

*На правах рукописи*

**Новицкая Елена Ивановна**

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ  
УСТРОЙСТВА ВНУТРЕННЕГО ВЕНТИЛИРУЕМОГО  
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО КОНТУРА  
ДЛЯ ВАННЫХ ЗАЛОВ БАССЕЙНОВ**

05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Макеевка – 2021

Работа выполнена на кафедре технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка.

**Научный  
руководитель:**

**Мазур Виктория Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**Официальные  
оппоненты:**

**Ведущая  
организация:**

Защита состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 года в \_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета Д 01.006.02 при ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» по адресу: 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2, 1-й учебный корпус, зал заседаний ученого совета. Тел. факс: +38(062)343-70-33, e-mail: d01.006.02@donnasa.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» по адресу: 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2, (<http://donnasa.ru>).

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
Д 01.006.02

Лахтарина Сергей Викторович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Постоянный рост эксплуатационных расходов на содержание зданий крытых бассейнов, связанный со специальными требованиями, в том числе и к микроклимату, определяет создание и внедрение новых энергосберегающих конструктивных решений ограждающих конструкций. Обеспечение энергетической эффективности зданий крытых бассейнов требует разработки ограждающих конструкций, характеризующихся высоким коэффициентом термического сопротивления. Несоответствие ограждающих конструкций зданий крытых бассейнов теплотехническим требованиям приводит к тому, что удельные затраты энергетических ресурсов увеличиваются, так как основные тепловые потери происходят через ограждающие конструкции.

Существующие в настоящее время конструктивные решения по утеплению зданий крытых бассейнов представляют собой фасадные системы с устройством внешней теплоизоляционной оболочки здания. Несмотря на множество положительных качеств подобных конструкций, они не обеспечивают защиту от постоянного увлажнения и воздействия внутренней агрессивной среды помещений бассейнов на ограждающие конструкции. Повышенная влажность воздуха и накопление влаги в ограждающих конструкциях снижает их теплозащитные свойства, вызывает коррозию металлических изделий и конструкций, снижает прочностные характеристики, оказывая негативное воздействие в процессе эксплуатации.

Устройство внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура позволяет защитить ограждающие стеновые и кровельные конструкции от влияния повышенной влажности, поступающей из помещения ванного зала, а также снижает расход электроэнергии на поддержание требуемых комфортных условий в помещении ванных залов бассейнов.

Поэтому изучение и разработка эффективного конструктивного решения ограждающих конструкций для помещения ванного зала с использованием энергосберегающих архитектурно-конструктивных решений с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура является актуальной задачей.

### **Степень разработанности темы диссертации.**

Проектированием ограждающих конструкций и исследованием теплозащиты зданий, а также разработкой методов определения влажностного состояния ограждающих конструкций занимались Т.С. Роджерс, К.Ф. Фокин, Ф.В. Ушков, П. Сормунен, В.Н. Богословский, А.С. Горшков, В.Г. Гагарин, В.В. Козлов, Н.И. Ватин, В.Н. Куприянов, А.Г. Перехоженцев, А.С. Петров, К.А. Дмитриев, В.М. Ильинский, А.Д. Кривошеин, Г.А. Пахотин, С.Н. Апатин, Д.В. Крайнов, А.М. Шкловер, С.В. Корниенко, Н. Klopfer, Н.М. Kunzel, К. Sedlbauer и др. Микроклимат и конструктивные решения плавательных бассейнов исследовали ученые А.Н. Малахова, А.О. Мирам, Ю.В. Белов, А.Г. Рымаров, В.В. Смирнов, В.И. Бодров. Моделированием ветровых воздействий на здания и сооружения занимались S. Murakami, A. Moshida,

Y. Tominaga, T. Shirasawa, C. Hirsch, Е.В. Горохов, В.Ф. Мущанов, В.Н. Васылев, Э.А. Лозинский и др. Все исследования выполнены исключительно для традиционных конструктивных решений стеновых ограждающих конструкций с наружным утеплением. В то же время ограждающие конструкции с устройством внутреннего теплоизоляционного контура с вентилируемой воздушной прослойкой для ванных залов бассейнов являются не изученными.

В настоящее время степень разработки конструктивных решений с теплопароизоляцией, расположенной внутри здания с повышенной влажностью, изучена недостаточно, что связано, в том числе и с отсутствием научно обоснованных решений и рекомендаций по их проектированию.

#### **Связь работы с научными программами, планами, темами.**

Основные исследования теоретического и прикладного характера выполнены в рамках кафедральных научно-исследовательских работ:

1. К2-13-16 «Инновационные энергоресурсосберегающие организационно-технологические процессы возведения и реконструкции зданий и сооружений» (гос. регистр. № 0117D000268).

2. К2-13-21 «Развитие конструктивных систем и организационно-технологических процессов для зданий и сооружений на этапах жизненного цикла» (гос. регистр. № 0121D000089).

**Целью исследования** является повышение эксплуатационной эффективности ванных залов бассейнов и защита их ограждающих конструкций от внутренней агрессивной среды за счет устройства внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура в помещении вального зала.

#### **Задачи исследования:**

1. Проанализировать существующие архитектурно-конструктивные и объемно-планировочные решения зданий крытых бассейнов с учетом требований эксплуатации.

2. Разработать новое конструктивное решение ограждающих конструкций для ванных залов бассейнов с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура для повышения эксплуатационной эффективности и защиты ограждающих конструкций от внутренней агрессивной среды.

3. Выполнить численные исследования движения воздушного потока в прослойке внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура ванных залов бассейнов в программном комплексе для определения закономерностей изменения скорости воздушного потока в вентилируемой прослойке от ее толщины и площади вентиляционных отверстий.

4. Выполнить экспериментальные исследования в аэродинамической трубе с разной компоновкой блоков здания бассейнов для определения их рационального расположения с учетом устройства внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура в вальном зале.

#### **Объект исследования.**

Внутренний вентилируемый теплоизоляционный контур ванных залов бассейнов.

### **Предмет исследования.**

Процессы и явления, определяющие закономерности движения воздушного потока во внутреннем вентилируемом теплоизоляционном контуре, обеспечивающем эксплуатационную эффективность ванных залов бассейнов и защиту ограждающих конструкций здания бассейнов от внутренней агрессивной среды.

### **Научная новизна работы заключается в следующем:**

1. Впервые разработано конструктивное решение ограждающих конструкций с внутренним вентилируемым теплоизоляционным контуром в помещении вального зала бассейна для повышения эксплуатационной эффективности и защиты ограждающих конструкций от внутренней агрессивной среды.
2. Получены аналитические модели, позволяющие определить необходимую скорость воздушного потока в вентилируемой прослойке изменением толщины воздушной прослойки и площади вентиляционных отверстий.
3. Предложена рациональная компоновка блоков зданий крытых бассейнов с учетом устройства внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура в помещении вального зала бассейна.

### **Теоретическая и практическая значимость работы:**

- разработано новое конструктивное решение ограждающих конструкций для ванных залов бассейнов с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура для повышения эксплуатационной эффективности и защиты ограждающих конструкций от внутренней агрессивной среды;
- получены уравнения регрессии для прогнозирования скорости воздушного потока в вентилируемой прослойке внутреннего теплоизоляционного контура с учетом площади вентиляционных отверстий и толщины вентилируемой прослойки;
- исследованы скорости воздушного потока в вентилируемой прослойке в зависимости от компоновки блоков зданий крытых бассейнов с использованием конструктивного решения ограждающих конструкций с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура для определения рациональной архитектурно-конструктивной формы здания крытых бассейнов.
- разработаны методические рекомендации по применению конструктивных решений ограждающих конструкций с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура для ванных залов бассейнов.

