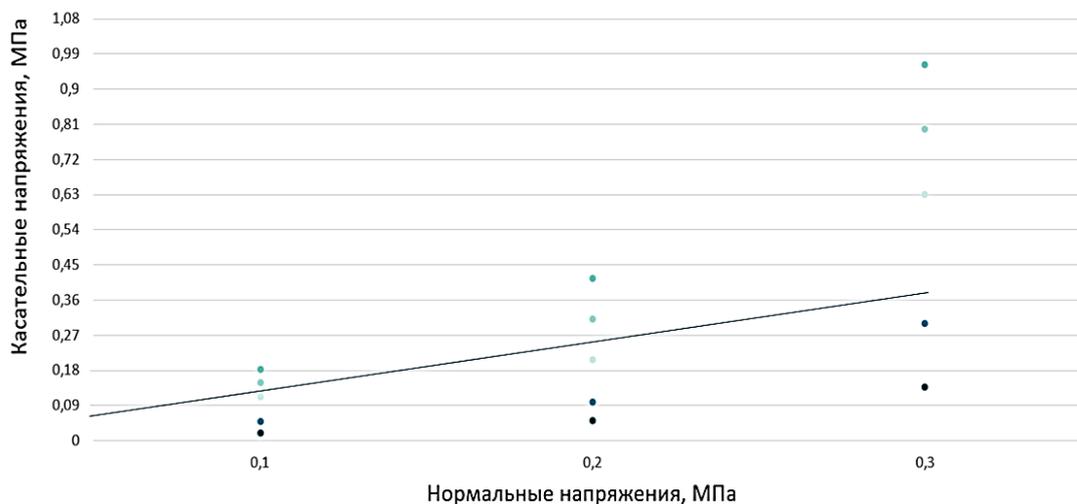


Рисунок 1. – Результат среза поперек слоистости

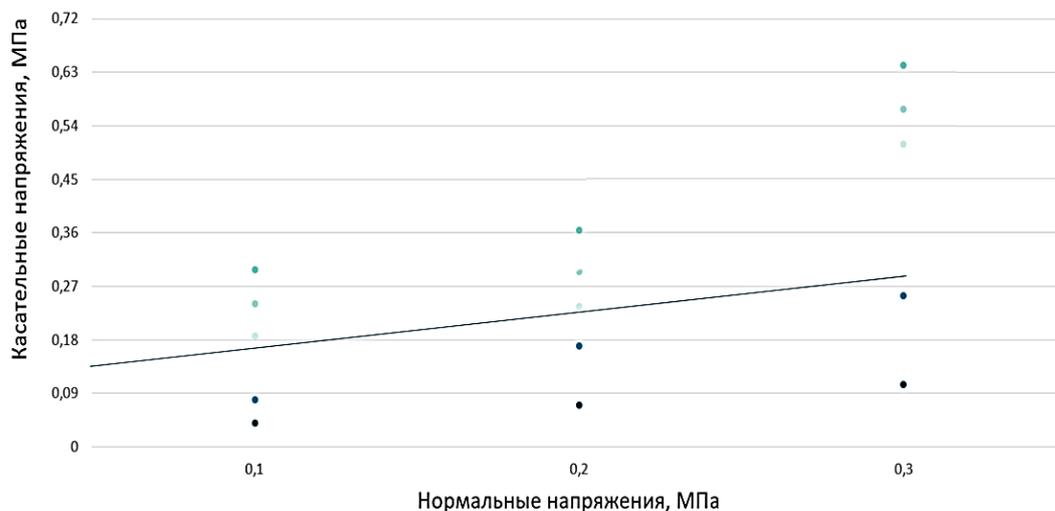


Рисунок 2. – Результат среза вдоль слоистости

Описанная методика подходит для проведения одной из возможных схем испытания. При необходимости проведения испытания не по консолидированно-дренированной схеме с измерением вертикальной деформации, в методику необходимо вносить корректировки в соответствии с требованиями различных нормативных документов и в соответствии с индивидуальными требованиями, предъявляемыми к той или иной схеме.

График отражает зависимость касательного напряжения от прилагаемого давления, в качестве значений касательных напряжений принимались максимальные значения соответствующие последнему максимальному значению до того как произошёл срез образца, линия на графике отсекает ряд значений которые не будут использованы при статистической обработке данных

По результатам проведения испытания для одного типа грунта видно, что графики зависимости напряжений и деформаций различаются в зависимости от ориентации плоскости сдвига.

Заключение. Глинистые грунты озерно-ледникового происхождения обладают ярко выраженной анизотропией, т.е. неоднородностью своих свойств в той или иной своей плоскости. Таким образом, если принимать прочностные характеристики грунта без учета прочностной анизотропии, то будут использоваться данные, не соответствующие реальной работе грунта в процессе его сдвига. Для того чтобы получить данные, соответствующие реальной работе необходимо учитывать ориентацию поверхности сдвига, к плоскости анизотропии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фэндом. Наука. Анизотропия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://science.fandom.com/ru/wiki/Анизотропия>. – Дата доступа: 10.10.2024.
2. Грунты. Определение характеристик прочности методом одноплоскостного среза: ГОСТ 12248.1-2020. – Введ. 01.12.2021 – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2021. – 22 с.

УДК 697.922

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ПОКВАРТИРНЫЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

В.А. МОГИЛЕНКО*(Представлено: Т.И. Королёва, С.И. Пивоварова)*

Предложены энергоэффективные поквартирные системы вентиляции жилых зданий для обеспечения комфортного микроклимата в помещениях квартир для всех периодов года. Даны рекомендации по выбору инновационных энергоэффективных ресурсосберегающих и экономически выгодных вариантов компоновки предложенных инженерных систем с теплообменниками, что обеспечивает охрану окружающей среды из-за уменьшения выбросов тёплого воздуха в атмосферу, и экономию топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

Введение. В настоящее время применяются схемы систем естественной и механической вытяжной вентиляции в многоэтажных зданиях квартирного типа, которые имеют ряд недостатков в связи с требованиями к повышению комфортности жилья [1; 2], а также, учитывая поставленные задачи по энергосбережению в жилом секторе экономики в Республике Беларусь [3]. В связи с этим появилась задача инновационными методами, с использованием энергоэффективных ресурсосберегающих решений, устранить выявленные недостатки при проектировании систем вытяжной вентиляции в многоэтажных зданиях квартирного типа, так как существующие системы естественной вентиляции жилых зданий [3] являются крайне не энергоэффективными в виду того, что выбрасывают в атмосферу всю тепловую энергию удаляемого воздуха.

Естественная вентиляция имеет определенные недостатки при установке в жилых зданиях массовой застройки при соблюдении норм на объёмы удаляемого воздуха из помещений квартиры [3, приложение Г]. Так как, в последнее десятилетие появились здания с повышенной герметичностью, увеличилось количество использования в них синтетических отделочных материалов, повысились требования к качеству внутреннего микроклимата квартир, то стало заметно, что у систем естественной вентиляции квартир есть недостатки по обеспечению нормативного воздухообмена [3, приложение Г].

Основная часть. Энергоэффективные приточно-вытяжные поквартирные системы вентиляции квартир в многоэтажных жилых зданиях.

В каждом помещении трёхкомнатной квартиры расчетный воздухообмен для приточного и вытяжного воздуха для систем вентиляции определяется исходя из нормативных требований Приложения Г [3].

В работе выполнено технико-экономическое сравнение для двух вариантов № 1 и № 2 предложенных инновационных энергоэффективных решений для механических систем приточной и вытяжной вентиляции для трёхкомнатной квартиры многоэтажного жилого дома, где:

вариант № 1 (рис. 1): система вентиляции с центральной приточно-вытяжной установкой П1В1 (Smarty 3X V), воздуховодами гибкими неизолированными на проволочном каркасе из металлизированной полиэфирной плёнки (45 мк) «Полимент Н» диаметром 100 мм, и потолочными диффузорами;

вариант № 2 (рис. 2): система вентиляции с установкой приточно-вытяжных стеновых клапанов «Эко-Свежесть» с рекуператором теплообменником–теплоутилизатором и ионизатором воздуха, а также с механической системой вытяжной вентиляции ванной комнаты или совмещённого санитарного узла (с использованием бытового вентилятора «ВЕНТС 100 М»).

В предлагаемой инновационной и энергоэффективной приточно-вытяжной системе вентиляции П1В1 по варианту № 1 показано использование теплоутилизатора воздух-воздух [4] с размещением оборудования на плане трёхкомнатной квартиры на рис. 1.

Приточно-вытяжная механическая система вентиляции П1В1 расположена на балконе (или в лоджии) трёхкомнатной квартиры. Забор наружного воздуха осуществляется через воздухопровод, выведенный вдоль стены на высоте выше двух метров от уровня земли. На балконе установлена приточно-вытяжная камера («Smarty 3X V») с утилизацией теплоты вытяжного воздуха. Гибкие воздухопроводы расположены под подшивным потолком помещений квартиры и подают воздух через диффузоры ДПУ. Для системы вентиляции применены воздухопроводы из нержавеющей стали AISI 430 и гибкие неизолированные воздухопроводы на проволочном каркасе из металлизированной полиэфирной пленки (45 мк) «Полимент Н».

В рассматриваемом варианте № 1 установлен вентиляционный агрегат с рекуперацией теплоты в противоточном пластинчатом теплообменнике «Smarty 3X V», с производительностью 500 м³/ч, и габаритными размерами 599х538х900 мм, масса 39 кг, с вентиляторами ZIENL-ABEGG, а диаметр подключения воздухопроводов Ø 160 мм, где использованы фильтры класса очистки F7 на приточном и вытяжном воздухопроводах. На приточном воздуховоде установлен электрический воздухонагреватель, для обеспечения требуемых параметров микроклимата в помещениях. Используемые в установке противоточные пластинчатые теплообменники с КПД утилизации теплоты на основе расчетов, сделанных в соответствии со стандартом ЕС 1253/20141 составляют для противоточных теплообменников до 94%.

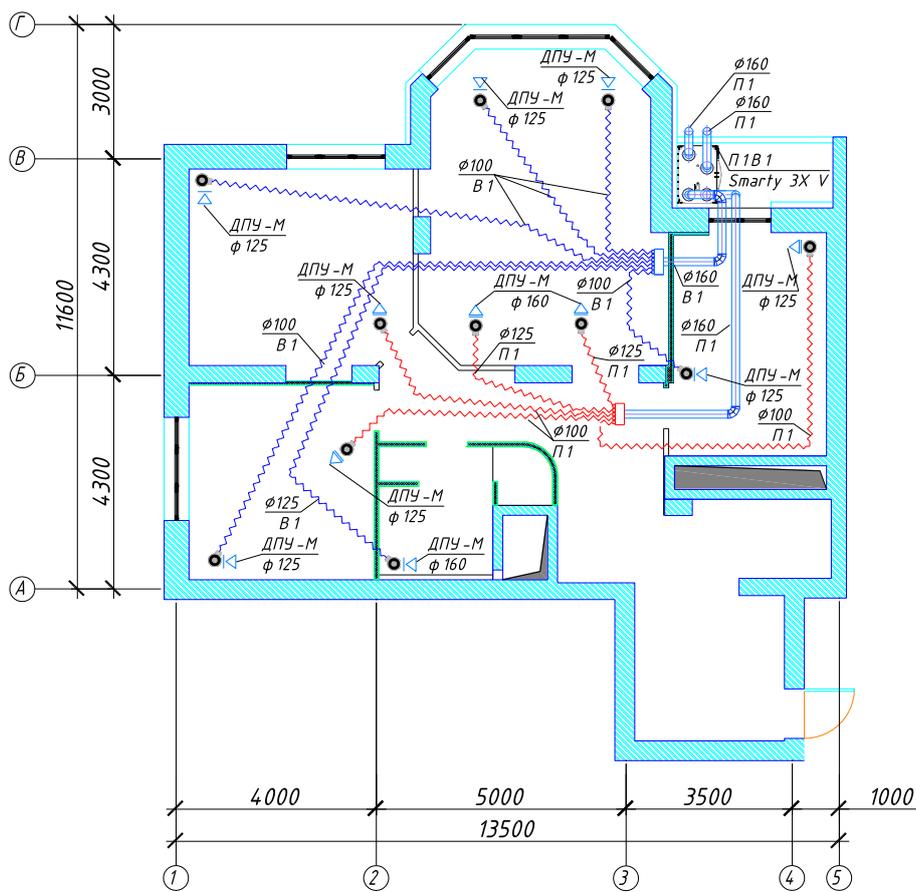


Рисунок 1. – Размещение на плане трёхкомнатной квартиры механической системы приточно-вытяжной вентиляции П1В1 (вариант № 1)

Для варианта № 2 энергоэффективных систем механической вентиляции трёхкомнатной квартиры применены приточно-вытяжные стеновые клапаны фирмы «Эко-Свежесть» [5, 6], изображённые на плане рис.2, каждый из которых: удаляет отработанный воздух из помещения и заменяет его свежим наружным воздухом; контролирует превышение допустимого уровня оксида углерода; очищает поступающий воздух от пыли, вредных примесей, бактерий и неприятных запахов; контролирует и регулирует уровень влажности в помещении, предотвращает образование плесени и грибка; снижает потери теплоты зимой и экономит энергопотребление охладительных приборов летом за счет использования теплоутилизатора; с помощью встроенного ионизатора насыщает воздух отрицательно заряженными ионами полезными для человека.

Механическая система вентиляции организованная по схеме № 2 создает здоровый микроклимат в каждом помещении трёхкомнатной квартиры, так как наружный чистый воздух доставляется в помещения очищенный фильтром, насыщенный кислородом и отрицательно заряженными ионами. Система приточной вентиляции П1 очищает воздух, поступающий в помещение, от запахов, пыли, бактерий и выхлопных газов автомобилей. Так же, система притока имеет устройство со встроенным гидростатом, который контролирует влажность в помещении, что ограничивает процесс увлажнения и предотвращает образование плесени и грибка. Встроенный ионизатор создаёт отрицательно заряженные ионы, которые действуют как антисептики, подавляя рост болезнетворных микроорганизмов-вирусов и бактерий, и защищают человека от инфекций и острых респираторных заболеваний. Известно положительное влияние ионизированного воздуха, который увеличивает работоспособность, устраняет усталость, оказывает положительное влияние на самочувствие, помогает восстановлению после длительных и тяжелых заболеваний и оказывает благотворное действие при бронхиальной астме, заболеваниях дыхательных путей, мигрени, неврозах и заболеваниях сердечно-сосудистой системы.

В комплектацию приточно-вытяжного стенового клапана [5] включены следующие элементы:

- 1) внешняя защитная решетка, которая предохраняет систему от влаги, даже в сильный дождь;
- 2) телескопический воздуховод, который позволяет регулировать длину аппарата в соответствии с толщиной стены;
- 3) всасывающий вентилятор - двухскоростной, который позволяет регулировать расход от 45 м³/ч в ночном, бесшумном режиме работы, до 70 м³/ч в дневном режиме;

4) фильтр с активированным углем, который обеспечивает очистку наружного воздуха и гарантирует приток свежего воздуха и очищает воздух от запахов, пыли, бактерий, сажи, выхлопных газов от автомобилей и тому подобного, или используется фильтр тонкой очистки, который применяется в сильно загрязнённых регионах или городских и промышленных районах;

5) рекуператор (теплообменник-теплоутилизатор) – позволяет обеспечить нагрев приточного воздуха за счет теплоты вытяжного воздуха, способствует значительному снижению температурных потерь при вентиляции помещений;

6) ионизатор - насыщает воздух отрицательными ионами, уничтожает болезнетворные микроорганизмы;

7) нагнетательный вентилятор - двухскоростной, позволяющий регулировать расход воздуха от 45 м³/ч в ночном, бесшумном режиме работы, до 70 м³/ч в дневном режиме;

8) декоративная решетка - может быть окрашена в разные цвета;

9) датчик влажности - включает вентиляторы, когда влажность превысит 75%;

10) датчик оксида углерода (СО), который включает приточный вентилятор в режиме Air Flow >70 м³/ч, когда уровень СО выше допустимого (только для модификации Komfort). Управление приточно-вытяжным стеновым клапаном осуществляется посредством пульта дистанционного управления ПДУ.

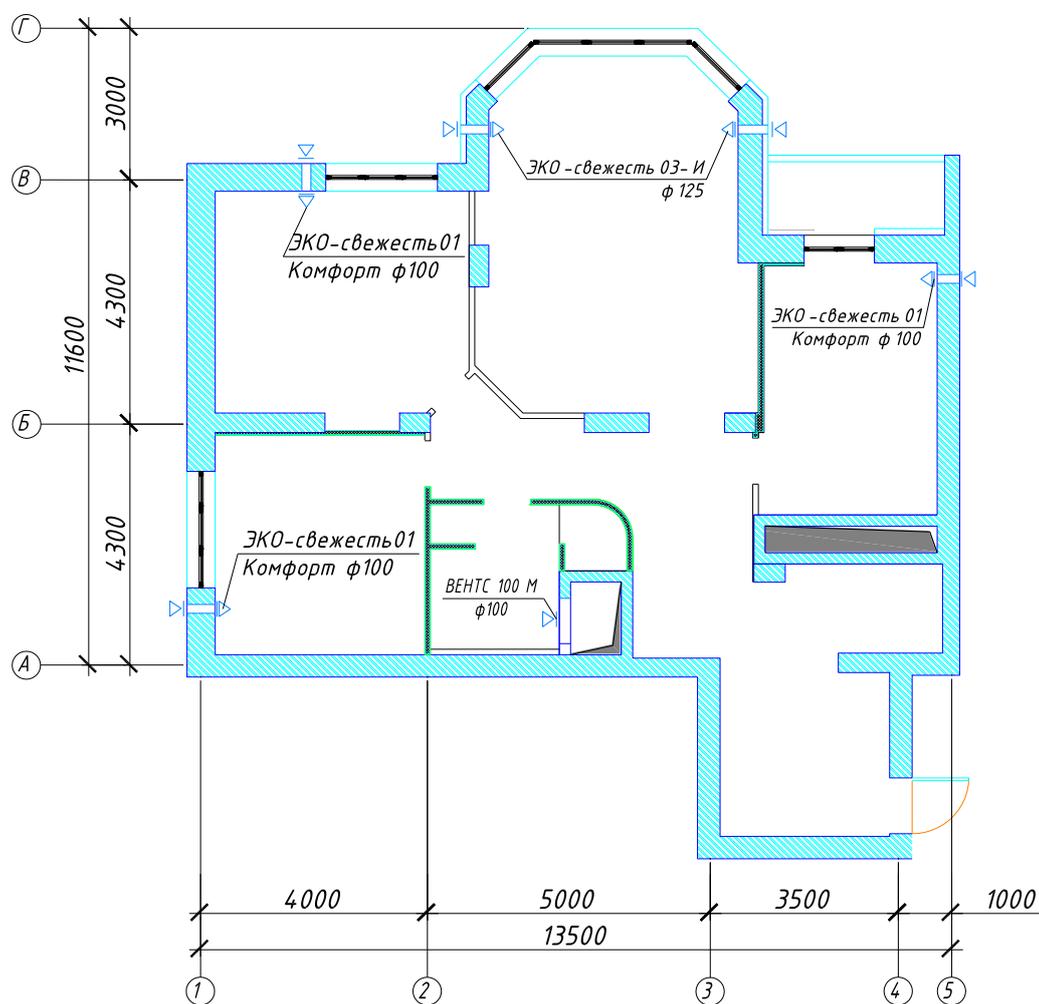


Рисунок 2. – Размещение на плане трёхкомнатной квартиры вентиляционного оборудования (вариант № 2) для механических приточно-вытяжных систем вентиляции с приточно-вытяжными стеновыми клапанами «Эко-Свежесть» и механической вытяжной системой вентиляции ванной комнаты

Приточно-вытяжные стеновые клапаны подобраны на расход воздуха, который указан в таблице по нормам проектирования Республики Беларусь для систем вентиляции в жилых зданиях в приложении Г [3], а их размеры определены по каталогу предприятия «Mmotors» [5]. Для эффективного удаления воздуха в механической системе вытяжной вентиляции ванной комнаты подобран осевой вентилятор «ВЕНТС 100 М» периодического действия с автоматическим регулированием.

Важным критерием, которым руководствуются при проектировании систем вентиляции являются минимальные капитальные и эксплуатационные затраты на вентиляцию помещения.

Основным параметром при технико-экономическом сравнении вариантов № 1 и № 2 при выборе наиболее оптимального варианта проектирования системы механической вентиляции квартиры многоэтажного жилого дома является значение минимальных приведенных затрат, таким образом, вариант с наименьшими приведенными затратами является экономически целесообразным.

Годовые эксплуатационные расходы систем вентиляции для вариантов № 1 и № 2 отличаются затратами на электрическую энергию (ТЭР). Капиталовложения на устройство рассматриваемых систем № 1 и № 2 складываются из следующих составляющих: стоимость оборудования для устройства систем вентиляции, стоимость транспортировки на строительную площадку, стоимость монтажных и регулировочных работ. Выполненные расчеты произведены в ценах января 2023 года. Затраты на оборудование (вариант № 1) для установки центральной приточно-вытяжной системы вентиляции ППВ1 составляют 4476,5 рублей. Затраты на оборудование (вариант № 2) для установки стеновых приточно-вытяжных клапанов «Эко-Свежесть 01 Комфорт» и «Эко-Свежесть 03-И» и осевого бытового вентилятора ВЕНТС 100 М составляют 3561,4 рублей.

Таким образом, затраты на устройство системы приточно-вытяжной вентиляции с установкой стеновых приточно-вытяжных клапанов и бытового вентилятора в ванной на 915,1 руб. меньше по сравнению с центральной приточно-вытяжной установкой ППВ1 и системой воздуховодов с диффузорами. Что касается эксплуатационных затрат на работу систем вентиляции, то установлено расчётами, что система, состоящая из приточно-вытяжных клапанов «ЭКО СВЕЖЕСТЬ», обходится дешевле на 76,8 руб/год.

Выводы. По результатам выполненного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Выявлен ряд недостатков в существующей системе естественной вытяжной вентиляции в многоэтажном жилом здании квартир типа, и в современных условиях [1] она не является энергоэффективной, так как выбрасывает в атмосферу вся тепловая энергия удаляемого воздуха.

2. Рекомендуется использовать при проектировании предложенные два варианта № 1 и № 2 энергоэффективных и комфортных поквартирных приточно-вытяжных механических систем вентиляции многоэтажных жилых зданий с утилизацией теплоты удаляемого из квартиры загрязненного воздуха.

