

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки)

Энергосбережение и энергоэффективность

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Повышение энергоэффективности системы теплоснабжения и
вентиляции в рамках капитального ремонта главного корпуса
Тольяттинского государственного университета

Студент

П.Н. Мокеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., А.Н. Черненко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ состояния инженерных систем здания.....	6
1.1 Формирование плана предпроектного обследования	13
1.2 Обследование ограждающих конструкций здания.....	16
1.3 Обследование системы вентиляции	21
1.4 Обследование системы теплоснабжения здания	24
1.5 Выводы по первому разделу	31
2 Разработка основных технических решений.....	33
2.1 Ограждающие конструкции.....	34
2.2 Общая концепция системы отопления и вентиляции	41
2.3 Система вентиляции и кондиционирования	46
2.4 Основные элементы системы теплоснабжения	52
2.5 Тепловой узел системы теплоснабжения	63
2.6 Выводы по второму разделу	67
3 Технико-экономическое обоснование	68
3.1 Расчет системы вентиляции	69
3.2 Расчет системы теплоснабжения.....	77
3.3 Выводы по третьему разделу	81
Заключение	83
Список используемых источников.....	85

Введение

На всем протяжении существования Российской Федерации, как самостоятельного государства, народ России, а также его руководство сталкивалось с вызовами, обусловленными различными геополитическими процессами. Войны, экономические потрясения и природные катаклизмы трагическими страницами вписаны в историю нашей Родины, формируя непередаваемую самобытность русского народа.

На сегодняшний день наша страна, словно птица Феникс возродившаяся из пепла перестройки и «Лихих 90-х» вновь встала на промышленные рельсы, уверенно завоевывая позиции на международном рынке и стараясь не уступать позиции на мировой арене. Однако, великая история делается руками маленьких людей, а судьба экономики нашей страны в немалой степени зависит от кропотливого и честного труда миллионов ее граждан.

Необходимо отметить, что в условиях непрерывно ускоряющегося научно-технического прогресса, все большее значение приобретает не столько количество, сколько качество рабочей силы, участвующей в процессе производства продуктов и услуг и, как следствие, формирующих костяк отечественной самодостаточной экономики. Подготовка же кадров для вышеописанного процесса всецело ложится на плечи системы образования.

Особенное внимание в данном случае необходимо уделить высшей школе, которая занимается подготовкой руководящего состава, в дальнейшем и определяющего направление развития нашей страны. В Самарской области находится достаточное количество высших учебных заведений. Большая их часть имеет солидный возраст, что, безусловно является залогом наличия крепкого преподавательского состава и сложившихся десятилетиями традиций. Однако, сильный износ строительного фонда вообще и

инженерных систем – в частности, негативно сказывается на функционировании учебных заведений.

Не обошла подобная участь и Тольяттинский государственный университет – старейшее учебное заведение города Тольятти, зародившегося в 1951 году в качестве филиала Куйбышевского индустриального института. Ныне данный институт носит гордое название Тольяттинского Опорного государственного университета, а кампус разросся до небольшого студенческого городка, расположившегося в юго-западной части Центрального района города Тольятти.

Старейшее здание нынешнего университетского архитектурного ансамбля – главный корпус Тольяттинского государственного университета был сдан в эксплуатацию в 1961 году. С тех пор капитальный ремонт инженерных систем здания ни разу не производился, а текущий ограничивался локальными и аварийными операциями. Такая ситуация не могла не привести (и привела) к серьезному износу инженерных систем здания. В особенности пострадали системы водоснабжения вообще (и горячего водоснабжения – в частности) и вентиляции здания. Помимо сильного физического износа, а в случае с приточной вентиляцией – полной нефункциональностью системы, приходится признать, что нормы энергетической эффективности, а также уровень технического развития шагнули далеко вперед. Это представляет службе Главного инженера ТГУ уникальную возможность не только обновить материальную часть основных инженерных систем здания, но и обеспечить применение технологий, снижающих потребление энергии и повышающих эргономичность корпуса.

Целью выпускной квалификационной работы магистра является повышение энергоэффективности системы теплоснабжения и вентиляции в рамках капитального ремонта главного корпуса Тольяттинского государственного университета.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

- Анализ состояния инженерных систем здания;

- Разработка основных технических решений;
- Технико-экономическое обоснование.

1 Анализ состояния инженерных систем здания

Здание главного корпуса Тольяттинского государственного университета расположено по адресу: город Тольятти, улица Белорусская, дом 14. Оно имеет асимметричную компоновку, имея два крыла, одно из которых обращено на север, другое – на восток. Западная оконечность крыла здания, обращенного на восток имеет пристройку. На первом этаже данной пристройки расположена библиотека Тольяттинского государственного университета, на втором – актовый зал, в котором проводится большая часть культурно значимых мероприятий университета.

В свою очередь, крыло, обращенное на север оборудовано пристройку в виде малого спортивного зала, который помимо своей основной функции уже сейчас нередко выполняет роль конференц-зала для абитуриентов и иных гостей ВУЗа.

На первом этаже корпуса располагаются помещения приемной комиссии и деканата, незначительное количество учебных аудиторий кафедры «Материаловедение», а также – буфет. Второй этаж здания имеет наиболее высокую презентационную значимость и полностью занят администрацией университета. Здесь же находится кабинет ректора ТГУ и помещения ученого совета ВУЗа.

Третий и четвертый этажи заняты лекционными аудиториями, кабинетами для практических занятий, лабораториями и помещениями кафедр, в числе которых: кафедра общей физики, высшей математики, а также - начертательной геометрии и черчения. Внешний вид фасада здания можно увидеть на рисунке 1.

Таким образом, главный корпус ТГУ является «сердцем» университета, выступая не только первостепенным административным зданием, в котором располагаются органы управления учебного заведения, но и выполняя роль учебного корпуса. Наличие в здании музея ТГУ, где собраны основные реликвии учебного заведения и актового зала, оснащенного по последнему

слову техники вполне объясняют тот факт, что здесь располагается приемная комиссия ТГУ, осуществляющая работу по привлечению и приему будущих студентов.



Рисунок 1 –Фасад главного корпуса ТГУ Тольятти

Главный корпус не имеет полноценного подвала. Его подземная часть, заглубленная в фундамент, ограничивается техническим приямок, в котором располагаются части инженерных систем корпуса.

С технической точки зрения следует отметить, что здание выполнено из кирпича, имеет плоскую крышу, покрытую рубероидом и оборудованную водостоками. Такая конструкция наиболее характерна для общественных зданий, возводимых в период правления Никиты Сергеевича Хрущева.

На настоящий момент архитектурная часть здания, которая на протяжении всего срока эксплуатации подвергалась своевременному техническому обслуживанию, находится в удовлетворительном с точки зрения изначального проекта состоянии. Окна частично заменены на

пластиковые, частично, как например видно на рисунке 2, по прежнему имеют деревянные рамы.

Ситуация с инженерными сетями корпуса обстоит не столь радужно.

В связи с тем, что на протяжении всего срока эксплуатации инженерные сети ремонтировались исключительно в рамках текущих и аварийных ремонтных мероприятий, большая часть сетей электроснабжения и, в особенности – сети горячего водоснабжения, отопления и вентиляции на настоящий момент находятся в неудовлетворительном с точки зрения эргономичности эксплуатации и энергетической эффективности техническом состоянии. Если к энергетической эффективности в первую очередь апеллируют, когда речь идет об экономической стороне вопроса, то аспект эргономичности затрагивает помимо этого и вопросы безопасности.



Рисунок 2 –Старые деревянные рамы на фасаде ТГУ

Более подробно вышеозначенное можно пояснить так:

Удобство эксплуатации системы горячего водоснабжения и вентиляции, под которым здесь понимается эргономичность системы, в

первую очередь преследует цель повышения оперативности реагирования на возникающие в системе неполадки. Оно достигается грамотным распределением инженерных систем на технических уровнях здания, наличием достоверных планов расположения труб и воздуховодов, адекватно составленной схемой теплового узла. В случае с главным корпусом ТГУ приходится отметить, что в период эксплуатации фактическая актуализация рабочей документации по итогам выполнения текущего и аварийного ремонта не производилась. Это повлекло за собой ситуацию, в которой определить реальное положение тех или иных труб, воздуховодов и иных элементов конструкции сети, а также – их характеристики без личного обследования не представляется возможным.

В ходе изучения исходной информации об объекте выпускной квалификационной работы была проведена беседа с главным энергетиком ТГУ, в ходе которой выяснено, что в ближайшей перспективе планируется проведение капитального ремонта Главного корпуса ТГУ, что сильно повышает актуальность исследований, касающихся как реального состояния вышеозначенных инженерных систем здания, так и перспективных решений, позволяющих в перспективе повысить энергетическую эффективность корпуса и обеспечить эргономичную среду как для его посетителей, так и для персонала, осуществляющего обслуживание здания.

При этом сложно недооценить как роль систем горячего водоснабжения и отопления, так и роль системы вентиляции в нормальном функционировании корпуса. Здесь следует отметить, что чистый, свежий воздух, в достаточном количестве поступающий в учебные и рабочие помещения, наличие в санузлах горячей воды и, безусловно, комфортная температура в помещениях как в летний, так и в зимний период крайне необходимы для сохранения привлекательности ВУЗа для абитуриентов и сохранения его статуса Опорного.

По итогам беседы с главным энергетиком ТГУ были получены данные о текущем энергопотреблении корпуса, которые будут рассмотрены далее, а

также – проект здания 1961-го года. Проект, в связи со значительным возрастом, по большей части утратил свою актуальность, а изображенные в нем инженерные сети давно уже не имеют тех характеристик, которые имели ранее. Более того, помещения, обозначенные на плане здания, изменили свое функциональное назначение и конфигурацию. Тем не менее, изучение рабочего проекта здания позволит получить ценнейшую информацию о расположении основных коммуникационных трасс, вентиляционных шахт и определить расположение вентиляционной камеры и теплового узла корпуса.

Помимо рабочего проекта здания 1961-го года главным энергетиком ТГУ также были предоставлены пожарные планы здания, отражающие актуальное расположение и конфигурацию помещений. Минусом данных планов является тот факт, что на них не отражено функциональное назначение тех, или иных помещений корпуса.

На основании вышеизложенного считается целесообразным произвести предпроектное обследование, которое позволит актуализировать имеющуюся информацию о главном корпусе ТГУ и создать плацдарм для дальнейших инженерных изысканий. Совместное использование проекта 1961-го года и пожарных планов здания позволит в результате актуализации первого и дополнения последнего сформировать исходные чертежи для дальнейшей работы в направлении повышения энергетической эффективности и эргономичности систем горячего водоснабжения, отопления и вентиляции здания.

Как уже было сказано ранее, с 2017-го года развернута активная подготовка к капитальному ремонту здания, которая не только обновит его внешний вид и интерьеры, а также изменит назначение многих помещений здания. Службой Главного инженера ТГУ совместно с лучшими дизайнерами Института изобразительного и декоративно-прикладного искусства был утвержден эскизный проект, описывающий приблизительный облик здания после реконструкции. Данный проект, сочетает имеющиеся на настоящий момент пожелания заказчика, касающиеся внешнего вида здания, материалов

отделки и философии внутреннего пространства, где современные отделочные материалы сочетаются с искусственным камнем и деревом.

Особенный интерес в рамках темы выпускной квалификационной работы представляет проект фасада здания, также реализуемый в соответствии с современными технологиями. Изображение его планируемого дизайна можно увидеть на рисунке 3. Интересен он по двум причинам:



Рисунок 3 – Визуализация главного фасада корпуса

Во-первых, в аспекте повышения энергетической эффективности системы отопления здания, что тесно связано с уровнем его теплоизоляции. Следует сказать, что современные изоляционные материалы позволяют в значительной степени снизить теплопотерю через стены, выведя значение энергетической эффективности здания на принципиально новый уровень. В связи с тем, что эскизным проектом определен внешний вид здания, необходимо учесть сочетаемость применяемых теплоизоляционных технологий с избранным вариантом отделки.

Во-вторых, если говорить о системе вентиляции и кондиционирования, немаловажным аспектом является вопрос использования сплит-систем, либо

отказа от таковых. В случае принятия положительного решения, необходимо будет учесть установку внешних блоков таких систем под элементы внешней отделки, чтобы не снижать внешнюю привлекательность здания.

Помимо внешнего вида фасада следует остановиться также на назначении отдельных помещений и корпуса вообще. Предполагается, что в результате произведенной реконструкции главный корпус из административно-учебного здания с презентационно-культурными элементами превратится в полноценный научно-культурный центр ТГУ. Учебные аудитории будут перенесены в другие корпуса, а на базе рассматриваемого здания сформирован современный центр, обеспечивающий коммуникацию ТГУ с культурной и научной верхушкой страны. Здесь по-прежнему будет размещена администрация университета и объединенный деканат. В это здание переедет медиацентр, радиостудия и иные объекты внеучебной активности студентов и преподавателей. Малый спортивный зал будет полностью переоборудован в площадку для проведения конференций, оснащенную по последнему слову техники.

Все это накладывает определенный отпечаток как на технологии, применяемые для повышения энергоэффективности здания, так и на нормы, опора на которые будет делаться при расчетах. Далее в рамках данного раздела считается необходимым сформировать план предпроектного обследования, которое позволит получить актуальную информацию о техническом состоянии объекта ВКР. Формирование плана необходимо для того, чтобы обеспечить более полное понимание аспектов предстоящей работы и избежать ненужного повторения тех или иных процедур изучения технического состояния корпуса.

Помимо этого, формирование плана обследования рекомендовано регламентами, более подробно изложенными в [1] в тех частях, которые будут интересовать нас в рамках данной работы и позволят собрать необходимую информацию с оптимальными трудозатратами.

1.1 Формирование плана предпроектного обследования

Предпроектное обследование является регламентированной процедурой, которая позволяет собрать необходимую для последующего формирования проекта информацию об объекте проектирования.

Сбор такой информации обеспечивает более полное понимание как проблематики рассматриваемого здания, так и, соответственно, перспектив улучшения его параметров.

В свою очередь, для того, чтобы быстро и качественно провести предпроектное обследование объекта необходимо определиться с направлениями, в которых предстоит работать. В число таких направлений должны войти только те аспекты, которые будут иметь принципиальную значимость в контексте последующей работы. В целях сбора предварительной информации и формулирования исходных данных, на основании которых будет строиться выпускная квалификационная работа, существует необходимость произвести предпроектное обследование главного корпуса Тольяттинского Опорного государственного университета.

Ход обследования регламентируется положениями, более подробно изложенными в следующих источниках:

– ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» [1] – здесь описан общий регламент проведения обследования зданий и сооружений.

– МДС 13-20.2004 Комплексная методика по обследованию и энергоаудиту реконструируемых зданий [2] – Если в предыдущем источнике по большей части описаны основные требования к организации и проведению предпроектного обследования, позволяющие, с одной стороны, избежать сбора избыточной информации, а с другой – обеспечить ее точность и достоверность, то здесь уже изложена полноценная методика обследования инженерных сооружений, содержащая не только сухие выкладки, но и развернутые рекомендации по фактической работе.

– СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [7] – в этом документе описаны нормы, регламентирующие правила проектирования систем внутреннего тепло- и холодоснабжения, отопления и вентиляции. Его нормы распространяются на проектируемые, реконструируемые здания, а также – применяются при восстановительном ремонте.

