

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ НАУКИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Пенза 2014

УДК721.012.1:699.86(035.3)

ББК38.7-022:31.19

О-93

*Монография подготовлена в рамках проекта
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки
высококвалифицированных кадров строительной отрасли»
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –
«Кадры для регионов»)*

Рецензенты – доктор технических наук, профессор каф.
ГСИА А.М. Береговой (ПГУАС);
кандидат технических наук С.В. Зворыгина
(ГИП ООО «Гражданпроект»)

Оценка энергетической эффективности зданий при проектировании: моногр. / О.Л. Викторова [и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 120 с.
ISBN 978-5-9282-1079-3

Рассмотрены вопросы по оценке энергетической эффективности зданий, согласно новых требований по тепловой защите объектов, которые соответствуют международному стандарту. Приведены методика и примеры по расчетам тепловлажностного состояния различных видов ограждающих конструкций, геометрических и теплоэнергетических показателей и составлению энергетического паспорта объекта.

Монография подготовлена на кафедре «Городское строительство и архитектура» и предназначена для студентов направления подготовки 08.03.01 и 08.04.01 «Строительство».

ISBN 978-5-9282-1079-3

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2014

© Викторова О.Л., Петрянина Л.Н.,
Дёрина М.А., Викторова В.В., 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

Систематическая работа в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в различных секторах и сферах экономики России началась после принятия федерального закона РФ от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Данный федеральный закон коснулся в том числе и Строительства. Возведение любого объекта начинается с составления проектной документации, соответственно вопрос о повышении энергетической эффективности зданий также должен находить отклик уже на стадии проектирования. На стадии проектирования объекта в проектной документации должен выполняться раздел включающий мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов, где оценивается энергетическая эффективность здания на стадии проектирования.

В данной монографии систематизированы все расчеты по составлению энергетического паспорта объекта. Уделено особое внимание исследованиям тепловлажностного состояния ограждающих конструкций, без которых невозможно принять правильного конструктивного решения ограждающих конструкций исходя из требований СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». Разработана методика по расчету геометрических и теплоэнергетических показателей здания.

Данную монографию рекомендуется использовать студентам, обучающимся по направлению 08.03.01 (бакалавриат) и 08.04.01 (магистратура) «Строительство» при выполнении курсового и дипломного проектирования, а также проектировщикам при работе над проектной документацией объекта.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросам энергосбережения зданий с 2000 года уделяется особое внимание на всех стадиях: проектирования, строительства, эксплуатации объектов. На этапе проектирования закладываются теоретические предпосылки рассматриваемого вопроса; на этапе строительства должно происходить внедрение этих предпосылок, а действительная экономия происходит уже в процессе эксплуатации данного объекта. Окупаемость вложенных средств наступает спустя несколько лет после введения объекта в эксплуатацию, ведь на стадии строительства энергосбережение требует не малых затрат, в среднем от 5 до 10% стоимости объекта. Но мы не должны забывать, что прежде всего энергосберегающие технологии должны повысить уровень комфорта в помещениях, а уже в дальнейшем экономить энергоресурсы и затраты на их использование.

Рассмотрим мероприятия по энергосбережению здания, закладываемые при проектировании:

- теплоизоляция наружных ограждающих конструкций определяется исходя из требований по тепловой защите зданий. Это касается как наружных стен, окон, дверей, покрытий и перекрытий над техподпольем, а также наружных стен техподполий. Таким образом, в системе утепления образуется комплексная термооболочка вокруг здания.

Установлено, что структура теплопотерь жилыми зданиями следующая: около 25-30 % через стены; 30-40 % через окна; через конструкции пола первого этажа и потолок последнего около 5 %; остальные 30-35 % составляют расход тепла на нагрев инфильтрующего наружного воздуха в объеме, необходимом для вентиляции по санитарным нормам (30 м²/ч на человека). Поэтому после решения вопросов по усилению теплозащиты ограждающих конструкций зданий основным направлением энергосбережения при проектировании является совершенствование эффективности

авторегулирования подачи тепла на отопление, снижение расхода тепла на нагрев наружного воздуха, необходимого для вентиляции жилых помещений квартиры, и сокращение потерь тепла и воды в системах горячего водоснабжения, приближая источники ее приготовления к местам потребления. Таким образом, уже на стадии проектирования важно обратить внимание на комплексное решение существующего вопроса.

При новом строительстве, а также реконструкции объектов необходимо соблюдать требования по тепловой защите здания, обеспечивающие при дальнейшей эксплуатации объекта получать значительную экономию материальных средств, так как экономятся энергоресурсы на отопление. Этот вопрос необходимо решать комплексно, учитывая теплопотери через все виды ограждающих конструкций: стены, окна, двери, покрытия. Поэтому проектная документация должна сопровождаться составленным энергетическим паспортом объекта, позволяющим оценить его класс энергосбережения.

При рассмотрении вопроса по утеплению наружных стен возникает задача по выбору наиболее благоприятного (правильного) решения из ряда существующих современных технологий. При рассмотрении этого вопроса необходимо провести некоторые расчеты, позволяющие не только рассчитать толщину утеплителя, но и оценить предложенное решение и с точки зрения его влажностного состояния. Именно этот вопрос будет особенно важен при дальнейшей эксплуатации объекта. Так как возможное образование конденсата, возникающее на границе слоев утепленной конструкции, может существенно повлиять на теплозащитные свойства материалов всей конструкции, и что самое важное, через несколько лет эксплуатации – на несущую способность конструктивного слоя. Этот момент важно предусмотреть уже на стадии проектирования и составлении проектной документации.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ВОПРОСА ПО ОЦЕНКЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТА

Энергоресурсосбережение является одной из самых актуальных задач XXI века. От результатов решения этой проблемы зависит место нашего общества в ряду развитых в экономическом отношении стран и уровень жизни граждан. В настоящее время энергосбережение в России отнесено к стратегическим задачам государства, являясь одновременно и основным методом обеспечения энергетической безопасности.

Россия располагает масштабным недоиспользуемым потенциалом энергосбережения, который по способности решать проблему обеспечения экономического роста страны сопоставим с приростом производства всех первичных энергетических ресурсов.

Энергоемкость российской экономики существенно превышает в расчете по паритету покупательной способности аналогичный показатель в США, в Японии и развитых странах Европейского Союза.

Нехватка энергии может стать существенным фактором сдерживания экономического роста страны. По оценке, до 2015 года темпы снижения энергоемкости при отсутствии скоординированной государственной политики по энергоэффективности могут резко замедлиться. Это может привести к еще более динамичному росту спроса на энергоресурсы внутри страны. Запасов нефти и газа в России достаточно, однако увеличение объемов добычи углеводородов и развитие транспортной инфраструктуры требуют значительных инвестиций.

Меры по снижению энергоемкости за период 1998-2005 гг. оказались недостаточными для того, чтобы остановить динамичный рост спроса на энергию и мощность. Рост спроса на газ и на электроэнергию оказался выше предусмотренных «Энергетической стратегией России» значений.

Суммарное энергопотребление России в 2007 г. составило порядка 990 млн т.у.т. При доведении внедрения энергосберегающего и энергоэффективного оборудования до уровня в странах-членах ЕС, энергопотребление снизилось бы до величины 650 млн т.у.т. Другими словами, около 35% энергии у нас теряется.

Барьеры, сдерживающие развитие энергосбережения и энергоэффективности в стране, можно разделить на четыре основные группы:

- недостаток мотивации;
- недостаток информации;
- недостаток опыта финансирования проектов;
- недостаток организации и координации.

Существует два пути решения возникшей проблемы:

- ✓ первый – крайне капиталоемкий путь наращивания добычи нефти и газа и строительства новых объектов электрогенерации;
- ✓ второй – существенно менее затратный, связанный с обеспечением экономического роста в стране за счет повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов.

Следует отметить, что на практике необходим симбиоз первого и второго вариантов с несомненным приоритетом энергоэффективности.

Систематическая работа в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в различных секторах и сферах экономики России началась после принятия федерального закона РФ от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

В 2010 году Минэнерго России совместно с ЗАО «АПБЭ», ООО «ЦЭНЭФ» и ФГУ «РЭА» разработало Государственную программу Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» («ГПЭЭ-2020»), которая была одобрена на заседании Правительства Российской Федерации 21.10.2010 и утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27.12.201 №2446-р.

Программа призвана стать инструментом решения масштабной задачи по снижению к 2020 году энергоемкости ВВП на 40%.

Для реализации прописанных в Программе мероприятий необходимо привлечь финансирование из различных Q источников. Кроме этого, участники программы должны в обязательном порядке установить современные приборы учета и провести энергетические обследования. Поскольку инвестиционные проекты по энергосбережению и технико-экономическое обоснование мероприятий немыслимы без объективных данных учета и результатов обследования.

Решение задач, поставленных в рамках Программы, требует высокой степени координации действий не только федеральных органов исполнительной власти, но и органов власти субъектов Российской Федерации, местного самоуправления, организаций и населения. Содействовать этому будет Российское энергетическое агентство (РЭА), на которое приказом Минэнерго возложена функция оперативного управления Госпрограммой.

Потенциал получения прибыли от долгосрочных инвестиций в повышение энергоэффективности российской энергетики оценивается западными специалистами в 300 миллиардов долларов. Однако пока российские и западные инвесторы неохотно идут в этот сектор.¹

Их останавливает недоработанная нормативно-правовая база отрасли и отсутствие примеров практического применения энергоэффективных технологий. Потому Министерством принято решение развивать практику энергосервисных контрактов.

В частности Минэнерго планирует создать федеральную энергосервисную компанию, которая будет на 100% принадлежать государству, и выступит инициатором новых проектов. Она будет принимать на себя весь риск и сможет даже входить в акционерный капитал региональных энергосервисных компаний, которые должны проводить энерго модернизацию российских предприятий.

В российском ТЭКе – один из самых больших потенциалов в области энергоэффективности. В частности речь идет о серьезной модернизации распределительно-сетевого комплекса, где у нас по-прежнему наблюдаются значительные потери. При соответствующей модернизации их можно сократить в два раза.

Как отмечалось выше, отношения по энергосбережению и повышению энергетической эффективности регулируются Федеральным Законом Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. №261-ФЗ.

Целью этого закона является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

В законе используются следующие основные понятия:

энергетический ресурс – носитель энергии, энергия которого используется или может быть использована при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, а также вид энергии (атомная, тепловая, электрическая, электромагнитная энергия или другой вид энергии);

вторичный энергетический ресурс – энергетический ресурс, полученный в виде отходов производства и потребления или побочных продуктов в результате осуществления технологического процесса или использования оборудования, функциональное назначение которого не связано с производством соответствующего вида энергетического ресурса;

энергосбережение – реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг);

энергетическая эффективность – характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения

такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю;

класс энергетической эффективности – характеристика продукции, отражающая ее энергетическую эффективность;

бытовое энергопотребляющее устройство – продукция, функциональное назначение которой предполагает использование энергетических ресурсов, потребляемая мощность которой не превышает для электрической энергии двадцать один киловатт, для тепловой энергии – сто киловатт и использование которой может предназначаться для личных, семейных, домашних и подобных нужд;

энергетическое обследование – сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте;

энергосервисный договор (контракт) – договор (контракт), предметом которого является осуществление исполнителем действий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности использования энергетических ресурсов заказчиком;

организации с участием государства или муниципального образования – юридические лица, в уставных капиталах которых доля (вклад) Российской Федерации, субъекта Российской Федерации, муниципального образования составляет более чем пятьдесят процентов и (или) в отношении которых Российская Федерация, субъект Российской Федерации, муниципальное образование имеют право прямо или косвенно распоряжаться более чем пятьюдесятью процентами общего количества голосов, приходящихся на голосующие акции (доли), составляющие уставные капиталы таких юридических лиц, государственные или муниципальные унитарные предприятия, государственные или муниципальные учреждения, государственные компании, государственные корпорации, а также юридические лица, имущество которых либо более чем пятьдесят процентов акций или долей в уставном капитале которых принадлежат государственным корпорациям;

регулируемые виды деятельности – виды деятельности, осуществляемые субъектами естественных монополий, организациями коммунального комплекса, в отношении которых в соответствии с законодательством Российской Федерации осуществляется регулирование цен (тарифов);

лицо, ответственное за содержание многоквартирного дома, – лицо, на которое в соответствии с жилищным законодательством возложены обязанности по управлению многоквартирным домом;

застройщик – лицо, признаваемое застройщиком в соответствии с законодательством о градостроительной деятельности.

Законодательство об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности состоит из Федерального закона №261, других федеральных законов, принимаемых в соответствии с ними иных нормативных правовых актов Российской Федерации, а также законов и иных нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации, муниципальных правовых актов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Правовое регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности основывается на следующих принципах:

- 1) эффективное и рациональное использование энергетических ресурсов;
- 2) поддержка и стимулирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- 3) системность и комплексность проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;
- 4) планирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- 5) использование энергетических ресурсов с учетом ресурсных, производственно-технологических, экологических и социальных условий.

Государственное регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности осуществляется путем установления:

- требований к обороту отдельных товаров, функциональное назначение которых предполагает использование энергетических ресурсов;
- запретов или ограничений производства и оборота в Российской Федерации товаров, имеющих низкую энергетическую эффективность, при условии наличия в обороте или введения в оборот аналогичных по цели использования товаров, имеющих высокую энергетическую эффективность, в количестве, удовлетворяющем спрос потребителей;
- обязанности по учету используемых энергетических ресурсов;
- требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений;
- обязанности проведения обязательного энергетического обследования;
- требований к энергетическому паспорту;

- обязанности проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме;
- требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг, размещение заказов на которые осуществляется для государственных или муниципальных нужд;
- требований к региональным, муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций с участием государства или муниципального образования и организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности;
- основ функционирования государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- обязанности распространения информации в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- обязанности реализации информационных программ и образовательных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- порядка исполнения обязанностей, предусмотренных настоящим Федеральным законом;
- иных мер государственного регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в соответствии с настоящим Федеральным законом.