3. Рекомендуется применять для индивидуальных жилых домов, для обеспечения комфортного микроклимата в жилых комнатах [3], предложенные два варианта № 1 и № 2 механических приточно-вытяжных систем вентиляции.

4. По результатам выполненных технических и экономических расчетов видно, что наиболее энергоэффективным и экономически выгодным является предложенный вариант № 2 компоновки систем приточной и вытяжной вентиляции, с учетом требований предъявляемых к микроклимату помещений [2; 3].

5. Имеет преимущество вариант № 1 компоновки системы механической вентиляции с центральной приточно-вытяжной установкой ППВ1, так как организует более равномерный воздухообмен в каждом помещении квартиры и соответственно создаёт высокий уровень комфорта. Однако, первый недостаток предложенной системы вентиляции ППВ1 в том, что она имеет большие капиталовложения и эксплуатационные расходы по сравнению с вариантом № 2, где установлены приточно-вытяжные стеновые клапаны «Эко-Свежесть». Вторым недостатком рекомендуемого варианта № 1 в том, что есть необходимость занимать пространство под потолком в квартире и на балконе для монтажа и эксплуатации установки ППВ1.

Результаты проведенных исследований могут быть полезными для студентов при изучении специальных дисциплин по «Вентиляции» и «Энергосбережению» и других, а также для специалистов, осуществляющих проектирование механических приточных и вытяжных систем вентиляции многоэтажных жилых зданий и индивидуального жилищного строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа "Энергосбережение" на 2021 – 2025 годы. Постановление СМ РБ от 24.02.2021 г. № 103 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь).
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СН 4.02.03-2019. - Введ. 16.12.2019. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2020. – 68 с.
3. Жилые здания: СН 3.02.01-2019. - Введ. 16.12.2019. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2020. – 21 с.
4. Каталог оборудования «SALDA» вентиляционных агрегатов с рекуперацией теплоты Smarty. [Электронный ресурс]. – 2018. – Ресурс доступа : <http://www.salda.by/description/smarty-x-description.pdf>.
5. Каталог приточно-вытяжных установок MMotors JSC с рекуперацией тепла «Эко-Свежесть». [Электронный ресурс]. – 2018. – Ресурс доступа : <https://www.vent-style.ru/goods/ekosvezhest-01-standart>.
6. Яншина, Э. Р. Пути повышения энергоэффективности систем вентиляции / Э. Р. Яншина, А. А. Брацук, Л. А. Иванова // Молодой ученый. - 2016. - № 10 (114). - С. 333-337.

УДК 691.327:621.892

ВИДЫ И ТРЕБОВАНИЯ К СМАЗКАМ ДЛЯ ФОРМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

В.И. ПОЛИВКО, Р.Ю. МОРОЗ, А.А. ЛЮБИНСКАЯ
(Представлено: Л.М. Парфенова)

В статье показано, что получение качественной поверхности без дефектов зависит от состава и механизма действия смазки. Представлен краткий анализ видов и состава смазочных материалов. Отмечается, что при использовании смазок должен учитываться экологический фактор. С точки зрения экологической безопасности перспективным является применение в составе смазочных материалов растительных масел.

В соответствии с ГОСТ 13015.0-83 «Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Общие технические требования» [1] качество поверхностей бетонных конструкций подразделяют на категории от А1 до А7. Размеры раковин, местных наплывов и впадин на бетонной поверхности и околосредовых ребер конструкций не должны превышать значений, указанных в таблице 1.

Таблица 1. – Требования к поверхности бетонных изделий по ГОСТ 13015.0-83

Категория бетонной поверхности конструкции	Диаметр или наибольший размер раковины	Высота местного наплыва (выступа) или глубина впадины	Глубина окола бетона на ребре, измеряемая по поверхности конструкции	Суммарная длина околосредовых ребер бетона на 1 м ребра
A1	Глянцевая (по эталону)		2	20
A2	1	1	5	50
A3	4	2	5	50
A4	10	1	5	50
A5	не регламентируется	3	10	100
A6	15	5	10	100
A7	20	не регламентируется	20	не регламентируется

На лицевых поверхностях конструкций не допускаются жировые и ржавые пятна. Основное назначение бетонных поверхностей конструкции представлено в таблице 2.

Таблица 2. – Основное назначение бетонных поверхностей конструкции

Категория бетонной поверхности	Основное назначение поверхности конструкции
A1	Глянцевая поверхность, не требующая отделочного покрытия на строительной площадке
A2	Поверхность, подготовленная под улучшенную окраску (без шпатлевания на строительной площадке) или высококачественную окраску (с одним слоем шпатлевки на строительной площадке)
A3	Поверхность, подготовленная под декоративную отделку пастообразными составами (без шпатлевания на строительной площадке); под улучшенную или высококачественную окраску; под оклейку обоями
A4	Поверхность, подготовленная под оклейку обоями, линолеумом и другими рулонными материалами; под облицовку плиточными материалами на клею
A5	Поверхность, подготовленная под облицовку плиточными материалами на растворе
A6	Поверхность, подготовленная под простую окраску, а также неотделяемая поверхность, к которой не предъявляют требования по качеству
A7	Поверхность, не видимая в условиях эксплуатации

Требуемое качество поверхности бетонных изделий обеспечивается за счет нанесения смазочных материалов на поверхность форм. Основная цель смазки форм заключается в решении задачи по сведению к минимуму или полному устранению сил сцепления затвердевшего бетона с поверхностью бортов формы [2].

Разделительная смазка должна образовывать на поверхностях формы разделительную плёнку достаточной толщины, которая бы обеспечивала лёгкость раскрытия форм, максимальную чистоту поверхности формы и изделия, была устойчива в течение продолжительного времени к действию внешних факторов, не снижала прочности поверхностного слоя изделия из бетона, повышала оборачиваемость форм (опалубки) [3].

Основными требованиями к смазочным материалам являются обеспечение возможности механизации и автоматизации приготовления и нанесения их на поверхность форм, отсутствие необходимости в очистке поверхности форм от остатков бетона, отсутствие пятен и воздушных пор на поверхностном слое. Смазки должны сохранять свои рабочие свойства в условиях низких температур окружающей среды (на открытых площадках), не вызывать коррозии металлических форм, не содержать летучих, вредных для здоровья человека веществ, быть безопасными в пожарном отношении [4].

Отмечается [5], что среди эксплуатационных свойств смазок важную роль играют вязкость, температуры вспышки и застывания. Вязкость смазки должна варьироваться в интервале 1.4–2.0 мм²/с при 80 °С, и 5.0–10.0 мм²/с при 20 °С. Повышенная вязкость влечет за собой дополнительные затраты на нагрев до необходимой консистенции. Температура вспышки должна быть не ниже 140 °С для обеспечения пожарной безопасности процесса, температура застывания – не выше –10 °С для обеспечения постоянства консистенции при хранении и транспортировании [5].

В зависимости от состава, физико-химических свойств и по технологическим признакам все смазки для форм железобетонных изделий подразделяются на суспензионные, смазки – замедлители схватывания, гидрофобизирующие и комбинированные [6].

В состав смазок входят различные химические соединения, в том числе нефтепродукты и масла (машинное масло, битум, гудрон, жировой гудрон, минеральное масло, ланолин, остатки после нефтеулавливания, соляровое масло, кулисная паровозная смазка, силиконовое масло); эмульсолы (нефтяной и эмульсол кислый синтетический); парафин; канифоль; жирные кислоты (пальмитиновая кислота, кубовые остатки нафтеновых и синтетических жирных кислот, олеиновая кислота); мыла, в том числе хозяйственное и различные продукты нейтрализации жирных кислот; кальцинированная сода; различные твердые материалы (мел, кремниевая горная порода, шлам бетонных мозаичных плит, глины, шлифовальный отход, белый цемент, цементная пыль-унос вращающихся печей); жидкое стекло, а также вода [2; 3; 7; 8; 10].

Обзор современных смазок, обеспечивающих максимальное высокое качество продукции, выполнен Шатовым А.Н. [9]. Автор изучил многочисленные патентные публикации в области смазок и представил основные составляющие типовых смазок. Показано, что смазки включают следующие основные компоненты:

– пленкообразователь – вещество, непосредственно предопределяющее разделительную функцию смазки, способствующую облегчению процесса извлечения изделия из формы. В импортном производстве широкое применение нашли так называемые синтетические смазочные материалы, превосходство которых по сравнению с другими общеизвестными компонентами состоит в низкой испаряемости, вязкостных характеристиках и возможности применения в широких диапазонах температур, а также растительные масла, безопасные в экологическом отношении и выгодные с точки зрения экономичности расхода;

– добавки, или присадки обеспечивают дополнительное действие либо усиление уже имеющегося эффекта. Эти вещества способны препятствовать развитию коррозии металлических поверхностей нанесения, принудительному выталкиванию из контактных зон зашлепленного воздуха при формовке и вибрации, а также, что немаловажно, обеспечивают стабильность готовой смазки в период хранения. Большинство таких полифункциональных смазок содержат в своем составе добавки, которые реагируют с бетоном на химическом уровне, направленно препятствуя образованию связей. Этот эффект значительно облегчает процесс извлечения изделий из форм и препятствует налипанию бетона к поверхностям;

– растворители – вещества, которым приписывается одна из основных ролей в обеспечении универсальности свойств готовой к использованию смазки. С их помощью достигаются необходимые вязкость и время высыхания, которые становится достаточно легко регулировать под конкретную конфигурацию формы и опалубки. Как правило, растворители, применяемые в составе эффективных смазок, представлены углеводородами алифатического строения.

Отмечается [2], что наиболее широко применяются в производстве бетонных и железобетонных изделий эмульсионные смазки. В их состав входят гидрофобные вещества, вода и стабилизаторы. «Механизм» действия заключается в образовании гидрофобной пленки на поверхности форм (бортоснастки), которая способствует снижению сил сцепления с затвердевшим бетоном. В качестве гидрофобного компонента используют, например, эмульсол кислый синтетический (ЭКС; концентрированная эмульсия, состоящие из ~ 35% веретеного масла, ~ 5% высокомолекулярных синтетических кислот и ~ 60% воды) и его аналогов.

Смазки типа эмульсионных следует наносить распылением через распылитель или с помощью вращающегося валика, масляные смазки наносят, как правило, кистью, консистентные – втиранием вручную. Расход эмульсионных смазок – 200-300 г на 1 м² поверхности формы, масляных – 150-200 г/м², консистентных – до 30 г/м². Излишки смазки, скапливающиеся в углублениях на рабочей поверхности поддона, должны быть удалены.

При хранении смазка Эмульсол может расслаиваться, поэтому его надо периодически помешивать. Смазка на основе Эмульсола является водным раствором, поэтому при температуре ниже нуля она замерзает. Эта смазка превосходно смачивает стальные поверхности и удерживается на горизонтальных и вертикальных плоскостях, гарантируется легкость распалубки и чистая поверхность бетонных изделий. При этом смазка не ядовита и не имеет неприятного запаха [10].

В работе [11] отмечается, что практика применения эмульсионных смазок на основе эмульсолов показала, что они также способны образовывать на поверхности бетона темные масляные пятна, а в процессе эксплуатации способны проявляться даже сквозь краску и обои (при переизбытке наносимой смазки, что встречается в реальных условиях производства бетонных и железобетонных изделий). С технологической точки зрения применение таких смазок вызывает различные затруднения: смазку необходимо наносить заранее перед формовкой и выждать до испарения воды из эмульсии; при смешивании в контактном слое цементного молока со смазкой и при дальнейшей тепло-влажностной обработке изделия как следствие происходит разупрочнение поверхностных слоев бетона и образование пылевидного налета на поверхности. Кроме того, смазки могут способствовать коррозии металлических форм (в зависимости от применяемой смазки и тот металла форм).

Смазки - замедлители схватывания в своем составе содержат: воду; гидрофобное вещество (масла); замедлитель; известковое молоко, в соотношении, зависящим от цели и условий использования. Отмечается [2], что применение таких составов в качестве смазки ограничено. Чаще их используют в варианте пропитки пористого картона или войлочных материалов, которые укладываются подстилающим слоем в форму на поддон с целью последующего оголения декоративного заполнителя. В качестве замедлителей используют ЛСТ (лигносульфанаты технические), мылонафт, животный клей (костный), кормовую и сахарную патоки.

Смазки - суспензии (или - дисперсии) представляют собой взвесь тонкодисперсного твердофазного материала в воде. При испарении воды на обрабатываемой поверхности образуется «пленка» в виде тонкого сплошного слоя дисперсного порошка, практически полностью исключая ее сцепление с затвердевшим бетоном. Такие смазки готовят в виде водных суспензий: известковой, меловой, глиняной, шламовой. Для усиления эффекта используют водно-масляные суспензии, которые кроме указанного содержат гидрофобизирующие вещества (например, мылонафт, петролатум и пр.). Данная разновидность смазок может быть применена в производстве изделий с неотделяемыми и невидимыми в процессе эксплуатации поверхностями, либо с их очисткой от остатков смазки и дополнительной обработкой [2].

В приведенном в учебном пособии «Технология производства железобетонных изделий» [2] обзоре смазок, отмечается, что широкую перспективу применения имеют пленкообразующие смазки. Данные смазочные материалы характеризуются тем, что на обрабатываемой поверхности форм (бортоснастки) формируется тонкая полимерная пленка, практически исключая сцепление с затвердевшим бетоном. Ее гляцевая поверхность обеспечивает высокое качество поверхности бетона. Одним из обязательных условий при изготовлении изделий, поверхность которых подлежит последующей отделке, является самораспадение пленки после однократного оборота форм [2].

Сегодня в производстве железобетонных изделий и строительстве зданий используют широкий ассортимент разделительных смазок как отечественного, так и зарубежного производства: Slappolia-A (Castrol, Германия), Primus VNP-90 (Bechem, Нидерланды), ADDINOL F10, MRA (ADDINOL, Германия), СЕМБЕТОН (NOX-crete, США), MOLDOL LW 5833 (TOTAL, Франция), Biotrenn 327 (Германия) и другие.

В работе [12] исследовались отечественные смазки СЗАЖ-II-M и АТ-5Б. Было установлено, что применение отечественной смазки СЗАЖ-II-M приводит к уменьшению пор размером 1 мм на 30%, пор размером 1...2 мм на 45%, пор размером 2...4 мм на 33% по сравнению со смазкой АТ-5Б [12].

Одной из новых смазок на «Новополюцкжелезобетон» является V20 SAWD фирмы ИООО «ДВЧ-Менеджмент» [13]. Отличительной особенностью данной смазки является:

- низкая адгезия к бетону, что обеспечивает хорошее отделение железобетонных конструкций при распалубке форм;
- хорошее качество наружной поверхности форм;
- способствует уменьшению пористости.

При этом в последнее время большое внимание уделяется экологическому аспекту. Применение в составе смазочных материалов таких распространенных реагентов, как отработанные масла, смолистые соединения, характеризующихся высокой канцерогенностью, ограничивается. Нежелательно использование так же водорастворимых добавок, кислот, щелочей, разрушающих оксидную пленку железа и ухудшающих экологические показатели производства.

Еще одним направлением обеспечения экологической безопасности является использование биоразлагаемых материалов. Отмечается [14], что из всех типов масел наиболее высокой степенью биоразлагаемости характеризуются растительные масла, а также сложные синтетические эфиры и полигликоли. Ввиду наличия некоторых отрицательных моментов, включая быструю окисляемость и низкую термостойкость растительных масел, а также высокую стоимость синтетических масел, более рациональным по мнению авторов работы [14] представляется использование в качестве базового масла для экологически безопасных смазочных материалов смеси в определенных пропорциях растительного и минерального масел.

По химическому составу растительные масла представляют собой триглицериды - полные сложные эфиры глицерина и одноосновных карбоновых кислот, как насыщенных (стеариновой, пальмитиновой), так и непредельных (олеиновой, линолевой). В маслах всегда присутствуют свободные кислоты (а иногда и спирты), мыла, фосфатиды, витамины, красящие и слизистые вещества [14].

Специфический состав таких продуктов обуславливает их уникальные свойства как смазочных материалов. Входящие в состав растительных масел жирные кислоты действуют как поверхностно-активные вещества (ПАВ), их сложные эфиры образуют смазочную пленку на поверхности трения, жирные спирты выступают в роли своеобразных растворителей [15].

Во многих случаях важнейшим аспектом, делающим растительные масла привлекательными в качестве компонента смазочного материала, является высокое содержание в них олеиновой кислоты. Рапсовое товарное масло «Канола» содержит 60% олеиновой кислоты.

Исследования физико-механических свойств растительных и нефтяных масел, проведенные в работе [16], показали, что исследованные растительные масла (хлопковое, подсолнечное, рапсовое, оливковое, соевое, пальмовое, касторовое, миндальное, ореховое, виноградное), за исключением касторового, очень близки по вязкости, которая находится в пределах 7,21...8,62 мм²/с при 100 °С. Их индекс вязкости и температура вспышки находятся в пределах соответственно 151...172 и 224...320 °С. Эти масла по отдельным физико-химическим характеристикам соответствуют нефтяным, а по индексу вязкости и температурам вспышки и застывания, за исключением пальмового, значительно превосходят их. Кислотное число растительных масел высокое. Исследования показали, что растительные масла хорошо совмещаются между собой и с нефтяными маслами. Смешивая высоковязкое касторовое масло с другими маслами, можно получать продукты различной вязкости. Так, смешением в разных соотношениях хлопкового и касторового масел получены растительные масла вязкостью 8, 10, 12, 14, 16 и 18 мм²/с при 100 °С. По смазочным свойствам растительные масла превосходят нефтяные.

Заключение. Получение качественной поверхности без дефектов зависит от состава и механизма действия смазки. Использование некачественных смазок может привести к нежелательному окрашиванию бетона, удержанию воздушных пузырьков и прочим негативным последствиям. С точки зрения технологических требований важно, чтобы смазка в большей степени смачивала материал формы, а в меньшей – поверхность бетона. Возобновляемость сырьевых ресурсов, экологическая безопасность, высокие смазывающие свойства обуславливают интерес к растительным маслам в качестве основ и компонентов смазочных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 13015.0-83 Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Общие технические требования. – Введ. 01.01.84. – М.: Госкомитет СССР, 1983. – 11 с.
2. Батяновский Э.И. Технология бетонных и железобетонных изделий // Учебное пособие. – Мн.: Высшая школа, 2017. – 305 с.
3. Галиакбаров А. Р., Рахимов М. Н., Баулин О. А. Разработка разделительной смазки для форм бетонных изделий // Башкирский химический журнал. – 2010. – Том 17. – № 2. – С. 73 – 76.
4. Галиакбаров А.Р. Разработка разделительных смазок для форм бетонных изделий: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.17.07 / А.Р. Галиакбаров; Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Уфа, 2011. – 1-24 с.
5. Эффективные смазки для форм в производстве сборного железобетона [Текст] / О. И. Довжик, В. Б. Ратинов; Всеобщ. науч.-исслед. ин-т заводской технологии сборных железобетонных конструкций и изделий "ВНИИЖелезобетон". – Москва: Стройиздат, 1966. – 139 с.
6. Юхневский П. И. Смазки для форм: анализ свойств в связи со структурой компонентов / П. И. Юхневский, Н. П. Дмитриади // Инновации в бетоноведении, строительном производстве и подготовке инженерных кадров: сборник статей по материалам Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения И.Н. Ахвердова и С.С. Атаева, Минск, 9–10 июня 2016 г.: в 2 ч. / Белорусский национальный технический университет; редкол.: Э. И. Батяновский, В. В. Бабицкий. – Минск, 2016. – Ч. 1. – С. 253-258.
7. Юхневский П.И. О синергетическом влиянии смазки и химических добавок на получение качественной поверхности бетонных изделий / П. И. Юхневский, Н. П. Дмитриади // Наука и техника.
8. Марковский М.Ф. Разделительные смазки для изготовления бетонных и железобетонных изделий и конструкций /М.Ф. Марковский, Н.В. Вориводская, Л.И. Ивашко и др. // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров. Сб.научн. статей.–Гродно, 2010. – С. 333-336.
9. Шатов А.В. Смазки для форм и опалубки: правильный выбор для повышения конкурентоспособности в строительстве // Технологии бетонов. – 2013. – № 9. – С. 12 – 18.
10. Лосева М. В. Интенсификация процесса приготовления технологической жидкости : диссертация ... кандидата технических наук : 05.02.13. – Иваново, 2005 – 122 с.
11. Юхневский П.И. Влияние химической природы добавок на свойства бетонов / П.И. Юхневский. – Минск: БНТУ, 2013. – 310 с.
12. Разуева Е. А., Бозылев В. В., Парфёнова Л. М. К вопросу получения беспоровой поверхности плитных конструкций, изготовленных по кассетной технологии // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2016. – 8. – С.47-52. <https://journals.psu.by/constructions/article/view/1377>
13. Смазка разделительная универсальная V20 - MDD - Группа компаний «MDD» (mdd-bel.com). – Режим доступа: <https://mdd-bel.com/products/razdelitelnye-smazki/smazka-razdelitelnaya-universalnaya-v10-2>. – Дата доступа: 20.01.2024.
14. Жорник А.В., Ивахник А.В., Запольский А.В. Экологически безопасные смазочные материалы на основе смеси растительного и минерального масел // Вестник Витебского государственного технологического университета, 2022. – №1 (42). – с. 99 – 114.
15. Фукс, И.Г. Растительные и животные жиры - сырье для приготовления товарных смазочных материалов / И.Г. Фукс [и др.] // ХТТМ. – 1992. – № 4. – С. 34–39.
16. Стрельцов В.В., Стребков С.В. Тенденции использования биологических смазочных материалов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – № 2. – 2009. – С.66-69.

УДК 691.327:621.892

**ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК И ПРОМЫШЛЕННЫХ СМАЗОК
НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ПЛИТ БЕЗОПАЛУБОЧНОГО ФОРМОВАНИЯ****В.И. ПОЛИВКО, Р.Ю. МОРОЗ, А.А. ЛЮБИНСКАЯ***(Представлено: Л.М. Парфенова)*

В статье представлены результаты исследований качества поверхности плит пустотного настила безопалубочного формования. Показано, что на качество поверхности влияет комбинация «пластифицирующая добавка - смазка». Установлено, что получение категории А2 бетонной поверхности плит безопалубочного формования обеспечивает применение добавки Master Cast 765 и обработка металлической поверхности стенда разделительной смазкой V20 SAWD.