– СТО МГАТ 02.01.010 – 2013. Требования к составу, содержанию и правилам оформления результатов предпроектного обследования [8] – на этот источник будем опираться при оформлении результатов предпроектного обследования, так как изложенный в нем порядок наиболее удобен в рамках предполагаемых изысканий.

Таким образом, определены основные источники информации, описывающие проведение предпроектного обследования, оформление его результатов, а также - устанавливающие нормы, в соответствии с которыми эти результаты будут оценены.

В связи с тем, что охват всего объема инженерных изысканий, подразумеваемых предпроектным обследованием в рамках подготовки к выполнению ВКР магистра, рассматривающей только определенную часть инженерных систем, нецелесообразен, произведем определение тех аспектов предпроектного обследования, которые необходимо будет произвести в данному конкретном случае.

В частности, речь пойдет о системах горячего водоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования, а также – основных строительных конструкциях здания, через которые происходит потеря тепла.

Итак, целью обследования является предварительное (визуальное) определение фактического технического состояния инженерных сетей и разработка рекомендаций для устранения выявленных дефектов и последующей корректировки проектной и рабочей документации по объекту «Главный корпус Тольяттинского государственного университета».

В рамках обследования будет произведено рассмотрение следующих элементов конструкции здания:

- Материал наружных стен здания
- Материал и конструкция кровли
- Тип заполнения оконных проемов
- Тип заполнения дверных проемов
- Отопление – материал и техническое состояние труб, радиаторов.

Конструкция теплообменных элементов. Конструкция и техническое состояние теплового узла

– Вентиляция – тип, конструкция, техническое состояние, фактическая реализация по месту

В процессе проведения обследования производится фотофиксация фактического состояния объекта для последующей фиксации в пояснительной записке. Это позволит более полно представить, объем работ, который придется выполнить в рамках капитального ремонта здания и, как следствие, определить перспективы интеграции новых энергоэффективных и эргономичных решений в соответствующие инженерные системы здания.

Таким образом, объем работ при выполнении предпроектного обследования здания главного корпуса Тольяттинского государственного университета определен. Произведем визуальное и документальное обследование главного корпуса с целью получения интересующей нас информации и выявления перспектив повышения энергоэффективности и эргономичности его систем электроснабжения и освещения.

1.2 Обследование ограждающих конструкций здания

Визуальное обследование является собой внешний осмотр интересующих исследователя частей объекта и подразумевает фотофиксацию его действительного состояния для последующего анализа полученной информации – с одной стороны и получения доказательств для смежных и согласующих организаций, а также – заказчика – с другой. Документальное обследование, как правило, проводится параллельно с визуальным и позволяет определить реальное энергопотребление объекта и иные аспекты его функционирования по документации, предоставленной организацией, осуществляющей эксплуатацию инженерного сооружения, если таковая имеется. Исключение могут составлять здания, длительное время не находившиеся в эксплуатации, заброшенные строения, долгострои и тому подобное, но наш объект к таковым отношения не имеет.

– Материал наружных стен здания

Наружные стены здания выполнены из силикатного кирпича без дополнительной теплоизоляции. Толщина наружных стен здания составляет 380 мм. Стены выполнены в три кирпича. Конструкция кладки монолитна, необлегченная. Внешний вид кладки здания можно увидеть на рисунке 4. Данное изображение в целом отражает состояние кладки всего здания.



Рисунок 4 –Наружная стена корпуса

На представленном изображении можно увидеть, что состояние наружных стен рассматриваемого здания в целом соответствует техническому состоянию прочих зданий, построенных в то время. Хорошо заметны выкрошившийся из трещин между кирпичами раствор, трещины в

самых кирпичах. Все это, как и применение дешевого силикатного кирпича вместо более дорогого глиняного значительно снижает качество теплоизоляции корпуса. Кроме того, нужно отметить, что подобный внешний вид здания, фактически являющегося лицом университета исключительно пагубно сказывается на его привлекательности для абитуриентов и гостей ВУЗа, что в контексте современного уровня конкуренции совершенно недопустимо.

– Кровля

Кровля плоская, односкатная. Несущей конструкцией выступает железобетонное перекрытие четвертого этажа здания. Присутствует пароизоляция, выполненная кровельным битумом.

Основание кровельного ковра выполнено армированной стяжкой из смеси цемента и песка с битумным покрытием. Между основанием и уклонообразующим слоем, обеспечивающим нормальное удаление с кровли влаги, выполняется разделительный слой из рубероида. Кровельный ковер выполнен из двух слоев, нижний из которых - из рулонного наплавляемого битумного кровельного материала, а верхний – из листов кровельной жести.

– Тип заполнения оконных проемов

Встречаются два варианта заполнения оконных проемов. Первый – двойные створчатые окна с деревянными рамами, сохранившиеся со времен постройки здания. Одно из таких окон изображено на рисунке 5.

Положительным свойством таких окон в летний период является высокая вентилирующая способность. Это обусловлено наличием большого количества щелей между износившимися уплотнителями, разохшимися рамами и стеклом. В зимний период такие окна являются главным путем утечки теплого воздуха из помещений корпуса. Деревянные оконные переплеты разохлись, покособились и расшатаны в углах.

Второй вариант заполнения оконных проемов – современные окна с пластиковыми рамами (рисунок 6), которые обеспечивают высокую

теплоизоляцию. Они установлены, как правило в помещениях администрации учебного заведения, а также – в актовом зале.



Рисунок 5 –Старое створчатое окно с деревянной рамой



Рисунок 6 – Современное створчатое пластиковое окно

– Тип заполнения дверных проемов

Двери выполнены металлическими, с качественной теплоизоляцией. Главный вход в здание, расположенный на его фасаде, оборудован тепловой завесой, имеет тамбур. Эвакуационные выходы также оборудованы современными дверями, обеспечивающими качественную теплоизоляцию. Изображение главного входа в здание представлено на рисунке 7.



Рисунок 7 –Главный вход в корпус

1.3 Обследование системы вентиляции

В соответствии с проектной документацией по разделу ОВ (отопление и вентиляция) в главном корпусе Тольяттинского государственного университета предусмотрена естественная и механическая приточно-вытяжная вентиляция.

Механическая вытяжная вентиляция предусмотрена для помещений санузлов, а также для лабораторий кафедры материаловедения и некоторых помещений кафедры «Общая физика». На первом и втором этажах корпуса предусмотрены венткамеры для приточных систем П1 – П6, предназначенных для обеспечения притока воздуха в учебные аудитории и офисные помещения. Вытяжка из комнат – естественная, дефлекторами на крыше здания. Далее представлены результаты обследования вентиляционной системы.

– Результаты обследования вентиляционной системы

По итогам изучения состояния приточной и вытяжной, естественной и механической систем вентиляции выявлено, что в учебных аудиториях и офисных помещениях воздуховоды частично демонтированы. Некоторые вентиляционные решетки закрыты в ходе косметических ремонтов.

Дефлекторы естественной вентиляции находятся в нефункциональном состоянии, что хорошо видно на рисунке 8.

Часть вентиляционных решеток в помещениях корпуса также находятся в неудовлетворительном техническом состоянии, как хорошо видно из рисунка 9.

При обследовании механической вентиляции выявлено, что как приточные, так и вытяжные системы, заложенные по проекту, находятся в нефункциональном состоянии. Вытяжная вентиляция в санузлах демонтирована при невыясненных обстоятельствах.

Вентиляторы приточных систем не используются и не пригодны для дальнейшей эксплуатации, вентиляционные камеры приточных установок используются не по назначению (рисунки 10 и 11):



Рисунок 8 – Нефункциональные дефлекторы



Рисунок 9 – Вентиляционная решетка.



Рисунок 10 - Вентилятор приточной системы П-1.



Рисунок 11 – Венткамера приточной системы №3

Таким образом, можно заключить, что система вентиляции в целом нефункциональна. Это приводит к отсутствию достаточного притока свежего воздуха в помещения корпуса, что, свою очередь, сподвигает студентов и преподавателей открывать окна. В отопительный период это приводит к повышенным тепловотерям и значительно снижает индекс энергоэффективности здания, не говоря уже о том, что подобное состояние системы вентиляции крайне негативно сказывается на здоровье находящихся в здании людей.

1.4 Обследование системы теплоснабжения здания

На момент обследования система отопления здания не подвергалась значительным изменениям с времен его постройки. Незначительное количество операций текущего ремонта не смогло изменить общего облика системы отопления здания. Большая часть стояков, отопительных приборов (рисунок 12) и подводок к приборам замене не подвергались.

В соответствии с разделом ОВ проекта 13-61 1961-го года: в качестве нагревательных приборов использованы радиаторы «М-140», «Польза-6», железобетонные отопительные панели и регистры из гладких труб.

Отопление корпуса выполнено по двухтрубной системе с разводкой теплоносителя нижнего типа. Конструкция стояка - П-образная. Магистральные линии тепловой сети проложены в техподполье под потолком. Фотографии, иллюстрирующие внешний вид трасс представлены на рисунках 13 и 14.



Рисунок 12 – Радиатор отопления в помещении корпуса



Рисунок 13 –Разветвление магистральных линий отопления



Рисунок 14 – Прокладка магистральных линий отопления

Теплоснабжение объекта выполнено от существующей теплосети города. Теплоносителем является перегретая вода с входной температурой 125°С и температурой на выходе 80°С. Техническое исполнение ввода тепловой сети в здание отображено на рисунке 15.



Рисунок 15 – Ввод тепловой сети в корпус

Управление параметрами теплоносителя реализовано в тепловом узле. Технология основана на элеваторном смешивании со снижением температурного графика. Магистральная линия, проходящая по техническому подполью здания, осуществляет распределение теплоносителя по стоякам. Схема элеваторного узла представлена на рисунке 16.

Зафиксировано неудовлетворительное состояние магистральных трубопроводов, выражающееся в высокой степени их корродированности (рисунок 17).

В результате отопительной системы выявлено неудовлетворительное состояние термической изоляции магистральных трубопроводов, выражающееся ее полным или частичным отсутствием. Пример подобного вопиющего факта можно увидеть на фотографиях, отображенных на рисунках 18 и 19.



Рисунок 16 - Рисунок 17 – Частичное отсутствие тепловой изоляции





Рисунок 19 – Свисающие лохмотья тепловой изоляции



Рисунок 20 – Коррозия трубопроводов

Таким образом, можно сказать, что состояние тепловой сети не является удовлетворительным и в рамках капитального ремонта данная сеть должна быть реконструирована.

1.5 Выводы по первому разделу

Таким образом, в результате проведения предпроектного обследования главного корпуса Тольяттинского государственного университета выявлено следующее:

- Качество ограждающих конструкций здания изначально не удовлетворяло современным требованиям к тепловой защите зданий, которые изложены в [6].

На настоящий момент в силу действия природных факторов и естественного разрушения и износа ряда ограждающих конструкций тепловая защита еще больше снизилась.

Требуется повышение тепловой защиты здания. Заполнение оконных проемов, выполненное створчатыми деревянными окнами неудовлетворительно с точки зрения воздухопроницаемости ограждающих конструкций. Окна также подлежат замене.

- Система отопления выработала свой ресурс за время эксплуатации. Состояние тепловой изоляции, а также – самих трубопроводов не удовлетворяют требованиям энергетической эффективности и эксплуатационной пригодности.

Конструкция теплового узла элеваторного типа без рециркуляции не соответствует современным нормам энергетической эффективности и подлежит реконструкции.

- Система вентиляции здания полностью нефункциональна. Несмотря на то, что большая часть воздуховодов находится на прежних местах, вентиляционные решетки, а также система механической вентиляции находятся в неудовлетворительном техническом состоянии.

Вентиляторы либо демонтированы, либо нефункциональны. Требуется реконструкция системы вентиляции в целях улучшения микроклимата помещений и их приведения в соответствие с современными нормами и правилами.

Как видно из вышеизложенного, в рамках капитального ремонта главного корпуса ТГУ неизбежно возникает необходимость проведения коренной реконструкции системы теплоснабжения и вентиляции здания. Использование при этом современных технологий позволит значительно снизить энергопотребление корпуса, повысить эргономичность его среды и значительно улучшить микроклимат здания. Грамотный расчет позволит не только увеличить индекс энергоэффективности корпуса, но и обеспечит реализацию данного условия с минимальными капиталозатратами со стороны государства федерального бюджета.

2 Разработка основных технических решений

В рамках предпроектного обследования установлено, что системы теплоснабжения и вентиляции главного корпуса Тольяттинского государственного университета находятся в неудовлетворительном техническом состоянии. Это обусловлено, с одной стороны, большим сроком эксплуатации оборудования отопительных сетей при отсутствии должного восстановительного ремонта. С другой стороны, на определенном этапе эксплуатации здания было прекращено использование приточной вентиляции, что негативно сказалось на микроклимате и тепловой защите. Кроме того, выявлено неудовлетворительное техническое состояние ряда ограждающих конструкций здания.

Таким образом, в рамках данного пункта необходимо разработать решения, которые позволят оптимизировать тепловую защиту здания, снизить затраты тепловой энергии и, в соответствии с пожеланиями заказчика, восстановить функционирование систем естественной и механической вентиляции.

Первоначально произведем разработку решений, которые позволят повысить тепловую защиту здания. В соответствии с [6] тепловая защита здания – это: «Совокупность теплофизических и теплоэнергетических характеристик элементов здания, обеспечивающие безопасную эксплуатацию здания с позиции теплового режима помещений и способствующие экономному расходованию энергетических ресурсов. К тепловой защите здания относятся теплофизические свойства и характеристики наружных и внутренних ограждающих конструкций здания, удельная теплозащитная характеристика здания, защита от переувлажнения и воздухопроницаемость ограждающих конструкций»

В нашем случае к подлежащим реконструкции в рамках капитального ремонта ограждающим конструкциям относятся стены здания и старые створчатые окна с деревянными рамами.

2.1 Ограждающие конструкции

В соответствии с [6]: «Теплозащитная оболочка здания - теплозащитная оболочка здания: Совокупность ограждающих конструкций, образующих замкнутый контур, ограничивающий отапливаемый объем здания.»

В рамках рассмотрения защитных функций различных ограждающих конструкций, входящих в состав теплозащитной оболочки целесообразно определить, какие характеристики влияют на объем тепловых потерь того, или иного здания. Эти критерии лягут в основу будущего выбора того, или иного технического решения. В соответствии с [6], можно выделить несколько таких критериев:

- Собственная теплопроводность ограждающих конструкций, обусловленная их материалом. Как правило, чем выше плотность материала стен, тем больше здание будет терять тепла

- Воздухопроницаемость ограждающих конструкций – данная характеристика подразумевает степень герметичности стен и перекрытий, не позволяющую тепловому воздуху проникать из здания наружу, а холодному, наоборот – поступать внутрь.

- Гигроскопичность материала ограждающих конструкций – определяет предельную степень увлажнения материала стен, перекрытий и иных элементов теплозащитной оболочки здания. Необходимо уточнить, что переувлажнение ограждающих конструкций может привести к их промерзанию в зимний период, а также повышает теплопроводность в летний.