1. Производимые на территории Российской Федерации, импортируемые в Российскую Федерацию для оборота на территории Российской Федерации товары (в том числе из числа бытовых энергопотребляющих устройств, компьютеров, других компьютерных электронных устройств и организационной техники) должны содержать информацию о классе их энергетической эффективности в технической документации, прилагаемой к этим товарам, в их маркировке, на их этикетках. Указанное требование распространяется на товары из числа:

- 1) бытовых энергопотребляющих устройств с 1 января 2011 года;
- 2) компьютеров, других компьютерных электронных устройств и организационной техники с 1 января 2012 года;
- 3) иных товаров с даты, установленной Правительством Российской Федерации.

2. Виды товаров, на которые распространяется требование части 1 настоящей статьи, и их характеристики устанавливаются Правительством

Российской Федерации, категории товаров в пределах установленных видов товаров и их характеристики устанавливаются уполномоченным федеральным органом исполнительной власти.

Здания, строения, сооружения, должны соответствовать требованиям энергетической эффективности, установленным уполномоченным федеральным органом исполнительной власти в соответствии с правилами, утвержденными Правительством Российской Федерации.

Требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений должны включать в себя:

- показатели, характеризующие удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании, строении, сооружении;

- требования к влияющим на энергетическую эффективность зданий, строений, сооружений архитектурным, функционально-технологическим, конструктивным и инженерно-техническим решениям;

- требования к отдельным элементам, конструкциям зданий, строений, сооружений и к их свойствам, к используемым в зданиях, строениях, сооружениях устройствам и технологиям, а также требования к включаемым в проектную документацию и применяемым при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте зданий, строений, сооружений технологиям и материалам, позволяющие исключить нерациональный расход энергетических ресурсов как в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта зданий, строений, сооружений, так и в процессе их эксплуатации.

В составе требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений должны быть определены требования, которым здание, строение, сооружение должны соответствовать при вводе в эксплуатацию и в процессе эксплуатации, с указанием лиц, обеспечивающих выполнение таких требований (застройщика, собственника здания, строения, сооружения), а также сроки, в течение которых выполнение таких требований должно быть обеспечено. При этом срок, в течение которого выполнение таких требований должно быть обеспечено застройщиком, должен составлять не менее чем пять лет с момента ввода в эксплуатацию здания, строения, сооружения.

Требования энергетической эффективности не распространяются на следующие здания, строения, сооружения:

- культовые здания, строения, сооружения;

- здания, строения, сооружения, которые в соответствии с законодательством Российской Федерации отнесены к объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры);

- временные постройки, срок службы которых составляет менее чем два года;

- объекты индивидуального жилищного строительства (отдельно стоящие и предназначенные для проживания одной семьи жилые дома с количеством этажей не более чем три), дачные дома, садовые дома;

- строения, сооружения вспомогательного использования;

- отдельно стоящие здания, строения, сооружения, общая площадь которых составляет менее чем пятьдесят квадратных метров;

Не допускается ввод в эксплуатацию зданий, строений, сооружений, построенных, реконструированных, прошедших капитальный ремонт и не соответствующих требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов.

Застройщики обязаны обеспечить соответствие зданий, строений, сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов путем выбора оптимальных архитектурных, функционально-технологических, конструктивных и инженерно-технических решений и их надлежащей реализации при осуществлении строительства, реконструкции, капитального ремонта.

Проверка соответствия вводимых в эксплуатацию зданий, строений, сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов осуществляется органом государственного строительного надзора при осуществлении государственного строительного надзора. В иных случаях контроль и подтверждение соответствия вводимых в эксплуатацию зданий, строений, сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов осуществляются застройщиком.

В составе показателей оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов должны быть утверждены показатели энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Региональные, муниципальные программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности должны соответствовать установленным в соответствии с настоящей статьей требованиям к таким программам и утвержденным Правительством Российской Федерации требованиям к ним. Утвержденные Правительством Российской Федерации требования к региональным, муниципальным программам

в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности должны включать в себя целевые показатели в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (без указания их значений), а также перечень мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, которые подлежат включению в такие программы и проведение которых возможно с использованием внебюджетных средств, полученных также с применением регулируемых цен (тарифов), и сроки проведения указанных мероприятий.

Региональные, муниципальные программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности должны содержать:

- значения целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, достижение которых обеспечивается в результате реализации соответствующей программы;

- перечень мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности с указанием ожидаемых результатов в натуральном и стоимостном выражении, в том числе экономического эффекта от реализации соответствующей программы, сроки проведения указанных мероприятий;

- информацию об источниках финансирования мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности с указанием отдельно бюджетных (при их наличии) и внебюджетных (при их наличии) источников финансирования указанных мероприятий.

Значения целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности должны отражать:

- повышение эффективности использования энергетических ресурсов в жилищном фонде;

- повышение эффективности использования энергетических ресурсов в системах коммунальной инфраструктуры;

- сокращение потерь энергетических ресурсов при их передаче, в том числе в системах коммунальной инфраструктуры;

- повышение уровня оснащенности приборами учета используемых энергетических ресурсов;

- увеличение количества случаев использования объектов, имеющих высокую энергетическую эффективность, объектов, относящихся к объектам, имеющим высокий класс энергетической эффективности, и (или) объектов, использующих в качестве источников энергии вторичные энергетические ресурсы и (или) возобновляемые источники энергии;

- увеличение количества высокоэкономичных в части использования моторного топлива транспортных средств, транспортных средств, относящихся к объектам, имеющим высокий класс энергетической эффектив-

ности, а также увеличение количества транспортных средств, в отношении которых проведены мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, в том числе по замещению бензина, используемого транспортными средствами в качестве моторного топлива, природным газом с учетом доступности использования природного газа, близости расположения к источникам природного газа и экономической целесообразности такого замещения;

- сокращение расходов бюджетов на обеспечение энергетическими ресурсами государственных учреждений, муниципальных учреждений, органов государственной власти, органов местного самоуправления, а также расходов бюджетов на предоставление субсидий организациям коммунального комплекса на приобретение топлива, субсидий гражданам на внесение платы за коммунальные услуги с учетом изменений объема использования энергетических ресурсов в указанных сферах;

- увеличение объема внебюджетных средств, используемых на финансирование мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

В отношении продукции, технологического процесса, юридического лица, может проводиться энергетическое обследование.

Основными целями энергетического обследования являются:

- получение объективных данных об объеме используемых энергетических ресурсов;

- определение показателей энергетической эффективности;

- определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

- разработка перечня типовых, общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и проведение их стоимостной оценки.

По результатам энергетического обследования составляется энергетический паспорт.

Энергетический паспорт, составленный по результатам энергетического обследования, должен содержать информацию:

- об оснащенности приборами учета используемых энергетических ресурсов;

- об объеме используемых энергетических ресурсов и о его изменении;

- о показателях энергетической эффективности;

- о величине потерь переданных энергетических ресурсов (для организаций, осуществляющих передачу энергетических ресурсов);

- о потенциале энергосбережения, в том числе об оценке возможной экономии энергетических ресурсов в натуральном выражении;

- о перечне типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Уполномоченным федеральным органом исполнительной власти устанавливаются требования к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования, а также к энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации, в том числе требования к его форме и содержанию, правила направления копии энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования, в этот федеральный орган исполнительной власти. Указанные требования могут различаться в зависимости от типов организаций, объектов (зданий, строений, сооружений производственного или непроизводственного назначения, энергетического оборудования, технологических процессов и иных критериев).

Энергетические паспорта на здания, строения, сооружения, вводимые в эксплуатацию после осуществления строительства, реконструкции, капитального ремонта, могут составляться на основании проектной документации.

Информационное обеспечение мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности должно осуществляться регулярно посредством:

- создания государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

- опубликования органами государственной власти, органами местного самоуправления в средствах массовой информации региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

- организации органами государственной власти, органами местного самоуправления распространения в средствах массовой информации тематических теле- и радиопередач, информационно-просветительских программ о мероприятиях и способах энергосбережения и повышения энергетической эффективности, о выдающихся достижениях, в том числе зарубежных, в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и иной актуальной информации в данной области;

- информирования потребителей об энергетической эффективности бытовых энергопотребляющих устройств и других товаров, в отношении которых Федеральным законом установлены требования к их обороту на территории Российской Федерации, а также зданий, строений, сооружений и иных объектов, связанных с процессами использования энергетических ресурсов;

- распространения информации о потенциале энергосбережения относительно систем коммунальной инфраструктуры и мерах по повышению их энергетической эффективности;

- организации выставок объектов и технологий, имеющих высокую энергетическую эффективность;

- выполнения иных действий в соответствии с законодательством об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности.

В целях соблюдения интересов государства и достижения общественно полезных целей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, а также осуществления информационного обеспечения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности органы государственной власти, органы местного самоуправления обязаны обеспечить регулярное распространение:

- информации об установленных настоящим Федеральным законом правах и обязанностях физических лиц, о требованиях, предъявляемых к собственникам жилых домов, собственникам помещений в многоквартирных домах, лицам, ответственным за содержание многоквартирных домов, и об иных требованиях настоящего Федерального закона;

- социальной рекламы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

Процесс строительства, модернизации, реконструкции, капитального ремонта здания (сооружения) состоит из следующих этапов:

- разработка проектной документации;

- строительство (реконструкция, модернизация, капитальный ремонт);

- сдача в эксплуатацию.

Все этапы должны быть осуществлены с выполнением требований законодательства в области энергосбережения и энергетической эффективности.

Этап разработки проектной документации

В соответствии с Постановлением правительства РФ №235, при разработке проектной документации, необходимо разрабатывать раздел «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов».

В соответствии с Федеральным законом 261-ФЗ, выполнение требований законодательства в области энергосбережения и энергетической эффективности при разработке проектной документации должно быть подтверждено энергетическим паспортом в составе проектной документации.

Этап строительства

В соответствии с Федеральным законом 261-ФЗ, застройщики обязаны обеспечить соответствие зданий, строений, сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов путем выбора оптимальных архитектурных, функционально-технологических, конструктивных и инженерно-технических решений и их надлежащей реализации при осуществлении строительства, реконструкции, капитального ремонта.

Этап сдачи в эксплуатацию

В соответствии с Федеральным законом 261-ФЗ, проверка соответствия вводимых в эксплуатацию зданий, строений, сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов осуществляется органом государственного строительного надзора при осуществлении государственного строительного надзора. В иных случаях контроль и подтверждение соответствия вводимых в эксплуатацию зданий, строений, сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов осуществляются застройщиком.

В соответствии с Федеральным законом 261-ФЗ, выполнение требований законодательства в области энергосбережения и энергетической эффективности при сдаче в эксплуатацию должно быть подтверждено энергетическим паспортом потребителя топливно-энергетических ресурсов.

В соответствии с Федеральным законом 261-ФЗ, энергетические паспорта на здания, строения, сооружения, вводимые в эксплуатацию после осуществления строительства, реконструкции, капитального ремонта, могут составляться на основании проектной документации.

В соответствии с 190-ФЗ «Градостроительный кодекс РФ», к заявлению о выдаче разрешения на ввод объекта в эксплуатацию прилагаются документ, подтверждающий соответствие параметров построенного, реконструированного, отремонтированного объекта капитального строительства проектной документации, в том числе требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности объектов капитального строительства приборами учета используемых энергетических ресурсов, и подписанный лицом, осуществляющим строительство. Другими словами – энергетический паспорт.

За невыполнение требований законодательства в области энергосбережения и энергетической эффективности предусматривается административная ответственность. Так, согласно Федерального закона №261, несоблюдение при проектировании, строительстве, реконструкции, капитальном ремонте зданий, строений, сооружений требований энергетической

ческой эффективности, требований их оснащённости приборами учета используемых энергетических ресурсов – влечет наложение административного штрафа на должностных лиц в размере от двадцати тысяч до тридцати тысяч рублей; на лиц, осуществляющих предпринимательскую деятельность без образования юридического лица, – от сорока тысяч до пятидесяти тысяч рублей; на юридических лиц – от пятисот тысяч до шестисот тысяч рублей.

Таким образом, все этапы процесса строительства согласно Федерального закона №261 завершаются энергетическим паспортом. В случае его отсутствия сдача в эксплуатацию становится невозможной (во всяком случае – очень затруднительной) процедурой.

Энергетический паспорт – документ, отражающий уровень потребления и содержащий показатели того насколько эффективно используется ТЭР в процессе хозяйственной деятельности, а также содержащий план мероприятий по увеличению эффективности использования энергетических ресурсов. Энергетический паспорт здания составляется в соответствии с ГОСТ Р 51379.

Энергетический паспорт здания гражданского назначения – это документ в который включены энергетические, геометрические и теплотехнические характеристики здания и проектов здания, ограждающих конструкций и устанавливающий их соответствие требованиям нормативных документов;

В соответствии с Федеральным законом №261 энергетический паспорт должен содержать данные:

- 1) о том насколько объект оснащен приборами, которые учитывают расход энергетических ресурсов;
- 2) о том, каков объем используемых ресурсов и данные о любых изменениях данного объема;
- 3) о показателях энергоэффективности;
- 4) о уровне потерь при передаче энергоресурсов;
- 5) о возможностях энергосбережения, в том числе данные о уровне возможной экономии представленные в натуральном выражении;
- 6) о списке типовых мероприятий по обеспечению энергосбережения и увеличению энергетической эффективности.