Введение. В Республике Беларусь технология безопалубочного формования «Мах Roth» впервые была внедрена в 80-х годах прошлого века в Минской области. Так же схожие технологии и их модернизации, внедрили в Минске на ОАО «Минскстройконструкция», Барановичах, в Ивацевичах на ОАО «Ивацевичский завод ЖБИ», в Молодечне на ОАО «Завод железобетонных конструкций», Гомеле на ОАО «Гомельжелезобетон», в Новополоцке на ПРУП «Новополоцкжелезобетон», в филиале «Завод сборного железобетона №3 г.Витебска» ОАО «Кричевцементношифер» [1].

В Республике Беларусь, как и Российской Федерации, наибольшее распространение получила технология безопалубочного формования плит пустотного настила методами экструзии и виброформования на технологических линиях производства «Weiler Italia» и "Тенсиланд" [2].

В 2007 году ОАО «Завод железобетонных конструкций» в г. Молодечно ввел в эксплуатацию итальянскую линию безопалубочного формования производства «Weiler Italia» с пустотообразователями и вибрацией. Длина сплошного настила полотна плиты 85 м. Скорость формовочной машины от 1 до 3 м/мин, обеспечивает суточную производительность до 45 м³, линию обслуживает 8-10 чел. В ОАО «Гомельжелезобетон» технологическая линия «Weiler Italia» была установлена в 2008 году. Реализация этого проекта позволила предприятию увеличить выпуск плит пустотного настила на 5% сократить потребление энергоресурсов. В филиале «Завод сборного железобетона №3 г.Витебска» ОАО «Кричевцементношифер» выпуск железобетонных многопустотных плит перекрытия по технологии безопалубочного формования на линии «Weiler Italia» начался в 2021 году [1].

В филиале «Новополоцкжелезобетон» ОАО «Кричевцементношифер» организован выпуск конструкций методом безопалубочного формования на технологической линии "Тенсиланд", в состав которой входят: машины для чистки дорожек, машина для раскладки проволоки, формующая машина, машина для резки, технологический ухват для сбора и вывоза готовой продукции [3]. По технологии безопалубочного формования в филиале «Новополоцкжелезобетон» ОАО «Кричевцементношифер» изготавливаются плиты железобетонные многопустотные предварительно напряженные безопалубочного формования для перекрытий и покрытий жилых, общественных и производственных зданий высотой 220 мм и шириной 1200 мм по серии рабочих чертежей Б1.041.1-5.10 в.1 согласно требованиям СТБ 1383-2003.

Бетонные смеси для плит безопалубочного формования содержат в своем составе пластифицирующие добавки: суперпластификаторы или гиперпластификаторы (добавки на поликарбоксилатной основе), которые оказывают разное влияние на гидрофильность бетонной смеси, на величину поверхностной пористости, и, как следствие, на качество поверхности изделий.

Практический опыт использования химических добавок на филиале «Новополоцкжелезобетон» ОАО «Кричевцементношифер» и экспериментальные исследования, представленные в работе [4], показали, что за счет правильного подбора дозировки добавки можно повысить не только физико-механические характеристики бетона, но и повысить качество поверхности изделий. Установлено [4], что увеличение процента ввода добавки Полипласт СП-1 с 1 % до 1,2 % от массы цемента приводит к уменьшению количества раковин размером 1 мм, соответственно с 3,2% до 12,9% по сравнению с поверхностью бетона базового состава. При использовании добавки Стахемент-2000МЖ30, с увеличением процента ввода с 0,3% до 0,5% от массы цемента, количество раковин размером 1 мм уменьшилось соответственно с 35,5% до 48,4% по сравнению с поверхностью бетона базового состава.

П.И. Юхневским [5] установлен разный механизм действия добавок на гидрофильность бетонной смеси: если при адсорбции суперпластификаторов не изменяется гидрофильность бетонной смеси, то за счет адсорбции гиперпластификаторов и упорядоченной ориентации углеводородных частей молекулы гидрофильность поверхностного слоя бетонной смеси снижается. Также отмечается, что адсорбированные молекулы химдобавок препятствуют взаимодействию частиц цементного теста с поверхностью формы [5].

Также в работе П.И. Юхневского и Н.П. Димитриади [6], показано, что молекулы добавок поликарбоксилатов могут диффундировать из диффузного слоя бетонной смеси и заполнять капилляры в смазочной пленке, тем самым снижать ее вязкость, и по сути, играть роль присадок, регулирующих процесс растекания смазки и облегчающих удаление пузырьков воздуха в поверхностном слое.

Таким образом, взаимодействие смазочных материалов с химическими добавками в бетонной смеси повышает требования к смазкам и делает процесс подбора смазочных материалов одним из опытно-экспериментальных этапов при реализации технологии безопалубочного формования.

Целью данной работы является исследование синергетического эффекта пластифицирующих добавок, используемых в составе бетонных смесей, и смазочных материалов, на качество поверхности плит пустотного настила безопалубочного формования.

Характеристика материалов и методы исследований. Для изготовления бетонных смесей использовался портландцемент марки ЦЕМ I 42,5Н производства ОАО «Кричевцементошифер» по ГОСТ 31108-2020. Нормальная густота цементного теста 26,25%, сроки схватывания: начало 3 ч 10 мин, окончание 4 ч 50 мин, активность 51,3 МПа.

В качестве крупного заполнителя использовался щебень фракции 5-20 и фракции 5-10 производства РУПП «Гранит» по ГОСТ 8267-93. Физико-механические свойства щебня определялись по ГОСТ 8269.0-97: насыпная плотность 1410 кг/м³, плотность зёрен 2700 кг/м³, содержание пылеватых и глинистых частиц 0,97%, содержание пластинчатых и игольчатых зерен 12,9%, водопоглощение 0,45%, дробимость 7,5%, влажность 0,02%.

В качестве мелкого заполнителя использовался песок карьера «Боровое» по ГОСТ 8736-2014. Физико-механические характеристики определялись по ГОСТ 8735-88: насыпная плотность 1555 кг/м³, плотность зерен 2350 кг/м³, содержание пылеватых и глинистых частиц 2,12%, пустотность 33,45%, влажность 5,1%. Песок относится к группе средних, класс II, модуль крупности $M_{кр} = 2,23$.

Для затворения бетонных смесей использовалась вода по СТБ 1114-98.

В качестве пластифицирующих добавок применялись: химическая добавка Master Cast 765 производства ЗАО «Эмаком» г.Минск и химическая добавка Полипласт БФ производства ООО «ПолипластХИМ».

В качестве разделительных смазывающих средств использовались смазки АТ-5-Б фирмы ЧПТУП «Авилана-техно» по ТУ ВУ 690456792.002-2017 и V20 SAWD фирмы ИООО «ДВЧ-Менеджмент» по ТУ ВУ 690656219.001-2013. Характеристики смазок АТ-5-Б и V20 SAWD приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Характеристика смазочных материалов АТ-5-Б и V20 SAWD

№ пп	Наименование параметра	Нормативное значение смазки	Фактическое значение смазки АТ-5-Б	Фактическое значение смазки V20 SAWD
1	Внешний вид	Однородная жидкость от светло до темно коричневого цвета	Соответствует	Однородная маслянистая жидкость от светло коричневого до коричневого цвета
2	Вязкость условная по ВЗ-4 при 20 °С	10-20	12,6	13,46
3	Температура застывания °С, не выше	Минус 20	Минус 20	Минус 30
4	Концентрация водородных ионов рН	5-9	6,6	8,8
5	Массовая доля воды, % не более	0,01	Соответствует	0,01

Подвижность бетонной смеси по осадке конуса определялась по ГОСТ 10181-2014, плотность бетона - по ГОСТ 12730.1-2020, прочность бетона на сжатие - по ГОСТ 10180-2012. Прочность бетона на сжатие определялась путем испытания 4 образцов-кубов с ребром 100 мм. Оценка качества бетонной поверхности выполнялась по количеству раковин различного диаметра по ГОСТ 13015.0-83.

Экспериментальная часть. Для проведения исследований принят состав бетонной смеси, который используется для изготовления плит пустотного настила безопалубочного формования на технологической линии «Тенсиланд» на филиале «Новополоцкжелезобетон» ОАО «Кричевцементошифер». Для обеспечения требуемых показателей удобоукладываемости по осадке конуса 1-3 см в состав бетонных смесей вводились добавки Полипласт БФ, в количестве 0,2% от массы цемента, и Master Cast 765, в количестве 0,2% от массы цемента. Характеристика модифицированных бетонных смесей и бетона представлена в таблице 2.

Таблица 2. – Характеристика модифицированных бетонных смесей и бетона

Номер состава	Пластифицирующая добавка, % от массы цемента		В/Ц	Проектный класс бетона	Плотность фактическая, кг/м ³	Подвижность		Прочность на сжатие, Рсж, МПа, после ТВО	
	Полипласт БФ	Master Cast 765				ОК, см	Марка	24 часа	28 суток
1	0,2	-	0,36	C25/30	2515	3	П1	26,7	39,4
2	-	0,2	0,36	C25/30	2489	2	П1	27,1	39,6

Из представленных в таблице 2 составов бетонных смесей выполнялось изготовление плит пустотного настила безопалубочного формования. Технологический процесс по производству плит начинался с очистки формовочных дорожек и нанесения на одну дорожку разделяющей смазки АТ-5-Б, а на вторую дорожку разделяющей смазки V20 SAWD. Смазки наносились равномерным слоем при помощи опрыскивателя (распылителя) Gloria ранцевого типа, оснащенный латунным насосом, резервуаром из нержавеющей стали.

Внешний вид поверхности плит в зависимости от вида смазки представлен на рисунках 1 - 2.



а)



б)

а) Полипласт БФ; б) Master Cast 765

Рисунок 1. – Поверхность плиты пустотного настила, при применении смазки АТ-5-Б, изготовленных из бетона, модифицированного добавкой



а)



б)

а) Полипласт БФ; б) Master Cast 765

Рисунок 2. – Поверхность плиты пустотного настила, при применении смазки V20 SAWD, изготовленных из бетона, модифицированного добавкой

Результаты определения количества пор на поверхности плит пустотного настила безопалубочного формования приведены в таблице 3.

Таблица 3. – Влияния смазки на качество поверхности модифицированного бетона

№ состава	Пластификатор	Смазка	Количество раковин, шт			
			1 мм	1-2 мм	2-4 мм	4-6 мм
1	Полипласт БФ	АТ-5-Б	23	8	5	-
2	Master Cast 765	АТ-5-Б	17	4	2	-
1	Полипласт БФ	V20 SAWD	15	6	2	-
2	Master Cast 765	V20 SAWD	10	3	-	-

Анализ полученных результатов показал, что применение в бетонной смеси пластифицирующей добавки Полипласт БФ и обработка металлической поверхности смазкой V20 SAWD в комплексе приводит к уменьшению пор размером 1 мм на 35%, пор размером 2-4 на 25% по сравнению с применением пластифицирующей добавки Полипласт БФ и обработки металлической поверхности смазкой АТ-5-Б.

Также следует отметить, что применение в составе бетона пластифицирующей добавки Master Cast 765 и обработка металлической поверхности смазкой V20 SAWD в комплексе приводит к уменьшению пор размером 1 мм на 41%, пор размером 1-2 мм на 25%, поры размером 2-4 отсутствуют по сравнению с технологической комбинацией: пластифицирующая добавка Master Cast 765 и обработка металлической поверхности смазкой АТ-5-Б.

Заключение. Технология безопалубочного формования позволяет выпускать широкую номенклатуру железобетонных изделий. Одним из наиболее востребованных видов изделий, выполняемых по технологии безопалубочного формования, являются плиты пустотного настила. Точность изготовления, качество поверхностей и внешний вид плиты пустотного настила безопалубочного формования должен соответствовать ГОСТ 13015-0.83 и не должен превышать предельных, установленных стандартами или техническими условиями на конструкции конкретных видов. По технологии безопалубочного формования основной объем бетонных смесей укладывается с применением пластифицирующих добавок. Величина поверхностной пористости бетонных изделий зависит от их химического состава и механизма пластификации смеси.

Наименьшее количество пор на поверхности бетона, соответствующее категории А2 по ГОСТ 13015.0-83, обеспечивает применение состава бетона с пластифицирующей добавкой Master Cast 765, в количестве 0,2% от массы цемента, и обработка металлической поверхности стнда разделительной смазкой V20 SAWD. При обработке металлической поверхности стнда разделительной смазкой V20 SAWD не образуются поры размером 2-4 см, а количество пор размером 1-2 мм сокращается на 30% по сравнению с разделительной смазкой АТ-5-Б.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булавко Д.М., Иванцова Е.И. Безопалубочное формование ЖБК и его развитие в Республике Беларусь // Сборник материалов 73-й студенческой научно-технической конференции «Современные методы расчетов и обследований железобетонных и каменных конструкций», 23 мая 2017 г. – БНТУ, 2017. – С. 11-18.
2. Вагнер Е.С., Супруненко Е.Ю. Безопалубочное формование как перспективная технология производства ЖБИ // Достижения Вузовской Науки. – 2007. – С.108-113.
3. Шляхтина Т.Ф. Технологические особенности изготовления железобетонных конструкций для жилищного и гражданского строительства: учеб. пособие. – Братск: БрГУ, 2010. – 129 с.
4. Разува Е. А., Бозылев В. В., Парфёнова Л. М. К вопросу получения беспоровой поверхности плитных конструкций, изготовленных по кассетной технологии // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2016. – 8. – С.47-52. <https://journals.psu.by/constructions/article/view/1377>
5. Юхневский П.И. Влияние химической природы добавок на свойства бетонов / П.И. Юхневский. – Минск: БНТУ, 2013. – 310 с.
6. Юхневский П. И. Смазки для форм: анализ свойств в связи со структурой компонентов / П. И. Юхневский, Н. П. Дмитриади // Инновации в бетоноведении, строительном производстве и подготовке инженерных кадров: сборник статей по материалам Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения И.Н. Ахвердова и С.С. Атаева, Минск, 9–10 июня 2016 г.: в 2 ч. / Белорусский национальный технический университет; редкол.: Э. И. Батяновский, В. В. Бабицкий. – Минск, 2016. – Ч. 1. – С. 253-258.

УДК 72.012.6,721.052

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОМФОРТНОЙ ВХОДНОЙ ГРУППЫ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ

С.А. ПОПРАВКО, Э.Э.К. РЗАЕВА
(Представлено: Е.Г. Кремнева, Е.Ю. Орловская)

В данной статье рассматриваются основные аспекты, влияющие на формирование входных групп в многоквартирных жилых домах, построенных на территории стран с умеренно-континентальным климатом, таких, как Россия, Польша, Германия и Норвегия.

Ключевые слова: входная группа, многоквартирный дом, безопасность, функциональность, эстетическая привлекательность, культурные традиции.

Входная группа в многоквартирном доме — это его визитная карточка, первое, что видят жильцы и гости. В разных странах подходы к формированию комфортных входных групп могут существенно различаться, поэтому архитектор должен учитывать множество факторов.

Цель исследования: выявить основные аспекты формирования комфортной входной группы.

Задача исследования: изучить и выявить критерии, по которым человек определяет комфортность входной группы.

Актуальность исследования: повышение уровня комфорта проживания в доме.

В рамках данного исследования было выявлено, что наиболее важными аспектами при проектировании входных групп являются **1) климат; 2) потребность жильцов в безопасности и функциональности; 3) эстетическая привлекательность входной группы, культурные традиции страны** и т. д., ведь все это играет важную роль в создании общего впечатления о доме.

Был проведен анализ, как данные аспекты проявляют себя и влияют на создание входных групп в Германии, Польше, России и Норвегии.

Климат. Страны, которые рассматриваются в данной статье располагаются на территории с умеренно-континентальным климатом. Он характеризуется значительными годовыми колебаниями температуры, с относительно холодной зимой и тёплым летом. Такой климат оказывает влияние на формирование входных групп, определяя требования к их конструкции, материалам и функциональности: **1) теплоизоляция, 2) герметичность и 3) устойчивость к перепаду температур.**

Входные группы должны обеспечивать сохранение тепла внутри помещения, предотвращая его потерю через входные двери. Это достигается за счёт использования теплоизолирующих материалов, таких как минеральная вата, пенопласт или пенополиуретан. Важно обеспечить герметичность входных групп, чтобы предотвратить проникновение холодного воздуха извне. Это достигается за счёт использования уплотнителей и качественных замков. Материалы, используемые для изготовления входных групп, должны быть устойчивы к перепадам температур, чтобы предотвратить деформацию и разрушение конструкции. Например, в Германии используют стекло, металл и дерево. Стелянные входные группы обеспечивают естественное освещение и хороший обзор, а металлические и деревянные элементы придают фасаду эстетичный вид (рисунок 1, а). В Польше любят использовать металл и стекло с теплоизоляцией. Металлические входные группы обеспечивают прочность и долговечность, а стекло с теплоизоляцией сохраняет тепло внутри помещения (рисунок 1, б). В России используют материалы, устойчивых к перепадам температур и влажности, таких как металл, стекло и бетон. Металлические входные группы обеспечивают прочность и долговечность, а стекло и бетон придают фасаду современный вид (рисунок 1, в), а в Норвегии умеренно-континентальный климат суровый, с холодной зимой и прохладным летом. Это требует использования материалов, устойчивых к низким температурам и ветру, таких как металл, стекло и пластик. Металлические входные группы также обеспечивают прочность и долговечность (рисунок 1, г).

В ходе влияния климата появились тамбуры. Они могут быть полезны для обеспечения комфортного пребывания в помещении и снижения затрат на отопление. Тамбур выполняет роль буфера, предотвращая проникновение холодного воздуха извне в основную жилую зону. Это позволяет сохранять тепло внутри помещения и не тратить дополнительные ресурсы на обогрев.

Таким образом, климат оказывает значительное влияние на формирование входных групп, их проектирования, строительства, на выбор материалов, которые отвечают требованиям к прочности, теплоизоляции, герметичности.

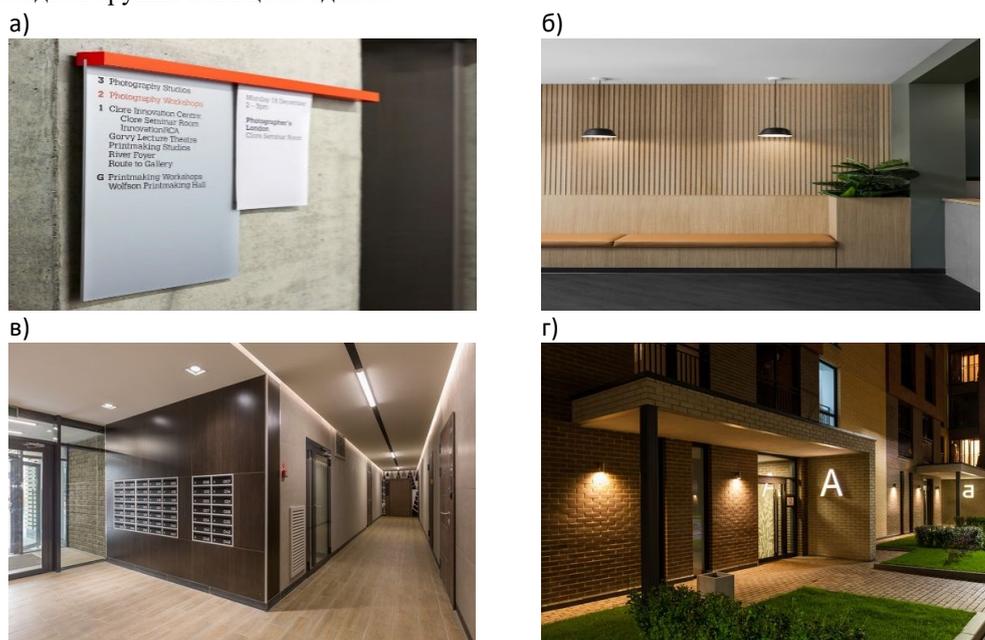


а) входная группа в г. Кельн, Германия, б) входная группа в г. Познань, Польша, в) входная группа в г. Санкт-Петербург, Россия, г) входная группа в г. Осло, Норвегия
Рисунок 1. – Входные группы, с отличительными элементами в соответствии с климатом

Безопасность и функциональность Входная группа является важным элементом любого здания или сооружения, поэтому её безопасность и функциональность играют ключевую роль в формировании общего впечатления и удовлетворенности пользователей.

Можно выделить 4 основных направления формирования безопасной среды: 1) *освещение*; 2) *безбарьерная среда*; 3) *надежность конструкции*; 4) *просматриваемость*.

Входная группа должна быть удобной в использовании. Это включает в себя правильное размещение дверей, поручней, кнопок вызова и других элементов, которые обеспечат доступ к ней. Входная группа должна быть оснащена необходимыми элементами для посетителей, такими как информационные стенды (рисунок 2, а), места ожидания (рисунок 2, б) и т. д. Это обеспечит для них удобство и комфорт пребывания. Также она должна быть оснащена необходимыми элементами для жильцов, такими как почтовые ящики, места для хранения вещей (рисунок 2, в) и т. д. Это обеспечит удобство и комфорт при использовании входной группы жильцами здания.



а) информационная доска в г. Шие, Норвегия, б) зона ожидания в г. Варшаве, Польша, в) организация почтовых ящиков в г. Дрездене, Германия, г) настенные светильники в г. Москве, Россия
Рисунок 2. – Элементы входных групп, необходимые для безопасности и функциональности

Освещение входной группы может быть выполнено с использованием различных типов светильников, таких как фонари, прожекторы, бра (рисунок 2, г) и др.. Это придаёт зданию яркость и привлекательность в тёмное время суток.

При анализе было выявлено, что во всех странах уделяется большое внимание доступности входных групп для людей с ограниченными возможностями и действуют законы и нормативы, которые обязывают застройщиков и владельцев зданий обеспечивать доступность входных групп. Это включает в себя установку пандусов, лифтов, подъёмников и других специальных устройств, а также тактильных указателей и информационных систем (рисунок 3). Но при этом можно встретить входные группы, которые были построены довольно давно без элементов, которые обеспечивают удобство.



а) г. Берлин, Германия, б) г. Варшава, Польша, в) г. Москва, Россия и г) г. Осло, Норвегия

Рисунок 3. – Общая организация входных групп

При этом есть отличия: в странах СНГ в современных многоквартирных домах при проектировке входной группы, обращают внимание и наличие места хранения, где люди могут оставить велосипеды, коляски и т. д. Такие элементы встречаются и за рубежом, но за счет низкого уровня уличной преступности, в Германии и Норвегии места для хранения можно встретить перед или возле входа, так же, как и почтовые ящики. Также к отличиям можно отнести наличие места ожидания. В России вы практически нигде в обычном многоквартирном доме не увидите места для ожидания или скамьи, где можно присесть, а вот снаружи – да. Отличия в системах безопасности вокруг и в входных группах для жильцов в разных странах могут быть связаны с различными факторами, такими как финансирование, организация охраны, законодательство и др.