Первое, что необходимо сделать при реконструкции ограждающих конструкций – произвести замену старых окон с разохшимися и частично сгнившими деревянными рамами, которые более подробно описаны в пункте 1.2 данной выпускной квалификационной работы.

Технические решения, изложенные далее, имеют лишь рекомендательный характер. Окончательное решение об их интеграции в проект реконструкции корпуса будут приниматься службой главного инженера ТГУ после согласования с руководством университета, если это будет сочтено целесообразным.

Для оценки теплозащитных характеристик различных видов окон примем величину приведенного сопротивления теплопередачи R_0 . Это – величина, обратная коэффициенту теплопроводности. Рассмотрим основные факторы, которые влияют на значение коэффициента теплопередачи окна:

- Площадь оконного проема
- Поперечное сечение рамы
- Материал
- Конструкция остекления
- Расположение уплотнителей

Приведенное сопротивление теплопередачи деревянных окон с учетом их неблагоприятного технического состояния составит, в первом приближении, по самым оптимистичным прогнозам:

$$R_0^{\text{ДО}} = 0,19 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

При этом, аналогичная характеристика наиболее бюджетных (однокамерных) пластиковых окон в соответствии с данными [22]:

$$R_0^{\text{ПО1}} = 0,35 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Это – в 1,8 раза больше.

Двухкамерные стеклопакеты имеют теплопроводность около 0,47, что примерно на одну треть больше аналогичного значения у однокамерных, однако их стоимость выше более, чем в 1,5 раза без учета удорожания монтажных работ в силу большего веса стеклопакетов.

С учетом того, что такие преимущества двухкамерного стеклопакета, как более высокий уровень шумоизоляции и более низкая температура образования конденсата для общественного здания неактуальны, их

установка признается нецелесообразной. Изображение однокамерного стеклопакета приведено на рисунке 20 а, а однокамерного – на рисунке 20 б.

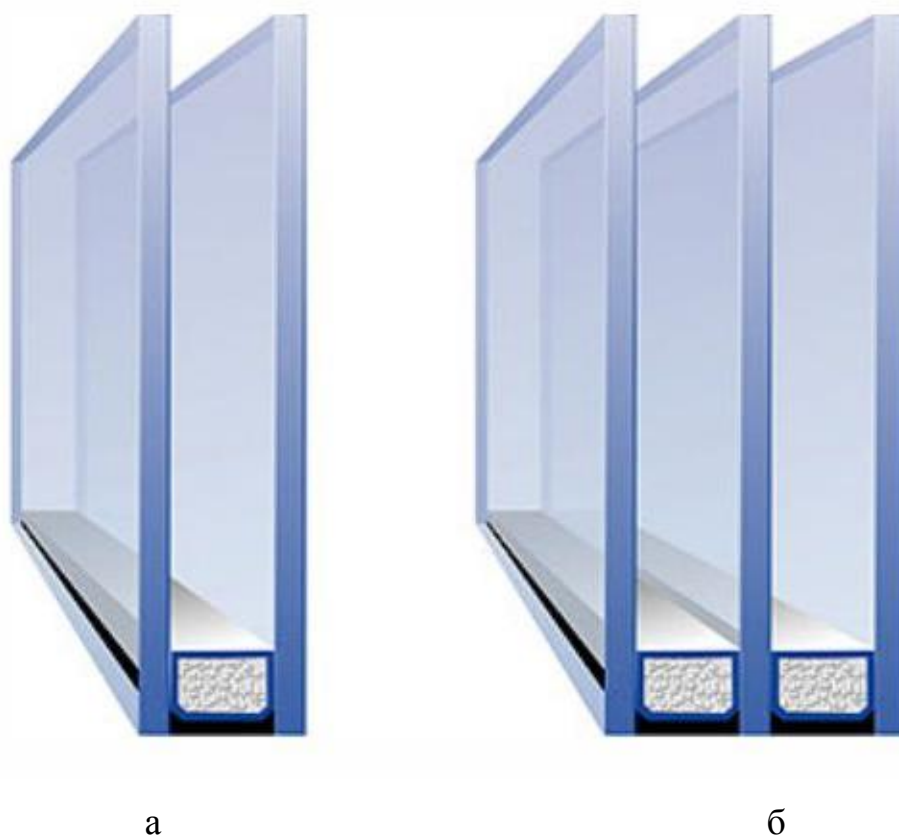


Рисунок 21 – Однокамерный стеклопакет (а) и двухкамерный стеклопакет (б)

Итак, для замены устаревших створчатых окон с деревянными рамами рекомендуются однокамерные стеклопакеты. Точное указание марки и производителя считается нецелесообразным в рамках данной выпускной квалификационной работы в связи с нюансами, связанными с высоким объемом предстоящих работ. Данный вопрос остается на усмотрение службы главного инженера ТГУ.

Далее рассмотрим способы утепления стен здания.

В соответствии с эскизным проектом, фасад имеет определенный внешний вид. На рисунках 21 а - 21ж представлены части фасада между строительными осями: 1-43, Т1-А, А-Т1, 43-1, Ю-Б, Б-Ю, 32-24 – соответственно.

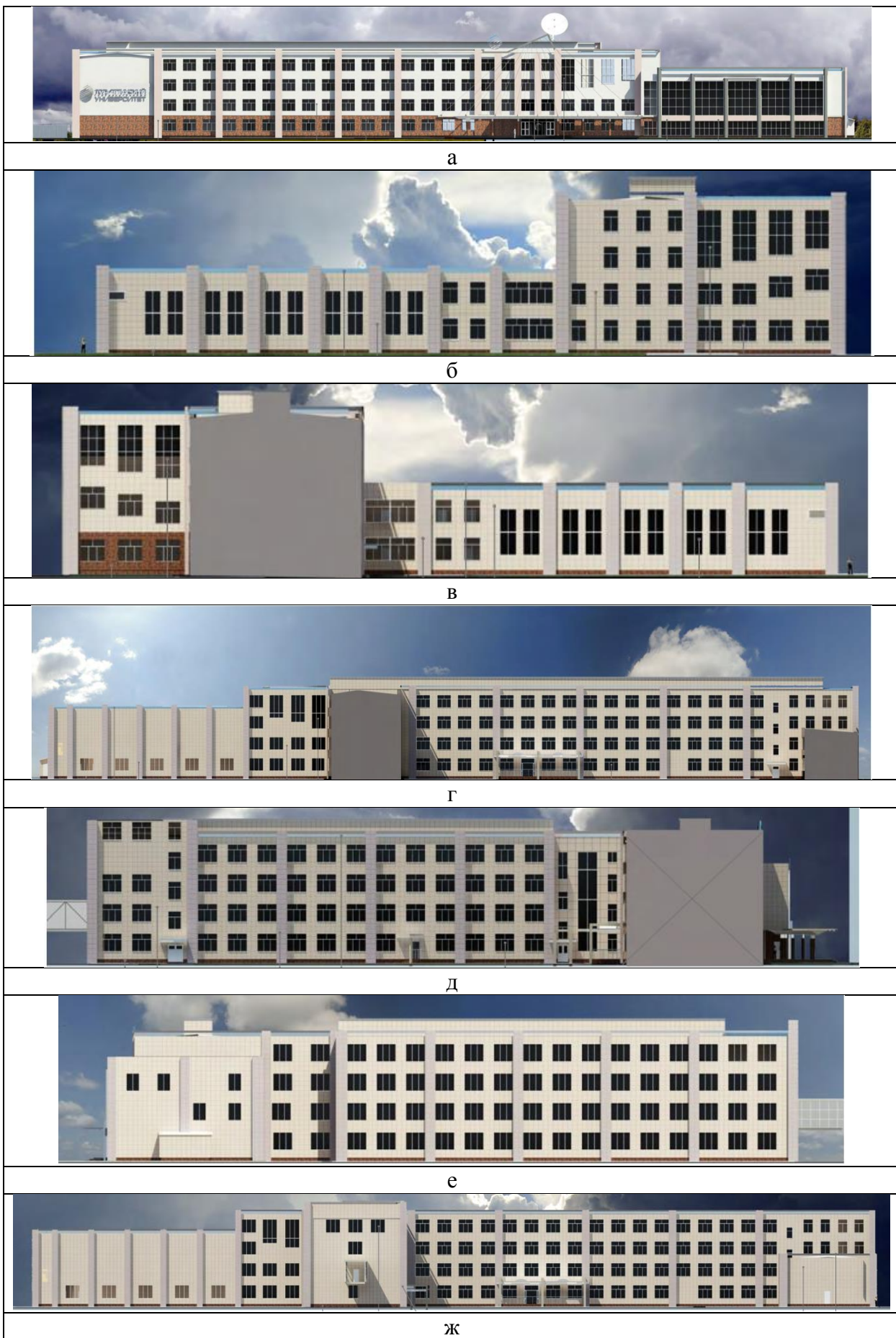


Рисунок 22 – Внешний вид фасада здания

В соответствии с данными, приведенными в пояснительной записке эскизного проекта капитального ремонта корпуса:

«Основная технология отделки наружных стен - облицовка керамогранитом на металлической подсистеме с дополнительным монтажом теплоизоляционного материала. Некоторые части фасада облицовываются природным камнем.»

Таким образом, необходимо принять решение о типе применяемого теплоизоляционного материала. В свете сложившихся обстоятельств для монтажа на металлокаркас подходят следующие основные теплоизоляционные материалы (данные приняты по информации [12]):

– Минеральная вата

Преимуществом данного материала является практически нулевая гигроскопичность в сочетании с высокой воздухопроницаемостью, что минимизирует образование на вате конденсата. Материал является негорючим, что обусловлено его минеральной основой, обладает хорошим звукоизолирующим эффектом, малым весом и высокой упругостью, что позволяет ему восстанавливать структуру после того, как он был смят или деформирован во время монтажа. Кроме того, отличается низкой привлекательностью для грызунов и иных представителей враждебной для комфортного быта флоры, фауны и грибков.

К недостаткам материала можно отнести тот факт, что ему свойственно слеживание – снижение теплоизоляционной способности с течением времени. Кроме того, при сильном намокании минеральная вата полностью теряет теплоизоляционные свойства, поэтому при монтаже теплоизоляции на ее основе необходимо предусмотреть качественную защиту термоизолирующего слоя от прямых струй воды, например, при весеннем таянии снегов или во время ливня.

– Пенопласт и полистирол

Преимуществом материала является малый удельный вес, обусловленный ячеистой структурой материала с высоким удельным

содержанием воздушных полостей. Следствием этого факта является низкая нагрузка на конструкцию каркаса. Материал также не может стать комфортной средой для размножения грибов и микроорганизмов в силу своей ненатуральности, отличается высоким сроком службы (до 50 лет), кроме того, он устойчив к воздействию химически активных веществ, подобных хлорной извести, щелочи, мыльным растворам.

Недостатком материала является низкое (по отношению к минеральной вате) качество звукоизоляции. При температуре свыше 30 градусов Цельсия материал начинает выделять в воздух вредные вещества, такие как толуол, формальдегид, стирол и иные. При возгорании (материал обладает высокой степенью горючести) их количество возрастает в разы.

– Эковата

Является отходом целлюлозной промышленности и характеризуется относительно низкой ценой, экологической безопасностью, устойчивостью к микрофлоре, грибкам и насекомым, большим сроком службы и огнестойкостью.

Недостатками данного материала является непомерно высокая сложность монтажа, высокая гигроскопичность, что обуславливает возможность промерзания в зимний период и требует дополнительных мер по гидроизоляции и склонность к усадке, что еще больше усложняет технологию монтажа.

– Пенополиуретан (ППУ)

Высокое качество заполнения трещин и неровностей в стенах здания, отличные теплоизоляционные возможности и звукоизолирующие свойства, а также минимальная гигроскопичность, стойкость к химически-агрессивным веществам и малый вес являются преимуществами этого типа утеплителя.

Однако, при благоприятном охвате положительных характеристик, этот материал отличается также большим количеством подводных камней, в числе которых высокая стоимость самого материала и услуг по монтажу.

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики рассмотренных теплоизоляционных материалов по ряду основных критериев. Цены на теплоизоляционные материалы приведены по состоянию на апрель 2020 года и указаны приблизительно.

Таблица 1 – Сравнительный анализ теплоизоляционных материалов

-	Удельный вес	Стоимость	Приведенное сопротивление теплоизоляции	Период эксплуатации
	Кг/м ²	Руб/м ²	м ² ·°С/Вт	Лет
Мин. вата	13,1	88,7	18,5	10
Пенопласт	2,0	93,0	20,0	50
Эковата	3,5	122,5	24,4	70
ППУ	2,25	250,0	40,0	40

В таблице 1 рассмотрены покрытия одинаковой толщины. Цены приведены для сравнения.

Таким образом, основываясь на вышеизложенном, а также – опираясь на данные таблицы 1 можно сделать вывод о том, что лидирующее положение в рейтинге материалов для применения в качестве теплоизоляции главного корпуса ТГУ является пенополиуретан. Такой вывод обусловлен высоким приведенным сопротивлением теплоизоляции, что позволяет обеспечить наивысшую энергоэффективность – с одной стороны и технологией нанесения – с другой.

Дело в том, что пенополиуретан является высокотехнологичным материалом нового поколения. Он наносится на стены здания в жидком виде, в результате чего проникает в мельчайшие трещины материала, позволяя обеспечить не только качественную теплоизоляцию, но и высокую степень влагозащитности строительных конструкций. Это особенно важно, учитывая трещиноватость кирпичей и наличие дефектов кладки.

Единственным существенным недостатком пенополиуретана по отношению к другим видам теплоизоляции является низкая устойчивость к ультрафиолетовому излучению, однако эта проблема решается за счет расположенных поверх теплоизолирующего слоя керамогранитных панелей.

На втором месте после пенопропиленов находится эковата. Главным существенным минусом данной технологии выполнения теплоизоляции является отсутствие достаточного опыта ее эксплуатации. Эковата представляет собой достаточно молодую технологию теплоизоляции, а значит – недостаточно проверена временем. Фактически, сроки эксплуатации, заявленные в характеристиках такого покрытия не подтверждены ничем, кроме теоретических расчетов, что ставит данную технологию под сомнение.

Использование при теплоизоляции фасада пенопропиленов неприемлемо по причине его высокой пожароопасности в сочетании с высокой токсичностью, что абсолютно неприемлемо для общественного здания, а в особенности – университета.

Применение стекловаты также нельзя назвать оптимальным по причине низкого срока службы данного типа теплоизоляции. Таким образом, для термической изоляции фасада здания рекомендуется использовать покрытие из пенополиуретана.

Далее необходимо произвести анализ доступных технических решений для реконструкции системы вентиляции здания.

2.2 Общая концепция системы отопления и вентиляции

Система вентиляции обеспечивает снабжение помещений здания свежим воздухом в объемах, достаточных для комфортного нахождения в них посетителей и персонала. В соответствии с пунктом 11.3 [7]:

«Энергосбережение системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха обеспечивается за счет выбора высокотехнологического оборудования, использования энергоэффективных схемных решений и оптимизации управления системами:

– применение в автономных и поквартирных источниках теплоты жилых зданий конденсационных котлов;

- применение в жилых зданиях двухтрубных систем отопления с индивидуальным регулированием и учетом теплоты;
- установка термостатов и радиаторных измерителей тепла на отопительных приборах для вертикальных систем отопления;
- применение приточно-вытяжных вентиляционных систем с механическим побуждением, с утилизацией теплоты удаляемого воздуха и индивидуально регулируемым воздухообменом;
- применение при централизованном кондиционировании воздуха в многоквартирных жилых домах хладоновых мультizonальных систем;
- применение в зданиях с автономным и централизованным отоплением комбинированных системных и схемных решений с использованием для теплоснабжения солнечной энергии (солнечные коллекторы).