В случае если здание вводится в эксплуатацию после строительства, реконструкции, капитального ремонта, то энергетический паспорт может составляться на основании проектной документации

2. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ (МЕРОПРИЯТИЯ) ПО ОЦЕНКЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТА НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

2.1. Нормирование тепловой защиты здания

Тепловая защита здания нормируется по СНиП [1], где установлены три показателя тепловой защиты здания (п. 5.1):

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания;

б) санитарно-гигиенический, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы;

с) удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий с учетом объемно-планировочных решений здания и выбора системы поддержания микроклимата для достижения нормируемого значения этого показателя.

Требования тепловой защиты здания будут выполнены, если в жилых и общественных зданиях будут соблюдены требования показателей «а» и «б» или «б» и «с».

К мероприятиям по оценке энергетической эффективности проектируемого объекта относят:

- 1) расчет объемно-планировочных параметров здания и описание принятого конструктивного решения;
- 2) выбор климатических и теплоэнергетических параметров;
- 3) проведение теплотехнических расчетов ограждающих конструкций:
 - 3.1) теплотехнический расчет стен;
 - 3.2) теплотехнический расчет чердачного перекрытия;
 - 3.3) теплотехнический расчет техподполья;
- 4) расчет энергетических показателей;
- 5) расчет теплотехнических показателей;
- 6) составление энергетического паспорта проектируемого объекта;
- 7) описание мероприятий по экономии тепловой энергии;
- 8) заключение об оценке энергетической эффективности здания на стадии проектирования объекта.

Согласно выше перечисленных мероприятий обеспечивается наиболее рациональная (экономически выгодная) техническая эксплуатация объекта на протяжении долгих лет службы объекта.

2.2. Объемно-планировочные параметры здания и описание его конструктивного решения

К объемно-планировочным параметрам здания относят:

- площадь жилых помещений – $A_{л}$;
- общую площадь наружных ограждающих конструкций здания – A_l^{sum} ;

В этот показатель включают следующие значения площадей ограждающих конструкций:

Площадь наружных стен здания (за исключением проемов) – A_w , м²;

Площадь окон – A_F , м²;

Площадь балконных и входных дверей – A_{ed} , м²;

Площадь перекрытия холодного чердака – A_c , м²;

Площадь перекрытия над неотапливаемым подвалом – A_f , м².

Отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, – V_h , м³; определяемый по формуле

$$V_h = A_{st} \cdot H_h,$$

где A_{st} – площадь этажа, ограниченная внутренними поверхностями наружных стен; H_h – высота объема, представляющая собой расстояние от пола первого этажа до потолка последнего этажа.

По рассчитанным объемно-планировочным параметрам определяются показатели объемно-планировочного решения:

- коэффициент остекленности фасадов здания f , %, п.5.11, [1]:

$$f = A_F / A_w$$

- показатель компактности здания k_e^{des} п.5.15, [1]:

$$k_e^{des} = A_l^{sum} / V_h$$

В описании конструктивного решения объекта описывают принятую конструктивную схему здания, далее указывают:

- степень долговечности здания;
- класс конструктивной пожарной опасности по СНиП 21-01-97*;
- степень огнестойкости здания по СНиП 21-01-97*;
- уровень ответственности здания по СНиП 2.01.07-85

- принятый вариант конструктивного решения фундаментов и стен подвала;
- принятый вариант конструктивного решения наружных и внутренних стен с указанием всех конструктивных, утепляющих и отделочных материалов;
- принятый вариант конструктивного решения перекрытий и покрытия;
- состав кровли.

2.3. Климатические и теплоэнергетические параметры

1. Расчетная температура внутреннего воздуха t_{int} , °С, принимаемая согласно ГОСТ 12.1.005-88 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений.

2. Расчетная температура наружного воздуха t_{ext} , °С. принимается значение средней температуры наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по табл1 [2].

3. Расчетная температура воздуха подвала t_{ext}^0 , °С при наличии в подвале труб систем отопления и горячего водоснабжения принимается не менее +2 °С исходя из расчета тепlopоступлений от инженерных систем.

4. Расчетная температура холодного чердака. Принимается равной температуре наружного воздуха.

5. Продолжительность отопительного периода z_{ht} . Принимается по табл.1 [2].

6. Средняя температура наружного воздуха за отопительный период t_{ht}^0 , °С. Принимается по табл.1 [2].

7. Градусо-сутки отопительного периода D_d вычисляются по формуле 2[1]:

$$D_d = z_{ht} \cdot (t_{int} - t_{ht}).$$

2.4. Обеспечение тепловой защиты здания

Согласно требований по энергетической эффективности зданий общее сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, должно приниматься не ниже нормируемых значений сопротивлений теплопередачи R_{reg} , которые устанавливаются по табл. 4 [1] в зависимости от градусо-суток отопительного периода D_d , вида ограждающей конструкции и назначения здания.

Температурный перепад между температурой воздуха в помещении и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции Δt_0 (°C) не должен превышать нормируемого температурного перепада Δt_n (°C), определяемого по табл.6 [1], в зависимости от вида здания и вида ограждающей конструкции

$$\Delta t_0 < \Delta t_n,$$

или температура на внутренней поверхности ограждающей поверхности должна быть выше температуры точки росы.

Удельный расход тепловой энергии на отопление здания q_h^{des} , кДж/(м²·°C·сут) не должен превышать нормируемый удельный расход q_h^{req} , кДж/(м²·°C·сут), определяемый по табл. 8[1], в зависимости от вида здания и его этажности:

$$q_h^{des} < q_h^{req}.$$

2.5. Энергетические показатели

2.5.1. Теплотехнические

1. Согласно требований СНиП [1], сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R_0 , должно приниматься не ниже нормируемых значений сопротивления теплопередаче по табл.4 в зависимости от градусо-суток для:

- стен R_w^{reg} (м²·°C/Вт);
- окон и R_F^{reg} (м²·°C/Вт);
- балконных дверей R_{ed}^{reg} (м²·°C/Вт);
- перекрытий над техподпольем R_f^{reg} (м²·°C/Вт);
- перекрытий чердачных R_c^{reg} (м²·°C/Вт).

2. Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания K_m^{tr} Вт/(м²·°C) определяется по формуле (Г.5) [1]:

$$K_m^{tr} = (A_w / R_w^r + A_w / R_F^{reg} + A_{ed} / R_{ed}^{reg} + n \cdot A_c / R_c^{reg} + n \cdot A_f / R_f^{reg}) / A_l^{sum},$$

где n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху по табл.6 [1]

$n = (t_{int} - t_{ext}^0) / (t_{int} - t_{ext})$ – для техподполья;

$n = 1$ – для холодного чердака.

3. Приведенный инфильтрационный (условный) коэффициент теплопередачи здания K_m^{inf} , Вт/(м²·°С), определяется по формуле (Г.6) [1]:

$$K_m^{inf} = 0,28 \cdot c \cdot n_a \cdot \beta_v \cdot V_h \cdot \rho_a^{ht} \cdot k / A_l^{sum},$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С); n_a – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч⁻¹, принимаемая по нормам проектирования соответствующих зданий: для жилых зданий – исходя из удельного нормативного расхода воздуха 3 м³/ч на 1 м² жилых помещений и кухонь; для объектов сервисного обслуживания 4 м³/ч на 1 м² расчетной площади, для общеобразовательных учреждений – 16-20 м³/ч на 1 чел.; в дошкольных учреждениях – 1,5 ч⁻¹, в больницах – 2 ч⁻¹; для других зданий – согласно СНиП 2.08.01, СНиП 2.09.02 по формуле

$$n_a = 3 \cdot A_{l1} / (\beta_v \cdot V_h);$$

β_v – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных принимают равным 0,85; V_h – отапливаемый объем здания; A_{l1} – площадь жилых помещений; ρ_a^{ht} – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м³, определяется по формуле (Г.7), [1]

$$\rho_a^{ht} = 353 / [273 + 0,5 (t_{int} + t_{ext})];$$

k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный 0,7 – для стыков панелей стен, окон и балконных дверей с тройными раздельными переплетами; с двумя раздельными переплетами – 0,8, со спаренными переплетами – 0,9; с одинарными переплетами – 1,0; A_l^{sum} – общая площадь наружных ограждающих конструкций, м².

4. Общий коэффициент теплопередачи здания K_m , Вт/(м²·°С), определяется по формуле (Г4), [1]:

$$K_m = K_m^{tr} + K_m^{inf}.$$

2.5.2. Теплоэнергетические показатели

1. Общие теплотери здания Q_h , МДж, за отопительный период, определяются по формуле (Г.3), [1]

$$Q_h = 0,0864 \cdot K_m \cdot D_d \cdot A_l^{sum}.$$

2. Удельные бытовые тепловыделения q_{int} , Вт/м², следует устанавливать исходя из расчета удельного электро и газопотребления здания, но не менее 10 Вт/м²; для жилых зданий, предназначенных гражданам с учетом социальной нормы $q_{int} = 17$ Вт/м²

3. Бытовые тепlopоступления в течение отопительного периода Q_{int} , МДж, определяются по формуле (Г.10), [1]

$$Q_{int} = 0,0864 \cdot q_{int} \cdot Z_{ht} \cdot A_{l1},$$

где q_{int} – величина бытовых тепловыделений на 1 м² площади помещений, Вт/м²; Z_{ht} – количество суток отопительного периода; A_{l1} – площадь жилых помещений, м².

4. Тепlopоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период Q_s , МДж, для фасадов ориентированных по направлениям, определяются по формуле (Г.11), [1]:

$$Q_s = \tau_F \cdot k_F \cdot (A_{F1} \cdot I_1 + A_{F2} \cdot I_2 + A_{F3} \cdot I_3 + A_{F4} \cdot I_4),$$

где τ_F – коэффициент, учитывающий затенение светового проема непрозрачными элементами заполнения, прил.5, [12] для Пензенской области этот коэффициент равен 0,5; k_F – коэффициент относительного проникания солнечной радиации для окон, прил.5, [12], для Пензенской области этот коэффициент равен 0,76; A_{F1} , A_{F2} , A_{F3} , A_{F4} – площадь светопроемов фасадов здания, соответственно ориентированных по четырем направлениям, м²; I_1 , I_2 , I_3 , I_4 – средняя за отопительный период величина солнечной радиации, соответственно ориентированная по четырем фасадам здания, МДж/м², по табл. 5 [2].

Расположение г. Пенза – 53° 12' с.ш.

5. Расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода Q_h^y , МДж, определяется по формуле (Г.2), [1]:

$$Q_h^y = [Q_h - (Q_{int} + Q_s) \cdot v \cdot \zeta] \cdot \beta_h,$$

где β_h – коэффициент, учитывающий дополнительное тепlopотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового

потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, теплотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения для: односекционных зданий $\beta_h = 1,11$; для многосекционных и других протяженных зданий $\beta_h = 1,13$; ζ – коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления; рекомендуемые значения: $\zeta=1,0$ – в однотрубной системе с термостатами и с по фасадным авторегулированием на вводе или по квартирной горизонтальной разводкой; $\zeta = 0,9$ – в однотрубной системе с термостатами и центральным авторегулированием на вводе или в однотрубной системе без термостатов с по фасадным авторегулированием на вводе; $\zeta = 0,85$ – в однотрубной системе отопления с термостатами и центральным авторегулированием на вводе; $\zeta = 0,95$ – в двухтрубной системе отопления с термостатами и центральным авторегулированием на вводе; $\zeta = 0,7$ – в системе с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха; $\zeta = 0,5$ – в системах без термостатов и без авторегулирования на вводе – регулирование центральное в ЦТП или котельной; ν – коэффициент снижения теплотупления за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемое значение $\nu = 0,8$.

6. Удельный расход тепловой энергии на отопление здания за отопительный период q_h^{des} , кДж/(м²·°С·сут) и кДж/(м³·°С·сут), определяется по формуле (Г.1), [1]:

$$q_h^{des} = 10^3 \cdot Q_h^y / (A_h \cdot D_d) \text{ или } q_h^{des} = 10^3 \cdot Q_h^y / (V_h \cdot D_d),$$

где A_h – сумма площадей пола квартир или полезной площади помещений здания, м².

7. Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление зданий q_h^{des} , кДж/(м²·°С·сут), определяется по табл. 8 или 9, [1]:

$$q_h^{req} < q_h^{des}.$$

8. Определяется величина отклонения расчетного значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания от нормативного, %

$$((q_h^{des} - q_h^{req}) / q_h^{req}) \cdot 100\%.$$

Полученный результат сравнивается со значениями табл.3 [1], делается заключение о классе энергетической эффективности объекта и даются

рекомендации о проведении мероприятий органами администрации субъектов РФ.

2.6. Мероприятия по экономии тепловой энергии

Проект здания, возводимый в Пензенской области, должен быть выполнен в соответствии с требованиями ТСН 23-332-2002 «Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий. Нормативы по энергопотреблению и теплозащите. Пензенская область».

Снижение потерь тепловой энергии достигается за счет утепления наружных конструкций здания, установки двухкамерных стеклопакетов с тройным остеклением, установки наружных утепленных дверей, установки на подводках к нагревательным приборам терморегулирующих клапанов, тепловой изоляции магистральных трубопроводов.

3. ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ: НАРУЖНЫХ СТЕН, ЧЕРДАЧНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ (ЧЕРДАК ХОЛОДНЫЙ), ТЕХПОДПОЛЬЯ (ПОДВАЛ НЕОТАПЛИВАЕМЫЙ)

3.1. Методика выполнения теплотехнического расчета наружной ограждающей конструкции

Согласно задания выполняется теплотехнический расчет ограждающей конструкции

3.1.1. Исходные данные:

Город строительства

Тип здания

Тип ограждающей конструкции

Высота здания

Состав ограждающей конструкции представляется в табличной форме (табл. 3.1).