### **Методология и методы исследования.**

В работе использовались теоретические, аналитические и экспериментальные методы исследования. Выполнено численное исследование ветрового воздействия на ограждающие конструкции здания крытого бассейна в программном комплексе SOLIDWORKS с использованием модуля Flow Simulation. Для обработки и анализа результатов экспериментальных исследований использованы методы математической статистики. Выполнен анализ экспериментальных методов исследования ветрового давления при

испытаниях в аэродинамической трубе. Составлен план и общая методика проведения экспериментального исследования в метеорологической аэродинамической трубе МАТ-1 ГОУ ВПО «ДОННАСА» с применением дренажного масштабного эксперимента. Экспериментальные методы использованы для сопоставления со значениями, полученными в результате численного исследования скорости воздушного потока в прослойке внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура ванных залов бассейнов. Автоматизированная обработка полученных результатов в метеорологической аэродинамической трубе МАТ-1 ГОУ ВПО «ДОННАСА» выполнена в программном пакете Microsoft office Excel.

#### **Положения, выносимые на защиту.**

1. Рекомендации по устройству внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура при строительстве и реконструкции зданий крытых бассейнов.
2. Результаты численных исследований ограждающих конструкций с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура и регрессионной модели.
3. Экспериментальные данные влияния компоновки блоков зданий крытых бассейнов с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура на скорость движения воздушного потока в прослойке.

**Личный вклад соискателя** заключается в изготовлении физической модели, подготовке и выполнении экспериментальных исследований, а также численных исследований, обработке и оценке полученных опытных данных. Отдельные составляющие теоретических, численных и экспериментальных исследований, а также внедрение результатов диссертационной работы выполнены с соавторами научных работ, приведенных в списке публикаций.

**Степень достоверности и апробация результатов** подтверждена данными экспериментальных исследований, сравнением полученных значений в метеорологической аэродинамической трубе МАТ-1 ГОУ ВПО «ДОННАСА» с результатами численного эксперимента. Полученные значения обеспечиваются хорошей сходимостью результатов численных расчетов и экспериментальных данных. Исследования выполнены с использованием пакетов прикладных программ и сертифицированного измерительного оборудования.

**Апробация результатов диссертационной работы.** Основные результаты исследований докладывались и обсуждались на ежегодных научно-технических конференциях молодых ученых, аспирантов, студентов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка (2018 - 2021 г.г.); на международных академических чтениях «Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения» г. Курск, 2018, 2020 г.г.; на Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» в Тульском государственном университете, г. Тула, 2018 г.; на Международной научно-

практической конференции «Инвестиции, градостроительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения» в Томском государственном архитектурно-строительном университете (ТГАСУ), г. Томск, в период с 2018 по 2020 гг.; на Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова «Наукоемкие технологии и инновации» (XXIII научные чтения) в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова, г. Белгород, 2019 г.; за работу «Внутренний теплоизоляционный контур для зданий крытых бассейнов» на конкурсе среди молодых специалистов, аспирантов и студентов Государственного бюджетного учреждения города Москвы «Центр экспертизы, исследований и испытаний в строительстве» автор в 2019 г. награжден почетной грамотой.

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликованы самостоятельно и в соавторстве 15 научных публикаций, в том числе 5 публикаций - в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень специализированных журналов, утвержденных ВАК МОН ДНР, 10 – публикаций по материалам научных конференций.

Общий объем публикаций – 7,57 п.л., из которых 3,78 п.л. принадлежит лично автору.

**Объем и структура диссертации.** Диссертации состоит из введения, пяти разделов, выводов, списка использованных источников и приложений. Общий объем работы составляет 179 страниц, в том числе 116 страниц основного текста, 17 полных страниц с рисунками и таблицами, 23 страницы списка источников, 22 страницы приложений.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

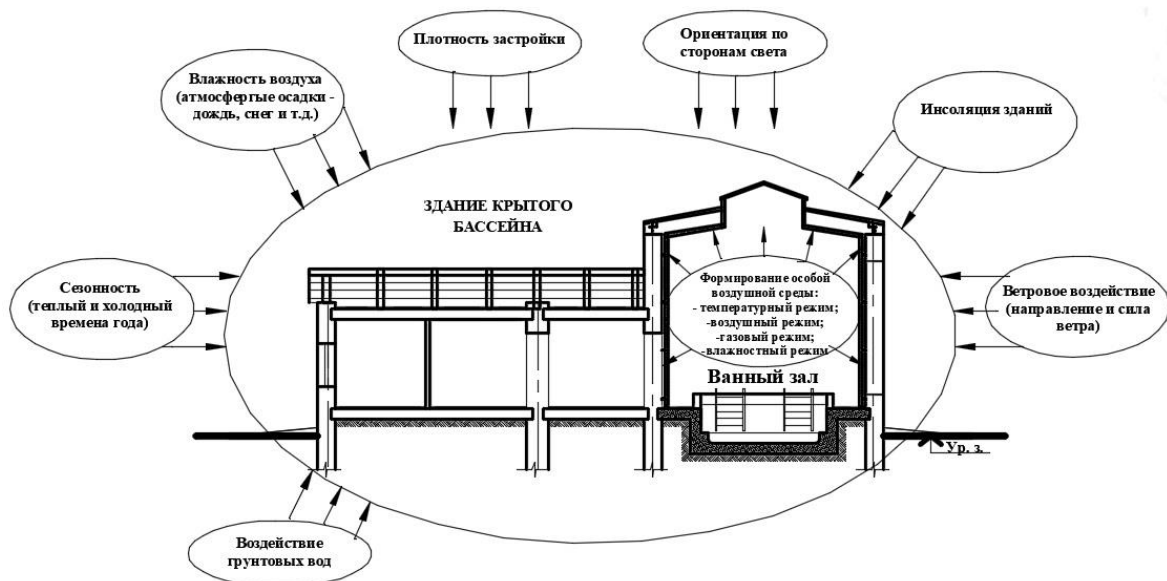
**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационного исследования, приведены основные научные результаты, показано их практическое значение и область реализации.

**В первом разделе** рассмотрено современное состояние вопроса по теме архитектурно-конструктивных решений зданий крытых бассейнов, а именно: проанализированы существующие конструктивные решения зданий крытых бассейнов; предложена классификация ограждающих конструкций зданий крытых бассейнов; установлены особенности эксплуатации зданий крытых бассейнов и основные контролируемые параметры во время эксплуатации бассейнов, а также выявлены факторы, влияющие на эксплуатационные характеристики ограждающих конструкций зданий крытых бассейнов. Все факторы, влияющие на эксплуатационные характеристики ограждающих конструкций, классифицированы на внешние и внутренние (рисунок 1).

К основным внешним факторам отнесены: ветровое воздействие, сезонность и температура окружающей среды, инсоляция зданий, плотность застройки, ориентация по сторонам света, влажность наружного воздуха, ветровое воздействие и воздействие грунтовых вод.

К внутренним факторам отнесены режимы, формирующие особую среду в помещении бассейнов, а именно: воздушный (воздухообмен в помещении

бассейна), тепловой (температура воды и воздуха), влажностный (относительная влажность воздуха) и газовый (взаимодействие хлора с водой) режимы. При влажностном и газовом режиме водяной пар совместно с парами соляной кислоты в большой концентрации агрессивных веществ проникают в ограждающие конструкции, тем самым интенсифицируют коррозию строительных конструкций. За счет увеличения воздухообмена в помещении бассейна можно снизить повышенную влажность воздуха, однако дополнительные мероприятия ведут к увеличению количества испаряющейся воды из чаши бассейна, и как следствие, к дополнительным энергозатратам на поддержание соответствующего теплового режима.



**Рисунок 1** – Основные факторы, влияющие на эксплуатационные характеристики ограждающих конструкций зданий крытых бассейнов.

Устройство внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура (ВВТК) позволяет изолировать конструкции от агрессивного влияния воздушной среды в помещении бассейнов, увеличивает теплозащитные свойства. Кроме того, за счет увеличения теплозащитных свойств ограждающих конструкций с устройством ВВТК достигается экономия энергоресурсов и материальных затрат на поддержание требуемого микроклимата.