В общественных и промышленных зданиях снижение потребления электроэнергии, а также сокращение расходов теплоты, холода и электроэнергии на тепловлажностную обработку воздуха за счет применения:

- рециркуляции воздуха;
- отдельных систем для помещений разного функционального назначения и разных режимов работы;
- систем с регулируемым переменным расходом воздуха;
- снижения аэродинамического сопротивления систем, применения воздуховодов круглого сечения и более высокого класса плотности;
- энергоэффективных схем обработки воздуха, включая схемы косвенного и двухступенчатого испарительного охлаждения воздуха, аппаратов для утилизации теплоты и холода удаляемого из помещений воздуха;
- энергоэффективного оборудования для увлажнения, нагревания и охлаждения (вентиляторов, насосов, градирен, холодильного оборудования и др.);

– аккумуляторов теплоты и холода для сокращения пиковых нагрузок потребления холода и др.;

– устройств для снижения потребления электрической энергии электроприводами систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, стабилизирующих параметры электроэнергии.»

На основании вышеизложенного, в контексте большого обилия принципиально отличающихся друг от друга технических решений, часть из которых имеет явно взаимоисключающий характер, считается целесообразным произвести определение базовой концепции реализации системы отопления и вентиляции корпуса.

В рамках разведанной обстановки считается целесообразной реализация следующих концепций:

– Применение реконструированной в соответствии с современными требованиями системы центрального отопления, оборудованной новыми, энергоэффективными отопительными приборами (радиаторами отопления) с функцией отключения от сети теплоснабжения.

– Использование системы чиллер-фанкойл для создания в помещениях комфортного температурного режима

Необходимо более подробно остановиться на данном способе реализации системы поддержания микроклимата. Чиллер-фанкойл – проверенная временем система, в основе функционирования которой лежит тот же принцип, что заложен в основу работы сплит-системы. Только если в последней в качестве хладагента используется газ, то в рассматриваемой системе его роль исполняет жидкость. Это позволяет подключать к одному чиллеру бесконечно большое количество расположенных в помещениях устройств – фанкойлов. Каждое такое устройство оснащено собственным теплообменником и вентилятором, который при включении подает в помещение воздух, охлаждающийся при прохождении теплообменника. Конструкция более подробно описана в [27]

Чиллер первоначально рассчитан на охлаждение хладагента, однако может осуществлять и его нагрев. Необходимо отметить, что стоимость тепловой энергии, производимой чиллером, выше, чем стоимость покупки тепла из сети центрального отопления (в соответствии с данными, представленными в [16]).

– Применение приточной установки с испарительной системой охлаждения и водяными калориферами для нагрева воздуха

Приточная установка является результатом дальнейшей эволюции стандартного устройства приточной вентиляции, осуществляющего подачу в здание воздуха с улицы, предварительно подогретого до оптимальной температуры. В данном случае вентилятор притока является частью модульной установки, содержащей также секции фильтрации, рециркуляции, орошения и нагрева, что позволяет придать поступающему в помещения воздуху приемлемую температуру.

Основной функцией секции орошения является адиабатическое охлаждение жидкости с параллельным ее увлажнением, что делает воздух на выходе системы оптимальным для дыхания. Секция рециркуляции позволяет в холодное время года повторно использовать теплый воздух, поступающий из помещений, что обеспечивает снижение потерь тепловой энергии.

– Комбинированные варианты

Совмещенное использование вышеизложенных технологий для обеспечения комфортного микроклимата в помещениях главного корпуса Тольяттинского государственного университета.

Рассмотрим возможность практического использования каждого из указанных вариантов в условиях реального здания.

Необходимо сразу оговориться, что начало раздела, рассматривающего систему вентиляции, посвящено вопросу поддержания температурного режима в здании неспроста – такое решение принято в связи с тем, что функционирование системы вентиляции тесно связано с нормальной работой системы отопления (это оговаривается также в [24]).

С точки зрения рассмотрения концепций обеспечения нормального микроклимата, необходимо решить три основных задачи:

- Отопление помещений корпуса в холодный период года, когда средняя температура за пределами здания опускается ниже комфортной
- Охлаждение воздуха в помещениях корпуса в теплое время года, когда температура в помещениях выше комфортной
- Снабжение помещений воздухом с достаточным уровнем влажности

При решении данного комплекса проблем необходимо опираться, с одной стороны, на необходимость обеспечения максимально возможной энергоэффективности в сочетании с реальными сроками окупаемости проекта, с другой – на реализуемость рассматриваемых концепций в условиях реального реконструируемого здания.

В соответствии с данными пункта 1 имеем следующее:

- В здании реализована типовая система центрального отопления, имеющиеся технологические каналы, в которых на настоящий момент проложены трубы системы отопления.
- Имеется базовая структура системы вентиляции, частично сохранились воздуховоды, имеются венткамеры. В связи с тем, что в рамках капитального ремонта планируется восстановление системы механической вентиляции, установленные на настоящий момент вентиляторы приточной системы подлежат замене.

В данном случае целесообразно будет применить для обеспечения микроклимата здания комбинированную концепцию, основной принцип реализации которой будет заключаться в следующем:

- Использование в качестве основного источника тепловой энергии системы центрального отопления. Установка регуляторов температуры радиаторов отопления для предотвращения перерасхода тепловой энергии и обеспечения оптимальной температуры в помещениях
- Применение модульной приточной системы. Она позволит решить проблему увлажнения, очистки и подогрева поступающего в здание из

внешней среды воздуха. Кроме того, применение в составе центрального кондиционера блока тепломассообмена, позволяет использовать его для адиабатического охлаждения воздуха в теплое время года.

В рамках следующего пункта произведем расчет системы приточной вентиляции здания и выработаем рекомендации по выбору приточной установки

2.3 Система вентиляции и кондиционирования

Нормальное функционирование системы вентиляции является залогом комфортной внутренней среды здания. Особенно актуально эффективное функционирование системы механической вентиляции для общественных зданий, в которых люди занимаются интеллектуальной деятельностью.

В контексте повышения энергетической эффективности здания грамотно разработанная система вентиляции имеет высокую важность по причине того, что отсутствие качественной механической вентиляции в крупном общественном здании, которым является главный корпус ТГУ подталкивает персонал к открыванию окон. Это, в свою очередь, значительно повышает расходование тепловой энергии системой отопления. На основании этого можно заключить, что в рамках повышения энергетической эффективности главного корпуса ТГУ необходимо рассмотреть меры по реинтеграции системы приточной вентиляции в область объективного функционирования корпуса.

Помимо подогрева воздуха, поступающего с улицы, современная система приточной вентиляции также решает задачу обеспечения оптимальной влажности подаваемого воздуха. За рубежом этот вопрос решается так, как это описано в статье [30].

Оптимальным вариантом решения изложенных задач является применение модульного центрального кондиционера, конструкция которого представлена на рисунке 22.

Интеграция в конструкцию кондиционера комплекта датчиков и приводов, обеспечивающих автоматизированное управление в совокупности с системой диспетчеризации обеспечивает работу системы без непосредственного участия человека.

Конструкция центрального кондиционера приточной вентиляции марки КТЦ-3М, которая успела высоко зарекомендовать себя в эксплуатации на Волжском автомобильном заводе и ряде других предприятий города Тольятти включает в себя (слева-направо):

- Клапан притока, осуществляющий забор воздуха из окружающей среды

- Клапан рециркуляции, позволяющий осуществлять подогрев входного воздуха за счет его смешивания с теплым воздухом, получаемым из внутреннего пространства здания

- Секция фильтрации, необходимая для очистки поступающего в систему вентиляции воздуха от пыли и вредных веществ

- Секция подогрева, с помощью которой поступающий в систему вентиляции воздух подогревается до необходимой температуры. В зависимости от температурного режима системы центрального отопления данные секции позволяют либо просто нивелировать разницу температур между поступающим и внутренним воздухом, либо обеспечить дополнительное отопление, снизив расходование тепловой энергии системой отопления. Энергетическая целесообразность того, или иного режима требует дополнительного расчета

- Секция орошения – в данной секции агрегата происходит процесс адиабатического охлаждения поступающего в камеру воздуха в теплое время года, а также его увлажнение до комфортного значения.

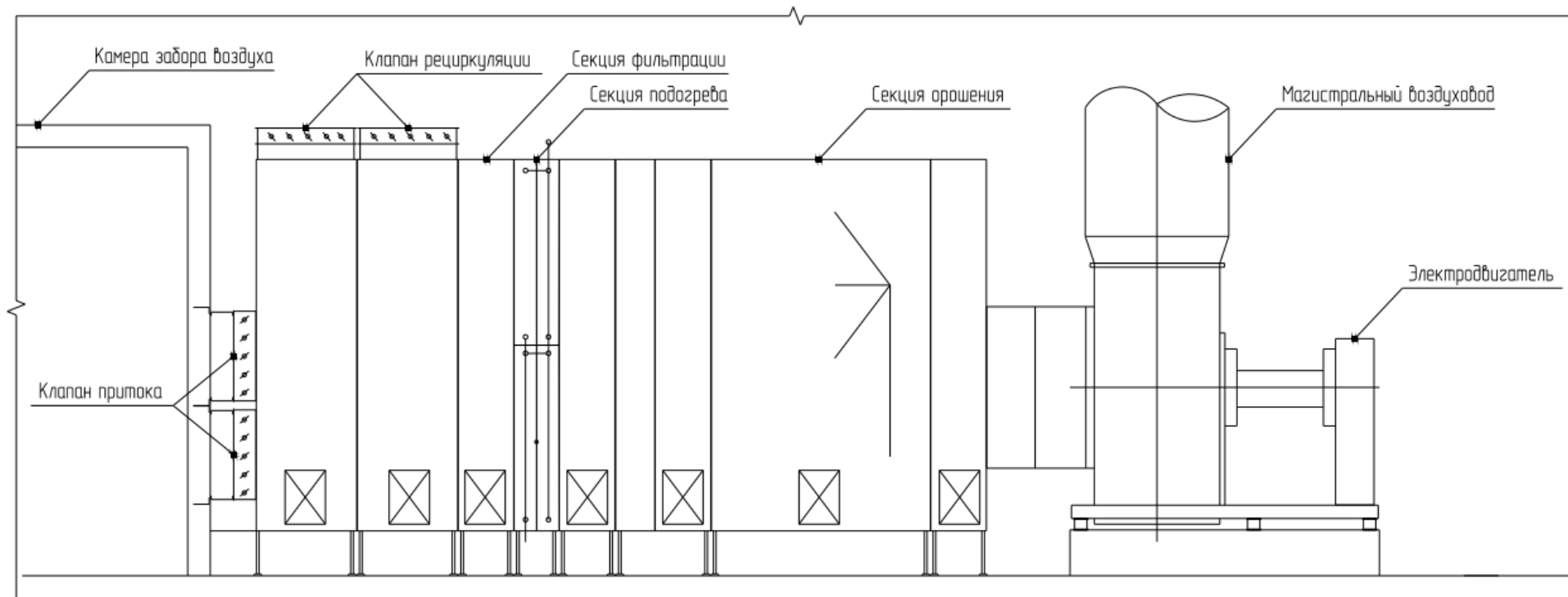


Рисунок 23 – Схема устройства центрального кондиционера

– Электродвигатель осуществляет вращение вентилятора, подающего прошедший предварительную температурную обработку и очистку воздух в магистральный воздуховод, по которому воздух в свою очередь подается в распределительную сеть вентиляции.

Калорифер секции подогрева питается горячей водой от системы горячего водоснабжения здания. Регулировка температуры подаваемой воды и соответственно – тепловой производительности приточной системы реализована путем установки в помещении венткамеры собственного теплового узла. В нем используется автоматизированная система рециркуляции теплоносителя, позволяющая значительно снизить потребление тепловой энергии. В соответствии с [10]:

«Автоматизированная система рециркуляции теплоносителя реализована посредством внедрения в схему теплового узла перемычки, оснащенной циркуляционным насосом и обратным клапаном, а также регулирующего двухходового клапана, с электроприводом, подключаемым к системе управления. Последний устанавливается на линии прямой горячей воды, идущей из тепловой сети, и позволяет в автоматическом режиме подавать необходимое количество теплоносителя в зависимости от температуры воды, циркулирующей в теплообменном контуре калорифера. Измерение термальных параметров воды осуществляется датчиками контактного типа.

Первоначально горячая вода подается из тепловой сети. По мере заполнения контура степень открытия двухходового клапана снижается, а работа насоса обеспечивает циркуляцию теплоносителя через калорифер с его до-охлаждением. Подача воды из сети осуществляется по факту расходования теплового потенциала теплоносителя, что фиксируется датчиками температуры.

Автоматизированный двухходовой клапан, а также - обратный клапан контура циркуляции дублируются перемычкой, которая за счет наличия ручной клиновой задвижки (в первом случае) и дискового затвора (во втором

случае) позволяют обеспечить функционирование системы в режиме без рециркуляции. Это необходимо для проведения ремонтных и профилактических работ, а также при выходе из строя какого-либо элемента системы.»

Центральный приточный кондиционер оснащается комплектом дистанционного контроля и управления. С его помощью осуществляется удаленный контроль параметров работы системы. Как А.В. Неборак написал в своей статье: «Повышение энергетической эффективности центрального кондиционера с секциями подогрева» [10]:

«Таким образом, приточная система постоянно функционирует в автоматическом режиме, ключевые параметры которого задаются через систему удаленного доступа. Это достигается благодаря использованию блока мягкого пуска и частотного преобразователя. Первый обеспечивает управление работой двигателя насоса орошения, подающего воду на форсунки секции адиабатического охлаждения, а второй позволяет осуществить регулирование частоты вращения вала вентилятора притока. Данное устройство с помощью микропроцессорного блока, размещаемого в шкафу управления, объединены с комплексом датчиков, отслеживающих параметры работы установки. Совокупность датчиков температуры воздуха и воды, дифференциальных датчиков давления и иных измерительных модулей, устанавливаемых в ключевых точках системы, позволяет с одной стороны обеспечить всесторонний контроль показателей работы центрального кондиционера, а с другой стороны - своевременно предупредить возникновение аварийной ситуации.

Объединение электронных устройств контроля и измерения в единую сеть с модулями управления тепловым узлом, клапанами притока и рециркуляции воздуха, а также блоком мягкого пуска и частотным преобразователем позволяет в значительной степени автоматизировать работу центрального кондиционера. При этом сохраняются широкие

возможности для отслеживания параметров его работы и оперативного регулирования.

Микропроцессорный блок управления оснащен модулем связи, осуществляющим прием вводных параметров, а также передачу данных о состоянии системы и показаниях датчиков посредством сетевого протокола на любой компьютер, подключенный к сети интернет, при условии наличия у абонента соответствующего кода доступа. Таким образом, осуществляется удаленное управление приточной системой, открывающее значительные перспективы для оптимизации потребления электрической и тепловой энергии, а также повышающее комфорт и безопасность эксплуатации установки. Предусматривается отключение притока воздуха при подаче сигнала о пожаре от цеховой системы пожарной сигнализации.