Т а б л и ц а 3.1

№п/п	Вид материала конструкции с указанием объемного веса материала	Толщина конструктивного слоя
1	2	3
1	Слой 1	δ_1
2	Слой 2	δ_2
3	Слой 3	δ_3
4	Слой 4	δ_4

Дополнительные исходные данные:

- расчетная температура внутреннего воздуха t_{int} , °С;
- расчетная влажность внутреннего воздуха w_B , %;

3.1.2. Определение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и температурного перепада между температурой внутри помещения и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- влажностный режим помещения [4, табл. 1]
- условия эксплуатации ограждающих конструкций [4, табл. 2] *A* или *B*;
- коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху [4, табл. 6] *n*;
- коэффициент теплотехнической однородности [4, п.8.17] *r*;
- расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая согласно ГОСТ 12.1.005–88 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений (задание на проектирование) t_{int} , °С;
- расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [2, табл. 1] t_{ext} , °С;
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [4, табл. 7] α_{int} Вт/(м²·°С);
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [5, табл. 8] α_{ext} Вт/(м²·°С);
- расчетный коэффициент теплопроводности материала первого слоя [5, прил. Д] λ_1 Вт/(м·°С);
- расчетный коэффициент теплопроводности материала второго слоя [5, прил. Д] λ_2 Вт/(м·°С);
- расчетный коэффициент теплопроводности материала третьего слоя [5, прил. Д] λ_3 Вт/(м·°С);
- расчетный коэффициент теплопроводности материала четвертого слоя [5, прил. Д] λ_4 Вт/(м·°С);
- упругость водяного пара начала конденсации влаги внутри помещения E_B кПа;
- упругость водяного пара внутри помещения $e_B = E_B \cdot w_B$ (кПа);
- температура точки росы в помещении при имеющемся парциальном давлении t_p , °С;
- нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции [4, табл. 5] Δt_n , °С;

- требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из санитарно-гигиенических и комфортных условий

$$R_{red} = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}} \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)};$$

- длительность отопительного периода [2, табл. 1] z_{ht} , сут;
- средняя температура отопительного периода наружного воздуха за отопительный период [2, табл. 1] t_{ht} , °C;
- градусо-сутки отопительного периода

$$\text{ГСОП}(D_d) = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht};$$

- определяется нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из условий энергосбережения [3, табл. 4] R_{reg} (м²·°C/Вт);

- для величин D_d отличающихся от табличных значения нормируемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции (R_{reg}) следует определять по формуле

$$R_{reg} = a \cdot D_d + b,$$

где a , b – коэффициенты, значения которых следует определять по табл.4 [3] для соответствующих групп зданий.

- определяется фактическое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции $R_0 = r \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_{bi}} + \frac{1}{\alpha_{ext}} \right)$ (м²·°C/Вт);

- расчетный температурный перепад между температурой внутри помещения и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции:

$$\Delta t_0 = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{R_0 \cdot \alpha_{int}} \text{ (°C)};$$

Вывод:

Если фактическое сопротивление теплопередаче больше требуемого: R_0 (м²·°C/Вт) > R_{reg} (м²·°C/Вт) и расчетный температурный перепад меньше нормируемого $\Delta t_0 < \Delta t_n$ (°C) – стена удовлетворяет требованиям тепловой защиты здания.

3.1.3. Определение сопротивления воздухопроницанию ограждающих конструкций

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций [4, табл. 11] $G^H = 0,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$;
- сопротивление воздухопроницанию первого слоя ограждающей конструкции [4, табл. 17] $R_{inf1}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{кг}$
- сопротивление воздухопроницанию второго слоя ограждающей конструкции [4, табл. 17] $R_{inf2}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{кг}$
- сопротивление воздухопроницанию третьего слоя ограждающей конструкции [4, табл. 17] $R_{inf3}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{кг}$
- сопротивление воздухопроницанию четвертого слоя ограждающей конструкции [4, табл. 17] $R_{inf4}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{кг}$
- максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16 % и более [2, прил. 4] $v=5,600 \text{ м}/\text{с}$;

- удельный вес внутреннего воздуха, определяемый по формуле

$$\gamma_{iht} = \frac{3463}{273 + t_{int}} \text{ (Н/м}^3\text{)};$$

- удельный вес наружного воздуха, Н/м^3 , определяемый по формуле

$$\gamma_{ext} = \frac{3463}{273 + t_{ext}} \text{ (Н/м}^3\text{)};$$

- разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций $\Delta p = 0,55 \cdot H \cdot (\gamma_{ext} - \gamma_{int}) + 0,03 \cdot \gamma_{ext} \cdot v^2 \text{ (Па)}$;

- требуемое сопротивление конструкции воздухопроницанию

$$R_{inf}^{reg} = \frac{\Delta p}{G^H} \text{ (Н/м}^3\text{)};$$

- фактическое сопротивление конструкции воздухопроницанию

$$R_{inf}^{des} = \sum_i R_{inf_i} \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}\text{)}.$$

Вывод:

Если фактическое сопротивление воздухопроницанию больше требуемого:

$R_{inf}^{des} = \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг} > R_{inf}^{reg} = \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$ – воздухопроницаемость обеспечена, конструкция не требует дополнительных мероприятий.

3.1.4. Определение сопротивления паропрооницанию ограждающих конструкций

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- расчетный коэффициент паропрооницаемости материала первого слоя [5, прил. Д] μ_1 мг/(м·ч·Па);
- расчетный коэффициент паропрооницаемости материала второго слоя [5, прил. Д] μ_2 мг/(м·ч·Па);
- расчетный коэффициент паропрооницаемости материала третьего слоя [5, прил. Д] μ_3 мг/(м·ч·Па);
- расчетный коэффициент паропрооницаемости материала четвертого слоя [5, прил. Д] μ_4 мг/(м·ч·Па);
- средняя упругость водяного пара наружного воздуха за годовой период определяется по формуле

$$e_{ext} = (\varphi_{ext}/100)E_{ex}, \text{ (Па)};$$

где φ_{ext} – средняя относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца [2, табл. 1];

- продолжительность, периода влагонакопления [2, табл. 1] z_0 суток;
- средняя температура наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами t_0 , °С;
- упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации при средней температуре наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами E_0 , кПа;
- плотность материала увлажняемого слоя [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] γ_w кг/м³;
- толщина увлажняемого слоя ограждающей конструкции принимаемая равной 2/3 толщины однородной стены или толщине теплоизоляционного слоя многослойной ограждающей конструкции δ_w (м);
- предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя за период влагонакопления [1, табл. 14*] или [4, табл. 12] Δw_{cp} , %;
- продолжительность зимнего периода [2, табл. 1] z_I ;
- средняя температура наружного воздуха зимнего периода [2, табл. 1] t_1 (°С);
- упругость водяного пара, принимаемая по температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха зимнего периода E_1 (кПа);
- продолжительность весенне-осеннего периода (относятся

месяцы со средними температурами наружного воздуха от минус 5 до плюс 5°C) [2, табл. 3] z_2 (мес.);

- ср. температура наружного воздуха весенне-осеннего периода [2, табл. 3] t_2 (°C);

- упругость водяного пара, принимаемая по температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха летнего периода E_2 (кПа);

- продолжительность летнего периода (относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха выше плюс 5°C) [2, табл. 3] z_3 (мес.);

- средняя температура наружного воздуха летнего периода [2, табл. 3] t_3 (°C);

- упругость водяного пара, принимаемая по температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха летнего периода E_3 кПа;

- упругость водяного пара, Па, в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации определяется по формуле

$$E = \frac{1}{12}(E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2 + E_3 \cdot z_3) \text{ кПа};$$

- ср. температура наружного воздуха периода с отрицательными среднемесячными температурами [2, табл. 3] t_0^{ext} (°C);

- средняя упругость водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами [2, прил. 3] e_0^{ext} (Па);

- сопротивление паропроницанию части ограждающей конструкции, расположенной между ее наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации R_{vp}^e (м²·ч·Па /кг);

- коэффициент, определяемый по формуле

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot (E_0 - e_0^{ext}) \cdot z_0}{R_{vp}^e};$$

- определяется требуемое сопротивление паропроницанию (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации)

$$R_{vp.1}^{reg} = \frac{(e_{int} - E) \cdot R_{vp}^e}{E - e_{ext}} \text{ (м}^2 \cdot \text{ч Па/мг)};$$

- определяется требуемое сопротивление паропроницанию (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха)

$$R_{vp2}^{reg} = \frac{0,0024 \cdot z_0 \cdot (e_{ext} - E_0)}{\gamma_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w_{cp} + \eta} \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па / кг)};$$

- определяется фактическое сопротивление конструкции паропроницанию

$$R_n = \sum_i \frac{\delta_i}{\mu_i} \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па / кг)}.$$

Вывод:

Если фактическое сопротивление паропроницанию больше требуемого:

$$R_n \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)} > R_{vp2}^{reg} \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}, \text{ то пароизоляция стены обеспечена.}$$

3.1.5. Оценка возможности образования конденсата на внутренней поверхности ограждающей конструкции в зимнее время года

Для оценки возможности образования конденсата на внутренней поверхности ограждающей конструкции и в толще ограждающей конструкции последовательно определяются:

- температура на внутренней и внешней поверхности и на границах всех слоев ограждающей конструкции по формуле

$$\tau_x = t_{int} - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} \cdot \sum_{x-1} \left(\frac{1}{\alpha_{int}} + R_x \right)$$

где $\sum_{x-1} \left(\frac{1}{\alpha_{int}} + R_x \right)$ – сумма термических сопротивлений предыдущих конструктивных слоев конструкции относительно рассматриваемого сечения;

- фактическую упругость водяного пара на внутренней и внешней поверхности и на границах всех слоев ограждающей конструкции по формуле

$$e_x = e_{int} - \frac{e_{int} - e_{ext}}{R_{\Pi}} \cdot \sum_{x-1} R_{n-1};$$

где $\sum_{x-1} R_{n-1}$ – сумма упругостей водяного пара предыдущих конструктивных слоев относительно рассматриваемого сечения.

- упругость начала конденсации водяного пара на внутренней и внешней поверхности и на границах всех слоев ограждающей конструкции приведена в предыдущем расчете.

Для наглядности вычисления сводятся в табл. 3.2.

Т а б л и ц а 3.2

№ п/п	№ слоя	Сопротивление теплопередаче отдельного слоя, R_i	Сопротивление теплопередаче слоев изнутри R_x	Сопротивление паропроницанию отдельного слоя R_n	Сопротивление паропроницанию всех слоев изнутри	Температура	Парциальное давление	Максимально допустимое парциальное давление
	помещение							
1	изнутри							
2	граница 1-2							
3	граница 2-3							
4	граница 3-4							
	улица							
			$\Sigma=$		$\Sigma=$			

По результатам вычислений строятся графики распределения температуры, упругости водяного пара и максимальной упругости водяного пара по толщине ограждающей конструкции. Делается вывод о возможности образования конденсата в толще конструкции.

Выводы:

Пересечение графиков распределения упругости водяного пара по толще наружной ограждающей конструкции с максимальным значением упругости свидетельствует о возможности образования конденсата. В слоистой конструкции вероятность образования конденсата возрастает, и при расположении утеплителя у наружной поверхности ограждающей конструкции зона конденсации смещается к границе слоя утеплителя и отделочного слоя конструкции.

3.2. Исследование тепловлажностного состояния однослойной наружной стены

3.2.1. Теплотехнический расчет наружной стены без утепления

3.2.1.1. Теплотехнический расчет однородной части стены

Согласно задания требуется выполнить теплотехнический расчет ограждающей конструкции

Исходные данные:

Город строительства	Пенза
Тип здания	Жилое здание
Тип ограждающей конструкции	Наружные стены
Высота здания	$H = 20$ м;
Состав ограждающей конструкции	

Т а б л и ц а 3.3

	Материал слоя	Толщина, м
1	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,02
2	Кладка кирпичная из глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе, 1800	0,64
3	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,02

Дополнительные исходные данные:

- расчетная температура внутреннего воздуха $t_{int} = 20$ °С;
- расчетная влажность внутреннего воздуха $w_B = 55\%$.

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- влажностный режим помещения [4, табл. 1] – нормальный;
- условия эксплуатации ограждающих конструкций [4, табл. 2] А;
- коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху [4, табл. 6] $n = 1$;
- расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая согласно ГОСТ 12.1.005—88 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений (задание на проектирование) $t_{int} = 20$ °С;
- расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [2, табл. 1] $t_{ext} = 6$ °С;

- нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции [4, табл. 5] $\Delta t_n = t_{int} - t_p$

- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [4, табл. 7] $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$;

- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [5, табл. 8] $\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала первого слоя [4, прил. Д] $\lambda_1 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала второго слоя [4, прил. Д] $\lambda_2 = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала третьего слоя [4, прил. Д] $\lambda_3 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$;

- упругость водяного пара начала конденсации влаги внутри помещения $E_g = 2,339 \text{ кПа}$

- упругость водяного пара внутри помещения $e_B = E_B \cdot w_B = 2,339 \cdot 55\% = 1,286 \text{ кПа}$;

- температура точки росы в помещении имеющемся парциальном давлении $t_p = 11 \text{ °С}$;

- нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции $\Delta t^H = t_B - t_p = 20 - 11 = 4 \text{ °С}$;

- нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции [4, табл. 5] $\Delta t_n = 4 \text{ °С}$;

- требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из санитарно-гигиенических и комфортных условий

$$R_{red} = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}} = \frac{1 \cdot (20 - (-6))}{4 \cdot 8,7} = 0,179 \text{ м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт};$$

- длительность отопительного периода [2, табл. 1] $z_{ht} = 207 \text{ сут}$;

- средняя температура отопительного периода наружного воздуха за отопительный период [2, табл. 1] $t_{ht} = -4,5 \text{ °С}$;

- градусо-сутки отопительного периода

$$\text{ГСОП} (D_d) = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} = (20 - (-4,5)) \cdot 207 = 5071,5$$

- определяется нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из условий энергосбережения [3, табл. 4] $R_{reg} (\text{м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт})$;

для величин D_d отличающихся от табличных значения нормируемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции (R_{reg}) следует определять по формуле

$$R_{reg} = a \cdot D_d + b,$$

где a , b – коэффициенты, значения которых следует определять по табл 4 [3] для соответствующих групп зданий.