Эстетическая привлекательность и культурные традиции. Входные группы зданий — это не только функциональный элемент архитектуры, но и важный аспект эстетической привлекательности городского пространства. Они могут быть выполнены в различных стилях и материалах, отражая культурные традиции и вкусы определенной нации.

Например, в Германии входные группы обычно проектируются в строгом и сдержанном стиле. Это отражает немецкую традицию порядка, аккуратности и функциональности. В Польше они могут быть более яркими и украшенными, их создают в национальном стиле, с использованием традиционных польских элементов декора, таких как деревянные резные элементы, орнаменты и национальные символы. Это отражает польскую культуру и её богатое наследие. В России входные группы могут быть выполнены по-разному, в зависимости от архитектурного стиля здания: в классическом стиле, с колоннами, портиками и другими элементами классической архитектуры, но также могут быть выполнены в современном стиле. Входные группы в Норвегии обычно выполнены в скандинавском стиле, который характеризуется простотой, функциональностью и использованием натуральных материалов, что отражает норвежскую культуру, которая ценит простоту и близость к природе.

Эстетическая привлекательность играет важную роль в оформлении входной группы, так как она создаёт первое впечатление о жилом здании. Привлекательный внешний вид входной группы может повысить интерес потенциальных жильцов и создать положительное впечатление о многоквартирном доме. Эстетически привлекательная входная группа может включать в себя такие элементы, как красивый дизайн, гармоничное сочетание цветов, использование качественных материалов, продуманная композиция и баланс форм. Всё это может сделать входную группу более запоминающейся и привлекательной для посетителей.

Декоративные приёмы, которые используют при оформлении входной группы: 1) материалы и текстуры; 2) скульптуры и фигуры; 3) декоративные элементы; 4) цвет и контраст; 5) орнаменты и узоры и б) эксперименты с формами и линиями.

Для отделки фасада могут использоваться разнообразные материалы, такие как натуральный камень, кирпич, клинкерная плитка, керамогранит, панели из металла или пластика. Эти материалы придают зданию прочность и долговечность (рисунок 4, а). Витражи и цветные стёкла в окнах и дверях придают зданию яркость и оригинальность. Они могут быть выполнены в различных цветах и формах, что создаёт неповторимый облик входной группы (рисунок 4, б),

а)



б)



в)



г)



д)



е)



а) отделка фасада (Норвегия), б) Декоративные элементы из металла (г. Москва Россия и г. Познань, Польша, соответственно), в) витражи (г. Мюнхен, Германия и г. Варшава, Польша, соответственно), г) ограждения перила (Россия), д) декор за счет карнизов, арок и водостоков (г. Дрезден, Германия и г. Санкт-Петербург, Россия, соответственно), е) мозаика и орнаменты (г. Осло, Норвегия и Польша, соответственно)

Рисунок 4. – Декоративные приёмы оформления входной группы

Кованные решётки, перила, козырьки и другие декоративные элементы из металла придают зданию изысканность и элегантность (рисунок 4, в). Они могут быть выполнены в различных стилях и формах, что позволяет подобрать подходящий вариант для любого архитектурного решения. Балюстрады, ограждения и перила из металла, дерева или стекла могут использоваться для обеспечения безопасности и украшения входной группы (рисунок 4, г). Они могут иметь различные формы и дизайн, что позволяет выбрать подходящий вариант для любого стиля здания, но несмотря на это, продолжают являться элементами, обеспечивающими безбарьерную среду.

Декоративные элементы, такие как колонны, арки, карнизы, пилястры, водостоки и другие, могут использоваться для украшения входной группы (рисунок 4, д), они придают зданию торжественность и изысканность, а также создают неповторимый облик.

Мозаичные панно и орнаменты могут использоваться для украшения фасадов зданий. Они придают зданию яркость и оригинальность, а также создают неповторимый облик (рисунок 4, е).

Таким образом, эстетическая привлекательность является важным аспектом оформления входной группы, но стоит учитывать, что эстетическая привлекательность не должна идти в ущерб функциональности и практичности входной группы. Она должна быть удобной и безопасной для посетителей, обеспечивать комфортное перемещение и доступ в здание.

В заключении анализа можно сделать вывод, что формирование входной группы — это сложный процесс, который требует учёта множества факторов, таких как климат, культурные традиции, эстетика, безопасность и функциональность здания — все эти факторы влияют на то, как будет выглядеть входная группа и какое впечатление она будет производить на посетителей. Данное исследование позволяет архитекторам и дизайнерам обогатить свой опыт, повысить квалификацию и создавать уникальные и функциональные проекты, соответствующие международным стандартам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарант.Ру. Информационно-правовой портал – Глава 11. Входная группа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/72241320/6f6a564ac5dc1fa713a32> (Дата обращения: 06.10.2024);
2. Эхо-76 – Ярославские подъезды оденут в европейские наряды: как они будут выглядеть после реконструкции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://echo76.ru/news/18/05/1115.html> (Дата обращения: 06.10.2024);
3. Входная группа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pinterest.com/pin/409405422382551088/> (Дата обращения: 06.10.2024);
4. Pinterest – Recessedceilingluminaires BEGA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pinterest.com/pin/799459371329788861/> (Дата обращения: 06.10.2024);
5. Pinterest – Входная группа в Германии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.pinterest.com/pin/25403185389329441/> (Дата обращения: 08.10.2024);
6. Pinterest – Входная группа в Польше [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://au.pinterest.com/pin/775885842042473055/> (Дата обращения: 08.10.2024);
7. ApexEnergy – Придомовое освещение как комплексная услуга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://apex-energy.ru/decisions/naruzhnoe-osveschenie/osveschenie-pridomovoe/> (Дата обращения: 08.10.2024);
8. ПРОБытовки – Ремонт крыльца в многоквартирном доме [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://betonpogreb.ru/remont-krylca-mnogokvartirnogo-doma/> (Дата обращения: 10.10.2024);
9. Кованый двор – Кованые перила Арт.КХК-39[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kovkadvor.ru/kovanye-perila/kovanye-perila-art-kkhk-39> (Дата обращения: 10.10.2024);
10. Министерство архитектуры и строительства. Строительные нормы: СН 3.02.01-2019. Жилые здания. 2023. – 26 с.
11. Pinterest –Фасад «Поющего дома» в Германии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.pinterest.com/pin/723883340087638959/> (Дата обращения: 11.10.2024);
12. Pinterest – F-SIDE BUILDING - фасадные технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://in.pinterest.com/pin/308989224419809133/> (Дата обращения: 11.10.2024);
13. Pinterest – Входная группа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pl.pinterest.com/pin/775885842040376926/> (Дата обращения: 11.10.2024);
14. Pinterest – Входная группа с мозаикой в Польше [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pl.pinterest.com/pin/353391902026005623/> (Дата обращения: 11.10.2024);
15. Pinterest – Gulsparven - Brunnberg&ForshedArkitektkontor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.pinterest.com/pin/411164640990640433/> (Дата обращения: 11.10.2024);
16. Pinterest – Входная группа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.pinterest.com/pin/105482816260131691/> (Дата обращения: 11.10.2024);

УДК 72.012

АРХИТЕКТУРНО-КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПРИЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВХОДНЫХ ГРУПП В МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ

С.А. ПОПРАВКО, Э.Э.К. РЗАЕВА
(Представлено: Е.Г. Кремнева, Е.Ю. Орловская)

В данной статье рассматриваются ключевые аспекты проектирования эстетически привлекательных входных групп в многоквартирных жилых домах, включая архитектурную конструкцию тамбура, козырька, лестницы и пандуса, а также освещение и материалы.

Ключевые слова: входная группа, художественные решения элементов, тамбур, козырек, лестница, пандус, двери, элементы освещения, материал.

При формировании композиции фасада многоквартирного жилого дома важная роль отводится решению его входной группы. Это обусловлено тем фактором, что грамотное композиционное решение способствует лучшей ориентации человека в пространстве, формирует эстетически привлекательный вид фасада. Кроме этого, входная группа выполняет ряд утилитарных функций, таких как обеспечение безопасности жителей и препятствие проникновению холодного воздуха, дыма и запахов.

В общем виде, входная группа многоквартирного жилого дома представляет собой комплекс помещений, через которые осуществляется вход в здание и доступ к элементам вертикальной и горизонтальной коммуникации, а также к квартирам и пространствам коллективного пользования.

Для формирования внешнего эстетически привлекательного вида входной группы важно учитывать решение элементов, из которых она формируется, таких как архитектурные конструкция тамбура и козырька, дизайн дверей, элементов освещения, форма лестницы и пандуса. Решение данных элементов может быть разнообразным и зависит от многих факторов.

В рамках данной статьи ставится цель выявить многообразие художественных решений элементов, из которых формируется входная группа и которые способны улучшить эстетическую привлекательность её внешнего вида. Для этого проанализированы и систематизированы входные группы, построенные в отечественной и зарубежной практике. В ходе исследования был сделан упор на выразительность художественных элементов и материалов.

1) Архитектурная конструкция тамбура и козырька. Конструкции тамбура и козырька тесно связаны с планировочным решением входной группы, которая может быть пристроенной или встроенной (рисунок 1).



а) пристроенная входная группа; б) входная группа в едином плане с внешней стеной здания;
в) заглубленная входная группа

Рисунок 1. – Виды архитектурных конструкций тамбуров и козырьков

Пристроенная входная группа (рисунок 1, а) – это вынесенная за основной объём здания конструкция, которая примыкает к жилому дому. При таком решении козырёк также выполняется выносным.

Встроенная входная группа не выходит за общий контур дома и может быть выполнена:

- а) в едином плане с внешней стеной здания (рисунок 1, б)
- б) заглубленной, создавая своего рода «нишу» (рисунок 1, в).

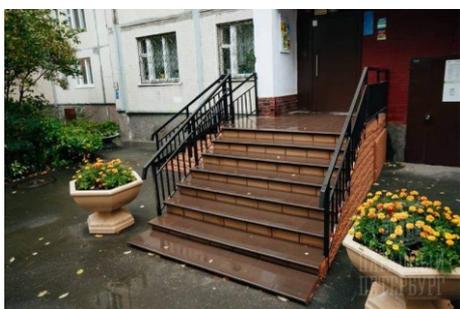
В первом варианте козырёк выполняется выносным, а во втором – роль козырька выполняет объём вышележащего этажа.

2) Форма лестницы и пандуса. В многоквартирных жилых домах форма лестниц, пандусов и перил ограждений может быть разнообразной и зависит, в первую очередь, от архитектурной стилистики фасадов и требований действующих строительных норм. Лестницы формируются из площадки крыльца и марша со ступенями, пандусы – из горизонтальных площадок и наклонных плоскостей. При высоте входной площадки более 45 см от уровня земли необходимо предусматривать ограждения.

Несмотря на то, что ширина и высота ступеней лестницы должны соответствовать нормативной документации, контур ступеней может быть изменен в зависимости от дизайнерской задумки. Таким образом, помимо распространенной прямой лестницы, можно использовать радиальную. Прямые лестницы (рисунок 2, а) – самый распространенный вид лестниц. Радиальная лестница (рисунок 2, б) – вид лестницы, в которой ступени размещены по круговой траектории или имеют частично изогнутую форму.

Пандусы – это один из основных элементов, который может служить для создания безопасной среды. Пандусы могут быть выполнены в разных формах: прямые и поворотные. Прямые пандусы обеспечивают прямой и легкий доступ для инвалидов и детских колясок, а также для пожилых людей (рисунок 2, в). Поворотный пандус (рисунок 2, г) из полотна с прямой наклонной плоскостью состоит из нескольких участков, которые соединены горизонтальной площадкой – такой вид пандусов чаще всего используется при отсутствии достаточного места (рисунок 2).

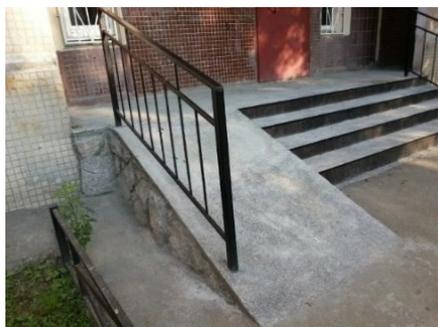
а)



б)



в)



г)



а) прямая лестница; б) радиальная лестница; в) прямой пандус; г) поворотный пандус
Рисунок 2. – Форма лестницы и пандуса

3) Дизайн дверей. Двери в многоквартирных жилых домах могут иметь различные формы, которые соответствуют архитектурному стилю здания и функциональным требованиям (рисунок 3). Преобладают дверные проемы прямоугольной и арочной формы. Двери прямоугольной формы (рисунок 3, а) – наиболее распространённый тип, и они подходят для большинства типов зданий. Двери арочной формы (рисунок 3, б) – тип, в котором верхняя часть выполнена в виде арки.



а)



б)

Рисунок 3. – Форма двери: а) дверь прямоугольной формы; б) дверь арочной формы

4) Элементы освещения. Освещение играет ключевую роль при восприятии входной группы в вечернее и ночное время (рисунок 4). Оно способно увеличить визуальную привлекательность и помогает подчеркнуть архитектурные детали и дизайн, делая её более привлекательной и приятной для глаз. Можно выделить несколько типов освещения:

- Общее освещение входной группы (рисунок 4, а) равномерно освещает всё пространство. Это могут быть потолочные светильники или прожекторы.

- Акцентное освещение подчеркивает отдельные архитектурные детали. Например, это могут быть светодиодные ленты или направленные светильники (рисунок 4, б). Освещение может быть установлено вдоль дорожек и ступеней, ведущих к входу, чтобы улучшить видимость и навигацию для жильцов и гостей, особенно в тёмное время суток, (рисунок 4, в, г). Акцентные светильники могут выделять функциональные зоны, такие как почтовые ящики, домофоны, контур входной группы, козырек. Важным приемом освещения входной группы является подсветка входных дверей (рисунок 4, д) – светильники, установленные над или рядом с дверью, обеспечивают дополнительное освещение для удобства входа и выхода. Они создают дополнительную видимость, уменьшая вероятность несчастных случаев.



Рисунок 4. –Элементы освещения: а) основное освещение; б)–д) акцентное освещение

5) Материалы. Акцентные элементы на входных группах могут иметь различную фактуру и цвет, что позволяет создавать уникальный дизайн (рисунок 5). Использование различных материалов для этих элементов помогает выделить входную группу и придать отдельным её элементам особый шарм. Разнообразие фактур, таких как матовое или глянцевое покрытие, шероховатая или гладкая поверхность, позволяет играть с визуальным восприятием (рисунок 5, а) Акцентными элементами могут быть козырьки, элементы с информацией. Они могут выполняться в ярких и насыщенных цветах, контрастирующими с основным цветом фасада, или более нейтральными, гармонирующими с общим тоном здания (рисунок 5, б).



а) контраст фактуры и цвета всей входной группы; б) контрастный цвет отдельных элементов

Рисунок 5. – Акцентные материалы

Также для акцентирования определенных элементов входной группы могут использоваться разные материалы: дерево, стекло, кирпич и камень. В работе были рассмотрены ключевые аспекты проектирования эстетически привлекательных входных групп жилых домов. Основное внимание было уделено архитектурной конструкции тамбура и козырька, форме лестницы и пандуса, дизайну дверей, элементам освещения и материалам. Анализ показал, что продуманное проектирование входных групп способствует не только улучшению эстетического восприятия здания, но и повышению его функциональности и безопасности.

Таким образом, использование различных архитектурно-композиционных приёмов при формировании входных групп многоквартирных жилых домов позволяет создать гармоничные, функциональные и эстетически привлекательные пространства, которые отвечают потребностям современных городских жителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарант.Ру. Информационно-правовой портал – Глава 11. Входная группа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/72241320/6f6a564ac5dc1fa713a32> (Дата обращения: 01.10.2024);
2. Эхо-76 – Ярославские подъезды оденут в европейские наряды: как они будут выглядеть после реконструкции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://echo76.ru/news/18/05/1115.html> (Дата обращения: 01.10.2024);
3. Входная группа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pinterest.com/pin/409405422382551088/> (Дата обращения: 01.10.2024);
4. Pinterest – Recessed ceiling luminaires BEGA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pinterest.com/pin/799459371329788861/> (Дата обращения: 01.10.2024);
5. Pinterest – Стеклопанельная дверь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.pinterest.com/pin/25403185389329441/> (Дата обращения: 01.10.2024);
6. TinaoMos – Подъезды жилого дома отремонтируют в поселке [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://tinao.mos.ru/upload/medialibrary/570/img_2018.jpg (Дата обращения: 01.10.2024);
7. Pinterest – У подъезда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://au.pinterest.com/pin/775885842042473055/> (Дата обращения: 01.10.2024);
8. Дневник megavtogal.com – фасады кирпичных домов многоквартирных – фото [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megavtogal.com/obzory/fasady-kirpichnyh-domov-mnogokvartirnyh.html?from=stroiteh-msk> (Дата обращения: 01.10.2024);
9. ApexEnergy – Придомовое освещение как комплексная услуга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://apex-energy.ru/decisions/naruzhnoe-osveschenie/osveschenie-pridomovoe/> (Дата обращения: 01.10.2024);
10. Дневник megavtogal.com – Освещение крыльца – фото [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megavtogal.com/foto/osveschenie-krylca-chastnogo-doma.html?from=stroiteh-msk> (Дата обращения: 01.10.2024);
11. uLeoparda.ru – Дом квартира подъезд [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://uleoparda.ru/dom/kvartira/podezd/> (Дата обращения: 01.10.2024);
12. Окна-РТС – Входные группы под ключ в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oknarts.ru/ustanovka-dverej/vhodnye-grupy/> (Дата обращения: 01.10.2024);
13. Дневник megavtogal.com – Пандус вместо лестницы в загородном доме - фото [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megavtogal.com/foto/pandus-vmesto-lestnicy-v-zagorodnom-dome.html?from=stroiteh-msk> (Дата обращения: 01.10.2024);
14. Дневник megavtogal.com – реконструкция пандуса в многоквартирном доме - фото [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megavtogal.com/obzory/rekonstrukciya-pandusa-v-mnogokvartirnom-dome.html?from=stroiteh-msk> (Дата обращения: 01.10.2024);
15. ПРОБытовки – Ремонт крыльца в многоквартирном доме [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://betonpogreb.ru/remont-krylca-mnogokvartirnogo-doma/> (Дата обращения: 01.10.2024);
16. Кованый двор – Кованые перила Арт.КХК-39 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kovkadvor.ru/kovanye-perila/kovanye-perila-art-kkhk-39> (Дата обращения: 01.10.2024);
17. Министерство архитектуры и строительства. Строительные нормы: СН 3.02.01-2019. Жилые здания. 2023. – 26 с.
18. Pinterest – Уголок Европы во дворе «хрущевки»: в Казани необычно отремонтировали подъезды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.pinterest.com/pin/723883340087638959/> (Дата обращения: 01.10.2024);
19. Дневник megavtogal.com – Нужен ли навес над крыльцом частного дома - фото [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megavtogal.com/foto/nuzhen-li-naves-nad-krylcom-chastnogo-doma.html?from=stroiteh-msk> (Дата обращения: 01.10.2024);
20. Pinterest – F-SIDE BUILDING - фасадные технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://in.pinterest.com/pin/308989224419809133/> (Дата обращения: 01.10.2024);
21. Pinterest – Входная группа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pl.pinterest.com/pin/775885842040376926/> (Дата обращения: 01.10.2024);
22. Pinterest – Входная группа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pl.pinterest.com/pin/353391902026005623/> (Дата обращения: 01.10.2024);
23. Pinterest – Gulspårven - Brunnberg&Forshed Arkitektkontor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.pinterest.com/pin/411164640990640433/> (Дата обращения: 01.10.2024);
24. Pinterest – Входная группа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.pinterest.com/pin/105482816260131691/> (Дата обращения: 01.10.2024);
25. GoodInfo – Что такое входная группа, что в нее входит, особенности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://good-info.ru/blog/chto-takoe-vkhodnaya-gruppa-chto-v-nee-vkhodit-osobennosti> (Дата обращения: 05.10.2024);

УДК 72.012

**ПРОБЛЕМЫ И ТЕНДЕНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ВХОДНЫХ ГРУПП
В СОВРЕМЕННЫХ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ БЕЛАРУСИ И РОССИИ**

С.А. ПОПРАВКО, Э.Э.К. РЗАЕВА
(Представлено: Е.Г. Кремнева, Е.Ю. Орловская)

В данной статье рассматриваются проблемы и тенденции формирования входной группы в многоквартирном жилом доме в Беларуси и России, включая вопросы инклюзивности, безопасности и узнаваемости, а также современные подходы к их проектированию.

Ключевые слова: входная группа, доступность, безопасность, узнаваемость.

Беларусь и Россия – государства, имеющие много схожего в архитектуре и планировке своих жилых зон. В обеих странах много жилых многоэтажных домов, построенных в советский период, где архитектурные стандарты были унифицированы. Они связаны исторически и культурно и формируют Союзное государство. Это сотрудничество и обмен опытом оказывает влияние на различные сферы жизни, включая архитектурные решения и формирование жилой среды.

Входная группа жилых многоквартирных зданий – комплекс помещений, через которые осуществляется вход в здание и доступ к элементам вертикальной (лифтам, лестницам) и горизонтальной коммуникации (межквартирным площадкам, коридорам), а также к квартирам, коллективным пространствам и местам для хранения, если доступ к ним устроен непосредственно из входной группы.

При изучении входных групп в многоквартирных жилых домах, построенных в Беларуси и России, были выявлены следующие общие проблемы:

1) Недостаточная доступность для всех групп населения. Несмотря на современную нормативную документацию, входные группы часто остаются недоступными. Проблема заключается в отсутствии или неправильно спроектированных пандусов, плохо закреплённых или вовсе отсутствующих перилах, слишком крутых лестницах или тяжёлых дверях.

2) Отсутствие ощущения безопасности. Многоэтажные жилые дома часто имеют проблемы с освещением и видеонаблюдением, что создает ощущение опасности.

3) Недостаточная визуальная привлекательность. Многие входные группы выглядят однообразно и эстетически непривлекательно, что не соответствует требованиям современного городского дизайна. Это снижает привлекательность и узнаваемость жилых районов.