Необходимо отметить, что несмотря на наличие полноценной электронной системы контроля показателей, тепловой узел комплектуется дублирующей системой измерения, включающей в себя стрелочные манометры, термоманометры и термометры, которые дают возможность отслеживать параметры работы установки оперативным персоналом на месте, а также необходимы при пусконаладочных и ремонтных работах, когда система диспетчеризации по тем, или иным причинам неактивна.»

Как видно из вышеизложенных материалов, центральный приточный кондиционер модульной конструкции позволяет гибко реагировать на изменение климатической обстановки в здании, а наличие систем рециркуляции обеспечивает максимально эффективное использование теплового потенциала теплоносителя.

Необходимо более подробно остановиться на принципе функционирования блока тепломассообмена. В нем установлены форсунки, позволяющие осуществлять распыление мелкодисперсной воды в ограниченном пространстве камеры. Воздух, проходя через блок, насыщается влагой и охлаждается в результате действия эффекта адиабатического охлаждения. Затем увлажненный и охлажденный воздух через систему

вентиляции поступает в помещения корпуса, снижая температуру в помещениях.

Такое решение для охлаждения воздуха в помещениях здания имеет ряд преимуществ перед стандартными системами кондиционирования, работающими по принципу холодильного оборудования:

- Экономия электрической энергии – процесс охлаждения происходит в процессе работы системы приточной вентиляции и не требует дополнительных энергозатрат

- Мягкое охлаждение – отсутствие потоков холодного воздуха в помещениях. Увлажненный, охлажденный воздух поступает в помещения корпуса через существующую систему вентиляции, равномерно распределяясь в рабочем пространстве здания.

- Снижение затрат на закупку и монтаж дополнительных систем кондиционирования – блок тепломассообмена входит в состав центрального кондиционера, а транспорт охлажденного воздуха осуществляется по существующим воздуховодам, которые лишь нужно привести в рабочее состояние.

В совокупности с использованием современных теплоизоляционных материалов и устройств отражения солнечного излучения, такая система позволит обеспечить комфортные условия работы сотрудников Тольяттинского государственного университета и обеспечит благоприятное впечатление его посетителей.

На основании вышеизложенного рекомендуется установка центрального кондиционера для обеспечения комфортного микроклимата в помещениях главного корпуса Тольяттинского государственного университета.

2.4 Основные элементы системы теплоснабжения

Система теплоснабжения является важным звеном функционирования корпуса, обеспечивая бесперебойную подачу теплоносителя, в качестве

которого выступает горячая вода, в системы отопления и горячего водоснабжения здания. Перегретая вода, поступая в тепловой узел, смешивается с холодной водой, а затем, охлажденная таким образом до необходимой температуры поступает в магистральные сети здания.

Как видно из пункта 1.3 данной выпускной квалификационной работы, состояние системы теплоснабжения здания нельзя назвать удовлетворительным. В связи с этим считается необходимым произвести следующие операции, которые позволят оптимизировать потребление зданием тепловой энергии и вывести энергетическую эффективность главного корпуса ТГУ на принципиально новый уровень:

- Замена трубопроводов системы теплоснабжения
- Замена отопительных приборов
- Реконструкция теплового узла корпуса

Первоначально необходимо рассмотреть тип труб, применяемых при монтаже системы теплоснабжения. На момент постройки корпуса основным материалом для монтажа системы теплоснабжения являлась сталь. Однако существенным минусом такого материала является низкая коррозионная устойчивость, что и привело к тяжелой ситуации, сложившейся в системе отопления объекта (смотри пункт 1.3 данной ВКР). Таким образом, считается целесообразным рассмотреть иные варианты материала, которые могли бы лечь в основу системы теплоснабжения главного корпуса Тольяттинского государственного университета. При рассмотрении вариантов монтажа будем опираться на данные, представленные в [11] а также – на материалы [25]

Первый вариант материала для монтажа системы отопления – сталь

- Стальные трубы

Сталь является материалом, который до недавнего времени активно использовался во всех секторах теплоснабжения, так как не имел реальной альтернативы.

Положительной особенностью стальных труб является высокая прочность конструкции трубопровода (при условии правильного монтажа),

порог плавления до 1500 градусов, что сводит к нулю вероятность расплавления трубы при избыточной температуре, а также – отсутствие температурного старения материала, которое характерно для синтетических материалов. Относительно невысока и стоимость стали.

К минусам данного материала можно отнести низкую коррозионную устойчивость, сложность монтажа и ремонта, который невозможен без применения сварочного оборудования. Особенно большие проблемы возникают при аварийном и текущем ремонте, так как сварка неблагоприятно влияет на любые элементы отделки и декора, оказавшиеся вблизи места проведения работ.

Использование резьбовых соединений с уплотнением их ФУМ лентой и сантехнического льна частично снимает проблему сложности монтажа, однако параллельно снижает и герметичность системы.

Для повышения коррозионной устойчивости стальных труб может быть использовано легирование, что используется автором статьи [23]. Наиболее широко распространенным примером легированной стали являются так называемая нержавеющая сталь

– Трубы из нержавеющей стали

Нержавеющая сталь широко распространена на современном рынке металлоизделий. Она представляет собой сталь с примесью хрома. Такой химический состав значительно снижает коррозию материала, обеспечивая повышение срока службы труб с 15-20 лет в случае со стальными трубами до 50-60 лет – в случае с трубами из нержавеющей стали. Технология монтажа таких труб, в целом, не отличается от технологии монтажа обычных стальных за исключением того факта, что для сварки легированной стали должен быть использован специальный электрод (описаны в [29]), либо применена технология сварки в газовой среде.

Минусом труб из нержавеющей стали является их более высокая, по отношению к обычным стальным, стоимость.

– Медные трубы

Еще одним специфическим, по причине его высокой стоимости, материалом для изготовления труб системы отопления является медь. Применение высококачественной меди с примесью цинка позволяет добиться непревзойденной долговечности и надежности системы теплоснабжения, которая при должном качестве монтажа прослужит 100 лет и более. Высокие теплообменные качества меди нивелируются путем покрытия магистральных и распределительных трубопроводов ПВХ, либо слоем полиэтилена.

Медные радиаторы также являются отличной с технологической точки зрения альтернативой стальным по причине лучшей теплопроводности меди. Кроме того, в качестве неоспоримого плюса такой системы отопления можно отметить непревзойденный внешний вид труб.

Главным минусом, делающим применение такого способа монтажа системы отопления в общественном здании невозможным, является крайне высокая стоимость медных труб и фитингов.

– Полипропилен

Является современным материалом, имеющим высокую жесткость. Трубы из полипропилена отличаются малым весом, простотой монтажа. Стойкость к ударным механическим воздействиям, низкая проницаемость для газа, нулевую электропроводность и низкую стоимость делает эти трубы весьма популярным материалом, который часто используется в частных и многоквартирных домах.

Помимо вышеизложенного к неоспоримым преимуществам полипропилена можно отнести гладкие внутренние стенки, что практически полностью предотвращает образование налета, отсутствие эффекта старения, снижающего прочность труб с течением времени и относительно невысокую теплопроводность, что снижает теплотери при транспортировке разогретой воды к отопительным приборам.

Существенным минусом полипропиленовых труб для рассматриваемого объекта является их низкая температурная устойчивость,

обусловленная химическим составом. В частности, резкие перепады давления и температуры могут привести к деформации контура, в связи с чем длительная эксплуатация при температуре выше 70 °С крайне нежелательна. В связи с этим, полипропиленовые трубы не подходят для монтажа магистральной и распределительной сети общественного здания, однако вполне могут подойти для подводки к отопительным приборам от стояка непосредственно в помещениях.

Это является удобным также и по причине эстетичного внешнего вида труб, который не ухудшается с течением времени по причине отсутствия коррозии либо существенного старения материала.

Монтаж трубопровода производится с помощью специальной низкотемпературной сварки, которая не требует специальных навыков и позволяет использовать относительно недорогое оборудование.

– Сшитый полиэтилен

Трубы из сшитого полиэтилена являются современным высокотехнологичным материалом. Из всех вышепредставленных он появился на рынке позже всего, что подтверждается в [26].

Данный тип труб имеет массу преимуществ перед любым из вышеперечисленных видов труб. Сшитый полиэтилен пластичен, имеет высокую прочность на разрыв, четко держит форму и сохраняет физические свойства при температуре до 200 °С. В составе труб из сшитого полиэтилена отсутствуют ядовитые вещества, которые при испарении могут навредить здоровью людей.

Минимальная реакция на химически-активные вещества, незначительное тепловое расширение и незначительная потребность в текущем обслуживании в целях профилактики – с одной стороны, и низкая стойкость к ультрафиолетовому излучению – с другой, делает эти трубы идеальными для скрытого монтажа.

Помимо вышеизложенного можно отметить высокую пластичность и простоту обработки материала, а также – удобные фитинги, позволяющие

предельно упростить (следовательно-удешевить) монтаж и, при необходимости, реконструкцию сети теплоснабжения.

Единственным существенным недостатком сшитого полиэтилена является невозможность по объективным технологическим причинам изготовления труб диаметром более 280 мм (в соответствии с [9]).

Дальнейшим развитием труб из сшитого полиэтилена является металлопластиковая труба. Она представляет собой многослойную конструкцию, состоящую из внутреннего слоя, собственно говоря, образуемого сшитым полиэтиленом. Следующий слой образован алюминиевой фольгой. Снаружи конструкция защищена от воздействий окружающей среды пластиковой трубой. Преимуществом такой конструкции является большая, чем у сшитого полиэтилена конструктивная прочность, однако, в качестве минуса можно выделить высокую стоимость как самих труб, так и фитингов, а также относительную сложность монтажа.

В таблице 2 указаны материалы для изготовления линий магистральной сети теплоснабжения. Цены приведены по состоянию на первый квартал 2020 года для одного погонного метра трубы диаметром 110 мм (магистральные линии теплоснабжения)

Таблица 2 – Сравнение стоимости труб для теплотрассы

Наименование материала	Цена за метр, руб.
Сталь	680,0
Нержавеющая сталь	950,0
Медь	4050,0
Полипропилен	420,0
Сшитый полиэтилен (теплотрасса с термоизоляцией)	150,0

Как видно из материалов, представленных в таблице 2, наиболее выгодным вариантом монтажа теплотрассы является использование теплоизолированной трубы из сшитого полиэтилена производства компании Уропог [13], либо аналогов. Их стоимость, в связи с большими масштабами производства, является самой низкой в сегменте, а высокие эксплуатационные характеристики обеспечивают долговечность сети

теплоснабжения (заявленный срок эксплуатации составляет не менее 50 лет и невысокое значение теплопотерь. Еще одним преимуществом таких труб является факт комплектности теплоизоляции. Это снижает вероятность ошибки монтажа, которая не исключена при монтаже теплоизоляции, поставляемой отдельно. Такая ошибка может привести к последующему повреждению теплоизолирующего слоя и увеличению потерь тепла. Схема устройства предизолированных труб, производимых компанией Uropor изображена на рисунке 23.

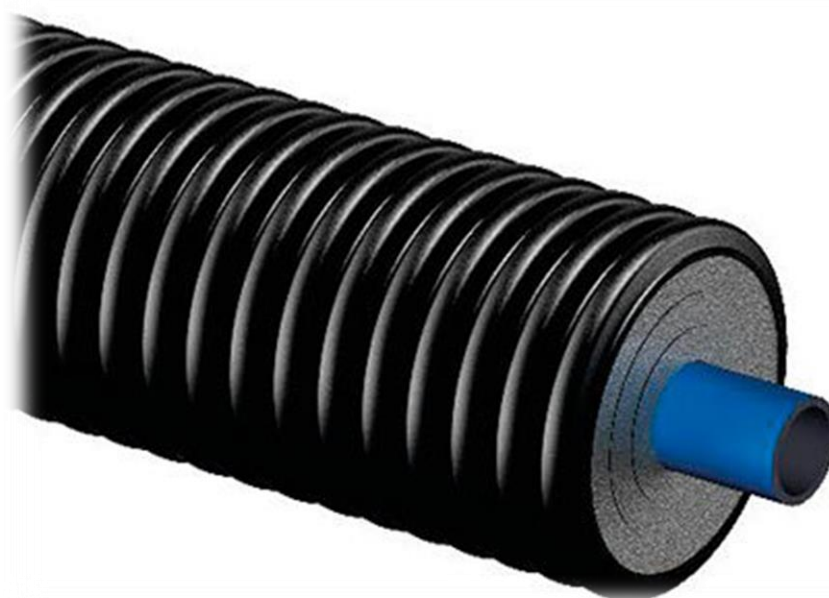


Рисунок 24 –Труба из сшитого полиэтилена теплоизолированная

Труба из сшитого полиэтилена оборачивается тремя слоями теплоизолирующего материала с закрытыми ячейками из пенополиэтилена РЕ-Х. Снаружи конструкция заключается в защитный гофрированный кожух, обеспечивающий защиту теплотрассы от внешних воздействий.

Таким образом, по итогам рассмотрения вариантов материалов, используемых для монтажа теплотрассы, считается рациональным остановиться на предизолированных трубах из сшитого полиэтилена, производимых компанией Uropor (либо схожих технологических решениях) для магистральной и распределительной сети и неизолированных трубах с защитным слоем из этиленвинилола для защиты от прямых солнечных лучей

и диффузии кислорода в теплоноситель. Такая диффузия свойственна необработанным трубам из сшитого полиэтилена и может привести к завоздушиванию системы.

Такой выбор материалов обеспечивает сразу нескольких задач, возникающих в ходе проведения капитального ремонта:

- Снижение теплотерь при транспорте теплоносителя к отопительным приборам и кранам, подключенным к системе горячего водоснабжения и, как следствие, увеличение энергоэффективности системы. Это обусловлено, с одной стороны, высоким качеством теплоизоляции, достигаемому путем применения предизолированных труб, с другой стороны – собственной более низкой теплопроводностью сшитого полиэтилена в сравнении с любым металлом.

- Обеспечение удобства монтажа благодаря хорошей гибкости и «эффекту памяти» сшитого полиэтилена, позволяющему сохранять форму, которую однажды придали трубе, в течение длительного времени.

- Повышение общей эстетичности конструкции, обусловленной приятным внешним видом труб из сшитого полиэтилена. При этом следует учитывать, что внешний вид труб не ухудшается с годами. Они не подвержены коррозии и иным временным изменениям, отличаются долговечностью эксплуатации.

Далее считается целесообразным рассмотреть применение отопительных приборов. В качестве таковых предлагается использовать радиаторы отопления с обходными секциями, которые позволяют выключить радиатор из тепловой сети, обеспечивая тем самым поддержание комфортной температуры в помещении и снижая расход тепловой энергии теплоносителя. Рассмотрим основные типы радиаторов отопления, которые могут быть использованы для обогрева главного корпуса ТГУ. В качестве источника информации выступает [17]

- Конвекторы стальные панельные

Представляет из себя монолитную конструкцию, состоящую из стальных трубок, помещенных в кожух.