Для наружных стен жилых зданий $a = 0,00035$, $b = 1,4$.

Тогда $R_{reg} = 0,00035 \cdot 5071,5 + 1,4 = 3,210$ ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$).

Нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из условий энергосбережения $R_{reg} = 3,210$ $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

- фактическое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_{Bi}} + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,020}{0,76} + \frac{0,640}{0,7} + \frac{0,020}{0,76} + \frac{1}{23} = 1,125 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

- расчетный температурный перепад между температурой внутри помещения и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции определяется по формуле

$$\Delta t_0 = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{R_0 \cdot \alpha_{int}} (\text{°C});$$

$$\Delta t_0 = \frac{1 \cdot (20 - (-29))}{1,125 \cdot 8,7} = 5,0 (\text{°C});$$

Выводы

Поскольку фактическое сопротивление теплопередаче больше требуемого: $R_0 = 1,125 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт} < R_{reg} = 3,210 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ и расчетный температурный перепад меньше нормируемого $\Delta t_0 < \Delta t_n$ (°C) – стена не удовлетворяет требованиям тепловой защиты здания, требуется утепление.

3.2.1.2. Определение термического сопротивления неоднородных участков наружной стены

Термическое сопротивление наружной стены с теплопроводными включениями считаем с учетом температурных полей.

В качестве расчетного участка наружной стены принят фрагмент по осям А-В и 1-3 (угловая часть здания) в свою очередь состоящая из отдельных расчетных участков №1- №2 с различным приведенным сопротивлением теплопередаче.

1) Приведенное сопротивление теплопередаче расчетного участка №1

Средняя температура на внутренней поверхности расчетного участка (по результатам расчета

$$\tau_{\text{int cp}} = \frac{6,2 + 14,7 + 18,1 + 18,4 + 18,1 + 16,5 + 15,6 + 15,0 + 14,7 + 14,7}{19} + \frac{14,7 + 15,0 + 15,6 + 16,5 + 18,1 + 18,4 + 18,1 + 14,7 + 6,2}{19} = 15,2.$$

Расчетный тепловой поток составит:

$$g^{\text{расч}} = \alpha_{\text{int}} (t_{\text{int}} - \tau_{\text{int cp}}) = 8,7 \cdot (20 - 15,2) = 41,76 (\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Приведенное сопротивление теплопередаче расчетного участка № 1:

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{g^{\text{расч}}} = \frac{20 + 29}{41,76} = 1,17 (\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт});$$

2) Приведенное сопротивление теплопередаче расчетного участка № 2

Средняя температура на внутренней поверхности расчетного участка (по результатам расчета

$$\tau_{\text{int cp}} = \frac{5,7 + 14,5 + 18,0 + 18,4 + 18,0 + 15,8 + 14,6 + 13,8 + 12,5}{15} + \frac{8,8 + 11,7 + 12,8 + 13,3 + 13,5 + 13,6}{15} = 13,67 \text{ °C}.$$

Расчетный тепловой поток составит:

$$g^{\text{расч}} = \alpha_{\text{int}} (t_{\text{int}} - \tau_{\text{int cp}}) = 8,7 \cdot (20 - 13,67) = 55,0 (\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Приведенное сопротивление теплопередаче расчетного участка № 2:

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{g^{\text{расч}}} = \frac{20 + 29}{55,0} = 1,03 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)};$$

3) Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента наружной стены

$$R_{\text{пр}} = \frac{2,5 \cdot 2,44 + 2,5 \cdot 2,14}{\frac{2,5 \cdot 2,44}{1,17} + \frac{2,5 \cdot 2,14}{0,90}} = 1,03 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}$$

$$R_0 = r \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + R_{\text{пр}} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} \right) = \left(\frac{1}{8,7} + 1,03 + \frac{1}{23} \right) = 1,19 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт};$$

• расчетный температурный перепад между температурой внутри помещения и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции:

$$\Delta t_0 = \frac{n \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{R_0 \cdot \alpha_{\text{int}}} = \frac{1 \cdot (20 - (-29))}{1,19 \cdot 8,7} = 4,75 \text{ °C.}$$

Выводы

Поскольку фактическое сопротивление теплопередаче меньше требуемого: $R_0 = 1,19 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} < R_{\text{рег}} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, а расчетный температурный перепад больше нормируемого $\Delta t_0 = 4,75 \cdot \text{°C} > \Delta t_n = 4,0 \cdot \text{°C}$ – согласно п.5.1 [4] тепловая защита здания не обеспечена.

Исполнитель.... Викторова О.Л.

Дата-2/5/2014
Время-20:32:04,77

ПРОГРАММА РАСЧЕТА
ПЛОСКИХ СТАЦИОНАРНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ
ПОЛЕЙ

Параметры задачи
Количество шагов сетки по оси X:nt=16
Количество шагов сетки по оси Y:mt=8
Количество описываемых областей:kt=14

Размеры сетки
Размер шага по оси X
0.605 0.045 0.020 0.103 0.103 0.103 0.103 0.103 0.103 0.103 0.103
0.103 0.103 0.020 0.045 0.670
Размер шага по оси Y
1.000 0.025 0.120 0.110 0.140 0.140 0.020 0.500

Описание областей

Координаты узлов области				Кoeffициент	Кoeffициент	Граничная
X-нач	X-кон	Y-нач	Y-кон	теплопроводности	теплопередачи	температура
1	17	1	2	0.000	23.000	-29.000
1	2	2	4	0.000	23.000	-29.000
16	17	2	4	0.000	23.000	-29.000
2	16	2	3	0.760	0.000	0.000
2	16	3	4	0.700	0.000	0.000
1	3	4	5	0.200	0.000	0.000
15	17	4	5	0.200	0.000	0.000
4	14	4	7	0.700	0.000	0.000
14	15	4	8	0.760	0.000	0.000
3	4	4	8	0.760	0.000	0.000
4	14	7	8	0.760	0.000	0.000
15	17	5	8	0.000	8.700	20.000
1	3	5	8	0.000	8.700	20.000
1	17	8	9	0.000	8.700	20.000

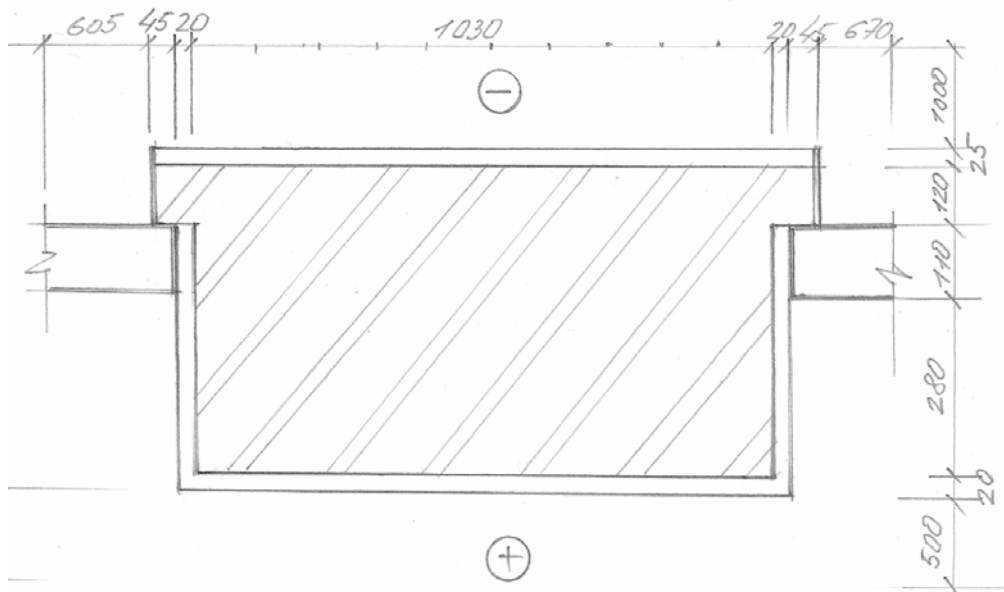


Рис.3.1. Участок стены 1 (без утепления)

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ

N-узла	Температура	N-узла	Температура	N-узла	Температура	N-узла	Температура
1	0.000	2	0.000	3	0.000	4	0.000
5	0.000	6	0.000	7	0.000	8	0.000
9	0.000	10	0.000	11	0.000	12	0.000
13	0.000	14	0.000	15	0.000	16	0.000
17	0.000	18	0.000	19	-28.398	20	-27.561
21	-27.268	22	-26.579	23	-26.453	24	-26.480
25	-26.521	26	-26.538	27	-26.522	28	-26.481
29	-26.454	30	-26.580	31	-27.270	32	-27.564
33	-28.400	34	0.000	35	0.000	36	-27.948
37	-26.435	38	-25.917	39	-24.730	40	-24.521
41	-24.573	42	-24.647	43	-24.676	44	-24.647
45	-24.574	46	-24.522	47	-24.732	48	-25.921
49	-26.440	50	-27.951	51	0.000	52	-25.991
53	-25.424	54	-18.475	55	-16.809	56	-14.282
57	-14.238	58	-14.618	59	-14.916	60	-15.020
61	-14.916	62	-14.620	63	-14.241	64	-14.289
65	-16.827	66	-18.497	67	-25.468	68	-25.992
69	12.048	70	11.752	71	6.193	72	4.041
73	-1.746	74	-4.304	75	-5.592	76	-6.225
77	-6.417	78	-6.225	79	-5.594	80	-4.307
81	-1.749	82	4.038	83	6.191	84	11.778
85	12.049	86	0.000	87	0.000	88	14.722
89	13.566	90	8.884	91	6.243	92	4.813
93	4.110	94	3.899	95	4.110	96	4.812
97	6.242	98	8.883	99	13.565	100	14.721
101	0.000	102	0.000	103	0.000	104	0.000
105	18.081	106	17.657	107	15.745	108	14.553
109	13.876	110	13.537	111	13.434	112	13.536
113	13.876	114	14.553	115	15.744	116	17.656
117	18.081	118	0.000	119	0.000	120	0.000
121	0.000	122	18.446	123	18.099	124	16.546
125	15.574	126	15.021	127	14.744	128	14.660
129	14.744	130	15.021	131	15.574	132	16.546
133	18.099	134	18.446	135	0.000	136	0.000
137	0.000	138	0.000	139	0.000	140	0.000
141	0.000	142	0.000	143	0.000	144	0.000
145	0.000	146	0.000	147	0.000	148	0.000
149	0.000	150	0.000	151	0.000	152	0.000
153	0.000						

РАСЧЕТНАЯ СХЕМА КОНСТРУКЦИИ С ПОЛЕМ ТЕМПЕРАТУР

		-28.4	-27.6	-27.3	-26.6	-26.5	-26.5	-26.5	-26.5	-26.5	-26.5	-26.5	-26.6	-27.3	-		
27.6	-28.4	-----															
I															I		
I															I		
I															I		
I															I		
		-27.9	-26.4	-25.9	-24.7	-24.5	-24.6	-24.6	-24.7	-24.6	-24.6	-24.5	-24.7	-25.9	-26.4	-	
28.0		-----															
I															I		
I															I		
I															I		
I															I		
		-26.0	-25.4	-18.5	-16.8	-14.3	-14.2	-14.6	-14.9	-15.0	-14.9	-14.6	-14.2	-14.3	-16.8	-18.5	-
25.5	-26.0	-----															
-----																-----	
I		I	I												I	I	
I															I	I	
I		I	I												I	I	
I															I	I	
I		I	I												I	I	
I															I	I	
I															I	I	
12.0	11.8	6.2	4.0	-1.7	-4.3	-5.6	-6.2	-6.4	-6.2	-5.6	-4.3	-1.7	4.0	6.2			
11.8	12.0																
-----																-----	
-----																-----	
I		I											I	I			
I		I											I	I			
I		I											I	I			
I		I											I	I			
		14.7	13.6	8.9	6.2	4.8	4.1	3.9	4.1	4.8	6.2	8.9	13.6	14.7			
I															I	I	
I															I	I	
I															I	I	
I															I	I	
		18.1	17.7	15.7	14.6	13.9	13.5	13.4	13.5	13.9	14.6	15.7	17.7	18.1			
-----																-----	
I															I	I	
I															I	I	
I															I	I	
I															I	I	
		18.4	18.1	16.5	15.6	15.0	14.7	14.7	14.7	15.0	15.6	16.5	18.1	18.4			
-----																-----	

***** Расчет окончен *****

Исполнитель... Викторова О.Л.