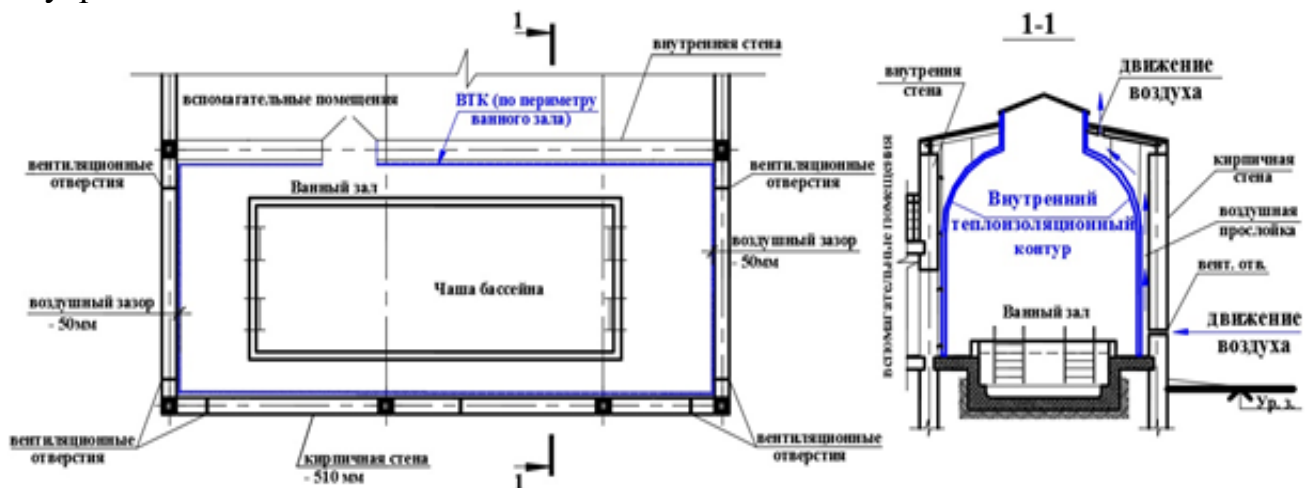
Установлена актуальность проблемы и определена целесообразность формирования нового конструктивного решения ограждающей конструкции с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура для ванных залов с целью обосновать характеристики экономической и энергетической эффективности.

**Во втором разделе** разработано конструктивное решение ограждающей конструкции с устройством внутреннего теплоизоляционного контура с вентилируемой воздушной прослойкой для ванных залов бассейнов. Устройство вентилируемой воздушной прослойки позволит ограждающей конструкции обеспечить равновесную влажность с окружающей средой в весенне-летний

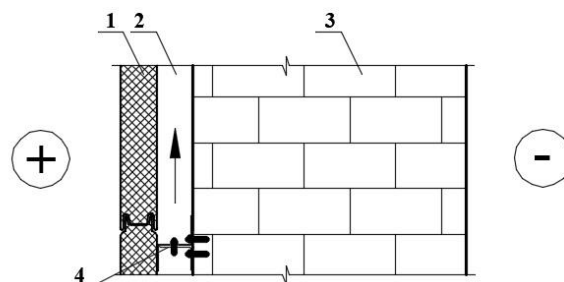


период. Общая схема конструктивного решения ограждающей конструкции приведена на рисунке 2.

За основу формообразования разработанного конструктивного решения ограждающей конструкции для помещения ванного зала зданий крытых бассейнов принят принцип расположения слоев с учетом диффузии парообразной влаги. Внутренний вентилируемый теплоизоляционный контур (ВВТК) представляет собой многослойную конструкцию, расположенную с внутренней стороны несущей стены здания и состоящую из слоя пароизоляционного материала с теплоизоляционным слоем (внутренний теплоизоляционный контур) и несущей конструкции (в работе рассмотрена кирпичная стена). Внутренний теплоизоляционный контур прикреплен к несущей стене так, что между теплоизоляционным контуром и стеной образовывается воздушная вентилируемая прослойка (рисунок 3). Такая система одновременно с утеплением обеспечивает разделение наружной защитной и внутренней изоляционной оболочек.



**Рисунок 2** - Схема устройства внутреннего теплоизоляционного контура с вентилируемой воздушной прослойкой для помещения ванного зала зданий крытых бассейнов.



- 1 - внутренний теплоизоляционный контур;
- 2 - вентилируемая воздушная прослойка;
- 3 - кирпичная стена
- 4 - направляющий профиль

**Рисунок 3** - Конструктивное решение ограждающей конструкции с внутренним теплоизоляционным контуром и вентилируемой воздушной прослойкой.

Особенностью конструктивного решения ограждающей конструкции с устройством ВВТК является создание верхнего естественного освещения с помощью зенитных фонарей, которые одновременно выполняют функции дымоудаления и вентиляции.

Внутренний вентилируемый теплоизоляционный контур выполняется прямоугольной или арочной формы. В работе исследуется прямоугольная форма внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура, однако установлено, что арочная форма ВВТК является предпочтительным вариантом, позволяющим дополнительно сократить теплопотери до 30 % по сравнению с прямоугольной формой внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура.

Для внутреннего теплоизоляционного контура предлагается использовать сэндвич-панель, которая состоит из металлической обкладки с двух сторон и внутри эффективного теплоизоляционного слоя (наполнителем IPN Kingspan). Утеплитель IPN (изофеник) соответствует требованиям пожарной безопасности и санитарно-гигиеническим условиям для зданий крытых бассейнов. Так как металл является паронепроницаемым материалом, предполагается, что использование внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура позволяет сократить теплопотери через ограждающие конструкции, защищает несущие и ограждающие конструкции от неблагоприятного влияния повышенной влаги внутри ванного зала, а также выполняет архитектурно-эстетическую роль.

Выполнена вариантная проработка конструктивного решения ограждающей конструкции с внутренним утеплением для формирования и формообразования конструктивного решения ограждающей конструкции с устройством внутреннего теплоизоляционного контура с вентилируемой воздушной прослойкой.

Для оценки эффективности применения конструктивного решения с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура посчитаны технико-экономические показатели двух вариантов для проекта массовой застройки на примере ТП 294-3-56.90 с длиной бассейна 25 м: вариант устройства ВВТК и традиционный вариант с устройством штукатурного фасада с теплоизоляционным слоем по типу «мокрый фасад» (таблица 1).

Установлено, что сравнение стоимости вентиляционных установок показывает разницу в 707 000 руб. Сравнение стоимости отопительных установок показывает разницу – 27 588 руб. Установлено, что устройство внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура приводит к единовременному увеличению сметной стоимости строительства на 23 %, но они окупаются в течение 5,5 лет эксплуатации, так как потребляемые мощности вентиляционной установки и системы отопления для варианта с устройством ВВТК меньше на 15 % и 14% в сравнении с традиционным конструктивным решением ограждающих конструкций.

Выполнен теплотехнический и тепловлажностный расчеты для конструктивного решения с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура. Расчет определения влажностного состояния

ограждающей конструкции показал, что внутри стеновой конструкции с устройством ВВТК образуется конденсация пара. Для зоны конденсации выполнен расчет баланса влаги. Установлено, что для данной конструкции наружной стены с устройством ВВТК процесс конденсации водяного пара происходит на протяжении трех месяцев: декабрь, январь, февраль. В другие месяцы происходит процесс испарения сконденсировавшейся влаги. При этом установлено, что за первые три месяца после окончания процесса конденсации (март, апрель, май) испаряется вся влага, сконденсировавшаяся за три зимних месяца.