Отличаются эстетичным внешним видом. Плоская и гладкая конструкция кожуха обеспечивает удобство его очистки от загрязнений. Такие радиаторы могут применяться для любых схем теплоснабжения.

К недостаткам данного типа радиаторов можно отнести небольшой срок службы, что обусловлено малой коррозионной устойчивостью и относительно небольшую теплоотдачу, что обусловлено малой площадью поверхности теплообмена. Кроме того, такие конвекторы быстро остывают в случае аварии или отключения отопления, так как применяемые элементы конструкции имеют малую теплоемкость.

– Чугунные радиаторы

Классические чугунные батареи устанавливались в подавляющем большинстве зданий советского периода постройки. Это обусловлено, с одной стороны, высокой массовостью производства, а с другой – отсутствием на тот момент доступной альтернативы.

Преимуществом таких радиаторов является невысокая цена, гладкая поверхность, облегчающая их очистку от загрязнений (однако следует отметить, что уже с большим трудом, чем в случае со стальными радиаторами). Кроме того, это – самое долговечное решение. Такие батареи имеют самый большой срок службы, что полностью подтверждается тем фактом, что чугунные батареи до сих пор продолжают нормально функционировать в главном корпусе (срок фактической эксплуатации составляет более 50 лет)

К недостаткам данного варианта относится большой вес, значительно усложняющий монтаж таких батарей отопления, по-прежнему незначительная площадь поверхности теплоотдачи, обусловленная незамысловатой конструкцией ребер. Кроме того, характерной особенностью таких радиаторов является крайне высокая инерция, обуславливающая значительное время нагрева самого радиатора и отапливаемого помещения

при подаче теплоносителя и с другой стороны – длительное время остывания прибора. Это, в частности, делает невозможным применение чугунных радиаторов в составе автоматизированных систем отопления, а также обуславливает бессмысленность установки на таких отопительных приборах регуляторов температуры.

– Радиаторы из алюминия

Имеют оригинальный дизайн и сложный профиль, обеспечивающий создание большой поверхности теплообмена, вследствие чего – высокую теплоотдачу при малой емкости прибора. Имеют малую инерционность – быстро нагреваются и остывают, вследствие чего идеально подходят для регулировки температуры. Радиаторы имеют малый вес, что положительно сказывается на удобстве монтажа.

Отрицательной стороной такого варианта отопителя является его высокая, относительно чугунных вариантов цена, а также – высокая чувствительность к химическому составу теплоносителя, подаваемого в систему.

– Биметаллические радиаторы

Биметаллические модули являются дальнейшим развитием радиаторов из алюминия. Модернизация произведена за счет усиления радиатора стальными конструктивными элементами с целью повышения прочности конструкции. Им присущ основной объем преимуществ алюминиевых радиаторов, к которым добавляется большая конструктивная прочность, а также химическая устойчивость. Это верно для тех моделей, где каналы, по которым проходит теплоноситель, полностью выполняются из стали, а алюминий с жидкостью непосредственно не контактирует.

В качестве основного недостатка также можно выделить высокую стоимость отопительных приборов. В таблице 3 приведена стоимость отопительных приборов схожей мощности, выполненных из различных материалов. Цены указаны по состоянию на первый квартал 2020 года.

Таблица 3 – Сравнение стоимости приборов отопления

Материал радиатора	Марка радиатора	Мощность, Вт	Цена, руб
Сталь	РОСТерм 22 500х500	1119	2350
Чугун	МС – 140 М4 500/7	1085	668,0
Алюминий	Germanium Al 500 х5	950	1850,0
Биметалл	EVOLUTION EVB 500 х6	990	2495,0

На основании вышеизложенного, а также – опираясь на данные таблицы 3, сделан вывод о целесообразности использования в системе центрального отопления алюминиевых отопительных приборов. Благодаря незначительной инерции они позволяют обеспечить нормальное регулирование температуры помещений как в ручном, так и в автоматическом режиме, а невысокая стоимость таких регуляторов выгодно выделяет их на фоне иных отопителей со схожими параметрами.

На рынке имеется большое количество радиаторов, которые рассчитаны на работу с давлением 16 бар, чего вполне достаточно для установки в систему отопления главного корпуса.

Далее целесообразно рассмотреть конструкцию теплового узла здания, в котором осуществляется первичная обработка теплоносителя, поступающего в сети отопления и горячего водоснабжения здания.

Эффективная работа теплового узла крайне важна для обеспечения высокой энергетической эффективности системы теплоснабжения здания. Современный тепловой узел не только снижает температуру теплоносителя до приемлемых значений, но и осуществляет его очистку от вредных примесей, обеспечивает рециркуляцию обратной воды для полноценного использования получаемого из системы теплового потенциала.

2.5 Тепловой узел системы теплоснабжения

В соответствии с проектом главного корпуса Тольяттинского государственного университета 1961-го года, здание было оборудовано тепловым узлом элеваторного типа. Им осуществлялось снижение температуры воды, поступающей из системы (далее – прямой) до температуры, пригодной для питания системы отопления здания в соотношении 120/95 °С. Заявленная в проекте температура обратной воды составляет 70 °С.

Необходимо отметить, что теплоноситель, имеющий температуру 70°С несет в себе немалую тепловую энергию, использование которой позволяет добиться значительной экономии тепловой энергии. Повторное использование обратной воды достигается благодаря использованию контура рециркуляции, обеспечивающего подмешивание отработанного теплоносителя в контур прямой воды. Тем самым, вместо холодной воды, получаемой из сети, для достижения оптимальной температуры теплоносителя в контуре отопления используется обратная вода, получаемая из системы отопления. Такой метод активно используется за рубежом, о чем свидетельствует [28].

Схема предлагаемого к использованию теплового узла представлена на рисунке 24. В данной конфигурации используется двухдвигательный циркуляционный насос, однако для упрощения конструкции он может быть заменен более простым вариантом. Принцип работы данного теплового узла в целом схож с принципом работы теплового узла, который описан в разделе 2.3 данной ВКР, поэтому повторное его описание считается нецелесообразным. Перечень контролирующего и управляющего оборудования, используемого в составе автоматизированного теплового узла приведен в таблице 4.

Применение современного измерительного и управляющего оборудования в совокупности с системой удаленного управления,

позволяющей осуществлять дистанционный контроль состояния теплового узла.

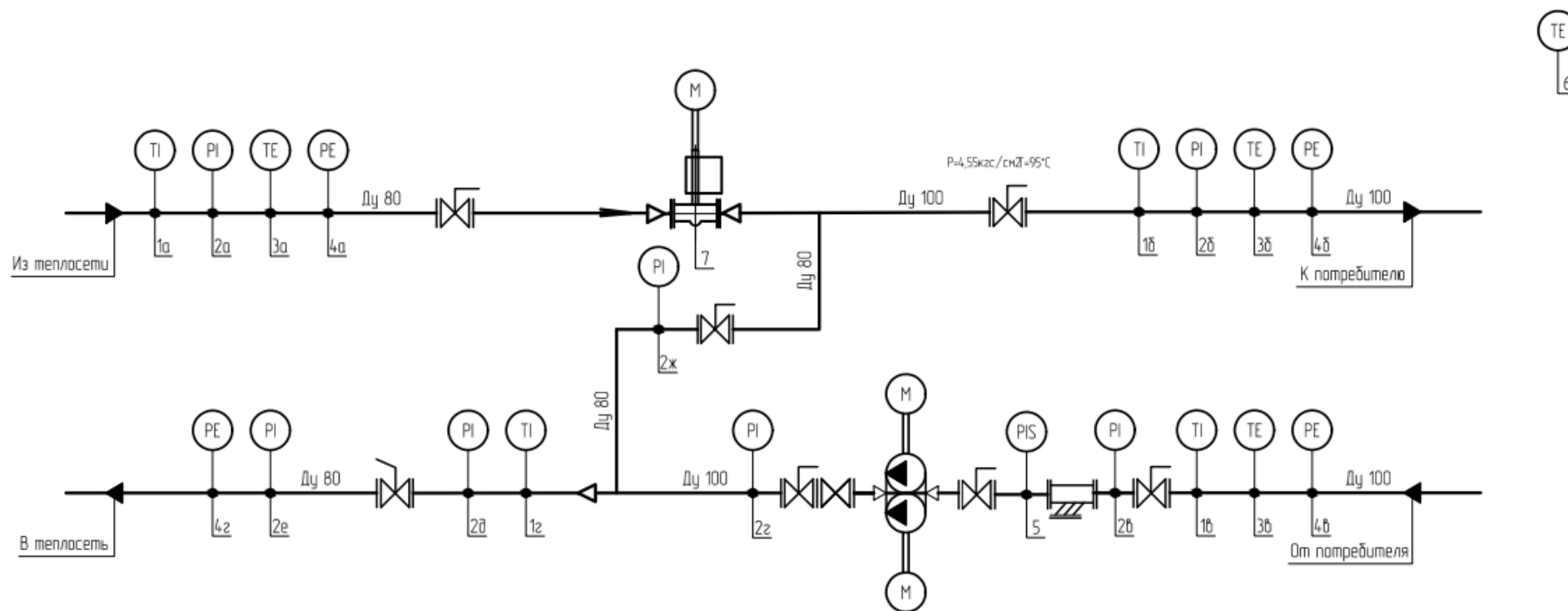


Рисунок 25 – Гидравлическая схема теплового узла

Таблица 4 – Перечень приборов и средств автоматизации теплового узла

Позиция		Наименование и техническая характеристика	Тип	Кол.
1а, 1б,		Термометр показывающий, IP43, G1/2, 0..200 С	БТ-52.211	2
1в, 1г		Термометр показывающий, IP43, G1/2, 0..160 С	БТ-52.211	2
2а, 2б 2в, 2г, 2д, 2е, 2ж		Манометр показывающий, IP54, G1/2, 0..1,6 МПа	ТМ-510	7
3а, 3б, 3в		Термопреобразователь сопротивления, IP65, G1/2, -50..+150 С	НТФ50 NTC10K	3
4а, 4б, 4в, 4г		Преобразователь давления измерительный, IP65, G1/2, 0..1,6 МПа	SHD-I 16	4
5		Манометр электроконтактный, IP54, G1/2, 0..1,6 МПа	БТ-510.05	1
6		Датчик температуры наружного воздуха, IP65, -50..+90 С	АТФ2 NTC10K	1
7		Клапан регулирующий	CV216 GG	1

Такой подход обеспечивает формирование комплексного технического решения, которое, как и в случае с приточной системой, описанной в пункте 2.3 данной выпускной квалификационной работы, обеспечивает формирование комплексного решения, обеспечивающего не только высокую энергетическую эффективность объекта, но и открывающую широкие перспективы для гибкого регулирования температурного режима в процессе эксплуатации теплового узла.

Это обуславливает популярность таких систем на крупных предприятиях, подобных ОАО «Автоваз» и ПАО «Сибур», а также причину, по которой применение данного технического решения рекомендуется при реконструкции системы теплоснабжения главного корпуса ТГУ.

2.6 Выводы по второму разделу

Таким образом, в результате рассмотрения основных технических решений, касающихся повышения энергетической эффективности систем теплоснабжения и вентиляции главного корпуса Тольяттинского государственного университета приняты следующие решения по основным рассматриваемым разделам.

Для заполнения оконных проемов использовать однокамерные стеклопакеты с пластиковыми рамами. Для тепловой изоляции стен здания использовать пенополиуретан.

Для вентиляции использовать модульный центральный кондиционер с блоком тепломассообмена, благодаря которому осуществляется охлаждение подаваемого в приточную систему воздуха в теплое время года.

Для реконструкции магистральных и распределительных линий системы отопления использовать предизолированные трубы из сшитого полиэтилена. Подводку к отопительным приборам выполнить неизолированными трубами из сшитого полиэтилена. В качестве отопительных приборов использовать алюминиевые радиаторы с терморегуляторами.

Для питания систем теплоснабжения использовать автоматизированный тепловой узел с системами дистанционного контроля и управления и рециркуляции.

Таким образом, определен основной объем технических решений, принятых в рамках выпускной квалификационной работы. Далее произведем технико-экономический расчет, который позволит уточнить детали выдвинутых предложений и обосновать с экономической точки зрения отдельные их аспекты.

3 Технико-экономическое обоснование

В рамках данного раздела считается целесообразным выполнить расчет отдельных аспектов, касающихся повышения энергетической эффективности системы теплоснабжения и вентиляции в рамках капитального ремонта главного корпуса Тольяттинского государственного университета.

В частности, считается целесообразным произвести следующие расчеты:

– Сравнить значения мощности систем приточной и вытяжной вентиляции, рассчитанных в соответствии с современными нормами, изложенными в [7] с расчетом, произведенным при проектировании здания в 1961-м году. Наибольшее из полученных значений ляжет в основу выбора мощности приточных установок при проведении капитального ремонта. Кроме того, необходимо определить техническую возможность и экономическую целесообразность использования распылительной установки вместо стандартной системы кондиционирования.

– Определить срок окупаемости утепления ограждающих конструкций здания. В частности, необходимо произвести расчет годовой экономической выгоды, получаемой по итогам реализации проекта реконструкции (главным образом от сэкономленной тепловой энергии). Затем необходимо рассчитать среднюю стоимость реализации проекта утепления и наконец – определить срок, в течение которого проект полностью окупится и начнет приносить реальную прибыль.

3.1 Расчет системы вентиляции

В рамках капитального ремонта здания предполагается произвести улучшение атмосферы внутри него. Это выражено в установке систем механических приточной и вытяжной вентиляции, которые были демонтированы ранее в целях переоборудования вентиляционной камеры в кабинет одного из сотрудников службы ректора ТГУ.

Поскольку в ходе капитального ремонта предполагается перепрофилирование большого количества помещений, считается необходимым предоставить сотруднику службы управления университетом более удобное помещение, тогда как вентиляционные камеру использовать по их прямому назначению. В таблице 5 приведены данные о мощности систем приточной вентиляции главного корпуса ТГУ, заложенные проектом 13-61 1961 года (лист проекта ОВ-12).

Таблица 5 – Экспликация приточного вентиляционного оборудования

Номер системы	Производительность, $L_{ПВ}$, м ³ /час	Мощность мотора, $P_{ПВ}$, кВт
I	6000	1,7
II	8860	2,8
III	12000	4,5
IV	2000	1,0
V	5700	1,7
VI	9500	4,5

В соответствии с данными таблицы 5, суммарная производительность системы приточной вентиляции корпуса составляет:

$$L_{ПВ}^{сумм} = 44060 \text{ м}^3 / \text{час}$$

Суммарная электрическая мощность системы:

$$P_{ПВ}^{сумм} = 16,2 \text{ кВт}$$

В таблице 6 представлены аналогичные данные для системы вытяжной вентиляции (лист проекта ОВ-11).