Дата-2/5/2014

Время-20:06:53,88

ПРОГРАММА РАСЧЕТА
ПЛОСКИХ СТАЦИОНАРНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ
ПОЛЕЙ

Параметры задачи

Количество шагов сетки по оси X:nt=12

Количество шагов сетки по оси Y:mt=16

Количество описываемых областей:kt=14

Размеры сетки

Размер шага по оси X

1.000 0.025 0.120 0.110 0.140 0.140 0.020 0.100 0.100 0.100 0.100 0.100

Размер шага по оси Y

0.605 0.045 0.020 0.153 0.153 0.153 0.153 0.153 0.020 0.110 0.100
0.100 0.100 0.100 0.025 1.000

Описание областей

Координаты узлов области				Коэффициент	Коэффициент	Граничная
X-нач	X-кон	Y-нач	Y-кон	теплопроводности	теплопередачи	температура
1	2	1	17	0.000	23.000	-29.000
2	3	2	15	0.760	0.000	0.000
3	4	2	15	0.700	0.000	0.000
3	13	15	16	0.760	0.000	0.000
4	7	4	15	0.700	0.000	0.000
7	13	10	15	0.700	0.000	0.000
8	13	9	10	0.760	0.000	0.000
7	8	4	10	0.760	0.000	0.000
4	8	3	4	0.760	0.000	0.000
2	4	1	2	0.000	23.000	-29.000
4	5	1	3	0.200	0.000	0.000
5	8	1	3	0.000	8.700	20.000
8	13	1	9	0.000	8.700	20.000
2	13	16	17	0.000	23.000	-29.000

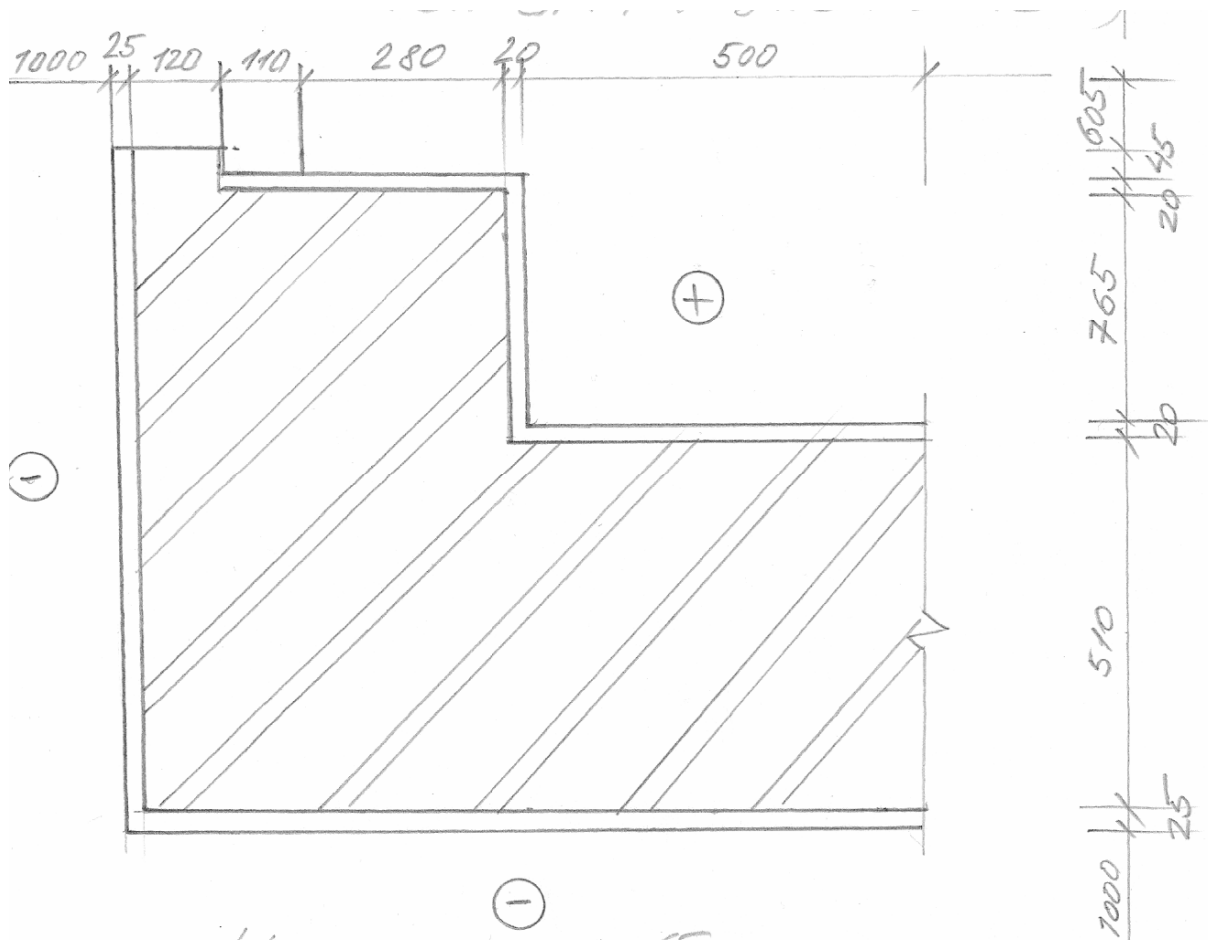


Рис.3.2. Участок стены 2 (без утепления)

Таблица 3.5

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ

N-узла	Температура	N-узла	Температура	N-узла	Температура	N-узла	Температура
1	0.000	2	0.000	3	0.000	4	-25.991
5	12.048	6	0.000	7	0.000	8	0.000
9	0.000	10	0.000	11	0.000	12	0.000
13	0.000	14	0.000	15	-28.379	16	-27.916
17	-25.397	18	11.723	19	0.000	20	0.000
21	0.000	22	0.000	23	0.000	24	0.000
25	0.000	26	0.000	27	0.000	28	-27.511
29	-26.348	30	-18.222	31	5.696	32	14.462
33	17.993	34	18.375	35	0.000	36	0.000
37	0.000	38	0.000	39	0.000	40	0.000
41	-27.203	42	-25.803	43	-16.466	44	3.417
45	13.247	46	17.549	47	18.013	48	0.000
49	0.000	50	0.000	51	0.000	52	0.000
53	0.000	54	-26.554	55	-24.694	56	-14.530
57	-3.701	58	6.930	59	14.859	60	15.824
61	0.000	62	0.000	63	0.000	64	0.000
65	0.000	66	0.000	67	-26.628	68	-24.831
69	-15.395	70	-6.601	71	3.841	72	13.403
73	14.634	74	0.000	75	0.000	76	0.000
77	0.000	78	0.000	79	0.000	80	-26.817
81	-25.165	82	-16.524	83	-8.499	84	1.803
85	12.366	86	13.786	87	0.000	88	0.000
89	0.000	90	0.000	91	0.000	92	0.000
93	-27.053	94	-25.579	95	-17.847	96	-10.514
97	-0.547	98	10.865	99	12.549	100	0.000
101	0.000	102	0.000	103	0.000	104	0.000
105	0.000	106	-27.366	107	-26.128	108	-19.623
109	-13.379	110	-4.622	111	6.495	112	8.769
113	11.712	114	12.805	115	13.290	116	13.509
117	13.573	118	0.000	119	-27.413	120	-26.211
121	-19.894	122	-13.834	123	-5.363	124	4.982
125	6.447	126	9.851	127	11.170	128	11.760
129	12.026	130	12.104	131	0.000	132	-27.697
133	-26.710	134	-21.534	135	-16.643	136	-10.122
137	-3.461	138	-2.691	139	0.253	140	1.934
141	2.852	142	3.307	143	3.445	144	0.000
145	-27.976	146	-27.202	147	-23.148	148	-19.375
149	-14.523	150	-9.949	151	-9.407	152	-7.149
153	-5.659	154	-4.759	155	-4.286	156	-4.139
157	0.000	158	-28.267	159	-27.712	160	-24.807
161	-22.135	162	-18.783	163	-15.738	164	-15.369
165	-13.784	166	-12.662	167	-11.945	168	-11.552
169	-11.428	170	0.000	171	-28.568	172	-28.238
173	-26.474	174	-24.868	175	-22.885	176	-21.116
177	-20.899	178	-19.953	179	-19.262	180	-18.805
181	-18.550	182	-18.468	183	0.000	184	-28.978
185	-28.812	186	-28.132	187	-27.565	188	-26.879
189	-26.271	190	-26.196	191	-25.869	192	-25.627
193	-25.465	194	-25.374	195	-25.345	196	0.000
197	0.000	198	-28.975	199	-28.507	200	-28.183
201	-27.793	202	-27.447	203	-27.405	204	-27.218
205	-27.080	206	-26.988	207	-26.936	208	-26.920
209	0.000	210	0.000	211	0.000	212	0.000
213	0.000	214	0.000	215	0.000	216	0.000
217	0.000	218	0.000	219	0.000	220	0.000
221	0.000						

 РАСЧЕТНАЯ СХЕМА КОНСТРУКЦИИ С ПОЛЕМ ТЕМПЕРАТУР

			-26.0		12.0														

		I		I															
		I		I															
		I		I															
		I		I															
-28.4	-27.9			-25.4	11.7														

I	I	I		I															
I	I	I		I															
I	I	I		I															
-27.5	-26.3			-18.2	5.7	14.5	18.0	18.4											
I	I	I																	
I	I	I																	
I	I	I																	
-27.2	-25.8			-16.5	3.4	13.2	17.5	18.0											
I	I																		
I	I																		
I	I																		
-26.6	-24.7			-14.5	-3.7	6.9	14.9	15.8											
I	I																		
I	I																		
I	I																		
-26.6	-24.8			-15.4	-6.6	3.8	13.4	14.6											
I	I																		
I	I																		
I	I																		
-26.8	-25.2			-16.5	-8.5	1.8	12.4	13.8											
I	I																		
I	I																		
I	I																		
-27.1	-25.6			-17.8	-10.5	-0.5	10.9	12.5											
I	I																		
I	I																		
I	I																		
-27.4	-26.1			-19.6	-13.4	-4.6	6.5	8.8	11.7	12.8	13.3	13.5	13.6						
I	I																		
I	I																		
I	I																		
-27.4	-26.2			-19.9	-13.8	-5.4	5.0	6.4	9.9	11.2	11.8	12.0	12.1						
I	I																		
I	I																		
I	I																		
-27.7	-26.7			-21.5	-16.6	-10.1	-3.5	-2.7	0.3	1.9	2.9	3.3	3.4						
I	I																		
I	I																		
I	I																		
-28.0	-27.2			-23.1	-19.4	-14.5	-9.9	-9.4	-7.1	-5.7	-4.8	-4.3	-4.1						
I	I																		
I	I																		
I	I																		
-28.3	-27.7			-24.8	-22.1	-18.8	-15.7	-15.4	-13.8	-12.7	-11.9	-11.6	-11.4						
I	I																		
I	I																		
I	I																		
-28.6	-28.2			-26.5	-24.9	-22.9	-21.1	-20.9	-20.0	-19.3	-18.8	-18.5	-18.5						
I	I																		
I	I																		
I	I																		
-29.0	-28.8			-28.1	-27.6	-26.9	-26.3	-26.2	-25.9	-25.6	-25.5	-25.4	-25.3						
I	I																		
I	I																		
I	I																		
				-29.0	-28.5	-28.2	-27.8	-27.4	-27.4	-27.2	-27.1	-27.0	-26.9	-26.9					

***** Расчет окончен *****

3.2.2. Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций [4, табл. 11] $G^n = 0,5$ кг/(м²·ч);
- сопротивление воздухопроницанию первого слоя ограждающей конструкции [4, табл. 17] $R_{inf1} = 373,00$ м²·ч·Па /кг;
- сопротивление воздухопроницанию второго слоя ограждающей конструкции [4, табл. 17] $R_{inf2} = 18,00$ м²·ч·Па /кг;
- сопротивление воздухопроницанию третьего слоя ограждающей конструкции [4, табл. 17] $R_{inf3} = 373,00$ м²·ч·Па /кг;
- максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16 % и более [2, прил. 4] $v = 5,600$ м/с;
- удельный вес внутреннего воздуха, определяемый по формуле

$$\gamma_B = \frac{3463}{273 + t_B} = \frac{3463}{273 + 20} = 11,819 \text{ Н/м}^3;$$

- удельный вес наружного воздуха, Н/м³, определяемый по формуле

$$\gamma_H = \frac{3463}{273 + t_H} = \frac{3463}{273 + (6)} = 12,412 \text{ Н/м}^3;$$

- разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций

$$\begin{aligned} \Delta p &= 0,55 \cdot H \cdot (\gamma_H - \gamma_B) + 0,03 \cdot \gamma_H \cdot v^2 = \\ &= 0,55 \cdot 54 \cdot (12,412 - 11,819) + 0,03 \times 12,412 \cdot 5,600^2 = 29,292 \text{ Па}; \end{aligned}$$

- требуемое сопротивление конструкции воздухопроницанию

$$R_{inf}^{reg} = \frac{\Delta p}{G^n} = \frac{29,292}{0,5} = 58,583 \text{ Н/м}^3;$$

- фактическое сопротивление конструкции воздухопроницанию

$$R_{inf}^{des} = \sum_i R_{inf_i} = 373,00 + 18,00 + 373,00 + 0,00 + 0,00 = 764 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг};$$

Вывод:

Поскольку фактическое сопротивление воздухопроницанию Источник требуемого: $R_{inf} = 764$ м²·°С/Вт Источник $R_{inf}^{des} = 58,583$ м²·°С/Вт – стена отвечает требования воздухопроницаемости.