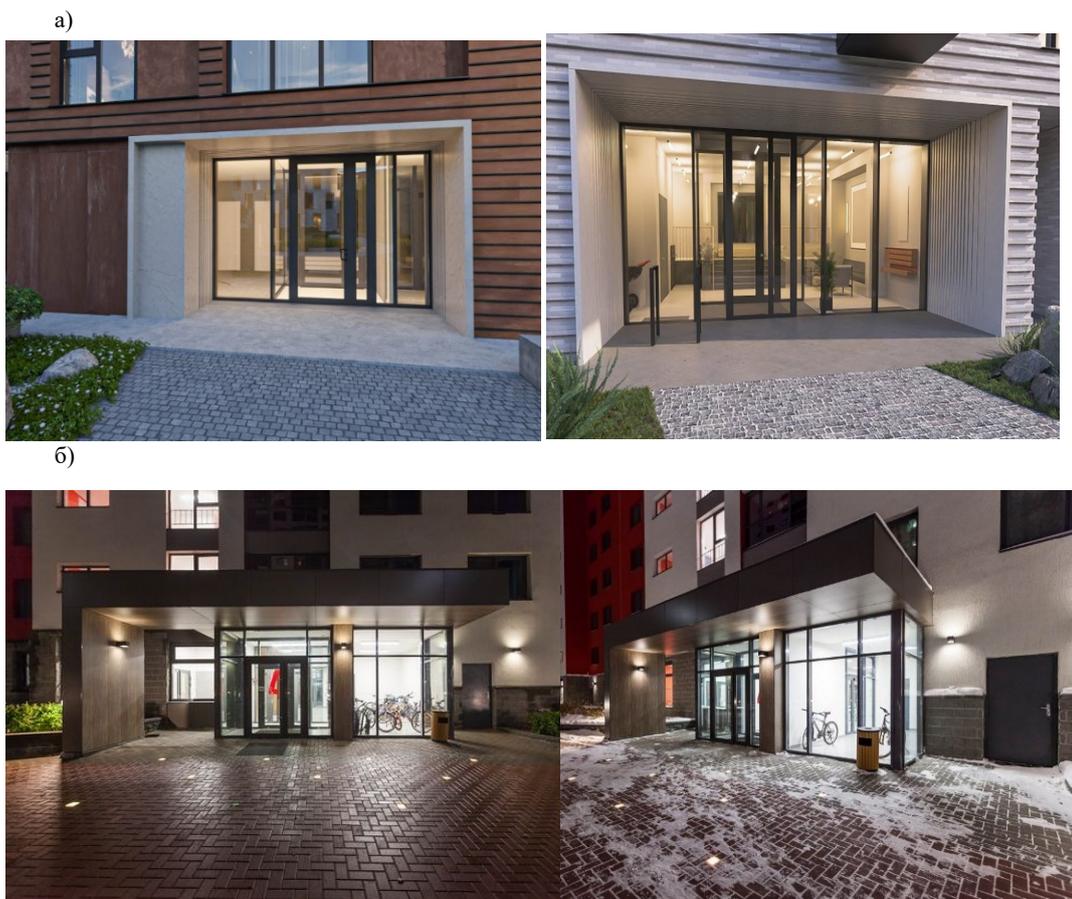
В связи с этим был проведен анализ, направленный на современное состояние входных групп многоэтажных жилых домов обеих стран. Рассмотренные проблемы могут быть исправлены – для этого необходимо опираться на положительный опыт проектирования входных групп многоквартирных жилых домов. Далее будут рассмотрены современные тенденции развития входных групп.

1) Доступность и инклюзивность. В современных многоэтажных домах часто проектируют входную группу на уровне земли с целью обеспечения лёгкого и удобного доступа для всех групп населения, особенно для пожилых людей, людей с инвалидностью и родителей с детскими колясками.

Размещение входной группы на уровне земли устраняет необходимость в лестницах, что значительно упрощает процесс входа и выхода из здания. Это ключевой аспект универсального дизайна, который не только придаёт входным группам привлекательный вид, но и способствует формированию инклюзивной и доступной городской среды. Плоский вход также снижает вероятность несчастных случаев, что повышает общую безопасность для всех пользователей. Несмотря на свою функциональность и доступность, такие входные зоны зачастую выглядят более современно и эстетически привлекательно, создавая атмосферу открытости и доступности для всех.

В Беларуси ярким примером жилого строительства с использованием приёма размещения входной группы на уровне земли является квартал ДЕРО в самом центре города Минска (рис. 1, а). Все жилые дома в квартале проектируются именно с таким типом входной группы. Входные двери достаточно широкие, чтобы обеспечить свободный проход для всех групп населения. Во многих жилых домах квартала установлены автоматические двери, что облегчает вход и выход, особенно удобные для маломобильных групп без сопровождения и родителей с детьми.

В России примером доступной входной группой можно назвать входные группы жилого комплекса «Европейский квартал» в Тюмени (рис. 1, б). Также, как и пример в Минске, эта входная группа размещена на уровне земли и имеет автоматические двери.



а) входная группа в Минске, Беларусь, б) входная группа на уровне земли в Тюмени, Россия
Рисунок 1. – Входные группы на уровне земли

2) Безопасность. Безопасность входной группы многоэтажного жилого дома – это комплекс мер, направленных на обеспечение защиты и комфорта для всех жильцов. Способы достижения безопасности: включают:

- Достаточное освещение входной группы и прилегающей территории. Установка освещения с датчиками движения для автоматического включения света в темное время суток.
- Установка камер видеонаблюдения для постоянного мониторинга входной зоны.
- Использование домофонов, кодовых замков или электронных ключей для ограничения доступа посторонних лиц.
- Применение материалов, предотвращающих скольжение на ступенях, пандусах и других поверхностях в зоне входной группы.
- Установка поручней и ограждений на лестницах и пандусах для обеспечения дополнительной поддержки и защиты.

На рисунке 2, а) представлена входная группа в жилом комплексе «Зелёный бор» в Минске, где видеокамеры установлены на входах и внутри комплекса для мониторинга. Установлен датчик движения для автоматического включения освещения в темное время суток. Входная группа находится выше уровня земли с установкой пригласительного марша к ней, в связи с чем установлены перила для обеспечения большей безопасности жильцов. Остекление входной группы создает ощущение защищенности.

В жилом комплексе «Новин» в Тюмени (рис. 2, б) входная группа также оснащены видеокамерами, освещением с датчиками движения. Входная группа находится на уровне земли, в соответствии с чем не требует установки перил для обеспечения безопасности. Остекление входной группы добавляет ощущения безопасности за счет остекленной входной группы и возможности просматривать, что происходит внутри и снаружи.

а)



б)



Рисунок 2. – Безопасная входная группа: а) пример г. Минск, б) пример г. Тюмень

3) Узнаваемость. Узнаваемость в архитектуре входной группы – это способность выделяться и запомниться жильцам и гостям здания. Повысить узнаваемость входной группы среди населения можно следующими способами:

– Использование насыщенных и контрастных цветов на определенных элементах, которые помогают выделить входную группу. Это привлекает внимание и делает её более заметной среди остальных элементов фасада.

– Освещением, не только улучшающим видимость, но и добавляющим визуальный интерес. Светодиодные ленты, прожекторы или декоративные фонари могут подчеркнуть архитектурные детали входной группы.

– Использованием различных материалов, таких как металл, стекло, дерево и камень, что добавляет разнообразия.

– Яркими и оригинальными табличками, указателями и логотипами, помогающими идентифицировать здание и добавляющими ему индивидуальности.

На рисунке 3, а) представлена входная группа жилого комплекса «Новая Боровая» в г. Минск. Акцентным элементом является козырек, который выполнен в ярком цвете с целью привлечения внимания. Также он контрастирует с материалами фасада, что также привлекает внимание. Козырек выполнен из сайдинг-панелей. Присутствует указатель, представленный в виде номера дома. На рисунке 3, б) – входная группа жилого комплекса «Маяк Минск», где был применен такой же прием выделения входной группы.

а)



б)



в)



г)



а-б) входная группа в Минске; в) входная группа в Москве; г) входная группа в Санкт-Петербурге
Рисунок 3. – Узнаваемая входная группа

Во входных группах многоквартирных жилых домов, построенных в России, применяются уже более разнообразные приемы акцентирования входной группы. Например, на рисунке 3, в), представлена

входная группа жилого комплекса «Большевик» в Москве, где входную группу выделяет освещение: светодиодная лента как бы обводит входную группу, тем самым она выделяется на фоне темного первого этажа и в темное время года. Также внутренняя отделка самой входной группы контрастирует с цветом первого этажа, но при этом гармонирует с цветом фасада. На рисунке 3, г) представлена входная группа жилого комплекса «ЦДС Северный» в Санкт-Петербурге, на которой основным акцентным элементом является указатель подъезда, который контрастирует с цветом входной группы и фасада дома. Также акцентным элементом можно называть навес у входной группы, который отличается от стилистики фасада.

В работе были рассмотрены основные проблемы и современные тенденции формирования входных групп в многоквартирных жилых домах Беларуси и России. Основное внимание уделяется вопросам доступности, безопасности и эстетической привлекательности входных групп.

При проектировании входной группы многоквартирного жилого дома стоит ориентироваться на примеры современных жилых комплексов, где применяются универсальные дизайнерские решения: входные группы располагаются на уровне земли, что повышает их доступность для всех групп населения, обеспечивается хорошее освещение и видеонаблюдение для повышения безопасности, а также используются различные материалы и яркие элементы для улучшения визуальной привлекательности.

В заключение, внедрение этих решений позволяет не только улучшить внешний вид зданий, но и сделать их более безопасными и удобными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарант.Ру. Информационно-правовой портал – Глава 11. Входная группа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/72241320/6f6a564ac5dc1fa713a32> (Дата обращения: 01.10.2024);
2. ДЕРО – Квартал ДЕРО – новая история города [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kvartaldepo.by/about> (Дата обращения: 09.10.2024);
3. Брусника – Европейский квартал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tyumen.brusnika.ru/projects/evropeyskiy-kvartal/> (Дата обращения: 09.10.2024);
4. Onliner – Принимаем новостройку со специалистом: оцениваем квартиру в нестандартной «панельке» в Зеленом Бору и находим в ней коварные места [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://realt.onliner.by/2016/03/10/bor-13> (Дата обращения: 09.10.2024);
5. Брусника – Новин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tyumen.brusnika.ru/projects/novin/> (Дата обращения: 09.10.2024);
6. Latonit – Фотогалерея – Жилой комплекс Новая Боровая [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.latonit.ru/photo_gallery/fasady-sayding/zhiloy-kompleks-novaya-borovaya-minsk/ (Дата обращения: 09.10.2024);
7. Realt.by – Варламов о «Маяке Минска» и «Новой Боровой». Интервью со скандальным московским блогером о том, как развивается Минск [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://realt.by/news/article/25240/> (Дата обращения: 09.10.2024);
8. ЖК «Большевик» – «Большевик» — комплекс лофт-апартаментов с отделкой и потолками до 5 метров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bolshevick.com> (Дата обращения: 09.10.2024);
9. ЦДС – ЦДС «Северный» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cds.spb.ru/complex/severnoy/> (Дата обращения: 09.10.2024);

УДК 721.012

**СОЦИАЛЬНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО
ДИЗАЙНА В ЗДАНИИ БЫВШЕГО ПОЛОЦКОГО КОЛЛЕГИУМА****Д.О. ПОХАЛЁНОК, К.В. РЫБАКОВА, Х.И. МАКРИДИНА***(Представлено: И.В. Ваткинс)*

В статье раскрывается социальная значимость создания универсального дизайна в общественном пространстве и перспективы разработки доступной среды музейного пространства в исторической части Полоцкого коллегиума.

Улучшение условий жизни и комфортная среда обитания привели к развитию различных сфер жизнедеятельности, которые удовлетворяют социальные потребности. Однако комфорт для каждого индивидуальный, поэтому стремление к нему должно учитывать баланс аспектов жизни и общества. Одним из важных аспектов является создание универсального дизайна.

С каждым годом появляется всё больше разных способов разработки комфортной среды в том числе и создание безбарьерной среды для людей с повышенными потребностями. В наши дни с увеличением количества людей с повышенными потребностями разработка доступного дизайна ведется в различных общественных местах, а также адаптируются исторические объекты, в том числе Полоцкий коллегиум.

Здание коллегиума представляет собой не только место для обучения, но и историческую достопримечательность с многовековой историей. Создание доступной среды дает возможность маломобильным людям посещать Полоцкий коллегиум в качестве музея. Основная цель безбарьерной среды – это создать универсальное пространство, где все люди, независимо от своих способностей, могут свободно и комфортно перемещаться

Задачи инклюзивной среды:

- обеспечение равных возможностей доступа во все части пространства;
- самостоятельное и комфортное перемещение людей с повышенными потребностями без помощи других людей;
- равный для всех доступ к информации, обеспечение объектов информационными и коммуникационными средствами доступными маломобильным людям;
- развитие принципов социальной справедливости: создание инклюзивной среды в общественных местах способствует уважению всех категорий населения, независимо от их физических способностей и состояния.

Доступная среда разрабатывается для облегчения перемещения всех категорий граждан, в том числе физически ослабленных лиц (пожилых, беременных, инвалидов) [1]. Важно создать среду, где все члены общества смогут находиться и перемещаться, не создавая дискомфорта и препятствий друг для друга. Инклюзия способствует социальной интеграции и равенству всех участников общества.

На сегодняшний день к маломобильному населению относятся инвалиды с нарушениями слуха, зрения, опорно-двигательного аппарата; дети дошкольного возраста; пожилые люди; временно нетрудоспособные граждане; беременные женщины и люди с детскими колясками [2]. Внедрение в архитектурное пространство необходимых элементов инклюзивной среды создаст благоприятные условия существования в общественной среде для всех граждан. Например, установка пандусов упростит перемещение и доступ физически ослабленным лицам, в том числе людям с детскими колясками, а обеспечение объектов тактильными элементами помогает ориентироваться в пространстве людям с нарушениями зрения.

Безбарьерная среда имеет большое значение и для туристов. Объекты, оборудованные доступным дизайном, имеют не только высокую социальную значимость, но и привлекают больше туристов, среди которых могут присутствовать люди с повышенными потребностями. Организация универсального дизайна в музейной исторической части Полоцкого коллегиума способствует большему посещению туристическими группами данного места.

Однако создание доступной среды в исторических частях объектов отличается особым подходом, так как архитектура и дизайн таких зданий имеют высокую культурную ценность [3]. Интерьер таких исторических объектов не всегда позволяет внедрение каких-либо новых элементов. Установка необходимых элементов инклюзии может серьезно изменить исторический облик здания, и тем самым негативно повлиять на его культурную значимость. Однако грамотное расположение и соответствующая стилистика некоторых элементов инклюзии поможет минимизировать ущерб исторической ценности объекта.

В первую очередь реализация универсального дизайна в Полоцком коллегиуме создаст благоприятные условия для посетителей независимо от возраста и физического состояния. Создание инклюзивной среды в музейном пространстве дает возможность всем категориям населения посещать и знакомиться

с историей культурно значимого объекта, а также будет привлекать все больше туристов, что значительно повысит рейтинг места. Рейтинг музея в Полоцком колледже обеспечит более высокий имидж университету по стране и за рубежом, что в свою очередь поднимет не только интерес к истории места, но и заинтересованность в получении образования в данном месте.

В связи с увеличением количества людей с повышенными потребностями важно акцентировать внимание на необходимости создания качественной инклюзивной среды для людей с дополнительными потребностями в общественных пространствах, в том числе в музейной части Полоцкого колледжа. Важно принимать различные меры по улучшению качества архитектурной среды. Помимо этого, создание безбарьерной среды значительно улучшит рейтинг места по стране. Впоследствии с историей места смогут ознакомиться большое количество людей, что внесёт свой вклад в развитие нации и заинтересованности людей к истории родной страны.

Решение проблем по качественному обустройству инклюзивной среды требует комплексного подхода, включающего создание доступной физической среды, разработку адаптированных материалов, обучение персонала о вопросах инклюзии и поддержки психологического благополучия. Универсальный дизайн – важный принцип в создании комфортной среды как для общества, так и для самих архитектурных объектов. Интеграция доступного дизайна создает комфорт и обеспечивает уважение для всех людей в социуме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vc.ru // Почему создание безбарьерной среды важно для всех нас [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://vc.ru/u/3323183-mihail-samigulin/1206302-pochemu-sozdanie-bezbarernoj-sredy-vazhno-dlya-vseh-nas>. – Дата доступа 20.09.2024.
2. Волга-Медиа // Для чего современному обществу «безбарьерная среда» и как ее организовать нас [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://vlg-media.ru/2016/02/09/dlja-chego-sovremenomu-obschestvu-bezbarernaja-sreda-i-kak-e-organizovat-51250/>. – Дата доступа 20.09.2024.
3. Утюпина Ю.А. Методы адаптации объектов культурного наследия для маломобильных групп населения / Ю.А. Утюпина. – Санкт-Петербург: felib, 2023. – 83 с.

УДК 69.002.5

УЛУЧШЕНИЕ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПУТЕМ РАЗРАБОТКИ ЛИНЕЙНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ

Н.В. РАЦИНСКИЙ

(Представлено: И.В. Ваткинс)

В данной статье рассматривается разработка линейного общественного пространства с ориентацией на все группы населения и использованием систем умного города как перспективной ступени развития градостроительного планирования.

В рамках проводимой учебно-исследовательской работы были изучены основные типы пространств, в которых человек взаимодействует с городской средой. В результате анализа выявилось 3 основных типа общественных пространств:

- 1) Линейное пространство- пешеходные пути, улицы.
- 2) Локальное пространство- открытая или полуоткрытая площадь, дворовое пространство, входная группа общественных зданий.
- 3) Внутреннее пространство- интерьер общественных зданий и сооружений.

В данной статье будет представлено проектное решение организации линейного рекреационного пространства, способствующего повышению уровня жизни населения. За основу проектирования были взяты такие принципы как универсальность, модульность, доступность, информативность и экологичность.

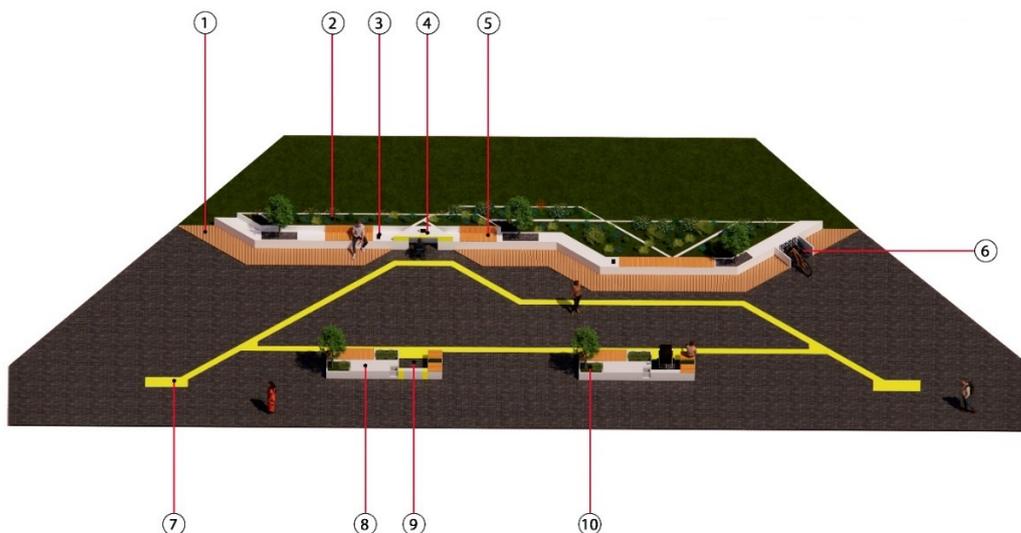


Рисунок 1. – Аксонометрический вид разрабатываемого пространства

Как видно на аксонометрическом виде (Рисунок 1), в ходе проектирования было сформировано пространство, которое не только не нарушает основного потока движения пешеходов, но и включается в него, обогащая городскую жизнь как художественно, так и функционально. Основное пространство сформировано из главного линейного объема и нескольких второстепенных, дополняющих его композиционную структуру. Разберем более подробно основные составляющие данного проекта согласно условным обозначениям аксонометрического вида (Рисунок 1):

1) Сборное деревянное покрытие в виде настила, применяемое для комфортного подхода к местам отдыха. Покрытие нескользящее, выполненное из экологически-чистых материалов, что способствует более удобной эксплуатации и ремонтпригодности в любое время года.

2) Модульные блоки с озеленением. Данные блоки примыкают к главному объему рекреационного пространства и позволяют отдыхающим ощутить себя ближе к природе, поскольку связь человека и экологичной среды создана в непосредственном взаимодействии и соподчиненности. В качестве внутренней организации блоков была использована система наслоения двух видов растительных грунтов, что позволит высадить различные по вегетационному периоду цветущие растения. За основную массу озеленения

были приняты вечнозеленые кустарники, папоротники и многолетние травы, не требующие особого ухода цветущие растения.

3) Как уже было отмечено, весь проект ориентирован на программу создания инклюзивной среды для населения, в связи с чем в блоки рекреационных пространств были добавлены элементы, способствующие помощи людям при ориентации в пространстве. Система представляет собой небольшие горизонтальные экраны, встроенные в поверхность рядом с зонами отдыха. Экраны состоят из водонепроницаемых и солнце-поглощающих панелей, что, хоть и в незначительной степени, но позволит экономить электроэнергию в солнечные дни. Сама система доступа основана на общедоступных маршрутизаторах (Google, Яндекс, голосовые помощники), которые призваны облегчить использование людьми преклонного возраста экранов посредством голосовой координации и поиска необходимого маршрута. В саму систему будет загружена как стандартная карта городского пространства, так и внесены наиболее значимые точки интереса общественных, административных, образовательных и иных учреждений.

4) Отдельное внимание было уделено людям с ограниченными возможностями или преклонного возраста. Для них в системе пространства выделено специализированная система доступности в виде. Особое внимание было уделено людям с ограниченными возможностями и пожилым гражданам. Для них предусмотрена специализированная система доступности, включающая: габаритное место для подъезда коляски или возможности опереться с тростью, и другое оборудование (Рисунок 2). Система терминала расположена в виде небольшого вертикального устройства, удобного для доступа в положении сидя или до высоты в 1000 мм. При приближении и непосредственном воздействии с терминалом в координации помогают встроенные датчики движения и голосовой помощник, сообщающий точный маршрут и кратчайший путь по введенным данным. Система также оборудована шрифтом брайля, расположенным на горизонтальной поверхности и имеющим систему отвода осадков, для повышения качества распознавания символов. Весь участок пространства имеет акцентную желтую окраску, принятую для восприятия людьми с нарушениями зрительной функции.