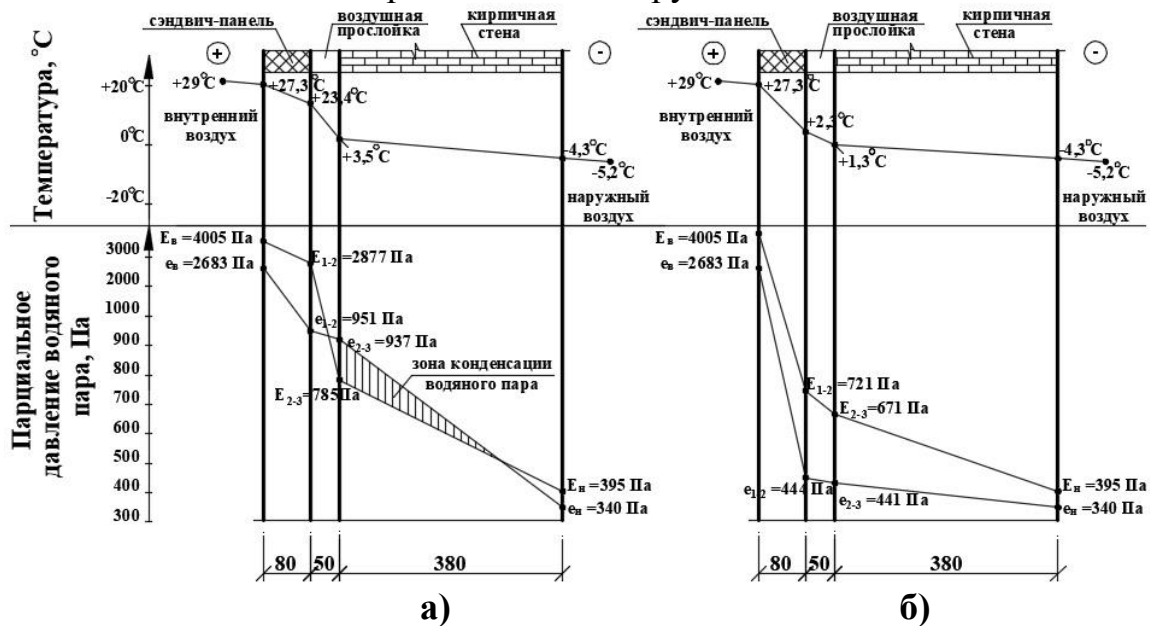
**Таблица 1. Техничко-экономические показатели**

Наименование показателя	Традиционный (штукатурный) вариант	Вариант ВВТК
Толщина утеплителя для стен	120 мм (минеральная вата)	50 мм (IPN Kingspan)
Толщина утеплителя для кровли	250 мм (минеральная вата)	100 мм (IPN Kingspan)
Сметная стоимость строительства ванного зала*	6 310 390 руб.	8 251 207 руб.
Мощность системы вентиляции	40,3 кВт/ч	34,1 кВт/ч
Стоимость системы вентиляции	6 697 800 руб.	5 999 800 руб.
Требуемая мощность системы отопления	77,2 кВт/ч	65,7 кВт/ч
Стоимость системы отопления	67 633 руб.	40 045 руб.
Снижение затрат на вентиляцию ванного зала в год	-	106 060 руб. в год.
Снижение затрат на отопление ванного зала	-	274 432 руб. в год.

\* - только для помещения ванного зала, при новом строительстве.

Для ограждающей конструкции с устройством ВВТК характерен процесс конденсации водяного пара в зимнее время. Зона конденсации образуется в стыках соединения сэндвич-панелей. Для удаления конденсации пара внутри стеновой конструкции запроектирована вентилируемая воздушная прослойка с вентиляционными отверстиями в кирпичной стене. В вентиляционных отверстиях предусмотрены шиберные задвижки для регулирования воздушного потока в холодный период года. Изменение положения шибера позволяет увеличивать или уменьшать вентиляционное отверстие, усиливая или ослабляя воздушный поток. Таким образом, воздушная прослойка с небольшими вентиляционными отверстиями рассматривается в качестве невентилируемой воздушной прослойки, так как вентиляционные отверстия не превышают 500 мм<sup>2</sup>. Влияние шиберной задвижки на температурно-влажностный расчет в результате получения замкнутой воздушной прослойки показано на рисунке 4 (б). С использованием шиберной задвижки конденсат удаляется в весенне-летний период.

Аналогичные вентиляционные отверстия для выхода воздушного потока из вентилируемой прослойки расположены в конструкции кровли. Для создания движения воздушного потока в прослойке при любых погодных и климатических условиях предусмотрен кровельный аэратор для эффективного удаления излишек влаги из кровельной конструкции.



**Рисунок 4** - Температурно-влажностный расчет конструктивного решения ограждающих конструкций для помещения ванного зала:

- а) вариант с устройством ВВТК до применения шибера;
- б) вариант с устройством ВВТК с применением шибера.

**В третьем разделе** рассмотрены основные методы научных исследований. Для решения сложных задач аэродинамических процессов принят программный комплекс SOLIDWORKS и его модуль Flow Simulation. В качестве физического исследования принят метод выполнения эксперимента в аэродинамической трубе МАТ-1 ДОННАСА.

Для выполнения численного моделирования аэродинамических процессов сформированы модели для расчета в среде SOLIDWORKS Flow Simulation.

На основе экспериментальной верификации разработана методика и план выполнения экспериментальных исследований. Для физического эксперимента разработана модель здания крытого бассейна и методический подход с учетом физических процессов обтекания здания ветровым потоком в аэродинамической трубе МАТ-1 для обеспечения верификации полученных значений ветрового потока в вентилируемой воздушной прослойке с численным экспериментом. Выполнена проверка полученных данных, в результате которой получена хорошая сходимость (в пределах 85%). Верификация предложенного конструктивного решения ограждающей конструкции на примере исследования модели в аэродинамической трубе и в программном комплексе подтвердила корректность выполненных исследований.

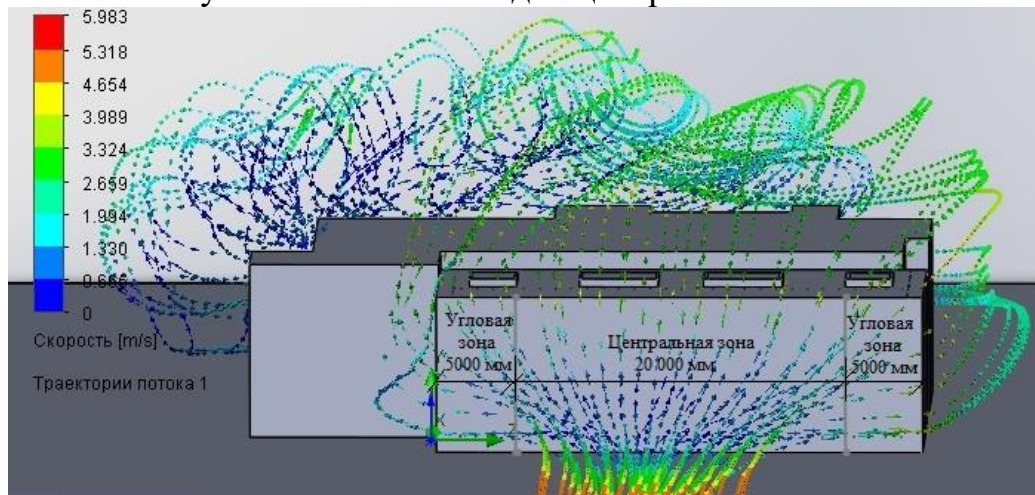
**В четвертом разделе** выполнен численный эксперимент при помощи программного комплекса SOLIDWORKS Flow Simulation и экспериментальное

исследование конструктивного решения ограждающей конструкции с устройством теплоизоляционного контура зданий крытых бассейнов в аэродинамической трубе МАТ-1 ДОННАСА для получения аэродинамических показателей в воздушной прослойке.

Для определения аэродинамических характеристик ограждающей конструкции с устройством ВВТК в помещении ванного зала и достижения скорости воздуха в вентилируемой воздушной прослойке в пределах  $0,1 \dots 0,4$  м/с выполнена продувка модели здания крытого бассейна при помощи программного комплекса SOLIDWORKS Flow Simulation, применяемого для решения сложных задач аэродинамических процессов, интегрированный в программный комплекс SOLIDWORKS 3D CAD.