3.2.3. Сопротивление паропрооницанию ограждающих конструкций

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- расчетный коэффициент паропрооницаемости материала первого слоя [4, прил. Д] $\mu_1 = 0,09 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$;
- расчетный коэффициент паропрооницаемости материала второго слоя [4, прил. Д] $\mu_2 = 0,1100 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$;
- расчетный коэффициент паропрооницаемости материала третьего слоя [4, прил. Д] $\mu_3 = 0,09 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$;
- средняя упругость водяного пара наружного воздуха за годовой период [2, прил. 3] $e_{ext} = 0,740 \text{ Па}$;
- продолжительность, периода влагонакопления [2, прил. 3] $z_0 = 154$ суток;
- средняя температура наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами $t_0 = -8,440 \text{ }^\circ\text{С}$;
- упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации при средней температуре наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами $E_0 = 0,831 \text{ кПа}$;
- плотность материала увлажняемого слоя [1, прил. 3*] или [4, прил. Д] $\gamma_w = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- толщина увлажняемого слоя ограждающей конструкции, принимаемая равной $2/3$ толщины однородной стены или толщине теплоизоляционного слоя многослойной ограждающей конструкции $\delta_w = 0,427 \text{ м}$;
- предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя за период влагонакопления [1, табл. 14*] $\Delta w_{cp} = 15,00 \text{ \%}$;
- продолжительность зимнего периода [2, табл. 1] $z_1 = 4$ мес;
- средняя температура наружного воздуха зимнего периода [2, табл. 1] $t_1 = -9,70 \text{ }^\circ\text{С}$;
- упругость водяного пара, принимаемая по температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха зимнего периода $E_1 = 0,812 \text{ кПа}$;
- продолжительность весенне-осеннего периода [2, табл. 1] $z_2 = 3$ мес.;
- ср. температура наружного воздуха весенне-осеннего периода [2, табл. 1] $t_2 = 1,80 \text{ }^\circ\text{С}$;
- упругость водяного пара, принимаемая по температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха летнего периода $E_2 = 1,116 \text{ кПа}$;

- продолжительность летнего периода [2, табл. 1] $z_3 = 5,00$ мес.;
- средняя температура наружного воздуха летнего периода [2, табл. 1] $t_3 = 16,14$ °С;
- упругость водяного пара, принимаемая по температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха летнего периода $E_3 = 1,944$ кПа;
- упругость водяного пара, Па, в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации

$$E = \frac{1}{12}(E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2 + E_3 \cdot z_3) = \frac{1}{12} \cdot (0,812 \cdot 4 + 1,116 \cdot 3 + 1,944 \cdot 5,00) = 1,360 \text{ кПа};$$

- ср. температура наружного воздуха периода с отрицательными среднемесячными температурами [2, табл. 1] $t_{н.0} = -8,440$ °С;
- средняя упругость водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами [2, прил. 3] $e_{н.0} = 0,324$ Па;
- сопротивление паропроницанию части ограждающей конструкции, расположенной между ее наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации $R_{п.н} = 2,162 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$;
- коэффициент

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot (E_0 - e_{н.0}^{ext}) \cdot z_0}{R_{vp}^e} = \frac{0,024 \cdot (0,831 - 0,324) \cdot 154 \cdot 1000}{2,162} = 86,631;$$

- требуемое сопротивление паропроницанию (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации)

$$R_{vp.1}^{reg} = \frac{(e_{int} - E) \cdot R_{vp}^e}{E - e_{ext}} = \frac{(1,286 - 1,360)}{1,360 - 0,740} = -0,256 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг};$$

- требуемое сопротивление паропроницанию (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха)

$$R_{vp.2}^{reg} = \frac{0,0024 \cdot z_0 \cdot (e_{ext} - E_0)}{\gamma_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w_{cp} + \eta} = \frac{0,0024 \cdot 154 \cdot (1,286 - 0,831) \cdot 1000}{1800 \cdot 0,427 \cdot 15,00 + 86,631} = 0,015 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг};$$

- фактическое сопротивление конструкции паропроницанию

$$R_n = \sum_i \frac{\delta_i}{\mu_i} = \frac{0,020}{0,09} + \frac{0,640}{0,1100} + \frac{0,020}{0,09} = 6,263 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг};$$

Вывод:

Поскольку фактическое сопротивление паропроницанию больше требуемого: $R_n = 6,263 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} > R_{vp2}^{reg} = 0,015 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ – пароизоляция стены обеспечена.

3.2.4. Оценка возможности образования конденсата на внутренней поверхности ограждающей конструкции в зимнее время года

Для оценки возможности образования конденсата на внутренней поверхности ограждающей конструкции последовательно определяются:

- температура на внутренней и внешней поверхности и на границах всех слоев ограждающей конструкции по формуле

$$t_x = t_{int} - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} \cdot \sum_{x-1} \left(\frac{1}{\alpha_{int}} + R_x \right);$$

- фактическую упругость водяного пара на внутренней и внешней поверхности и на границах всех слоев ограждающей конструкции по формуле

$$e_x = e_s - \frac{e_s - e_n}{R_n} \cdot \sum_{x-1} R_n;$$

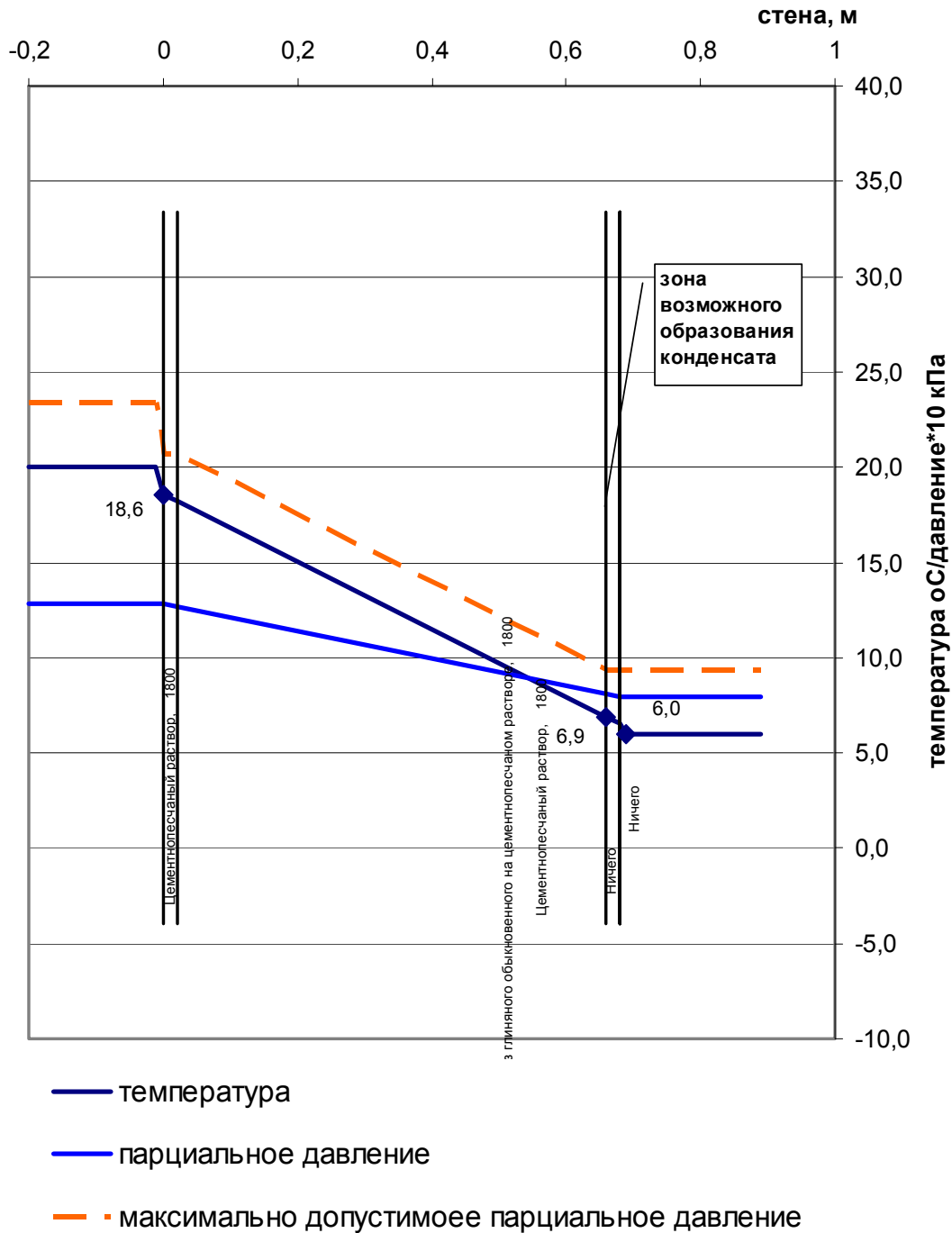
- упругость начала конденсации водяного пара на внутренней и внешней поверхности и на границах всех слоев ограждающей конструкции [3, табл. V.1].

Для наглядности вычисления сводятся в таблицу. По результатам вычислений строятся графики распределения по стене температуры, упругости водяного пара и упругости начала конденсации водяного пара.

Таблица 3.6

№ п/п	№ слоя	Сопrotивление теплопередаче отдельного слоя, R_i	Сопrotивление теплопередаче слоев внутри R_x	Сопrotивление паропроницанию отдельного слоя R_p	Сопrotивление паропроницанию всех слоев внутри ΣR	Температура	Парциальное давление	Максимально допустимое парциальное давление
						20,0	12,863	23,387
	помещение					20,0	12,863	23,387
1	изнутри	0,115	0,115	0,000	0,000	18,570	12,863	20,640
2	граница 1-2	0,026	0,141	0,222	0,222	18,243	12,688	20,640
3	граница 2-3	0,914	1,056	5,818	6,040	6,868	8,119	9,347
4	граница 3-4	0,026	1,082	0,222	6,263	6,541	7,945	9,347
	улица	0,043	1,125	0,000	6,263	6,0	7,945	9,347
						6,0	7,945	9,347
		$\Sigma=1,125$			$\Sigma=6,263$			

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ В ТОЛЩЕ КОНСТРУКЦИИ



Вывод:

Анализ распределения линий парциального давления по стене показывает, что при заданных температурно-влажностных условиях и параметрах ограждающей конструкции в холодное время года на внутренней поверхности и внутри стены не будет образовываться конденсат.

Общий вывод:

Исследование тепловлажностного состояния наружной стены однородной конструкции показало, что данное конструктивное решение наружной стены не отвечает требованиям тепловой защиты зданий, так как общее сопротивление теплопередачи конструкции значительно ниже требуемого нормируемого сопротивления теплопередачи с учетом энергосбережения. Хотя требованиям по воздухо- и паропроницаемости однородная конструкция соответствует нормативным требованиям. Поэтому необходимо в Пензенской области при проектировании и реконструкции объектов принимать конструктивное решение наружных стен с утепляющим слоем.

3.3. Варианты утепления стен, применяемые в современной практике строительства

В практике устройства дополнительной теплозащиты стен существует два способа основных способа ее расположения: с наружной или внутренней стороны стены. Иногда встречается конструктивно-технологическое решение устройства теплозащиты зданий с расположением утеплителя с наружной и внутренней стороны стены одновременно.

Конкретный вариант расположения теплозащиты устанавливается на основе анализа всех возможных способов ее устройства с учетом их достоинств и недостатков.

Вариант с расположением теплоизоляционного материала на внутренней поверхности стены обладает следующими достоинствами:

- теплоизоляционный материал, как правило, не имеющий достаточной способности к сопротивлению воздействию м внешней среды, находится в благоприятных условиях и не требуется его дополнительная защита;
- производство работ по устройству теплозащиты может идти в любое время года независимо от способа крепления. При этом не требуется применение дорогостоящих средств подмащивания.

К недостаткам расположения теплозащиты со стороны помещения относятся:

- уменьшение площади помещения за счет увеличения толщины стены;
- Необходимость устройства, с целью выпадения конденсата, дополнительной теплозащиты в местах опираний на стены плит перекрытий и в местах примыкания к наружным стенам внутренних стен и перегородок;

- необходимость защиты теплоизоляционного материала и стены от увлажнения путем устройства пароизоляционного слоя перед теплоизоляционным материалом;

- расположение хорошо аккумулирующего тепло материала стены в зоне низких температур, что в значительной мере снижает тепловую инерцию ограждения;

- необходимость отселения жильцов;

- сложность устройства теплоизоляции в местах расположения приборов отопления.

Вариант расположения теплозащиты с наружной стороны стены обладает существенными достоинствами. К ним относятся:

- создание защитной термооболочки, исключающей образование «мостиков холода»;

- исключение необходимости устройства пароизоляционного слоя;

- возможность защитить стыки крупнопанельных зданий от протечек;

- создание нового архитектурно-художественного облика здания;

- возможность одновременно с устройством теплоизоляции исправить дефекты стены;

- расположение хорошо аккумулируемого тепло материала в зоне положительных температур. Это повышает тепловую инерцию ограждения и способствует улучшению ее теплоизоляционных качеств при нестационарной теплопередаче;

- при устройстве теплоизоляции с наружной стороны стены не уменьшается площадь помещений.

Существенными недостатками этого варианта является необходимость устройства по теплоизоляции надежного защитного слоя, а также использование при выполнении работ дорогостоящих средств подмащивания.

Дополнительная теплозащита должна отвечать конструктивным, технологическим и эстетическим требованиям.

В первую очередь конструкция теплозащиты должна быть долговечной и надежной. Долговечность определяется сроком службы. Для ее достижения необходимо, чтобы защищающая конструкция была устойчивой к длительному воздействию температур, химически и биологически стойкой. При расположении теплозащиты с наружной стороны стены она должна быть морозостойкой. Для достижения надежности защищающих конструкций необходимо, чтобы они были огнестойкими, ограничивали или не допускали попадания влаги внутрь конструкции.

Для достижения технологических требований конструкция дополнительной теплозащиты должна быть: индустриальной (иметь высокий

уровень заводской готовности) транспортабельной; простой в монтаже; ремонтпригодной (возможность замены элементов теплоизоляции без больших затрат времени и рабочей силы).

Теплозащита стен здания будет удовлетворять эстетическим требованиям, если она вписывается в окружающую застройку, интерьер и имеет архитектурно-художественную выразительность.

Обоснование принятого материала утеплителя

В строительной практике применяются разнообразные теплоизоляционные материалы к основным из них относятся: легкие бетоны (керамзитобетон, перлитобетон, шлакобетон, пенобетон); «теплые растворы» (цементо-перлитовый, гипсоперлитовый, поризованный); изделия из дерева; минераловатные и стекловолоконные материалы, полимерные материалы (пенополистирол, пенопласт, пенополиуретан, пелитопластбетон), а также другие композиционные материалы и изделия. Использование конкретного материала для теплозащиты стен зависит от целого ряда факторов, определяющими из которых являются: долговечность, требуемая толщина слоя теплоизоляции; возможное место расположения материала на стене, масса теплоизоляционной конструкции; трудоемкость устройства, возможность поставки материала на строительную площадку.