Рисунок 2. – Вид сверху на пространство, доступное для маломобильных групп населения

5) Основные места для отдыха чередуются бетонно-гладкой поверхностью, выполненной из легкого малопористого бетона и деревянным покрытием, рассчитанным на одновременный отдых порядка 8-15 человек. Система раскладки досок на сиденьях и спинках выполнена с небольшим уклоном и сдвигом, согласно антропометрическим показателям среднестатистического человека, что способствует максимально комфортному расположению сидящего.

6) Кроме того, в общем блоке также предусмотрена встроенная велосипедная парковка, выполненная все также из экологически чистых материалов, что позволяет ей не выбиваться из общей композиции. Ее расположение максимально рационально и не препятствует основному потоку людей.

7) Весь участок пути разрабатываемого пространства оснащен тактильной плиткой, которая подводит людей с ограничениями ко всем точкам интереса и предупреждает о поворотах и препятствиях.

8) Дополнительные модули. Как правило, состоящие из 3-4 блоков в группе из двух протяженных мест для рекреации, небольших отсеков с высадкой низкорослых деревьев и кустарников, а также специализированными местами для отдыха людей с габаритным оборудованием.

Все проектируемое пространство является модульным и трансформируемым. Такой подход позволяет не только жестко не прикреплять рекреационные городские пространства к определенным местам, но и давать возможность размещать их на различных по конфигурации участках, добавляя, или наоборот, убирая элементы модулей. Проект разрабатывался с учетом современных тенденций в зарубежном и отечественном проектировании рекреационных пространств и возможности его универсального использования. Заключительным этапом стала оценка экономической составляющей предложенного проектного решения, которая учитывает стоимость материалов, процесса производства и земляных работ. В итоге проведенных исследований обнаружились явные преимущества экономической составляющей проекта по сравнению с зарубежными аналогами организации территорий как по объемам работ, так и по стоимости приобретения материалов и инженерной организации территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Среда обитания для физически-ослабленных лиц. ТКП 45-3.02-318.2018. – Минск: Минстройархитектуры, 2018. – III, 26 с.
2. Доступная среда для инвалидов: современные подходы и решения: методическое пособие / В.А. Ковалёв, О.А. Мирошниченко, В.Б. Осинковская, О.С. Кудря, А.В. Штепа, Я.Д. Курганова; под редакцией О.Н. Владимировой. – Санкт-Петербург: СПбИУВЭК, ООО «ЦИАЦАН», – 2022. – 152 с.
3. Безбарьерная среда. Особенности проектирования «Доступной среды» [Электронный ресурс] /: Гугл академия, научно-образовательный источник eLibrary. -200-2024/- Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_35402206_42418954.pdf#page=197. Дата доступа: 10.10.2024.
4. Основные антропометрические измерения для технического проектирования. ГОСТ Р 56620.2—2015. - Введен в действие приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 октября 2015 г. № 1473-ст.
5. Планировка и застройка населенных пунктов: СН 3.01.03-2020. – Введен постановлением Министерства архитектуры и строительства от 27 ноября 2020 г. № 94. -63 с.

УДК 69.002.5

**УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ПУТЕМ СОЗДАНИЯ
ЛОКАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ****Н.В. РАЦИНСКИЙ***(Представлено: И.В. Ваткинс)*

В данной статье рассматривается проектное решение локального городского пространства с использованием систем умного города, принципов доступности и универсальности.

В настоящей статье будет представлен проект по организации локальных рекреационных городских пространств с возможностью универсального использования и адаптивности. Как правило, такие пространства представлены дворовыми пространствами, площадями, небольшими скверами и парками. За основу разработки данного типа пространства были взяты принципы модульности, компактности, доступности и экологичности. Предлагается рассмотреть вариант организации проектируемого пространства с элементами благоустройства на примере типовой ситуации, а именно наличия небольшого участка тротуарной зоны с пешеходным движением (Рисунок 1).

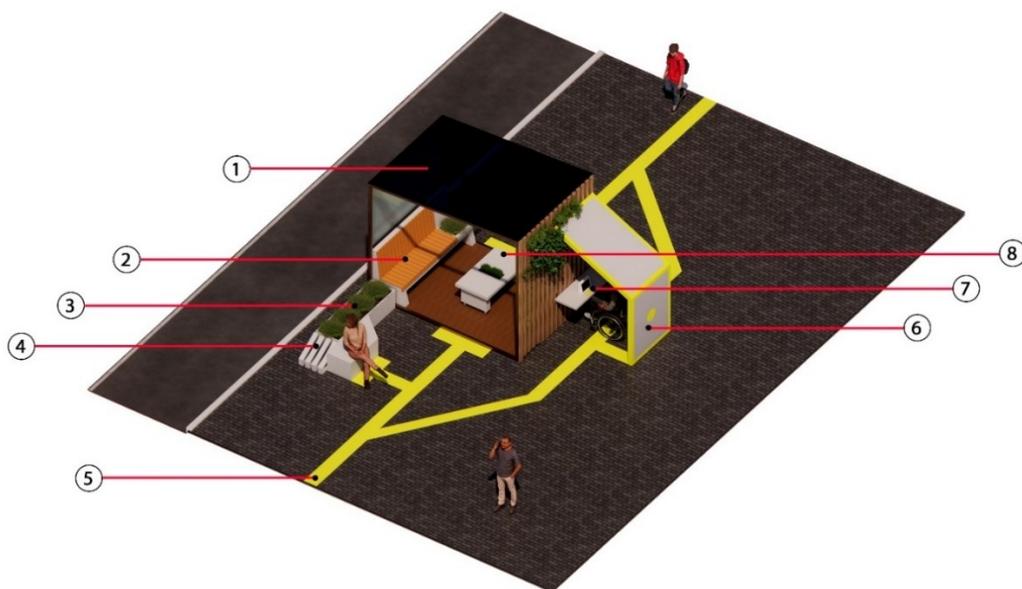


Рисунок 1. – Аксонометрический вид проектируемого пространства

На иллюстрации продемонстрирована основная структура разрабатываемого пространства с нумерацией главных элементов благоустройства, которые подлежат дальнейшему описанию и разбору:

1) Главный объем представляет собой полузакрытое пространство, сформированное на каркасе металлического профиля. Зданий фасад перекрыт полупрозрачным поликарбонатом с дополнительным профилем опоры. Потолок выполнен из темного свето-поглощающего поликарбоната с целью создания тени внутри пространства. Боковые фасады полностью открытые, в отличие от переднего, который выполнен из досок с определенным шагом, что создает эффекта проветриваемого фасада. Также такое проектное решение было принято с целью возможности создания зеленой зоны посредством культивации в летнее время вьющихся видов растений. Покрытие пола дощатое, наклонное, с двойным дном и внутренним порогом для предотвращения попадания осадков или их быстрым оттоком.

2) Организация модульного сидения в основном объеме, выполненного из досок с минимальным шагом и закругленными торцами, в целях предотвращения несчастливых случаев и повышения удобства сидящего. Высота, наклон и глубина сидения были подобраны в соответствии с антропометрическими данными человека и основными принципами эргономики. Кроме того, в структуре сидений присутствует озелененный блок, используемый в качестве емкости для высадки низкорослых травянистых растений и создания «зеленого тактильного покрытия», предоставляющего возможность людям почувствовать себя ближе к природе.

2. Доступная среда для инвалидов: современные подходы и решения: методическое пособие / В.А. Ковалёв, О.А. Мирошниченко, В.Б. Осиновская, О.С. Кудря, А.В. Штепа, Я.Д. Курганова; под редакцией О.Н. Владимировой. – Санкт-Петербург: СПБИУВЭК, ООО «ЦИАЦАН», – 2022. – 152 с.
3. Безбарьерная среда. Особенности проектирования «Доступной среды» [Электронный ресурс] /: Гугл академия, научно-образовательный источник eLibrary. -200-2024/- Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_35402206_42418954.pdf#page=197. -Дата доступа: 10.10.2024.
4. Основные антропометрические измерения для технического проектирования. ГОСТ Р 56620.2—2015. - Введен в действие приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 октября 2015 г. № 1473-ст.
5. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию и эксплуатации территорий. Санитарные нормы и правила. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь.- Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь 02.02.2023 № 22.-5 с.
6. Основы эргономики: учебно-методическое пособие В. Г. КУЗНЕЦОВ, О. А. ТЕРЕЩЕНКО, Ю. О. ЛЕИНОВА. Министерство образования Республики Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 157 с.
7. THE ORGANIZATION OF MULTIFUNCTIONAL LANDSCAPE OPEN URBAN SPACES. N.I.Barsukova. [Электронный ресурс]/: Гугл академия, научно-образовательный источник eLibrary. -200-2024/- Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_26514840_12976968.pdf. -Дата доступа: 12.10.2024.

УДК 69.002.5

**РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ИНТЕРЬЕРА ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ
В СООТВЕТСТВИИ С ПРИНЦИПАМИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ДИЗАЙНА****Н.В. РАЩИНСКИЙ**
(Представлено: И.В. Ваткинс)

В данной статье будет представлен проект по разработке многофункционального инклюзивного общественного пространства в интерьере, отвечающего современным тенденциям универсальности, модульности и экологичности.

За основу разработки действующего организационно-проектного решения была взята проблема недостатка рекреационных пространств внутри общественных зданий не только локальных объектов, но и крупных городских центров. С целью решения этих вопросов были изучены основные нормативные и методические документы в области организации интерьеров общественных зданий, разработки оборудования с учетом эргономических требований и психофизиологические особенности людей при ориентации в архитектурной среде. В результате было разработан дизайн внутреннего пространства, построенного на принципах модульности, компактности, трансформируемости, экологичности и доступности (Рисунок 1).

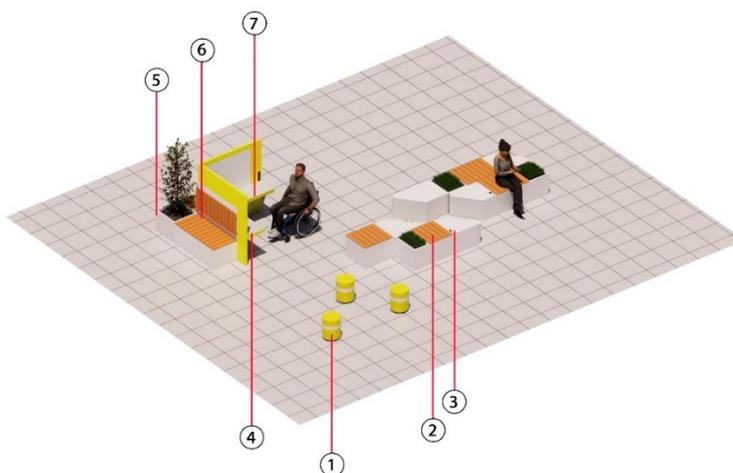


Рисунок 1. – Аксонометрический вид интерьерного пространства

На аксонометрическом виде были выделены основные ключевые моменты формируемого пространства, которые необходимо разобрать более подробно:

1. Первый блок пространства представляет собой локальные рекреационные места в виде кожаных банкетов желтого цвета, что делает их более заметными в пространстве. Дизайн формы основан на универсальности и лаконичности, а передвижные колесики позволяют транспортировать мебель в любое удобное место.

2. Второй блок формируется модульными рекреационными зонами, представленными местами для отдыха из легкого бетона. В качестве покрытия использован экологически чистый деревянный настил. В блоках присутствуют ячейки для организации ... озеленения, позволяющего почувствовать себя ближе к природе. Скосы на блоках выполнены под углом 45 градусов, что и делает модули универсальными, поскольку такой угол позволяет размещать и компоновать их в любой конфигурации. Для предупреждения несчастных случаев углы бетонных блоков закруглены. Основные размеры и высоты принимались с учетом антропометрических данных человека. Также в блоки встроены разъемы USB для зарядки гаджетов и универсальный голосовой помощник на базе Яндекса (Алиса), которая отвечает за координацию действий и перемещений в границах данного общественного пространства и зон доступности. Вызывается голосовой помощник при помощи нажатия на сенсорный экран, расположенный на горизонтальной поверхности.

3. Третий блок представляет собой угловую конструкцию, предназначенную для физического ослабленных или лиц с габаритным оборудованием. Зона выполнена с использованием акцентного ярко-желтого цвета. Рабочая зона представлена двойной столешницей с зазором для размещения датчиков, целью которых является распознавание движения приближающихся людей. Столешница является регулируемой от положения сидя до положения стоя, осуществляется это за счет вертикальных рельс. На столешнице

расположен вертикальный терминал с сенсорным экраном и голосовым помощником на базе систем Яндекс. На экране можно просмотреть схемограмму или карту здания, также терминал распознает голосовые команды и указывает координаты необходимого помещения. На горизонтальной поверхности терминала предусмотрено пространство со шрифтом Брайля. С обратной стороны блока организованы рекреационные места с модульной вставкой озелененного короба.

Как уже упоминалось основным достоинством сформированного пространства является модульность и универсальность. Поскольку такая организация найдет место не только в крупных торговых центрах и кинотеатрах, но и обычных продовольственных магазинах и бутиках, пусть даже и не с полной комплектующей. Кроме того, оно значительно повысит востребованность общественных интерьеров за счет качественного повышения уровня комфорта при нахождении внутри здания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Среда обитания для физически-ослабленных лиц. ТКП 45-3.02-318.2018. – Минск: Минстройархитектуры, 2018. – III, 26 с.
2. Безбарьерная среда. Особенности проектирования «Доступной среды» [Электронный ресурс] /: Гугл академия, научно-образовательный источник elibrary. -200-2024/- Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_35402206_42418954.pdf#page=197. -Дата доступа: 10.10.2024.
3. Основные антропометрические измерения для технического проектирования. ГОСТ Р 56620.2—2015. - Введен в действие приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 октября 2015 г. № 1473-ст.
4. Дизайн среды. Проектирование интерьеров общественной среды. Многофункциональная мебель: учебное пособие / С.Г. Шлеюк, О.Б. Чепурова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2021. – 137 с.
5. Рекомендации по проектированию интерьеров общественных центров микрорайонов /ЦНИИЭП учебных зданий. – М.: Стройиздат, 1986 - 108 с.
6. Многофункциональные пространства крупных общественных комплексов [Электронный ресурс] /: Гугл академия, научно-образовательный источник. -200-2024/- Режим доступа: <https://marhi.ru/referats/files/Lazareva-Autoref.pdf>. Дата доступа: 06.10.2024.

УДК 697.1:536

НОРМАТИВНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЁТА ПРИВЕДЁННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ НЕПРОЗРАЧНЫХ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ИХ НЕДОСТАТКИ

Р.О. ТОНКОВИД, И.А. ФИЛИПОВИЧ
(Представлено: В.А. Зафатаев)

Проанализированы нормативные методы теплотехнического расчёта наружных ограждающих конструкций, предполагающие учёт тепловых потерь через теплотехнические неоднородности. Показано, что один из методов расчёта, применяемый при типовом проектировании, включает значительное количество неопределённостей при выборе нормативных величин удельных потерь через теплотехнически неоднородные элементы ограждающих конструкций. Также приводятся аспекты ограниченности применения других нормативных методов теплотехнического расчёта.

Введение. Тема настоящего исследования является актуальной ввиду наличия неопределённостей при использовании нормативных величин удельных потерь через теплотехнически неоднородные элементы ограждающих конструкций, принимаемых согласно "Каталогу удельных потерь теплоты (тепловых мостиков) теплотехнически неоднородных узлов ограждающих конструкций жилых и общественных зданий" при выполнении теплотехнического расчёта ограждающих конструкций.

В связи с тем, что наружная оболочка здания состоит из участков с различными сопротивлениями теплопередаче, теплотехнический расчёт ограждающей конструкции сводится к определению такой величины сопротивления теплопередаче, при которой тепловые потери фрагмента ограждения, отдельного этажа или всего здания будут соответствовать реальным теплотерям. Эта величина получила наименование приведенного сопротивления теплопередаче – $R_{пр}$. Приведенное сопротивление теплопередаче – величина, равная сопротивлению теплопередаче такого однородного участка ограждения, тепловой поток через который равен тепловому потоку через рассматриваемое сложное ограждение. Эта величина нормируется для зданий различного назначения и для различных стадий их жизненного цикла, и составляет, например для жилых и общественных зданий на стадии их строительства, реконструкции и модернизации у наружных стен $3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, у совмещенных покрытий, чердачных перекрытий и перекрытий над проездами – $6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ согласно СН 2.04.02-2020.

Согласно СП 2.04.01-2020 приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции $R_{пр}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, рассчитывается по формуле:

$$R_{пр} = \frac{1}{\sum \frac{a_i}{R_{0i}} + \sum l_j \psi_j + \sum n_k \chi_k + \sum n_m \chi_m} \quad (1)$$

где a_i – удельная площадь плоского участка конструкции i -го вида, приходящаяся на 1 м^2 ограждающей конструкции, $\text{м}^2/\text{м}^2$;

R_{0i} – сопротивление теплопередаче теплотехнически однородной части конструкции i -го вида, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

l_j – удельная протяженность линейной теплотехнической неоднородности (далее – ТН) j -го вида, приходящаяся на 1 м^2 ограждающей конструкции, $\text{м}/\text{м}^2$;

ψ_j – удельные потери теплоты (коэффициент теплопередачи) линейной ТН j -го вида, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$;

n_k – количество объемных ТН k -го вида, приходящихся на 1 м^2 ограждающей конструкции, шт./ м^2 ;

χ_k – удельные потери теплоты через объемные ТН k -го вида, $\text{Вт}/\text{°C}$;

n_m – количество точечных ТН m -го вида, приходящихся на 1 м^2 ограждающей конструкции, шт./ м^2 ;

χ_m – удельные потери теплоты (коэффициент теплопередачи) через точечные ТН m -го вида, $\text{Вт}/\text{°C}$;

Согласно СП 2.04.01-2020 теплотехнической неоднородностью (ТН) называют область ограждающей конструкции, характеризующуюся содержанием элементов с различными коэффициентами теплопроводности материалов и/или с переменной толщиной сечения, расположенных параллельно направлению теплового потока, и/или имеющих углы, примыкания смежных конструкций, проёмы, приводящие к искажению изолиний температуры по толщине конструкции. Линейной ТН называют протяженную теплотехническую неоднородность, длина которой не менее, чем в 3 раза превышает ее размеры одновременно по двум другим направлениям. Точечной ТН называют локальные теплопроводные включения. Объемной ТН называют примыкание нескольких локальных элементов ограждающей конструкции.

Линейными ТН в наружных стенах являются примыкания наружных стен к междуэтажной плите перекрытия, примыкание наружных стен к балконной плите (плите лоджии), примыкания наружных стен к чердачной плите перекрытия/совмещенному покрытию, примыкания наружных стен к цокольной плите перекрытия, полам по грунту, откосы проемов наружных стен, а также углы наружных стен. Точечными ТН являются кронштейны вентилируемой фасадной системы (при её наличии) и анкерные устройства. В качестве объёмных ТН для наружных стен принимаются трёхмерные примыкания наружных стен к междуэтажной плите перекрытия, примыкание наружных стен к балконной плите (плите лоджии), примыкания наружных стен к чердачной плите перекрытия/совмещенному покрытию, примыкания наружных стен к цокольной плите перекрытия, полам по грунту.

Сопротивление теплопередаче теплотехнически однородной части конструкции i -го вида рассчитывается по формуле:

$$R_{0i} = \frac{1}{\alpha_v} + R_k + \frac{1}{\alpha_n} \quad (2)$$

где α_v – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С);
 α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С);
 $R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ – сумма термических сопротивлений теплопроводности n слоев ограждающей конструкции, м²С/Вт, каждое из которых в отдельности равно $R_i = \delta_i / \lambda_i$; здесь δ_i – толщина i -го слоя ограждающей конструкции, м; λ_i – коэффициент теплопроводности материала i -го слоя ограждающей конструкции в расчётных условиях эксплуатации, Вт/(м·°С).

Приведенное сопротивление теплопередаче **непрозрачной** теплотехнически **неоднородной** ограждающей конструкции рассчитывают одним из трёх методов:

1. Упрощенным;
2. С применением справочных значений удельных потерь теплоты через th;
3. Детальным.

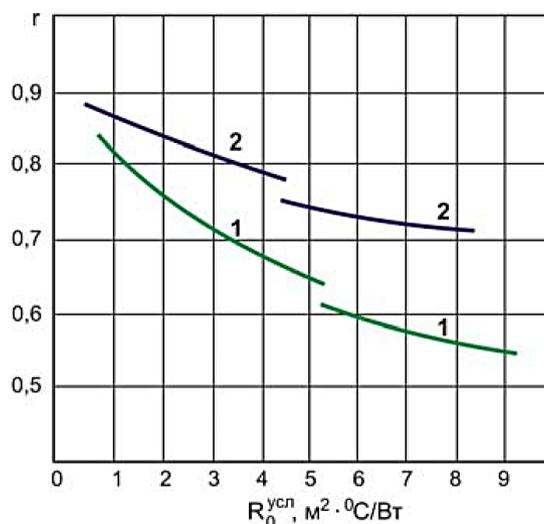
Согласно СП 2.04.01-2020 упрощенный метод расчета допускается использовать для предварительных технико-экономических расчетов на стадии разработки предпроектной прединвестиционной документации. Детальный метод применяют при проектировании зданий с использованием конструкций, отличных от указанных в "Каталоге удельных потерь теплоты (тепловых мостиков) теплотехнически неоднородных узлов ограждающих конструкций жилых и общественных зданий", разработанном Республиканским унитарным предприятием "Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С." (далее – каталог ТН) и зданий классов повышенной энергетической эффективности типа А+, что должно быть отражено в задании на проектирование. Таким образом, в типовых проектах жилых зданий наиболее часто будет находить применение второй из перечисленных методов теплотехнического расчёта.

Согласно п. 5.7.1 каталога ТН порядок расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций включает следующие этапы:

1. Анализ конструктивного решения ограждения, определение площади для контрольного значения приведенного сопротивления теплопередаче согласно заданию на проектирование.
 2. Предварительное назначение материала и толщины теплоизоляционного слоя.
 3. Определение по таблицам каталога значений удельных потерь теплоты через ТН конструкции.
 4. Расчёт геометрических параметров удельных потерь теплоты через ТН.
 5. Расчёт приведенного сопротивления теплопередаче, сравнение с нормативным значением.
- В случае его недостижения увеличение толщины теплоизоляционного слоя, повтор расчета до достижения значений норм.