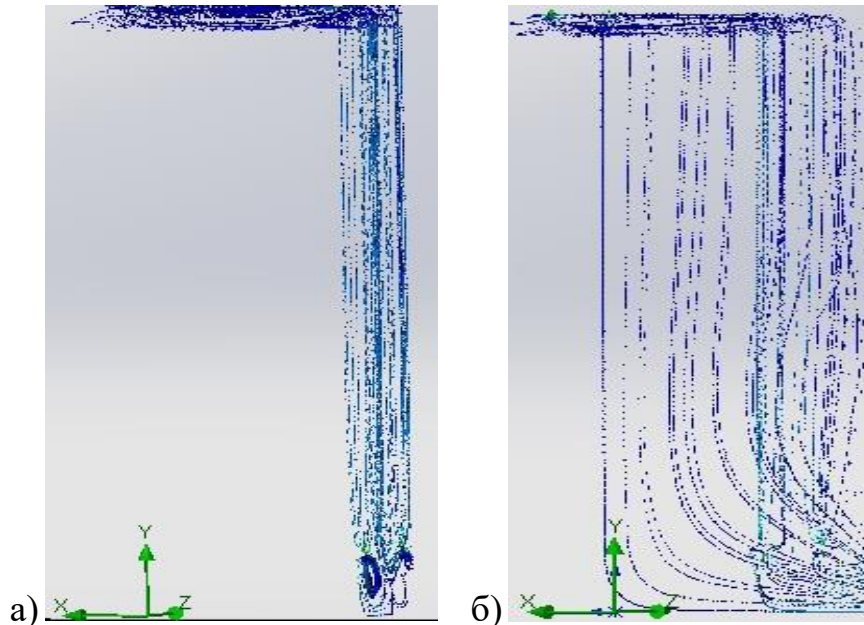
В среде SOLIDWORKS Flow Simulation для численного моделирования аэродинамических процессов сформирована расчетная схема модели здания крытого бассейна с учетом определения входных параметров, в том числе размера области компьютерного моделирования.

Расчеты выполнены в два этапа. На первом этапе численного моделирования решена «внешняя» задача и заданы граничные условия параметров текучей среды. Для численных исследований задана минимальная скорость набегающего потока 5 м/с. Исследования в программном комплексе SOLIDWORKS Flow Simulation, позволили выявить, что в карнизной части исследуемого фасада отмечается увеличение скорости ветрового потока до 4,84 м/с. А в зонах, расположенных ближе к краевым границам поверхности наветренного фасада помещения ванного зала, скорость ветра равна 3,67 м/с. Это связано с разностью ветровых нагрузок на соседних плоскостях за углом, что приводит к постоянному перетоку воздуха. При этом на некоторых участках вдоль исследуемого фасада образуются ветровые застойные зоны. Исходя из этого, исследуемый фасад помещения ванного зала разбили на угловую и центральную зоны. Для помещения ванного зала зданий крытых бассейнов с размерами 30 м, длина угловой зоны составляет по 5 м с двух сторон фасада. Центральная часть исследуемого здания имеет длину 20 м (рисунок 5). Таким образом, рекомендуется принимать  $1/6$  длины фасада с двух сторон здания бассейна в качестве угловой зоны и  $4/6$  для центральной зоны.



**Рисунок 5** - Исследуемый фасад с учетом зонирования.

На втором этапе численного моделирования с учетом значений скорости набегающего потока на поверхности исследуемого фасада, полученных во «внешней» задаче, были выполнены расчеты для «внутренней» задачи программного комплекса SOLIDWORKS Flow Simulation. В результате численного моделирования с учетом зонирования исследуемого фасада определены скорость и траектория воздушного потока в вентилируемой воздушной прослойке (рисунок 6).



**Рисунок 6** - Фрагмент направления воздушного потока в вентилируемой прослойке, в программном комплексе SOLIDWORKS Flow Simulation:  
а) для центральной зоны; б) для угловой зоны.

Установлено, что для достижения скорости воздушного потока в вентилируемой воздушной прослойке в интервале  $0,1 \dots 0,4$  м/с для угловой зоны требуются вентиляционные отверстия площадью от  $78 \text{ см}^2$  до  $325 \text{ см}^2$ , для центральной зоны требуются вентиляционные отверстия меньшей площадью от  $60 \text{ см}^2$  до  $162,5 \text{ см}^2$ . Шаг устройства вентиляционных отверстий составляет 1 м.

Результатом численного исследования являются уравнения, полученные при помощи регрессионного анализа. Полученные уравнения позволяют прогнозировать скорость воздушного потока в воздушной прослойке при устройстве ВВТК с учетом зонирования исследуемого фасада:

- уравнение для угловой зоны фасада помещения ванного зала

$$V_{ВП} = 0,04 + 5,02 \cdot S_{отв} - 0,39 \cdot t_{вп}, \quad (1)$$

- уравнение для центральной зоны фасада помещения ванного зала

$$V_{ВП} = 0,03 + 11,07 \cdot S_{отв} - 0,45 \cdot t_{вп}, \quad (2)$$

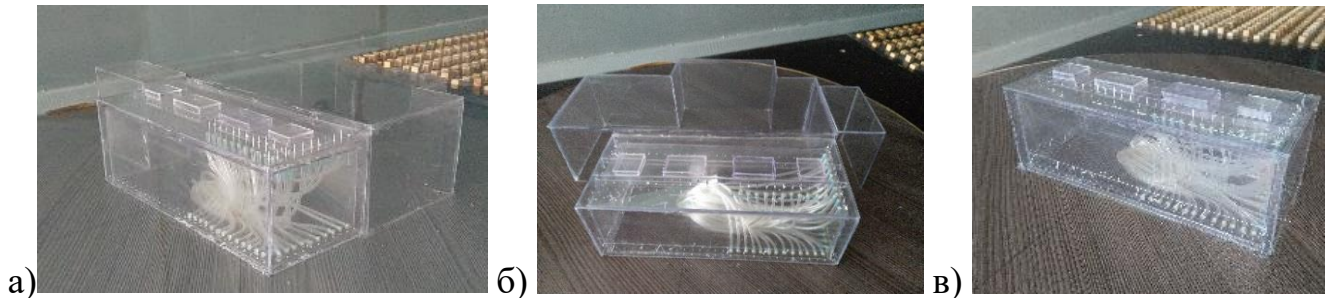
где  $S_{отв}$  - площадь вентиляционных отверстий,  $\text{м}^2$ ;

$t_{вп}$  - толщина вентилируемой прослойки, м.

Для выполнения экспериментальных исследований в аэродинамической трубе МАТ-1 ДОННАСА разработаны модели для исследования рационального

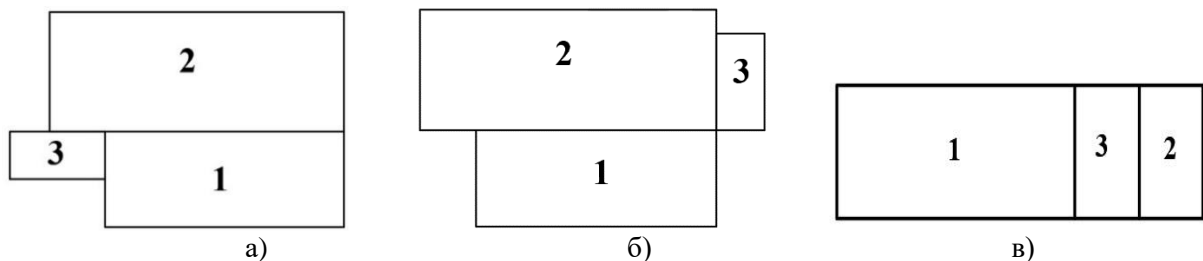


расположения блоков здания крытого бассейна с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура для помещения ванного зала зданий крытых бассейнов (рисунок 7 а, б, в).



**Рисунок 7** - Дренирование моделей для экспериментальных исследований в аэродинамической трубе МАТ-1 ДОННАСА: а) схема 1; б) схема 2; в) схема 3.

Для проверки функционирования вентилируемой воздушной прослойки выполнено моделирование компоновки блоков с целью выявить, как влияет конструктивно-планировочное решение здания на скорость воздушного потока в вентилируемой воздушной прослойке. Схема 1 – параллельная схема расположения блока; схема 2 – комбинированная схема расположения блока; схема 3 – линейная схема расположения блоков здания. На рисунке 8 показаны схемы расположения блоков здания крытого бассейна в аэродинамической трубе МАТ-1.