Таблица 6 – Экспликация вытяжного вентиляционного оборудования

Номер системы	Производительность, $L_{ПВ}, \text{м}^3/\text{час}$	Мощность мотора, $P_{ВВ}, \text{кВт}$
1	140	0,27
2	930	0,6
3	6000	1,7
4	190	0,27
5	1585	1,0
6	4000	1,0
7	7200	1,7
8	1340	0,6
9	1585	1,0
10	890	0,6
11	890	0,6
12	9100	2,8
13	10020	2,8
14	4000	1,0
15	12000	4,5
16	700	0,27
17	700	0,27
18	755	0,27
19	450	0,6
20	1660	1,0
21	1875	1,0
22	6310	1,7
23	3930	1,0
24	450	0,6
25	4020	1,0
26	8530	2,8
27	1875	1,0
28	400	0,27

На основании таблицы 6 определим, что производительность приточной вентиляции по воздуху составляла:

$$L_{ВВ}^{\text{сумм}} = 91525 \text{ м}^3 / \text{час}$$

Суммарная электрическая мощность системы:

$$P_{ВВ}^{\text{сумм}} = 32,22 \text{ кВт}$$

Расчет необходимой производительности системы механической вентиляции производится в соответствии с методикой, описанной в [7]. Расчет произведем по нормируемой кратности воздухообмена. На основании

таблицы 12 [5] нормируемая кратность воздухообмена для помещений общественных организаций равна 1,5 для приточной вентиляции.

Определим расход воздуха для приточной вентиляции. Исходные данные для расчета представлены ниже:

- Суммарная площадь помещений главного корпуса ТГУ обычной высоты $S_{\Sigma} = 11089,0 \text{ м}^2$

- Высота потолка в помещениях обычной высоты $h = 3,25 \text{ м}$

- Суммарная площадь высоких помещений главного корпуса ТГУ $S_{\Sigma B} = 504,3 \text{ м}^2$

- Вертикальный размер высоких аудиторий $h_B = 5,35 \text{ м}$

- Нормируемая кратность воздухообмена $n_{пв} = 1,5$

Определим обновляемый объем воздуха для приточной вентиляции:

$$V_{пв} = h \cdot S_{\Sigma} + h_B \cdot S_{\Sigma B} = 3,25 \cdot 11089,0 + 5,35 \cdot 504,3 = 38737,3 \text{ м}^3 \quad (1)$$

Определим расход воздуха для приточной вентиляции:

$$L_{пв} = V_{пв} \cdot n_{пв} = 38737,3 \cdot 1,5 = 58105,95 \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (2)$$

Расходование воздуха вытяжной вентиляцией определяется, в основном, для сан. узлов (далее, СУ). При этом, нормы следующие:

- 50 м^3 на один унитаз

- 25 м^3 на один писсуар

- Для умывальных комнат при СУ кратность воздухообмена $n_k = 1$.

Произведем определение кратности воздухообмена для типового СУ в целом:

Исходные данные (для расчета укрупненным способом принимаются усредненные значения):

- Количество писсуаров в типовом мужском сан. узле главного корпуса ТГУ $n_{п} = 3$.

- Количество унитазов в типовом СУ ТГУ $n_y = 4$.

- Количество мужских СУ в главном корпусе ТГУ $n_{МСУ} = 4$
- Количество женских СУ в главном корпусе ТГУ $n_{ЖСУ} = 5$
- Нормируемая кратность воздухообмена для умывальных комнат при СУ $n_{УК} = 1$.

Определим расход воздуха для мужского СУ:

$$L_{МСУ} = V_{УК} \cdot n_{УК} + n_{у} \cdot 50 + n_{п} \cdot 25 = 6,66 \cdot 1 + 4 \cdot 50 + 3 \cdot 25 = 281,7 \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (3)$$

где:

$V_{УК}$ – объем умывальной комнате при СУ

$n_{УК}$ – нормируемая кратность воздухообмена умывальной комнаты при СУ

Определим расход воздуха для женского СУ:

$$L_{ЖСУ} = V_{УК} \cdot n_{УК} + n_{у} \cdot 50 = 6,66 \cdot 1 + 4 \cdot 50 = 206,7 \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (4)$$

Определим расход воздуха для системы вытяжной вентиляции Главного корпуса ТГУ:

$$L_{В} = L_{ЖСУ} \cdot n_{ЖСУ} + L_{МСУ} \cdot n_{МСУ} = 206,7 \cdot 5 + 281,7 \cdot 4 = 2160,3 \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (5)$$

Результаты расчета мощности систем приточной и вытяжной вентиляции для главного корпуса ТГУ занесем в таблицу 7

Таблица 7 – Расходование воздуха системой механической вентиляции

Величина	Обозначение	Ед. измерения	Значение
Расход воздуха для системы приточной вентиляции по проекту 13-61	$L_{ПВ}^{сумм}$	$\text{м}^3/\text{час}$	44060,00
Расход воздуха для системы приточной вентиляции по проекту 13-61	$L_{ВВ}^{сумм}$	$\text{м}^3/\text{час}$	91525,00
Расход воздуха для системы приточной вентиляции	$L_{П}$	$\text{м}^3/\text{час}$	58105,95
Расход воздуха для системы вытяжной вентиляции	$L_{В}$	$\text{м}^3/\text{час}$	2160,3

На основании таблицы 7 можно сделать следующие основные выводы:

Во-первых, современные нормы и правила предполагают более высокие значения производительности системы приточной вентиляции, чем аналогичные нормы и правила 1961 года. В связи с этим производительность приточных систем корпуса подлежит пересмотру. При этом необходимо пропорционально увеличить мощность приточных установок во избежание избытка воздуха в одной части корпуса и недостатка – в другой.

Во-вторых, при проектировании системы вытяжной вентиляции главного корпуса, была заложена мощность, превышающая расчетную более, чем в 45 раз. Это обусловлено, во-первых, изменением норм и правил, определяющих значение данного параметра, во-вторых – изменением назначения помещений корпуса. Дело в том, что на момент проектирования здание рассматривалось как учебный корпус, в котором имелось значительное количество учебных лабораторий. В соответствии с существовавшими на тот момент нормами, данные помещения оборудовались вытяжной вентиляцией наряду с санузлами.

На настоящий момент, в связи с тем, что большая часть помещений корпуса оказываются перепрофилированы в офисные, либо иные помещения сугубо делового назначения, нужда в столь высоком значении мощности вытяжной системы отпадает. Удаление отработанного воздуха из здания будет осуществляться естественным путем через восстановленные в ходе капитального ремонта дефлекторы, расположенные на техническом этаже корпуса.

Далее рассмотрим модели приточных систем, которые целесообразно использовать для обеспечения помещений здания чистым воздухом. При выборе будем опираться на данные о производительности заложенных в 1961-м году приточных систем здания, представленные в таблице 5 и данные каталога, представленные в [1]. Результаты выбора сведем в таблицу 8:

Таблица 8 – Выбор оборудования приточных систем

Номер системы	Марка кондиционера	$L_{ПВ}, \text{ м}^3/\text{час}$	$P_{ПВ}, \text{ кВт}$	$P_{НО}, \text{ кВт}$	$L_{ПВ}, \text{ м}^3/\text{час}$	$P_{ПВ}, \text{ кВт}$
	После капитального ремонта				По проекту 13-61	
I	КТЦ-3М-7	8000	4,00	1,0	6000	1,7
II	КТЦ-3М-10	11000	5,50	1,5	8860	2,8
III	КТЦ-3М-15	15000	7,50	2,2	12000	4,5
IV	КТЦ-3М-7	7000	3,00	1,0	2000	1,0
V	КТЦ-3М-7	7000	3,00	1,0	5700	1,7
VI	КТЦ-3М-10	11000	5,50	1,5	9500	4,5

На основании таблицы 8 определим, что производительность предложенной системы приточной вентиляции по воздуху составляла:

$$L_{ПВ2}^{\text{сумм}} = 59000 \text{ м}^3 / \text{час}$$

Суммарная электрическая мощность системы:

$$P_{ПВ2}^{\text{сумм}} = 36,7 \text{ кВт}$$

Электрическая мощность системы на 230% превысила аналогичный параметр для системы приточной вентиляции в соответствии с проектом 13-63, однако необходимо учитывать, что в данном случае приточная система также выступает в роли системы кондиционирования.

Определим укрупненным способом мощность системы кондиционирования для здания главного корпуса ТГУ.

Суммарная площадь помещений, в которых предполагается охлаждать воздух (офисные помещения, конференц-залы и т.п.) составляет:

$$V_K = 25997,6 \text{ м}^3$$

В соответствии с данными, представленными на сайте компании Интех-климат [15], рекомендуемая удельная мощность системы кондиционирования для помещений со средней освещенностью составит: $k = 35 \text{ Вт/м}^3$.

Выполним расчет суммарной теплоизбыточности кондиционируемых помещений:

$$P_K = V_k \cdot k = 25997,635 = 909916,0 \text{ Вт} \quad (6)$$

$$P_K = 909,92 \text{ кВт}$$

Данная мощность охлаждения могла быть обеспечена системой кондиционирования чиллер-фанкойл. Одним из наиболее энергоэффективных решений в этой области являются модели Clivet WRAT. В соответствии с каталогом, представленным в [21], наиболее мощным и, следовательно, наиболее энергоэффективным в данной линейке является чиллер типоразмера 604. Его холодопроизводительность составляет $P_y = 153,8 \text{ кВт}$ при электрической мощности компрессора $P_{\text{Э}} = 26,6 \text{ кВт}$. Для обеспечения кондиционирования корпуса необходимо установить:

$$N_K = \frac{P_K}{P_y} = \frac{909,92}{153,8} = 5,92 \approx 6 \text{ шт} \quad (7)$$

Их суммарная электрическая мощность составит:

$$P_{\text{Э}}^{\text{сумм}} = N_K \cdot P_{\text{Э}} = 6 \cdot 26,6 = 159,6 \text{ кВт} \quad (8)$$

При этом, мощность системы приточной вентиляции с блоками тепломассообмена составит 28,5 кВт, что в 9 раз меньше.

Несмотря на привлекательность таких цифр, нельзя забывать, что помимо электрической энергии системой тепломассообмена расходуется также холодная вода, подаваемая на форсунки. В соответствии с данными, представленными на сайте производителя систем распылительного увлажнения и охлаждения воздуха [14], распыление одного литра воды в час обеспечивает мощность охлаждения $P_y^P = 666,6 \text{ Вт}$. В соответствии с результатами предыдущего расчета для охлаждения помещений корпуса необходимо удаление 909,92 кВт теплоизбытка (необходима холодопроизводительность 909,92 кВт). Определим расход воды форсунками

центральных кондиционеров для обеспечения достаточной холодопроизводительности:

$$Q_{XB} = \frac{P_K}{P_Y^P} = \frac{909,92}{0,67} = 1358,09 \text{ л} \quad (9)$$

Для подтверждения экономической целесообразности выбранной концепции системы охлаждения определим суммарную стоимость функционирования рассчитанных систем приточной вентиляции и системы кондиционирования в течение часа. Исходные данные для расчета представлены в таблице 9. Цены на электрическую энергию и холодную воду приведены по состоянию на первый квартал 2020 года. Расход горячей воды на снабжение калорифера приточной системы не учитывается, так как калорифер в процессе охлаждения воздуха участия не принимает

Таблица 9 – Исходные данные для экономического расчета

Величина	Обозначение	Ед. изм.	Значение
Стоимость электрической энергии	$K_{ЭЭ}$	руб/кВт·час	6,16
Стоимость холодной воды	K_{XB}	руб/м ³	22,22
Стоимость отведения сточных вод	$K_{ОСВ}$	руб/м ³	18,44
Расход холодной воды через форсунки в час	Q_{XB}	м ³	1,36
Электрическая мощность приточной системы	$P_{ПВ2}^{сумм}$	кВт	36,70
Электрическая системы кондиционирования	$P_{Э}^{сумм}$	кВт	159,60

Определим стоимость часового использования системы приточной вентиляции с блоком тепломассообмена в режиме максимальной мощности без учета расходов на амортизацию:

$$S_{ПВ} = P_{ПВ2}^{сумм} \cdot K_{ЭЭ} + Q_{XB} \cdot (K_{XB} + K_{ОСВ}) \quad (10)$$

$$S_{ПВ} = 36,70 \cdot 6,16 + 1,36 \cdot (22,22 + 18,44) = 281,36 \text{ руб.}$$

Определим стоимость часового использования системы кондиционирования в режиме максимальной мощности без учета расходов на амортизацию:

$$S_K = P_{\Sigma}^{сумм} \cdot K_{\Sigma\Delta} \quad (11)$$

$$S_K = 159,60 \cdot 6,16 = 983,14 \text{ руб.}$$

Таким образом, при условии работы в режиме максимальной мощности, стоимость работы системы кондиционирования в 3,5 раза превышает стоимость охлаждения при применении системы приточной вентиляции с модулем распылительного увлажнения.

Таким образом, использование системы приточной вентиляции является экономически целесообразным в долгосрочной перспективе. Далее технико-экономический расчет системы теплоснабжения.

3.2 Расчет системы теплоснабжения

В связи с тем, что раздел проекта реконструкции, касающийся системы отопления на настоящий момент не разработан, при расчете целесообразно руководствоваться относительными значениями роста энергетической эффективности, опираясь в качестве исходных данных на величины, приведенные в проекте 13-61.

При расчете учитывается снижение теплопотерь здания, обусловленное использованием современных ограждающих конструкций, в числе которых – стеклопакеты с пластиковыми рамами и тепловая изоляция стен корпуса.

Первоначально оценим снижение теплопотерь здания в результате монтажа тепловой изоляции и пластиковых окон.

Значения расхода тепла на отопления при различной температуре воздуха за пределами здания в соответствии с проектом 13-61 приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Основные показатели проекта системы отопления

Наименование	Размерность	-20 °С	-25 °С	-30 °С	-35 °С	-40 °С
Расход тепла на отопление	ккал/час	682500	746000	835000	837000	920000
Установленная мощность электродвигателей	кВт	32,22	32,22	32,22	32,22	32,22

Данные о площади оконных проемов и теплоизолируемого фасада, принятые по материалам эскизного проекта корпуса, приведены в таблице 11.

В эскизном проекте реализовано деление фасада здания на сегменты по строительным осям. Внешний вид сегментов представлен на рисунке 21 а-ж.

Крыша здания также подвергается утеплению слоем пенополиуретана, который укладывается между нижними слоями кровельного ковра. Площадь крыши здания составляет 4168,81 м². Занесем эти данные в таблицу 11.

Определим приведенное сопротивление теплопередачи рассматриваемых ограждающих конструкций здания до и после капитального ремонта корпуса. Данные для кровли и стен до реконструкции приняты по материалам [18]. Толщина слоя пенополиуретана равна 50 мм. Занесем полученные данные в таблицу 12.

Таблица 11 – Сводная ведомость утепляемых поверхностей

Наименование сегмента (строительные оси)	Площадь утепляемого фасада, м ²	Площадь оконных проемов, м ²
1-43	1247,72	456,03
T1-A	1045,57	301,80
A-T1		
43-1	1538,64	434,70
Ю-Б	1946,10	434,70
Б-Ю		
32-24	395,53	8,50
ИТОГО	6173,56	1635,73
Кровля	4168,81	-

Таблица 12 – Сводная ведомость приведенных тепловых сопротивлений

Элемент ограждающих конструкций	R ₀₁ , м ² ·°C/Вт до капитального ремонта	R ₀₂ , м ² ·°C/Вт после капитального ремонта
Кровля	0,34	1,95
Стены	0,53	2,14
Окна	0,19	0,35

Определим суммарное снижение теплопотерь здания главного корпуса ТГУ в результате капитального ремонта:

Буквой S обозначается площадь рассматриваемой ограждающей конструкции, R_{02} – приведенное сопротивление теплопередаче после реконструкции, R_{01} – аналогичная величина после реконструкции.