Однако если следовать указаниям п. 5 при увеличении толщины утеплителя, несмотря на очевидное увеличение сопротивление теплопередаче по однородной глади R_0 конструкции, неизбежно возрастают длины линейных теплотехнических неоднородностей L_j , что при прочих равных условиях снижает величину приведённого сопротивления теплопередаче. Существенное влияние на его снижение оказывает воздействие оконных откосов, углов и узлов сопряжения. Также при повышении R_{0i} стены в результате усиливающегося теплового потока через теплопроводные включения, обусловленного применением более эффективного теплоизоляционного материала, $R_{пр}$ также снижается [1; 2].

$R_{пр}$ пропорционально R_0 , а коэффициентом пропорциональности является коэффициент теплотехнической однородности r . С ростом R_{0i} снижение r происходит гиперболически, и тем круче, чем лучше теплоизолирующие свойства утеплителя (рисунк 1).



1 – с пенополистирольными плитами $\lambda = 0,04 \text{ Вт}(\text{м} \cdot \text{°C})$; 2 – с минераловатными плитами $\lambda = 0,08 \text{ Вт}(\text{м} \cdot \text{°C})$
 Рисунок 1. – Зависимость коэффициента теплотехнической однородности r в трёхслойной железобетонной панели от условного сопротивления теплопередаче $R_0^{усл}$ *

Примечание – * условным авторы [1; 2] называют сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции по однородной глади.

Из рисунка 1 видно, что увеличение сопротивления теплопередаче $R_0^{усл}$ от санитарно-гигиенического уровня 1,2–1,5 $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ (согласно исследованиям Российского общества инженеров строительства (РОИС) [3]) до уровня энергосбережений 3,2–4,2 $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ снижает коэффициент теплотехнической однородности на 10–15%. Причем интенсивность изменения $R_0^{усл}$ зависит от вида утеплителя (кривые 1 и 2). Только при достаточно большой толщине слоя утеплителя с высокой воздухопроницаемостью (например, минераловатные плиты), обеспечивающей $R_0^{усл}$ не ниже 5 $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ снижение величины r замедляется.

Таким образом, решение проблемы энергосбережения за счёт увеличения толщины утеплителя вступает в противоречие с долговечностью стен. С увеличением толщины теплоизоляционного слоя более 200 мм возникает необходимость, в целях сохранения прочности панели, установки дополнительных металлических связей или увеличения их диаметра при том же количестве. При этом при увеличенной толщине утеплителя в стенах существенно возрастают усадочные и температурно-влажностные деформации, что приводит к образованию трещин, разрывам контактных зон с конструкционными материалами [2]. Вместе с тем повышается объём влаги в стене и узлах сопряжений. Стены и узлы сопряжений, имеющие ориентацию на север, насыщенные металлом, могут не успеть войти в квазистационарное влажностное состояние в годовом цикле эксплуатации ввиду отсутствия прямого солнечного облучения. Систематическое накопление влаги приводит к ускоренному морозному разрушению, снижению срока службы наружных стен [2].

Также следует отметить, что в формулировках приведённого выше из п. 5.7.1 "Каталога..." порядка расчёта в оригинале содержатся синтаксические ошибки, а пункты 3 и 4 следовало бы поменять местами. Таким образом, порядок расчёта, на наш взгляд, должен быть сформулирован следующим образом:

1. Анализ конструктивного решения ограждающей конструкции, определение площадей по однородной глади контрольных фрагментов наружной стены здания;
2. Предварительное назначение материала тепловой изоляции и расчёт его толщины;
3. Расчет геометрических параметров ТН;
4. Определение по таблицам "каталога" значений удельных потерь теплоты через ТН;
5. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче, сравнение его с нормативным значением. В случае его недостижения – *выбор иных комбинаций материалов в ТН для достижения нормативных значений.*

Помимо неопределённостей с выбором порядка расчёта $R_{пр}$ и путей его достижения при использовании каталога ТН возникают дополнительные сложности:

1. Не все типы ограждающих конструкций представлены в каталоге ТН, например, отсутствуют сэндвич-панели, конструкции с положением утеплителя с внутренней стороны помещений.
2. В представленных в каталоге ТН конструкциях учтено только наличие конструктивного и теплоизоляционного слоёв (отделочные и защитные слои не моделируются).
3. Толщины слоёв δ_i утеплителя представлены ограниченным набором дискретных значений (больше 200 мм не приводится). Например, для совмещённых покрытий и чердачных перекрытий толщина

утеплителя по однородной глади конструкции по расчёту выходит, как правило, свыше 300 мм. Также представлены не все возможные толщины δ_i конструктивных слоёв. Допустимо ли в таких случаях применение интерполяции и экстраполяции табличных данных – в тексте каталога ТН не указано.

4. Представлен ограниченный набор величин теплопроводностей λ_i утеплителей, также не указано, для какого влажностного состояния конструкций они даны в каталоге, и соответствуют ли они значениям, указанным в СП 2.04.01-2020.

5. Сделаны обобщения величин удельных потерь ψ_j и χ_k по некоторым видам бетонов и газосиликатов.

Заключение. Упрощённый метод теплотехнического расчёта предполагает введение повышающих коэффициентов к сопротивлению конструкции по однородной глади, которые приводят к экономически и технически нецелесообразным толщинам утеплителя (при расчёте по двум другим методам толщина оказывается меньшей). При детальном методе расчёта необходимо производить компьютерное моделирование температурного поля в сложных трёхмерных узлах ограждающей конструкции, в которых присутствуют ТН всех видов, с нахождением распределения температур на внутренней и наружной поверхностях ограждения, коэффициентов теплоотдачи с последующим расчётом тепловых потоков – по однородной глади, и дополнительных – через неоднородные элементы. Моделирование температурных полей производится только в специализированных программных комплексах, например, Tempreg-3D, которые требуют соответствующей квалификации пользователя, и значительно (по сравнению с использованием каталога ТН) увеличивают временные и трудовые затраты при выполнении расчётов. Таким образом, доработка каталога ТН разработчиками с целью исключения представленных в настоящей статье неопределённостей, является актуальной и полезной для работников сферы строительства и архитектуры, занимающихся проектированием жилых и общественных зданий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лобов, О. И. Взгляд на энергосбережение сквозь стены / О. И. Лобов, А. И. Ананьев, Ю. Я. Кувшинов, С. А. Бегоулев // Строительный эксперт. – № 5 (168). – 2004.
2. Лобов, О. И. Теплозащитные свойства и долговечность фасадных систем современных зданий / О. И. Лобов, А. И. Ананьев, В. П. Абарыков, А. Е. Синютин // Сборник трудов II Всероссийской научно-технической конференции «Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий». Санкт-Петербург. – 2009. – С. 80–92.
3. Лобов, О. И. Основные причины несоответствия фактического уровня тепловой защиты наружных стен современных зданий нормативным требованиям / О. И. Лобов, А. И. Ананьев, А. Г. Рымаров // Промышленное и гражданское строительство. – № 11. – 2016. – С. 67–71.

УДК 624.073

ДЕРЕВОЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ, ПРЕДПОСЫЛКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ**Г.О. ЦИПАН***(Представлено: Д.Н. Лазовский, А.М. Хаткевич)*

Представлены преимущества использования деревожелезобетонных перекрытий. Рассматривается принцип совместной работы древесины и железобетона. Изложены предпосылки исследования напряженно-деформированного состояния деревожелезобетонных плит на основе математической модели.

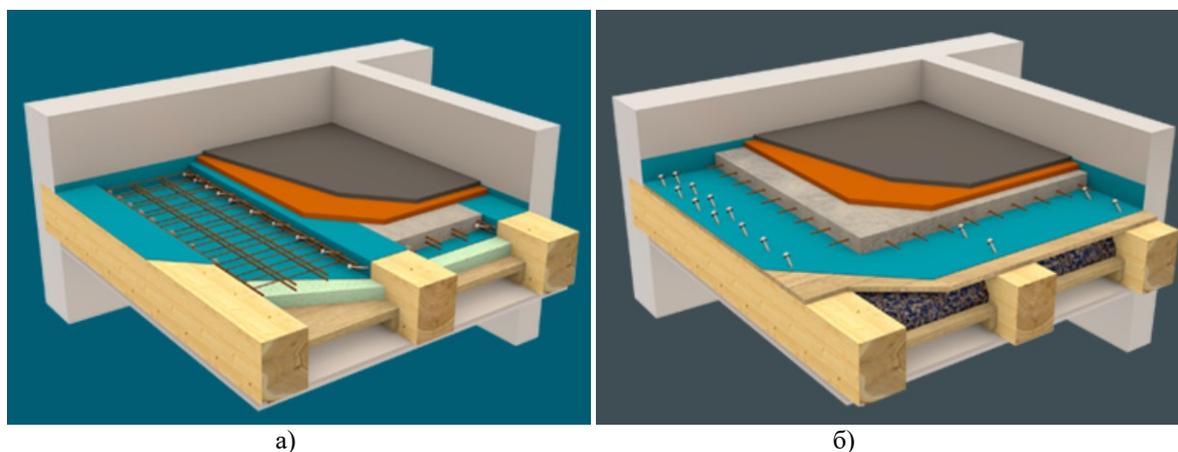
Деревожелезобетонное перекрытие – это плитная конструкция, в которой деревянные балки и/или иные плоские деревянные элементы работают совместно с монолитным железобетоном, размещенным, как правило, в сжатой зоне сечения. Такое перекрытие благодаря использованию древесины является в определенной степени энергоэффективным, позволяет создать комфортный микроклимат помещений.

Кроме того, преимуществами перекрытия такого типа является малый вес, хорошая огнестойкость, отличная звукоизоляция, низкая восприимчивость к вибрации, возможность размещения коммуникаций, возможность перекрывать пролеты до 6...8 м [1]. Древесина является возобновляемым строительным материалом, что в условиях истощения ресурсов планеты является крайне важным.

Указанные достоинства делают применение таких перекрытий привлекательным для использования в современном строительстве. В то же время практически отсутствует опыт их использования в строительной отрасли Республики Беларусь.

За рубежом такие перекрытия используются в основном при реконструкции зданий. Так, возможна модернизация междуэтажных перекрытий путем усиления существующих деревянных перекрытий, либо только балок перекрытий, увеличением сечения с устройством в сжатой зоне железобетонной плиты. Метод технологичен, имеет низкую трудоемкость, позволяет отказаться от поддерживающих лесов и подмостей при замене перекрытий, а самое необходимое – сохранить нетронутым декоративную отделку, исторические росписи потолков и стен, имеющих определенную ценность.

Однако деревожелезобетонные перекрытия можно использовать и при новом строительстве. При новом строительстве согласно [1] плиту можно изготовить в двух вариантах: с размещением железобетона поверху деревянных балок и с размещением железобетона между деревянными балками (рисунок 1).



а) на деревянных балках б) между деревянными балками
Рисунок 1. – Конструкция перекрытия

Источник: [1].

Первый вариант обладает значительно большей строительной высотой, но при этом имеет большую жесткость и пространство для размещения различных инженерных коммуникаций. Второй вариант помогает значительно экономить пространство.

В обоих вариантах необходима защита древесины от воздействия влаги в месте контакта с железобетоном. Эти места должны быть изолированы специальным гидроизоляционным материалом.

Совместная работа железобетона и древесины может быть обеспечена с помощью специальных соединительных элементов, называемых нагелями и работающими на срез. Эти сдвиговые соединители, действующие в составном сечении, предназначены для уменьшения или, в идеале, для полного предотвращения сдвиговых деформаций (рисунок 2).



Рисунок 2. – Конструкция соединителей

Источник: [1].

Степень совместной работы древесины и железобетонной части перекрытия зависит от шага и количества рядов нагелей. Данный вопрос является на сегодняшний день малоизученным, равно как и работа дерево-железобетонного перекрытия под нагрузкой. В связи с этим планируется выполнить исследование напряженно-деформированного состояния дерево-железобетонных перекрытий при действии статических нагрузок.

Чтобы избежать излишнего расхода строительных материалов при производстве плит в натуральную величину планируется провести исследование их работы на моделях с применением методов теории подобия. Как известно, применение моделирования позволяет проводить исследования в более короткие сроки, чем при анализе настоящих образцов, а в ряде случаев является единственно возможным.

Моделирование позволяет эффективно решать большое число сложных задач:

- выявить при минимальных затратах материала, трудоемкости и стоимости действительную картину распределения усилий во всех характерных сечениях и узловых сопряжениях элементов конструкций;
- произвести анализ напряженного состояния сложного сооружения взамен аналитического расчета, когда затруднительно использовать методы строительной механики и теории упругости;
- проверить правильность гипотез, положенных в основу аналитического расчета;
- уточнить расчетную схему сооружения;
- определить характер разрушения и разрушающую нагрузку;
- определить реальный запас прочности сооружения;
- установить влияние различных факторов на работу конструкции — свойств материалов, условий сопряжения, податливости основания и др. [3].

Для новых сложных и малоизученных сооружений исследование может проводиться по следующей схеме:

- математическое моделирование или исследование маломасштабной модели (в масштабе 1/10—1/20) с использованием компьютерных программ;
- исследование крупномасштабной модели (в масштабе 1/2—1/5);
- натурные испытания сооружения или его отдельных узлов и элементов с практическим использованием либо физического, либо аналогового, либо математического моделирования с применением поляризационно-оптических методов или голографических моделей.

В частности, для проведения дальнейших испытаний будет использоваться крупномасштабная модель в масштабе 1 к 5. Планируется изучение поведения модели дерево-железобетонного перекрытия под нагрузкой, характера ее разрушения и сопротивления сдвигу на стыке древесины и железобетона.

Заключение. Дерево-железобетонные перекрытия представляют собой инновационное и перспективное решение перекрытий в современном строительстве, предлагая множество преимуществ, таких как малый вес, огнестойкость и отличная звукоизоляция. Возможность их использования не только при реконструкции, но и в новом строительстве зданий подчеркивает универсальность данного решения. Ввиду отсутствия в Республике Беларусь экспериментальных исследований дерево-железобетонных перекрытий, их использование ограничено, требуется всестороннее изучение поведения под нагрузкой, изучение контактной зоны «дерево-бетон» для обоснованного назначения количества и шага соединительных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Elascor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elascor.de/holz-beton-verbund>. – Дата доступа: 01.10.2024.
2. Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой [Электронный ресурс]: Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2023. – Вып. 49 (119). Прикладные науки. Строительство. – Новополоцк, 2023.–85с.
3. Основы моделирования строительных конструкций и сооружений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studref.com/303546/stroitelstvo/osnovy_modelirovaniya_stroitelnyh_konstruktsiy_sooruzheniy. – Дата доступа: 02.10.2024.

УДК 624.073

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕКРЫТИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ
В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ****Г.О. ЦИПАН***(Представлено: Д.Н. Лазовский, А.М. Хаткевич)*

Изложены преимущества конструкций перекрытий с использованием древесины. Обсуждаются различные типы деревянных перекрытий, а также рассматриваются реальные здания, их конструктивные особенности.

Строительные технологии постоянно совершенствуются, возрастают требования к зданиям и сооружениям, а также конструкциям, из которых они возводятся. При этом во все времена было и будет актуальным создание уютных, энергоэффективных и экологически чистых зданий из таких же материалов. Материалом, отвечающим таким требованиям, является древесина.

В последние годы в строительной отрасли наблюдается растущий интерес к деревобетонным композитным конструкциям, которые объединяют уникальные свойства дерева и бетона. Эти материалы, проверенные временем, предлагают множество преимуществ, включая высокую прочность, хорошую звукоизоляцию и гибкость в планировке.

Деревобетонные перекрытия сочетают в себе свойства двух универсальных, проверенных веками, строительных материалов – древесины и бетона. Благодаря их хорошим строительным физическим свойствам, а также возможности обеспечить совместную работу в единой системе, деревобетонное строительство становится все более популярным.

Современные концепции жилья предъявляют высочайшие требования к качеству материалов и приятному микроклимату в помещении с одной стороны, и гибкости планировки, указанной проектировщиком, с другой. Деревянные перекрытия набирают всё больше популярность, так как могут перекрывать пролеты от 5 до 8 метров. Недостатком данных конструкций по экономическим причинам является необходимость создания перекрытия значительной толщины для создания требуемой жесткости и необходимого пролета [1].

Проблема плохой звукоизоляции квартир остается актуальной в современных городах. Даже в жилье бизнес-класса, мы не застрахованы от избыточного звукового давления в виде шума передвижаемых стульев, музыки соседей или лая собак.

Одним из ключевых преимуществ деревобетонных плит является их отличная звукоизоляция. Наличие воздушных прослоек в конструкции позволяет значительно снизить уровень шума, что особенно актуально для современных городских условий. Для улучшения звукоизоляции также можно применять фальшполы, что делает такие конструкции еще более эффективными.

Немаловажную роль играет, что современные плиты перекрытий с высокой степенью заводской сборки могут быть запроектированы с учетом размещения коммуникаций внутри них. Это особенно важно для многоэтажных зданий, где необходимо учесть необходимость прокладки трубопроводов, кабелей и вентиляционных систем, иных инженерных сетей. Размещение коммуникаций внутри плит не только экономит пространство, но и обеспечивает защиту от внешних воздействий, а также способствует более эстетичному внешнему виду помещений.

Известны различные виды перекрытий из древесины с применением: дерево-железобетонных плит, плит с использованием перекрестно-клееной древесины, плит из массива древесины, древесно-каркасных плит [2].

Ярким примером реализации *деревожелезобетонных плит* является здание Illwerke Zentrum Montafon (рисунок 1). Это самое большое здание в Европе с использованием деревожелезобетонных плит. Здание ломает все стереотипы о строительстве: офисное здание гидроэнергетической компании возвышается над окрестностями искусственного озера и находится в Австрии, в альпийской долине. Каждый этаж площадью более 2000 м² возводился за впечатляющие 7 дней. Офис включает в себя работающий ресторан, центр для посетителей, а также помещения для отдыха и работы.

Здание было построено как здание по системе LifeCycleTower, модульная деревянно-гибридная строительная система с высокой степенью сборки. Жесткие требования по звукоизоляции и противопожарной защите были соблюдены за счет устройства фальшполов и перфорированных листов потолка, несмотря на видимые деревянные конструкции. Особенностью здания является, что плиты опираются на клееные деревянные колонны, интегрированные в фасад, удерживаются по центральной оси стальными балками и поддерживаются стальными колоннами, заполненными бетоном. Для строительства были использованы сборные, изготовленные в заводских условиях, плиты длиной 5,4 м и 8,1 м.



Рисунок 1. – Здание Illwerke Zentrum

Источник: [2].

Плиты с применением перекрестно-клееной древесины.

В небольшом городке Линца, Германия, расположен двухэтажный детский сад. Этот проект выделяется использованием цельной древесины и перекрестно-клееной древесины (CLT) для несущих стен. Внутренние стены также выполнены из CLT. Чередование окрашенных поверхностей с фактурой неокрашенной древесины создает приятный визуальный эффект.

Плиты из массива дерева. Плиты из массива дерева характеризуются небольшой толщиной перекрытия и простыми деталями соединения. Их недостатком является большой расход цельной древесины.

В Лондоне, в районе Саутуарк, расположен ювелирный магазин Alex Monroe, который также демонстрирует уникальные решения в области деревянного строительства (рисунок 2). Магазин площадью 20 м² дополнен клиновидной трехэтажной пристройкой из массива дерева. Это здание расположено между средневековыми и современными офисными башнями, что создает интересный контраст.



Рисунок 2. – Ювелирный магазин Alex Monroe

Источник: [2].

Фасад магазина выполнен из фальцевых цинковых профилей, что помогает управлять масштабом конструкции. Архитекторы разработали вертикальную последовательность комнат вдоль винтовой лестницы из

дерева, которая служит коммуникационным пространством. Внутри здания расположены студия, конференц-зал и терраса на крыше. Дерево было выбрано как основной материал благодаря своей однородной поверхности. Использование массива позволило создать экономичную конструкцию с высокой степенью сборки, а отсутствие подвесных потолков сделало видимыми деревянные элементы конструкции.

Древесно-каркасные плиты.

Трехэтажное административное здание *Wälder Versicherung* расположено в центре Андельсбурга, Австрия (рисунок 3). Новое строение выполнено в компактной классической форме. Особое внимание было уделено конструкции перекрытия: задача заключалась в создании деревянного потолка без балок, который обеспечивал бы гибкость в планировке помещений. Хотя на верхних этажах потолок мог бы быть выполнен как бетонный плоский потолок с деревянной отделкой, это не соответствовало бы стремлению максимизировать использование древесины. В итоге было выбрано решение использовать каркасные плиты. Полые коробчатые элементы состоят из ребер, а пространство между ними частично заполнено изоляцией.



Рисунок 3. – Административное здание *Wälder Versicherung*

Источник: [2].

Рассмотренные проекты подчеркивают потенциал деревянного строительства как экологически чистого и эстетически привлекательного решения для современных зданий. Несмотря на существующие вызовы, такие как высокая стоимость древесины и необходимость соблюдения строгих норм противопожарной безопасности, деревянные конструкции продолжают развиваться и находить свое место в строительстве.

Заключение. Подводя итог, становится ясно, что деревянное строительство не только символизирует возвращение к традиционным ценностям, но и представляет собой шаг в будущее. При сознательном подходе к использованию этого ценного сырья мы можем не только обогатить строительную культуру, но и внести существенный вклад в защиту климата. Дерево, как материал, готово формировать конструкции следующего поколения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Elascaon [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elascaon.de/holz-beton-verbund>. – Дата доступа: 01.10.2024.
2. Zuschnitt Zeitschrift über Holz als Werkstoff und Werke in Holz [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.proholz.at/fileadmin/flippingbooks/zuschnitt54/files/assets/common/downloads/publication.pdf>. – Дата доступа: 05.10.2024.

ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

УДК 614.8

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Е.А. ГРОМ

(Представлено: В.В. Бердашкевич)

Представлены меры, направленные на повышение надежности распределительных газопроводов Республики Беларусь через развитие системы контроля и надзора за их техническим состоянием. Особое внимание уделяется мониторингу на этапах проектирования и строительства, который позволяет эффективно оценивать остаточный ресурс и осуществлять качественные ремонты, тем самым обеспечивая безопасность и долговечность газовых сетей.

На 2024 год общая длина распределительных сетей природного газа в Республике Беларусь составляет примерно 65,5 тыс. км, включая 35 тыс. км полиэтиленовых и 30,5 тыс. км стальных газопроводов. Эти сети ежегодно обеспечивают поставку 18-19 млрд м³ природного газа для потребителей [1]. Информация о текущем состоянии системы газоснабжения Республики Беларусь на 2024 год представлена в таблице 1.