**Рисунок 8** - Схемы компоновки блоков здания бассейна:

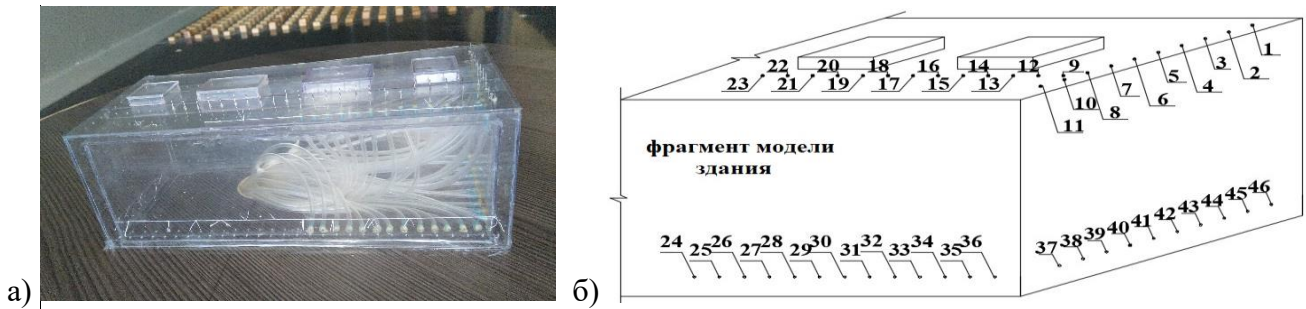
а) схема 1; б) схема 2; в) схема 3.

поз. 1 – первый блок - помещение ванного зала;

поз. 2 – второй блок - административная часть здания крытого бассейна;

поз. 3 – третий блок - бытовые и вспомогательные помещения здания крытого бассейна.

В аэродинамической трубе выполнен дренажный эксперимент с использованием модели, при этом определена скорость набегающего потока в 46 дренажных точках. Экспериментальных точек было больше, чем датчиков давления. В связи с этим для получения результатов каждая конфигурация испытана два раза с перекоммутацией датчиков. Для всех схем компоновки блоков, дренированию подвержены три фасада в связи с тем, что одна из сторон для схем 1 и 2 является смежной стеной здания крытого бассейна. На рисунке 9 показано правостороннее расположение дренажных точек, с левой стороны исследуемой модели датчики подключались аналогичным образом.



**Рисунок 9** - Правостороннее расположение дренажных точек:  
а) дренированная модель в аэродинамической трубе; б) схема дренажных точек.

В ходе эксперимента определена скорость воздушного потока  $V_i$  для каждой расчетной точки. Скорость определялась выражением

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\rho}}. \quad (3)$$

В результате испытаний по полученным величинам датчиков давления определены значения скорости в воздушной вентилируемой прослойке для трех приведенных схем.



**Рисунок 10** - Значения скорости в воздушной вентилируемой прослойке для трех схем с правосторонним расположением дренажных точек.

Установлено, что схема 2 (комбинированная схема расположения блока) является наиболее рациональной по обтеканию здания бассейна ветровым потоком с учетом создания внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура (рисунок 10).

**В пятом разделе** рассмотрены вопросы практического применения разработанного конструктивного решения ограждающей конструкции с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура для помещения ванного зала зданий крытых бассейнов на строительном объекте.

Расчет экономической эффективности предложенных решений и внедрения результатов исследования выполнен для существующего здания бассейна с



устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура организации ООО «Торговый дом Русь», г. Донецк.

Сметная стоимость ремонтных работ составила 5 107 079 руб.;

Затраты на отопление 55 306 руб. в месяц;

Затраты на вентиляцию – 1 987 руб. в месяц;

Предполагаемая экономическая эффективность 101 107 руб./год.

Показатели экономической эффективности предложенных решений приведены в таблице 3.

**Таблица 3.** Расчет экономической эффективности предложенных решений и внедрения результатов исследования

№ п/п	Наименование объекта	Сметная стоимость ремонтных работ, руб.	Прогнозируемые затраты на отопление, руб./месяц	Прогнозируемые затраты на вентиляцию, руб./ месяц	Предполагаемый экономический эффект, руб./год
1	Существующее здание бассейна с устройством ВВТК организации ООО «Торговый дом Русь», г. Донецк	5 107 079	55 306	1 987	101 107

Разработаны рекомендации по применению конструктивных решений ограждающих конструкций с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура при проектировании и строительстве, в том числе и при реконструкции, с целью обеспечения санитарно-гигиенических условий и мероприятий по повышению энергоэффективности.

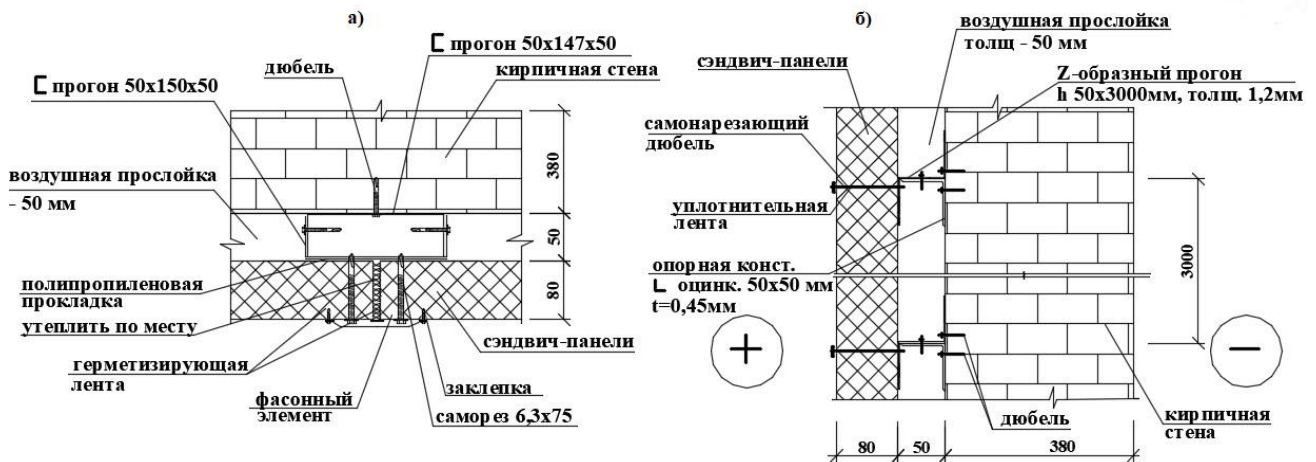
На основании результатов исследования и предложенных решений по устройству внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура в зданиях крытых бассейнов, оценку экономической эффективности следует рассчитывать комплексно, исходя из одноразовых затрат, но с учетом энергозатрат на поддержку микроклимата помещения ванного зала в соответствующем эксплуатационном состоянии.

Разработаны основные узлы конструктивных решений ограждающей конструкции с устройством ВВТК для помещения бассейна.

В качестве материалов, используемых для устройства внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура, рекомендуется применять следующие варианты:

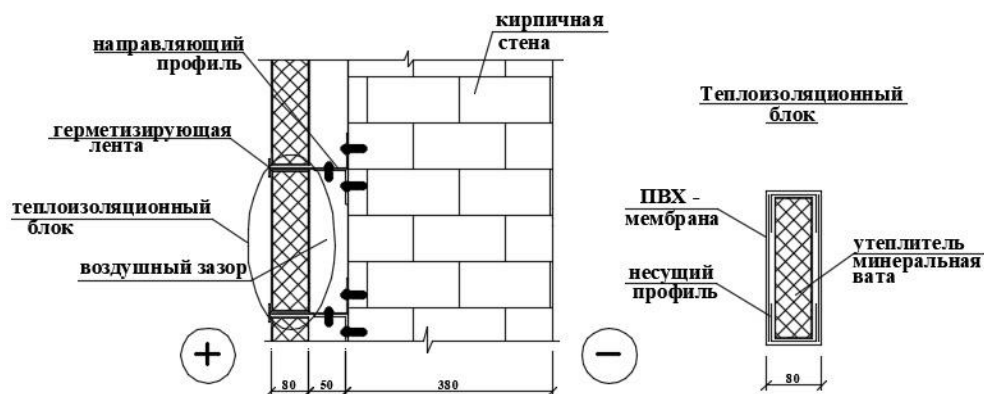
1. Сэндвич-панели заводского изготовления с наполнением пенополиизоцианурата (PIR), изофеника (IPN) или последнее поколение утеплителей QuadCore. При применении сэндвич-панелей рассматриваются два варианта их расположения: горизонтальное и вертикальное (рисунок 11).

2. Устройство наборных конструкций из блоков. Блок состоит из каркаса (OSB-плиты) с внутренним теплоизоляционным слоем из гидрофобизированной минеральной ваты и обшивкой разноцветной ПВХ-мембраны (рисунок 12).