Верхним индексом 1 обозначаются окна здания, 2 – стены, 3 – кровля.

Определим отношение величины теплотерь здания до реконструкции к аналогичной величине после:

$$\frac{R_{02}^{сумм}}{R_{01}^{сумм}} = \frac{\frac{R_{02}^1 \cdot S^1}{R_{01}^1} + \frac{R_{02}^2 \cdot S^2}{R_{01}^2} + \frac{R_{02}^3 \cdot S^3}{R_{01}^3}}{S^1 + S^2 + S^3} \quad (12)$$

$$\frac{R_{02}^{сумм}}{R_{01}^{сумм}} = \frac{\frac{0,35 \cdot 1635,73}{0,19} + \frac{2,14 \cdot 6173,56}{0,53} + \frac{1,95 \cdot 4168,81}{0,34}}{1635,73 + 6173,56 + 4168,81} = 4,33$$

На основании рассчитанной величины определим величину расходов на отопление здания при различных температурах. Результаты расчетов представлены в таблице 13. При учете стоимости тепловой энергии 1554,00 руб/Гкал, определим экономический эффект от утепления ограждающих конструкций главного корпуса ТГУ. Результаты вычислений занесем в таблицу 14.

Таблица 13 – Технико-экономический расчет отопления

Наименование	Размерность	-20 °С	-25 °С	-30 °С	-35 °С	-40 °С
Расход тепла на отопление до реконструкции	ккал/час	682500	746000	835000	837000	920000
Расход тепла на отопление после реконструкции	ккал/час	157600	172300	193000	193300	212500
Экономия тепловой энергии	ккал/час	524900	573700	642500	643700	707500
Объем экономии денежных средств	руб/час	820,0	890,0	1000,0	1000,0	1100,0

В соответствии с [3]: «Отопительный период начинается, если в течение пяти суток средняя суточная температура наружного воздуха составляет +8 град. С и ниже, и заканчивается, если в течение пяти суток средняя суточная температура наружного воздуха составляет +8 град. С и

выше.». В соответствии с [4] число дней в году, когда температура в городе Тольятти не превышает +8 °С составляет: 203 дня, что и равно продолжительности отопительного периода. Средняя температура в этот период равна -5,2 °С.

В соответствии с проектом 13-61, расход тепла на отопление здания при температуре окружающего воздуха 5 °С составит 521200 ккал/час. В таком случае расход тепла после реконструкции будет равен 120370 ккал/час, количество сэкономленной энергии составит 400830 ккал/час. Приняв это усредненное значение за исходное, рассчитаем годовую экономию на отоплении для главного корпуса ТГУ. В расчете примем, что n – число часов работы системы отопления в году, Q – количество сэкономленной энергии, а b - тариф. Тогда годовая экономия составит:

$$K_o = b \cdot n \cdot Q = \frac{1554,00}{10^6} \cdot 24 \cdot 203 \cdot 400830 = 3034719,20 \text{ руб / год} \quad (13)$$

Определим затраты на реализацию проекта утепления фасада. Примем стоимость утепления крыши и стен пенополиуретановым слоем толщиной 50 мм равной $K^2 = 750 \text{ руб/м}^2$, в соответствии с материалами [20].

Стоимость установки однокамерных стеклопакетов с пластиковыми рамами составит $K^1 = 2190$ рублей за 1 м^2 .

Определим расходы на реконструкцию ограждающих конструкций здания.

$$K^{\text{сумм}} = K^1 \cdot S^1 + K^2 \cdot (S^2 + S^3) \quad (14)$$

$$K^{\text{сумм}} = 2190,0 \cdot 1635,73 + 750,0 (6173,56 + 4168,81) = 11339026,2 \text{ руб}$$

Определим срок окупаемости проекта утепления ограждающих конструкций здания:

$$T_0 = \frac{K^{\text{сумм}}}{K_0} = \frac{11339026,2}{3034719,20} = 3,74 \text{ года} \quad (15)$$

Таким образом произведен расчет системы отопления главного корпуса ТГУ Тольятти. Уже через 3,74 года утепление стен корпуса даст свои плоды и начнет приносить прибыль. Необходимо учитывать, что дополнительная экономия будет достигнута также за счет реконструкции смесительного узла и тепловой сети, однако в связи с отсутствием проекта по данному разделу и затрудненностью приближенного определения стоимости его реализации, достаточная точность расчета срока окупаемости не может быть достигнута.

3.3 Выводы по третьему разделу

В результате технико-экономического расчета произведена оценка целесообразности использования распылительной системы увлажнения вместо классической системы кондиционирования. Расчет выявил, что в случае использования последней, затраты на охлаждение превысят расходы на эксплуатацию оросительной системы охлаждения в 3,5 раза. Это обуславливает отказ от использования традиционной системы класса «чиллер-фанкойл» в пользу применения приточной системы с блоком теплообмена.

Рассчитана выгода от утепления ограждающих конструкций здания, в числе которых стены, окна и кровельные конструкции. Выявлено, что в случае использования покрытия из пенополиуретана для стен и кровли, а также -однокамерных пластиковых стеклопакетов, экономия составит 400830 ккал/час. В пересчете на годовой период, при учете тарифа на тепловую энергию, продолжительности отопительного периода и средней температуры за него, годовая экономия, получаемая в результате реконструкции системы отопления здания, составит 3034719,20 рублей в год. При этом приближенное значение срока окупаемости при усредненном значении стоимости материалов и монтажа составит 3,74 года.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы магистра разработана совокупность решений, применение которых в ходе капитального ремонта Главного корпуса ТГУ позволит повысить энергетическую эффективность систем теплоснабжения и вентиляции здания в рамках его капитального ремонта.

В результате проведенного предпроектного обследования главного корпуса Тольяттинского государственного университета выявлено, что качество ограждающих конструкций здания изначально не удовлетворяло современным требованиям к тепловой защите зданий. Заполнение оконных проемов, выполненное створчатыми деревянными окнами неудовлетворительно с точки зрения воздухопроницаемости ограждающих конструкций.

Определено, что система отопления выработала свой ресурс за время эксплуатации. Состояние тепловой изоляции, а также – самих трубопроводов неудовлетворительно. Конструкция теплового узла элеваторного типа без рециркуляции недостаточно энергоэффективна.

Система вентиляции здания полностью нефункциональна. Большая часть воздуховодов находится на прежних местах, но вентиляционные решетки, а также - система механической вентиляции находятся в неудовлетворительном техническом состоянии.

Рассмотрены основные технические решения, позволяющие решить выявленные проблемы.

Решено для заполнения оконных проемов использовать однокамерные стеклопакеты с пластиковыми рамами. Для тепловой изоляции стен здания использовать пенополиуретан.

Для вентиляции использовать модульный центральный кондиционер с блоком теплообмена, благодаря которому осуществляется охлаждение подаваемого в приточную систему воздуха в теплое время года.

Для реконструкции магистральных и распределительных линий системы отопления использовать предизолированные трубы из сшитого полиэтилена. Подводку к отопительным приборам выполнить неизолированными трубами из сшитого полиэтилена. Использовать алюминиевые радиаторы с терморегуляторами.

Для питания систем теплоснабжения использовать автоматизированный тепловой узел с системами дистанционного контроля и управления и рециркуляции.

Выполнен технико-экономический расчет базовых технических решений. Произведена оценка целесообразности использования распылительной системы увлажнения вместо классической системы кондиционирования. Расчет выявил, что в случае использования последней, затраты на охлаждение превысят расходы на эксплуатацию оросительной системы охлаждения в 3,5 раза. Это обуславливает отказ от использования традиционной системы класса «чиллер-фанкойл» в пользу применения приточной системы с блоком тепломассообмена.

Рассчитана выгода от утепления ограждающих конструкций здания, в числе которых стены, окна и кровельные конструкции. Выявлено, что в случае использования покрытия из пенополиуретана для стен и кровли, а также -однокамерных пластиковых стеклопакетов, экономия составит 400830 ккал/час. В пересчете на годовой период, при учете тарифа на тепловую энергию, продолжительности отопительного периода и средней температуры за него, годовая экономия, получаемая в результате реконструкции системы отопления здания, составит 3034719,20 рублей в год. При этом приближенное значение срока окупаемости при усредненном значении стоимости материалов и монтажа составит 3,74 года.

Таким образом цель выпускной квалификационной работы достигнута, решения, направленные на повышение энергоэффективности системы теплоснабжения и вентиляции в рамках капитального ремонта главного корпуса Тольяттинского государственного университета выработаны.

Список используемых источников

- 1 ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М. : Стандартинформ, 2013. 32 с.
- 2 МДС 13-20.2004. Комплексная методика по обследованию и энергоаудиту реконструируемых зданий : методические указания по строительству / под ред. Ю.Н. Хромца. М. : МГАКХиС, 2004. 81 с.
- 3 Приказ Минэнерго РФ от 24.03.2003 N 115 "Об утверждении Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок" (Зарегистрировано в Минюсте РФ 02.04.2003 N 4358) // КонсультантПлюс URL: http://etk-ural.ru/files/prikaz_minenergo_rf_ot_24.03.2003_n_115_ob_utverzhdanii_pravil_tehnicheskoy_ekspluatatsii_teplovyh_energoustanovok.pdf (дата обращения: 14.05.2020).
- 4 СП 131.13330.2012. Свод правил. Строительная климатология. М. Стандартинформ, 2012. 96 с.
- 5 СП 44.13330.2011. Свод правил. Административные и бытовые здания. М. Стандартинформ, 2011. 50 с.
- 6 СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. М. Стандартинформ, 2012. 98 с.
- 7 СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. М. Стандартинформ, 2016. 117 с.
- 8 СТО МГАТ 02.01.010 – 2013. Требования к составу, содержанию и правилам оформления результатов предпроектного обследования. М. : ГКУ «МОСГОРТЕЛЕКОМ», 2013. 12 с.
- 9 ТУ 2248-039-00284581-99. Трубы напорные из сшитого полиэтилена для систем холодного и горячего водоснабжения и отопления. М. Стандартинформ, 1999. 8 с.
- 10 Неборак А.В. Повышение энергетической эффективности центрального кондиционера с секциями подогрева // Сборник трудов V всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов и

аспирантов «Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов (ЭЭПП-2019)» . 2019. С. 301–304.

11 Какие трубы лучше выбрать для отопления // Совет инженера URL: <https://sovet-ingenera.com/otoplenie/o-drugoe/kakie-truby-luchshe-dlya-otopleniya.html> (дата обращения: 14.05.2020).

12 Материалы для утепления стен // Фасад эксперт URL: <https://fasad-exp.ru/uteplenie/materialy-dlya-utepleniya-sten-snaruzhi.html#i-3> (дата обращения: 14.05.2020).

13 Предизолированные трубы отопления из сшитого полиэтилена // Официальный сайт компании Uponor URL: <https://uponor-rus.ru/> (дата обращения: 14.05.2020).

14 Распылительные системы увлажнения воздуха // официальный сайт компании Buhler-AHS URL: <https://www.humidification.ru/raspylitelnye-sistemy-uvlazhneniya-vozduha/alternativa-kondicioneru/> (дата обращения: 14.05.2020).

15 Расчет мощности кондиционера //Официальный сайт ООО «Интех-климат» URL: <https://www.air-ventilation.ru/raschet-moschnosti-konditsionera.htm> (дата обращения: 14.05.2020).

16 Система чиллер-фанкойл // Smart home URL: <https://umniedoma.ru/sistema-chiller-fankojl-hto-eto-i-kak-rabotaet/> (дата обращения: 14.05.2020).

17 Сравнительный обзор батарей отопления // Совет инженера URL: https://sovet-ingenera.com/otoplenie/radiator-obogrev/kakie-radiatory-otopleniya-luchshe.html#_1_8211 (дата обращения: 14.05.2020).

18 Таблица теплопроводности строительных материалов // Авторский проект «Идеальный дом» URL: <http://www.homeideal.ru/data/teploprovodnost.html> (дата обращения: 14.05.2020).

19 Центральные кондиционеры КТЦЗМ // Официальный сайт ПО «Гефест» URL: <https://gefest-nn.com/catalog/oborudovanie-gazovozdushnyh->

traktov/tsentralnye-konditsionery-i-pritochnye-kamery-ktts3m/tsentralnye-konditsionery-tipa-ktts3m.html (дата обращения: 14.05.2020).

20 Цены на услуги // Официальный сайт ООО Прайм ППУ URL: <https://tolyati.poliuretan-ppu.ru/price/> (дата обращения: 14.05.2020).

21 Чиллеры Clivet WRAT // Официальный сайт Union Group URL: <http://www.uniongr.ru/production/fan/clivet/document1200.phtml> (дата обращения: 14.05.2020).

22 Что лучше выбрать – однокамерный стеклопакет или двухкамерный // Балконка 24 URL: <https://balkonka24.ru/odnokamernyj-steklopaket-ili-dvuhkamernyj.html> (дата обращения: 14.05.2020).

23 Acosta I., Campano M.A., Domínguez-Amarillo S., Muñoz C. Dynamic Daylight Metrics for Electricity Savings in Offices: Window Size and Climate Smart Lighting Management // *Energies*, 2018. Vol. 11. Issue 11. Num. 3143.

24 Aparicio-Ruiz P., Guadix-Martín J., Barbadilla-Martín E., Muñuzuri-Sanz J. Applying Renewable Energy Technologies in an Integrated Optimization Method for Residential Building's Design // *Applied sciences*, 2019. Vol. 9. Issue 3 Num.453. PP. 1-3.

25 Borello D., Pantaleo A.M., Caucci M., Caprariis B.D., Filippis P.D., Shah N. Modeling and Experimental Study of a Small Scale Olive Pomace Gasifier for Cogeneration: Energy and Profitability Analysis // *Energies*, 2017. Vol. 10. Issue 12 Num. 1930. PP. 1-5.

26 Calama-Gonzalez C.M., Suarez R., Leon-Rodriguez A.L. Thermal and Lighting Consumption Savings in Classrooms Retrofitted with Shading Devices in a Hot Climate // *Energies*, 2018. Vol. 11. Issue 10 Num. 2790.

27 Jain M., Kalaimani R.K., Keshav S., Rosenberg C., Using personal environmental comfort systems to mitigate the impact of occupancy prediction errors on HVAC performance // *Energy informatics*, 2018. Vol. 1. Num. 60. PP. 1-4.

28 Schimpe M., Piesch C., Hesse H.C., Paß J., Ritter S., Jossen A. Power Flow Distribution Strategy for Improved Power Electronics Energy Efficiency in

Battery Storage Systems: Development and Implementation in a Utility-Scale System // Energies, 2018. Vol. 11. Issue 3. Num. 533.

29 Ubertini S., Facci A.L., Andreassi L. Hybrid Hydrogen and Mechanical Distributed Energy Storage // Energies, 2017. Vol. 10. Issue 12. Num. 2035.

30 Veje C.T., Jradi M., Lund I., Hansen T., Kamuk K., Kieseritzky E., Nicolaisen C.G., // Energy informatics, 2019. Vol. 2. Num. 2. PP. 1-5.