Таблица 1. – Система газоснабжения Республики Беларусь

Название элемента	Характеристика
Уровень газификации	98%
Распределение по давлению	Общая протяженность: 65.5 тыс. км Высокое давление: 4.5% Среднее давление: 7.4 % Низкое давление: 88.1%
Газифицированные города	115 из 115
Газифицированные административные районы	118 из 118
Газифицированные поселки городского типа	85 из 85
Сельские населенные пункты	Более 3.5 тысячи
Потребители	Промышленные: 2.7 тыс. Коммунально-бытовые: более 7 тыс.
Газорегуляторный пункт (ГРП)	6 тыс.
Шкафной газорегуляторный пункт (ШРП)	4 тыс.
Газонаполнительная станция (ГНС)	8
Газопроводы сжиженных углеводородных газов (СУГ)	155 км
Резервуарные установки	308

Комплекс мероприятий, обеспечивающих безопасную эксплуатацию газораспределительной системы, охватывает мониторинг технического состояния газопроводов. В соответствии с действующими нормами промышленной безопасности в Республике Беларусь [2], требуется проводить оценку состояния трубопроводов на основании обследований. В случае выявления ненадежности трубопроводов необходимо осуществлять диагностику для определения их ресурса и сроков вывода из эксплуатации.

Было выявлено несколько ключевых методов, способствующих повышению надёжности систем газоснабжения в настоящее время. Наиболее важными из них являются следующие (таблица 2).

Таблица 2. – Способы повышения надежности и их характеристика

Способы повышения надежности	Характеристика способа
Модернизация и обновление оборудования	Использование новых материалов и технологий, которые обеспечивают большую долговечность и устойчивость к износу.
Резервирование систем	Внедрение резервных линий и оборудования, которые могут поддерживать работу системы в случае выхода из строя основной инфраструктуры.
Мониторинг и диагностика в режиме реального времени	Применение автоматизированных систем для постоянного контроля состояния трубопроводов и других элементов газоснабжения, что позволяет оперативно выявлять и устранять неисправности.
Повышение квалификации персонала	Регулярное обучение и повышение квалификации специалистов, работающих с газоснабжающими системами, для обеспечения их компетентности и способности эффективно реагировать на чрезвычайные ситуации.
Интеграция интеллектуальных систем	Использование цифровых технологий и искусственного интеллекта для оптимизации управления системами газоснабжения и предсказания возможных проблем.
Повышение уровня безопасности	Введение дополнительных мер безопасности, таких как установка газоанализаторов, систем автоматического отключения в случае утечек и других систем защиты.

Метод резервирования используется для обеспечения более высокого уровня надежности газоснабжающей системы по сравнению с надежностью её отдельных компонентов.

Существует количественная характеристика надежности работы элементов, которые проработали свыше установленного срока службы, выраженная в следующей формуле:

$$P_{\tau}(t) = 1 - F_{\tau} = P(\tau > t), \quad (1)$$

где α – параметр формы кривой распределения.

Такую вероятность можно охарактеризовать как функцию надёжности. Указанное выражение служит критерием надёжности как отдельного элемента, так и всей системы. Поскольку распределительные системы газоснабжения являются сложными техническими объектами, для оценки их безотказности применяется более сложный критерий – показатель качества функционирования. Этот показатель не только анализирует вероятность безотказной работы, но также учитывает дополнительные факторы, такие как эффективность функционирования системы, её устойчивость к внешним воздействиям и способность поддерживать необходимые эксплуатационные параметры в различных условиях. Основное различие между этими критериями заключается в том, что функция надёжности фокусируется исключительно на вероятности безотказной работы, тогда как показатель качества функционирования предоставляет комплексную оценку надёжности, эффективности и устойчивости системы в целом.

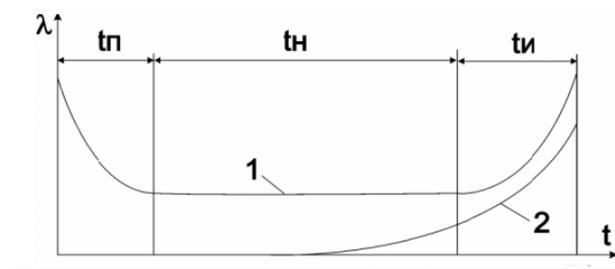
Функция надёжности и показатель качества функционирования формируют общую оценку надёжности газоснабжающих систем, однако в практических условиях также необходимо учитывать такие аспекты, как возможность ремонта. Поскольку газоснабжающие системы могут быть отремонтированы, для нашего исследования важно ввести дополнительный термин – «ремонтпригодность».

Ремонтпригодность отражает способность системы газоснабжения выявлять и устранять неисправности через техническое обслуживание и ремонт. При этом ключевым показателем этого свойства служит время восстановления отказавшего элемента, обозначаемое как P_{τ} .

В ходе нашего исследования мы выделили интенсивность отказов λ как ключевую характеристику надежности газоснабжающей системы. Эта величина количественно отражает вероятность отказа элемента, который функционировал без сбоев в течение времени t , на момент dt .

В разработке задачи оценки надежности газовой схемы первоочередным шагом является определение её надежности. Это обусловлено возможностью отказа системы газоснабжения из-за неисправностей отдельных элементов. Мы видим необходимость в прогрессе проектирования газовых систем, включая разделение схемы на секции в зависимости от надежности распределительных газопроводов.

Для более детальной оценки состояния газопровода предлагаем внедрить два метода анализа согласно рекомендациям [3]. Первый метод основан на статистических данных, второй — на оценке остаточного ресурса, определяемого по коррозионному утончению стенок и изменению механических свойств металла труб. Особое внимание уделим методу статистического анализа. Надежность объекта в эксплуатации можно проиллюстрировать графиком зависимости интенсивности отказов от времени, как показано на рисунке 1.



1 – интенсивность отказов $\lambda(t)$; 2 – кривая старения;

$t_{п}$ – период приработки; $t_{н}$ – нормальная работа; $t_{и}$ – период износа

Рисунок 1. – График типичной зависимости интенсивности отказов объекта от времени эксплуатации.
Зависимость интенсивности отказов объекта от времени эксплуатации

Функцию надёжности в моменте, принимаемом за период износа, в соответствии с распределением Вейбулла [3] можно принять в следующем виде:

$$P(t) = e^{-\lambda t^{\alpha}}, \quad (2)$$

где α – параметр формы кривой распределения.

Причём интенсивность отказов объекта в период износа мы представим следующей формулой:

$$\lambda(t) = \lambda \alpha t^{\alpha-1}, \quad (3)$$

Время продления ресурса в период износа обозначается по формуле:

$$t = (-\ln(P_{пл}) - \lambda)^{1/\alpha}, \quad (4)$$

Параметр формы кривой распределения α принимается исходя из условий эксплуатации: для межпоселковых газопроводов $\alpha = 1.1$; для газопроводов в черте населенных пунктов $\alpha = 1.2$; для газопроводов в грунтах с высокой коррозионной активностью $\alpha = 1.2$; для газопроводов в грунтах с высокой коррозионной активностью и при наличии опасного влияния блуждающих токов $\alpha = 1.3$. [3]

Показатель интенсивности отказов представляет собой скорость возникновения отказов в моменты времени его работы, то есть в виде формулы такой показатель можно отобразить следующим образом:

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n(t)}{N_p \Delta t}, \quad (5)$$

где $\Delta n(t)$ – число отказавших элементов за промежуток времени Δt ,

N_p – число работоспособных элементов на момент t .

Для учета элемента газоснабжающей системы мы включаем в расчет длину газопроводной трубы, принимая во внимание соотношение между наружным диаметром и толщиной стенки. Параметр потока отказов для газопровода можно вычислить по следующей формуле:

$$\lambda_i = k_{тр} \lambda^{тр} + k_1 \lambda^{к1} + k_2 \lambda^{к2} + k_3 \lambda^{к3} \quad (6)$$

где k_i - количество повреждений одного типа.

В результате проведенного исследования нами было отмечено, что повышение надежности распределительных газопроводов Республики Беларусь представляет собой многогранную задачу, требующую комплексного подхода. Была выявлена эффективность внедрения двух методов анализа: первый основан на статистических данных, что позволило выявить ключевые факторы, влияющие на эксплуатационные характеристики газопроводов; второй метод, связанный с оценкой остаточного ресурса труб, предоставил объективные данные о состоянии материалов, подвергшихся коррозионному утончению и изменениям механических свойств. Результаты применения данных методов показали, что использование статистического анализа в сочетании с оценкой остаточного ресурса может значительно повысить точность прогноза надежности газопроводов, а также улучшить процесс планирования технического обслуживания и ремонта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бердашкевич, В. В., Леонович И. А., Янушонок А. Н. Разработка методов оценки долговечности распределительных газопроводов // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – Москва, 2023. – № 6(138). – С. 85-95.
2. Об утверждении Правил по обеспечению промышленной безопасности в области газоснабжения : постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 5 декабря 2022 г. № 6. – Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=W22339537p>. – Дата доступа: 02.10.2024.
3. Абразовский А.А., Савастийёнок А.Я., Гориченко С.Ф. Оценка технического состояния распределительного стального подземного газопровода по статистическим данным // Энергетика Беларуси. – 2023: сб. мат. Республиканской научно-практической конференции, г.Минск, 25-26 мая 2023 г. – Минск: Белорусс. нац. техн. ун-т, 2023. – С.138-141.

УДК 622.691.4.07

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Е.А. ГРОМ

(Представлено: В.В. Бердашкевич)

В статье представлен анализ технического состояния распределительных газопроводов Республики Беларусь, отмечены признаки аварийности. Подчеркивается важность мониторинга надёжности трубопроводов на этапах проектирования и строительства. Цель работы – оценка текущего состояния газопроводов. Исследование показало, что газопроводы в благоприятных условиях демонстрируют стабильные технические характеристики, что позволяет обоснованно продлевать их срок эксплуатации.

На 2024 год общая длина распределительных сетей природного газа в Республике Беларусь составляет около 65,5 тыс.км, из которых 35 тыс.км – полиэтиленовые и 30,5 тыс.км – стальные газопроводы. Ежегодно эти сети поставляют 18-19 млрд м³ газа потребителям [1].

Газификация Республики Беларусь осуществляется с 6 ноября 1958 года. На текущий момент, в Республике Беларусь эксплуатируется с превышением ранее применявшегося 40-летнего нормативного срока службы около 20% стальных газопроводов. Однако признаки старения трубного металла, выражающиеся в снижении физико-химических свойств или деградации внутренней структуры, в газораспределительной системе не обнаружены [2]. В настоящий момент возрастной фактор не является значимым, что подтверждается отсутствием аварий, связанных с деградацией свойств металла. Максимальный возраст распределительных газопроводов достигает 66 лет. В течение 15 лет доля трубопроводов старше 40 лет превысит 50%, а старше 60 лет – 15%. Распределение газопроводов по протяженности и сроку эксплуатации [3] представлено в таблице 1.

Таблица 1. – Распределение протяженности распределительных трубопроводов Республики Беларусь по времени эксплуатации

Длительность в эксплуатации	Протяженность, км	% (от всей протяженности распределительных сетей природного газа Республики Беларусь)
До 10 лет	11 801	18
От 10 до 20 лет	25 509	39
От 20 до 30 лет	14 436	22
Старше 30 лет	13 754	21

В то же время, при проведении анализа технического состояния сетевых трубопроводов по различным параметрам, в частности по состоянию изоляционного покрытия, картина оказывается менее благополучной. Начиная с 2003 года, при строительстве стальных подземных газопроводов стали использовать изоляционные покрытия, основанные на экструдированном полиэтилене и термоусаживающихся лентах. Однако доля таких современных покрытий в общем объёме не превышает 10% [4]. Остальная часть трубопроводов по-прежнему защищена устаревшими битумно-мастичными и битумно-ленточными композициями, срок эффективной эксплуатации которых, как правило, не превышает 15 лет. В работах [4, 5] проведен анализ статистических данных обследования, охватывающего период с 2009 по 2023 год, в рамках которого было исследовано 98,36 тыс. км распределительных газопроводов Республики Беларусь. В результате анализа выявлено 55,66 тыс. дефектов изоляционного покрытия различных типов. Средний уровень повреждаемости изоляции стальных подземных газопроводов составляет 0,55 дефекта на километр в год, а для газопроводов, срок службы которых превышает 40 лет, этот показатель возрастает до 0,73 дефекта на километр в год. Важно отметить, что наличие дефектов в изоляции не означает полную потерю работоспособности (отказ) газопровода; речь идет о локальной потере работоспособности вспомогательного элемента, что, в свою очередь, снижает эксплуатационно-технические характеристики всего газопровода [6].

В статье [5] подробно рассматривается техническое состояние распределительных газопроводов в Республике Беларусь, с акцентом на изоляционные покрытия. В ней обсуждаются различные типы покрытий, используемых в стране, включая традиционные битумные мастики и более современные материалы, такие как экструдированный полиэтилен и термоусаживающиеся ленты.

Также был проведен анализ плотности дефектов и повреждаемости для каждого из типов покрытий. Результаты многолетнего мониторинга показывают, что процесс образования дефектов в изоляции протекает с низкой интенсивностью, даже в газопроводах с длительным сроком эксплуатации. Эти данные стали основанием для пересмотра нормативного срока службы стальных газопроводов, увеличив его с 40 лет.

В заключении авторы отмечают, что термоусаживающиеся ленты демонстрируют превосходные изоляционные свойства по сравнению с другими материалами. Кроме того, были выявлены характерные дефекты битумных мастик, которые могут служить индикатором процесса старения изоляции.

Комплекс мер, предназначенных для обеспечения безопасной эксплуатации газораспределительной системы, представляет собой многоступенчатую стратегию, которая включает в себя регулярный контроль и мониторинг технического состояния газопроводов. Это ключевое направление работы, иллюстрированное на рисунке 1, где показаны основные элементы, необходимые для оценки надежности газораспределительных сетей.

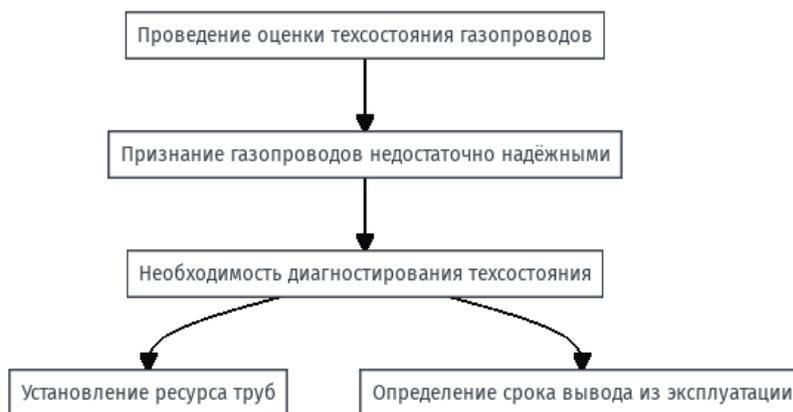


Рисунок. – Контроль технического состояния газопроводной системы Республики Беларусь

Согласно действующим правилам промышленной безопасности, установленным в Республике Беларусь [7], проведение оценки состояния трубопроводов является обязательным. Эта оценка должна основываться на систематических обследованиях, которые помогут выявить потенциальные проблемы и определить текущее состояние инфраструктуры. В случае, если трубопроводы будут признаны ненадежными, необходимо незамедлительно провести дальнейшую диагностику. Эта диагностика позволит более точно определить ресурс, оставшийся до необходимости замены или капитального ремонта, а также установить сроки, в течение которых данные трубы могут продолжать эксплуатироваться.

Таким образом, соблюдение мер не только способствует предотвращению аварийных ситуаций и утечек газа, но и обеспечивает безопасность граждан, работающих в данной сфере, а также охрану окружающей среды. Важно отметить, что комплексный подход в обследовании и диагностике газораспределительных систем является залогом их надежности и долговечности, что в конечном итоге способствует стабильной работе всей газовой инфраструктуры страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бердашкевич, В. В., Леонович И. А., Янушонок А. Н. Разработка методов оценки долговечности распределительных газопроводов // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – М., 2023. – № 6(138). – С. 85-95.
2. Андриевский А.П. О возможности продления срока службы труб распределительных газопроводов с учетом изменений их структуры и основных механических свойств / Андриевский А.П., Штемпель О.П., Янушонок А.Н., Чухнов А.А. // Энергетическая стратегия. – Минск, 2022. – №4. – С. 32 – 35.
3. Программа комплексной модернизации производств газовой сферы на 2021-2025 годы: постановление Министерства энергетики Республики Беларусь от 31 декабря 2020 года №48. – Министерство энергетики Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.by/press/glavnye-novosti/utverzhdjena-programma-kompleksnoy-modernizatsii-proizvodstv-gazovoy-sfery-na-2021-2025-gg>. – Дата доступа: 02.10.2024.
4. Струцкий, Н. В., Романюк, В. Н. Некоторые вопросы обеспечения полноты и достоверности эксплуатационных данных, получаемых в ходе приборного обследования стальных подземных газопроводов // НАУКА и ТЕХНИКА. – Минск, 2024. – № 23(1). – С. 58-66.
5. Романюк, В. Н., Струцкий, Н. В. Применяемые изоляционные покрытия распределительных газопроводов в Республике Беларусь и их характеристика // НАУКА и ТЕХНИКА. – Минск, 2023. – № 22(4). – С. 308-316.
6. Романюк, В. Н., Струцкий, Н. В. Оценка общего уровня повреждаемости изоляционных покрытий стальных подземных распределительных газопроводов // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – Новополоцк, 2022. – № 14. – С. 71-77.
7. Об утверждении Правил по обеспечению промышленной безопасности в области газоснабжения: постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 5 декабря 2022 г. № 6. – Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=W22339537p>. – Дата доступа: 02.10.2024.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОДЕЗИЯ

<i>Скакун В.А., Горовец В.В.</i> Применение беспилотных летательных аппаратов в современных геодезических исследованиях	3
<i>Скакун В.А., Горовец В.В.</i> Фотограмметрические методы в цифровом моделировании: практические аспекты и результаты	6
<i>Стегайёва В.С.</i> Исследование эксцентриситета алидады электронных тахеометров	9
<i>Стегайёва В.С.</i> Исследование правильности расчётов обратной линейно-угловой засечки на тахеометре Trimble M3 и в программном комплексе Credo Dat 3.0	12
<i>Шкут Д.В.</i> Альтернативные методы трансформирования систем координат	15

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА. ДИЗАЙН

<i>Афнагель В.В.</i> Остановка общественного транспорта. из прошлого в настоящее	17
<i>Батенкова А.В., Коришун А.А., Милочкина А.Д., Никонова А.А., Малевич А.Н.</i> К вопросу регулирования тепловой нагрузки горячего водоснабжения в закрытых системах теплоснабжения при одноступенчатой параллельной схеме подключения водоподогревателей	19
<i>Белоусов А.В., Журавский Н.С.</i> Разработка глубинного датчика из переработанных ПЭТ бутылок	22
<i>Белоусов А.В., Журавский Н.С.</i> Определение нагрузки разработанной системой мониторинга с глубинным датчиком из переработанных ПЭТ бутылок	24
<i>Белоусов А.В., Журавский Н.С.</i> Определение деформаций разработанной системой мониторинга с глубинным датчиком из переработанных ПЭТ бутылок	26
<i>Белоусов А.В., Журавский Н.С.</i> Проект производственно-лабораторного корпуса по выпуску систем мониторинга и глубинных датчиков из переработанных ПЭТ бутылок	28
<i>Бокач С.С., Петровская Е.В.</i> Перспективы «зеленого» строительства в Беларуси	30
<i>Бокач С.С., Петровская Е.В.</i> Проекты «зеленого» строительства в Беларуси	32
<i>Данская П.Н.</i> Топологическое описание геометрического очертания плоских ферм в пакете компьютерной математики MathCAD	34
<i>Данская П.Н.</i> Расчет плоских ферм в пакете компьютерной математики MathCAD	37
<i>Кленович А.А., Малец С.А., Молоткова Ю.И.</i> Сравнительная оценка аэрационного оборудования на напорных станциях водоподготовки для малых населенных пунктов	40
<i>Клименок Ю.И.</i> Из настоящего в будущее. остановка общественного транспорта	44
<i>Афнагель В.В., Клименок Ю.И.</i> Остановки общественного транспорта. Проблемы и перспективы	47
<i>Кондыбайло Е.А., Власов Е.С., Василенко А.С.</i> Определение физико-механических характеристик ПВХ шпунта, выполненного из вторичного сырья при испытании образцов шпунта на разрыв	50
<i>Кондыбайло Е.А., Власов Е.С., Василенко А.С.</i> Анизотропия прочностных свойств озерно-ледниковых отложений и методы ее определения	53
<i>Могиленко В.А.</i> Энергоэффективные поквартирные системы вентиляции многоэтажных жилых зданий	56
<i>Поливко В.И., Мороз Р.Ю., Любинская А.А.</i> Виды и требования к смазкам для форм железобетонных изделий	60
<i>Поливко В.И., Мороз Р.Ю., Любинская А.А.</i> Влияние пластифицирующих добавок и промышленных смазок на качество поверхности плит безопалубочного формования	64
<i>Поправко С.А., Рзаева Э.Э.К.</i> Особенности формирования комфортной входной группы в многоквартирных домах в различных странах	68
<i>Поправко С.А., Рзаева Э.Э.К.</i> Архитектурно-композиционные приемы формирования входных групп в многоквартирных жилых домах	73
<i>Поправко С.А., Рзаева Э.Э.К.</i> Проблемы и тенденции формирования входных групп в современных многоквартирных жилых домах Беларуси и России	77
<i>Похалёнок Д.О., Рыбакова К.В., Макридина Х.И.</i> Социальная значимость и перспективы развития универсального дизайна в здании бывшего полоцкого коллегиума	81
<i>Рацинский Н.В.</i> Улучшение городской инфраструктуры путем разработки линейных общественных пространств	83

Ращинский Н.В. Улучшение качества городской среды путем создания локальных общественных пространств	86
Ращинский Н.В. Разработка проекта интерьера общественного здания в соответствии с принципами универсального дизайна	89
Тонковид Р.О., Филипович И.А. Нормативные методы расчёта приведённого сопротивления теплопередаче непрозрачных наружных ограждающих конструкций и их недостатки	91
Ципан Г.О. Деревожелезобетонные перекрытия, предпосылки моделирования	95
Ципан Г.О. Опыт применения перекрытий из древесины в современном строительстве	97

ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

Гром Е.А. Способы повышения надежности распределительных газопроводов Республики Беларусь	100
Гром Е.А. Анализ технического состояния системы распределительных газопроводов Республики Беларусь	103