**Рисунок 11 - Внутренний вентилируемый теплоизоляционный контур с использованием сэндвич-панелей:**

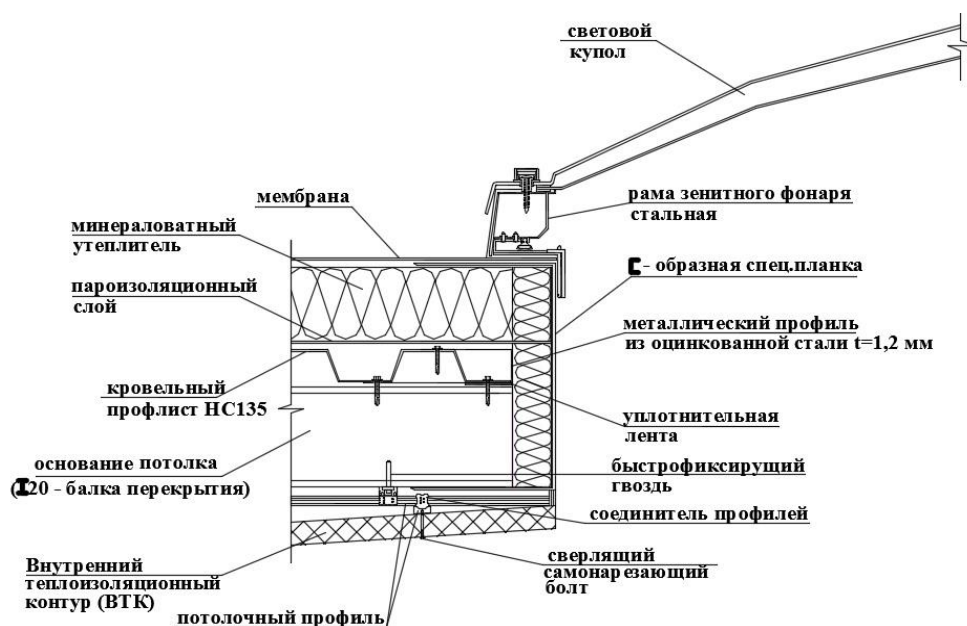
а) горизонтальном направлении; б) вертикальном направлении.



**Рисунок 12 - Внутренний вентилируемый теплоизоляционный контур с использованием наборных теплоизоляционных блоков построечного изготовления.**

Естественное освещение в принятом конструктивном решении обеспечивается устройством зенитных фонарей. Зенитные фонари пропускают больше солнечного света в сравнении с оконными проемами большей площадью. Устройство зенитных фонарей также позволяет в летнее время года обеспечивать дополнительную вентиляцию при необходимости в помещении ванного зала зданий крытых бассейнов.

Узел примыкания конструкции внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура к зенитным фонарям приведен на рисунке 13.



**Рисунок 13 - Примыкание конструкции внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура к зенитным фонарям.**

Полученные результаты работы используются в учебном процессе ГОУ ВПО «ДОННАСА» в учебной дисциплине «Технология и организация реконструкции и ремонтно-восстановительных работ», при подготовке магистров по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство», профиль «Теория и практика организационно-технологических и экономических решений».

## ВЫВОДЫ

В результате выполненных теоретических и экспериментальных исследований достигнута основная цель работы, заключающаяся в повышении эксплуатационной эффективности зданий бассейнов и защите ограждающих конструкций ваннных залов бассейнов от внутренней агрессивной среды за счет применения внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура в помещении ванного зала.

1. Разработано новое конструктивное решение ограждающих конструкций с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура в ванном зале для повышения эксплуатационной эффективности и защиты ограждающих конструкций от внутренней агрессивной среды.

2. Установлено, что устройство внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура в помещении ванного зала для проектов массовой застройки с длиной бассейна 25 м позволяет сократить затраты на отопление и вентиляцию, при этом годовой экономический эффект составляет 380 492 руб./год.

3. Получены уравнения регрессии для прогнозирования скорости воздушного потока в вентилируемой прослойке при устройстве внутреннего теплоизоляционного контура с учетом зонирования исследуемых фасадов, позволяющие определить рациональную толщину вентилируемой воздушной

прослойки и площадь вентиляционных отверстий для помещения ванного зала зданий крытых бассейнов.

4. В результате численного моделирования воздушного потока установлено, что для получения требуемой скорости в вентилируемой воздушной прослойке в пределах  $0,1 \dots 0,4$  м/с для угловой зоны необходимо устраивать вентиляционные отверстия площадью от  $78 \text{ см}^2$  до  $325 \text{ см}^2$ , для внутренней зоны необходимы вентиляционные отверстия меньшей площадью от  $60 \text{ см}^2$  до  $162,5 \text{ см}^2$ . Для регулирования воздушного потока в холодный период года в вентиляционных отверстиях предложено использовать шиберные задвижки.

5. Экспериментальные исследования в аэродинамической трубе трех схем компоновки блоков здания с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура в ванном зале подтвердили эффективность воздушной прослойки при скоростном напоре в трубе 14 м/с. Установлено, что рациональной является схема 2 - комбинированная схема размещения блоков.

6. Результаты исследований внедрены на предприятии ООО «Торговый дом Русь» г. Донецк с предполагаемой экономической эффективностью в 101 107 руб./год. Результаты исследований могут использоваться как при новом строительстве, так и при реконструкции зданий крытых бассейнов.

### **ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

1. Мазур, В. А. Анализ применимости существующих методик теплотехнических расчетов для ограждающих конструкций зданий с внутренним утеплением / В. А. Мазур, Е. И. Новицкая, А. В. Крупенченко. – Текст : непосредственный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2018. – № 6(134). – С. 40-44. *(Проанализированы существующие методики теплотехнических расчетов для ограждающих конструкций зданий).*

2. Мазур, В. А. Конструктивные особенности устройства внутреннего теплоизоляционного контура из сэндвич-панелей для зданий крытых бассейнов / В. А. Мазур, Е. И. Новицкая. – Текст : непосредственный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2020. – № 1(141). – С. 93-98. *(выявлены конструктивные особенности устройства внутреннего теплоизоляционного контура из сэндвич-панелей для зданий крытых бассейнов).*

3. Мазур, В. А. Особенности проектирования зданий крытых бассейнов с внутренним теплоизоляционным контуром / В. А. Мазур, Е. И. Новицкая. – Текст : непосредственный // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2020. – Т. 16. – № 1. – С. 5-14. *(выявлены основные особенности проектирования зданий крытых бассейнов с внутренним теплоизоляционным контуром).*

4. Новицкая, Е. И. Определение скорости ветрового потока на поверхности стены здания крытого бассейна / Е. И. Новицкая. – Текст : непосредственный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2020. – № 3(143). – С. 66-71.

5. Мазур, В. А. Математическое моделирование скорости движения воздуха в воздушной прослойке при естественной вентиляции в зданиях крытых бассейнов с внутренним теплоизоляционным контуром / В.А. Мазур, Е.И. Новицкая, А.В. Крупенченко. – Текст : непосредственный // Современное

промышленное и гражданское строительство. – 2021. – Т. 17. – № 3. – С. 193-201.  
(Разработана модель здания бассейна в программном комплексе и определена скорость ветрового потока на поверхности фасада здания крытого бассейна)

### **Материалы конференций:**

1. Мазур, В. А. Особенности эксплуатации ограждающих конструкций зданий крытых бассейнов / В. А. Мазур, Е. И. Новицкая. – Текст : непосредственный // Инвестиции, строительство, недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики : Материалы VIII Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Томск, 13 – 15 марта 2018 года / Под редакцией Т.Ю. Овсянниковой, И.Р. Салагор. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. – С. 383-387.

2. Мазур, В. А. Факторы, влияющие на эксплуатационные характеристики ограждающих конструкций зданий крытых бассейнов / В. А. Мазур, Е. И. Новицкая. – Текст : непосредственный // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. – 2018. – № 9. – С. 474-477.

3. Новицкая, Е. И. Изучение данных температурно-влажностного расчета для конструкций с внутренним утеплением / Е. И. Новицкая, В. А. Мазур. – Текст : непосредственный // Опыт прошлого – взгляд в будущее : материалы 8-ой Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов. – Тула : Издательство ТулГУ. – 2018. – С. 391–395.

4. Мазур, В.А. Теплоизоляция ограждающих конструкций зданий крытых бассейнов с внутренним тепловым контуром / В. А. Мазур, Е. И. Новицкая. – Текст : непосредственный // Развитие строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства в Донецкой Народной Республике: сборник тезисов докладов I Республиканской научно-практической конференции (с международным участием), 12 декабря 2018 г., г. Макеевка / ГОУ ВПО «ДОННАСА». – Макеевка: ДОННАСА, 2019. – С. 230-232.

5. Новицкая, Е. И. Перспективы устройства внутреннего теплового контура в зданиях крытых бассейнов / Е. И. Новицкая. – Текст : непосредственный // Инвестиции, строительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения : Материалы IX Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Томск, 12–15 марта 2019 года / Под редакцией Т.Ю. Овсянниковой, И.Р. Салагор. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. – С. 715-720.

6. Мазур, В. А. Технико-экономическое обоснование устройства внутреннего теплового контура в зданиях крытых бассейнов / В. А. Мазур, Е. И. Новицкая, А. В. Крупенченко. – Текст : электронный // Наукоемкие технологии и инновации : сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В. Г. Шухова (Белгород, 29 апреля 2019 года). – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2019. – С. 65–69. – URL: [http://conf.bstu.ru/material\\_conf/XXIII\\_nauchnye\\_chteniya](http://conf.bstu.ru/material_conf/XXIII_nauchnye_chteniya) (дата обращения 10.11.2021)

7. Мазур, В. А. Варианты устройства внутреннего теплоизоляционного контура для зданий бассейнов / В. А. Мазур, Е. И. Новицкая, А. В. Крупенченко. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса : Сборник статей международной научно-практической конференции, Волгоград, 03–04 декабря 2019 года. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2019. – С. 74-78.

8. Мазур, В.А. Внутренний теплоизоляционный контур для зданий крытых бассейнов / В. А. Мазур, Е. И. Новицкая. – Текст : непосредственный // Пути развития строительного комплекса и задачи для Донецкой Народной Республики: сборник тезисов докладов Республиканского научно-практического круглого стола (с международным участием), 19 декабря 2019 г., г. Макеевка / ГОУ ВПО «ДОННАСА». – Макеевка: ДОННАСА, 2020. – С.25-27.

9. Мазур, В. А. Конструктивно-технологические решения внутреннего теплоизоляционного контура для ванных залов зданий крытых бассейнов / В. А. Мазур, Е. И. Новицкая // Инвестиции, строительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения : Материалы X Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Томск, 10–12 марта 2020 года / Под редакцией Т.Ю. Овсянниковой, И.Р. Салагор. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. – С. 548-551.

10. Мазур, В. А. Анализ скорости движения воздуха в воздушной прослойке внутреннего теплоизоляционного контура для помещений ванного зала зданий крытых бассейнов / В. А. Мазур, Е. И. Новицкая, А. В. Крупенченко. – Текст : непосредственный // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения : Материалы Международных академических чтений, Курск, 18 ноября 2020 года / Под редакцией С.И. Меркулова. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2020. – С. 68-72.

### **АННОТАЦИЯ**

**Новицкая Елена Ивановна. Теоретическое и экспериментальное обоснование устройства внутреннего теплоизоляционного контура для ванных залов бассейнов.** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения. – ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». – Макеевка, 2021 г.

Диссертация посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям, связанным с разработкой конструктивного решения ограждающих конструкций с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура для ванных залов бассейнов.

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель, задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов работы, ее связь с государственными программами.

**В первом разделе** рассмотрено состояние вопроса по теме архитектурно-конструктивных решений зданий крытых бассейнов. На основании выполненного анализа выбраны основные направления исследования.

**Во втором разделе** приведены расчеты по вариантной проработке конструктивного решения ограждающей конструкции с внутренним утеплением для формирования и формообразования конструктивного решения ограждающей конструкции с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура с вентилируемой воздушной прослойкой. Выполнены теплотехнические расчеты и расчеты тепло-влажностного состояния ограждающей конструкции принятых конструктивных решений.

**В третьем разделе** рассмотрены современные методы численного моделирования аэродинамических процессов и особенности их реализации в программных комплексах. Выполнен анализ экспериментальных методов исследования ветрового давления и реализация при испытаниях в аэродинамической трубе. Экспериментальные методы использованы для сопоставления со значениями, полученными в результате численного исследования скорости воздушного потока в прослойке внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура ванных залов бассейнов. По результатам экспериментальных исследований установлена хорошая сходимость (в пределах 85%). Верификация предложенного конструктивного решения на примере исследования модели в аэродинамической трубе и в программном комплексе подтвердила корректность исследований.

**В четвертом разделе** представлены результаты численного эксперимента при помощи программного комплекса SOLIDWORKS Flow Simulation и экспериментальное исследование конструктивного решения ограждающей конструкции с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура ванных залов бассейнов в аэродинамической трубе для получения скорости воздушного потока в прослойке.

**В пятом разделе** рассмотрены вопросы практического применения разработанного конструктивного решения ограждающей конструкции с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура для вального зала зданий крытых бассейнов на строительном объекте. Выполнен расчет экономической эффективности и внедрение результатов исследования для существующего здания бассейна с устройством внутреннего вентилируемого теплоизоляционного контура. Применение конструктивного решения позволяет снизить затраты на отопление и вентиляцию.

**Ключевые слова:** здания крытых бассейнов, конструктивные решения, ограждающие конструкции, внутренний теплоизоляционный контур, скорость воздушного потока, вентилируемая воздушная прослойка.

## **ABSTRACT**

Elena Ivanovna Novitskaya. Theoretical and experimental substantiation of the construction of an internal heat-insulating circuit for bathrooms in swimming pools. - As a manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences in specialty 05.23.01 - building structures, buildings and structures. - GOU VPO "Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture". - Makeevka, 2021.

The dissertation is devoted to theoretical and experimental research related to the development of a constructive solution for enclosing structures with an internal ventilated heat-insulating circuit for bathrooms in swimming pools.

**The introduction** substantiates the relevance of the research topic, formulates the goal, research objectives, scientific novelty, theoretical and practical significance of the work results, its relationship with state programs.

**The first section** examines the state of the art on the topic of architectural and structural solutions for indoor swimming pool buildings. Based on the analysis performed, the main directions of research are selected.

**In the second section**, calculations are given for a variant study of a constructive solution for a building envelope with internal insulation for the formation and shaping of a constructive solution for a building envelope with an internal ventilated heat-insulating loop with a ventilated air gap. The heat engineering calculations and the calculations of the thermal and humidity state of the enclosing structure of the adopted design solutions have been carried out.

**In the third section**, modern methods of numerical modeling of aerodynamic processes and the features of their implementation in software systems are considered. The analysis of experimental methods for studying wind pressure and implementation during tests in a wind tunnel is carried out. Experimental methods are used to compare with the values obtained as a result of a numerical study of the air flow rate in the interlayer of the internal ventilated heat-insulating contour of the bathrooms of the swimming pools. Based on the results of experimental studies, good convergence was established (within 85%). Verification of the proposed constructive solution on the example of studying a model in a wind tunnel and in a software package confirmed the correctness of the research.

**The fourth section** presents the results of a numerical experiment using the SOLIDWORKS Flow Simulation software package and an experimental study of the constructive solution of the enclosing structure with the device of an internal ventilated heat-insulating contour of the bathrooms of swimming pools in a wind tunnel to obtain the air flow velocity in the interlayer.

**The fifth section** deals with the practical application of a constructive solution to the enclosing structure using a ventilated heat-insulating circuit for a bathroom of indoor pools at a construction site. The calculation of the economic efficiency and the implementation of the research results for the existing pool building with the device of the internal ventilated heat-insulating loop have been performed. The use of a constructive solution allows you to reduce the cost of heating and ventilation.

**Key words:** indoor pool buildings, constructive solutions, enclosing structures, internal heat-insulating contour, air flow rate, ventilated air gap.