В настоящее время наиболее эффективными при устройстве дополнительной теплоизоляции являются полимерные материалы и изделия из минеральной ваты. При устройстве теплоизоляции из этих материалов, масса всех конструкций теплозащиты будет наименьшей. В последнее время появились зарубежные высококачественные теплоизоляционные материалы. Например, немецкая фирма «KNAUF» предлагает широкий выбор пенопластов, пенополистиролов; концерны «ISOVER» и «AHLSTROM» предлагают широкий выбор минераловатных плит, датская фирма «ROCKWOOL» – теплоизоляционную вату на каменной основе.

Выбор конкретного теплоизоляционного материала производится с учетом многих факторов, основными из которых являются отпускная стоимость, эксплуатационная стоимость и трудоемкость монтажа. Установлено, что для теплоизоляционных материалов наблюдается тенденция увеличения стоимости квадратного метра утепляемой стены с увеличением плотности и прочности теплоизоляционного материала. Использование теплоизоляционных материалов имеющих наибольшие прочностные характеристики приводят к увеличению срока службы теплозащиты.

Одним из важных показателей при выборе теплоизоляционного материала являются его противопожарные свойства. Известно, что новое

поколение пенополистиролов и пенополиуретанов относится к самозатухающим материалам, но их применение ограничивается тем, что максимальная температура, которой они могут подвергаться в течение нескольких минут, равна 95 °С, после чего они теряют свои эксплуатационные качества. В связи с этим при утеплении стен листами из пенополистирола, расположенными с наружной стороны стены, вокруг окон необходимо монтировать ряд листов из минераловатных плит, так как она относится к трудносгораемым материалам. Это делается для защиты пенополистирола от открытого пламени, которое может вырваться во время пожара из окон. В качестве теплоизоляционного материала иногда используют пенополиуретан. Поэтому необходимо отметить, что данный материал имеет закрыто-ячеистую структуру и эффективное его использование возможно только с внутренней стороны стены (в данном случае пароизоляция не нужна). При размещении пенополиуретана с наружной стороны во время эксплуатации в утепляемой стене будет накапливаться влага, которая не сможет удаляться, это повлечет за собой ухудшение эксплуатационных качеств стены и быстрое ее разрушение.

Из вышеуказанного следует, что для **утепления стен наиболее целесообразно применять теплоизоляционные плиты из пенополистирола, минеральной ваты и стекловолокна.** Толщина утеплителя определяется расчетом, но в среднем по стране она колеблется от 50 до 150 мм. Защитно-декоративный слой может выполняться в виде послойного нанесения цементных, полимерных составов или клеевого крепления облицовочных панелей из природного камня, бетона, полимеров, дерева.

Технические решения теплозащиты здания

Технические решения теплозащиты в целом могут быть классифицированы по трем основным признакам: по месту размещения, по виду материала утеплителя, по виду материала защитного слоя. В свою очередь, устройство утеплителя может осуществляться с воздушной прослойкой и без нее.

Толщина дополнительного теплоизоляционного слоя определяется теплотехническим расчетом. При устройстве дополнительной теплоизоляции наружных стен эффективными теплоизоляционными материалами необходимо выполнять проверку конструкции стены на воздухо- и паропроницаемость, во избежание образования конденсата на границе конструктивных слоев. Расчеты на тепло, паро- и воздухопроницаемость выполнены с применением расчетных программ на ЭВМ.

3.4. Исследование тепловлажностного состояния наружной стены с утеплением

3.4.1. Теплотехнический расчет наружной стены жилого здания (вариант при толщине стены 640)

Согласно задания требуется выполнить теплотехнический расчет ограждающей конструкции

Исходные данные:

Город строительства	Пенза
Тип здания	Жилое здание
Тип ограждающей конструкции	Наружные стены
Высота здания	$H = 20$ м
Состав ограждающей конструкции	

Т а б л и ц а 3.7

	Материал слоя	Толщина, м
1	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,02
2	Кладка кирпичная из силикатного (ГОСТ 379-79) на цементно-песчаном растворе, 1800	0,64
3	Пенополистирол, 100	0,15
4	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,02

Дополнительные исходные данные:

- расчетная температура внутреннего воздуха $t_{int} = 20$ °С;
- расчетная влажность внутреннего воздуха $w_b = 55\%$;

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции и расчетный температурный перепад

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- влажностный режим помещения [4, табл. 1] – нормальный;
- условия эксплуатации ограждающих конструкций [4, табл. 2] A ;
- коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху [4, табл. 6] $n = 1$;
- коэффициент теплотехнической однородности [4, п.8.17] $r = 0,69$;

- расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая согласно ГОСТ 12.1.005–88 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений (задание на проектирование) $t_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

- расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [2, табл. 1] $t_{ext} = -29 \text{ }^\circ\text{C}$;

- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [4, табл. 7] $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [5, табл. 8] $\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала первого слоя [5, прил. Д] $\lambda_1 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала второго слоя [5, прил. Д] $\lambda_2 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала третьего слоя [5, прил. Д] $\lambda_3 = 0,041 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала четвертого слоя [5, прил. Д] $\lambda_4 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- упругость водяного пара начала конденсации влаги внутри помещения $E_b = 2,339 \text{ кПа}$;

- упругость водяного пара внутри помещения

$$e_b = E_b \cdot w_b = 2,339 \cdot 55\% = 1,286 \text{ кПа};$$

- температура точки росы в помещении имеющемся парциальном давлении $t_p = 11 \text{ }^\circ\text{C}$;

- нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции [4, табл. 5] $\Delta t_n = 4 \text{ }^\circ\text{C}$;

- требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из санитарно-гигиенических и комфортных условий

$$R_{red} = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}} = \frac{1 \cdot (20 - (-29))}{4 \cdot 8,7} = 0,626 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт};$$

- длительность отопительного периода [2, табл. 1] $z_{ht} = 207 \text{ сут}$;

- средняя температура отопительного периода наружного воздуха за отопительный период [2, табл. 1] $t_{ht} = -4,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

- градусо-сутки отопительного периода

$$\text{ГСОП}(D_d) = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} = (20 - (-4,5)) \cdot 207 = 5071,5$$

- нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из условий энергосбережения $R_{reg} = 3,175 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;
- фактическое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции

$$R_0 = r \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_{\text{в}i}} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} \right) =$$

$$=_{r=} 0,69 \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,020}{0,76} + \frac{0,640}{0,76} + \frac{0,150}{0,041} + \frac{0,020}{0,76} + \frac{1}{23} \right) = 3,25 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

- расчетный температурный перепад между температурой внутри помещения и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции:

$$\Delta t_0 = \frac{n \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{R_0 \cdot \alpha_{\text{int}}} = \frac{1 \cdot (20 - (-29))}{3,25 \cdot 8,7} = 1,73 \text{ °C};$$

Вывод:

Поскольку фактическое сопротивление теплопередаче больше требуемого: $R_0 = 3,25 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт} > R_{reg} = 3,175 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ и расчетный температурный перепад меньше нормируемого $\Delta t_0 = 1,73 \cdot \text{°C} < \Delta t_n = 4,0 \cdot \text{°C}$ – стена удовлетворяет требованиям тепловой защиты здания.

3.4.2. Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций [4, табл. 11] $G^H = 0,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$;
- сопротивление воздухопроницанию первого слоя ограждающей конструкции [4, табл17] $R_{\text{inf}1} = 373,00 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$
- сопротивление воздухопроницанию второго слоя ограждающей конструкции [[4, табл17] $R_{\text{inf}2} = 9,00 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$
- сопротивление воздухопроницанию третьего слоя ограждающей конструкции [4, табл17] $R_{\text{inf}3} = 79,00 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$
- сопротивление воздухопроницанию четвертого слоя ограждающей конструкции [4, табл17] $R_{\text{inf}4} = 373,00 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$

- максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16 % и более [2, прил. 4] $v = 5,600$ м/с;
- удельный вес внутреннего воздуха, определяемый по формуле

$$\gamma_{в} = \frac{3463}{273 + t_{в}} = \frac{3463}{273 + 20} = 11,819 \text{ Н/м}^3;$$

- удельный вес наружного воздуха, Н/м^3 , определяемый по формуле

$$\gamma_{н} = \frac{3463}{273 + t_{н}} = \frac{3463}{273 + (-29)} = 14,193 \text{ Н/м}^3;$$

- разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций

$$\begin{aligned} \Delta p &= 0,55 \cdot H \cdot (\gamma_{н} - \gamma_{в}) + 0,03 \cdot \gamma_{н} \cdot v^2 = \\ &= 0,55 \cdot 44 \cdot (14,193 - 11,819) + 0,03 \times 14,193 \cdot 5,600^2 = 70,791 \text{ Па}; \end{aligned}$$

- требуемое сопротивление конструкции воздухопроницанию

$$R_u^{тр} = \frac{\Delta p}{G^н} = \frac{70,791}{0,5} = 141,583 \text{ Н/м}^3;$$

- фактическое сопротивление конструкции воздухопроницанию

$$R_u = \sum_i R_{и_i} = 373,00 + 9,00 + 79,00 + 373,00 = 834 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг};$$

Выводы:

Поскольку фактическое сопротивление воздухопроницанию выше требуемого: $R_u = 834 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} / \text{кг} > R_u^{тр} = 141,583 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} / \text{кг}$ – конструкция не требует дополнительных мероприятий.

3.4.3. Сопротивление паропрооницанию ограждающих конструкций

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- расчетный коэффициент паропрооницаемости материала первого слоя [5, прил. Д] $\mu_1 = 0,09 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$;
- расчетный коэффициент паропрооницаемости материала второго слоя [5, прил. Д] $\mu_2 = 0,1100 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$;
- расчетный коэффициент паропрооницаемости материала третьего слоя [5, прил. Д] $\mu_3 = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$;

- расчетный коэффициент паропроницаемости материала четвертого слоя [5, прил. Д] $\mu_4 = 0,09 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$;

- средняя упругость водяного пара наружного воздуха за годовой период [2, прил. 3] $e_n = 0,740 \text{ Па}$;

- продолжительность, периода влагонакопления [2, прил. 3] $z_0 = 154$ суток;

- средняя температура наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами $t_0 = -8,440 \text{ }^\circ\text{С}$;

- упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации при средней температуре наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами

$$E_0 = 0,284 \text{ кПа};$$

- плотность материала увлажняемого слоя [4, прил. Д] $\gamma_w = 100 \text{ кг}/\text{м}^3$;

- толщина увлажняемого слоя ограждающей конструкции принимаемая равной $2/3$ толщины однородной стены или толщине теплоизоляционного слоя многослойной ограждающей конструкции

$$\delta_w = 0,150 \text{ м};$$

- предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя за период влагонакопления [4, табл. 12] $\Delta w_{\text{ср}} = 15,00 \%$;

- продолжительность зимнего периода [2, табл. 1] $z_1 = 4$ мес.;

- средняя температура наружного воздуха зимнего периода [2, табл. 1] $t_1 = -9,70 \text{ }^\circ\text{С}$;

- упругость водяного пара, принимаемая по температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха зимнего периода

$$E_1 = 0,260 \text{ кПа};$$

- продолжительность весенне-осеннего периода [2, табл. 1] $z_2 = 3$ мес.;

- ср. температура наружного воздуха весенне-осеннего периода [2, табл. 1] $t_2 = 1,80 \text{ }^\circ\text{С}$;

- упругость водяного пара, принимаемая по температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха летнего периода

$$E_2 = 0,705 \text{ кПа};$$

- продолжительность летнего периода [2, табл. 1] $z_3 = 5,00$ мес.;

- средняя температура наружного воздуха летнего периода [2, табл. 1] $t_3 = 16,14 \text{ }^\circ\text{C}$;

- упругость водяного пара, принимаемая по температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха летнего периода

$$E_3 = 1,817 \text{ кПа};$$

- упругость водяного пара, Па, в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации

$$E = \frac{1}{12}(E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2 + E_3 \cdot z_3) = \frac{1}{12} \cdot (0,260 \cdot 4 + 0,705 \cdot 3 + 1,817 \cdot 5,00) = 1,020 \text{ кПа};$$

- ср. температура наружного воздуха периода с отрицательными среднемесячными температурами [2, табл. 1] $t_{н.0} = -8,440 \text{ }^\circ\text{C}$;

- средняя упругость водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами [2, прил. 3] $e_{н.0} = 0,324 \text{ Па}$;

- сопротивление паропроницанию части ограждающей конструкции, расположенной между ее наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации $R_{п.н} = 0,222 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$;

- коэффициент

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot (E_0 - e_{н.0}) \cdot z_0}{R_{п.н}} = \frac{0,0024 \cdot (0,284 - 0,324) \cdot 154 \cdot 1000}{0,222} = -66,529;$$

- требуемое сопротивление паропроницанию (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации)

$$R_{п.н}^{Tp} = \frac{(e_b - E) \cdot R_{п.н}}{E - e_n} = \frac{(1,286 - 1,020) \cdot 0,222}{1,020 - 0,740} = 0,211 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг};$$

- требуемое сопротивление паропроницанию (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха)

$$R_{п.н}^{Tp} = \frac{0,0024 \cdot z_0 \cdot (e_b - E_0)}{\gamma_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w_{cp} + \eta} = \frac{0,0024 \cdot 154 \cdot (1,286 - 0,284) \cdot 1000}{100 \cdot 0,150 \cdot 15,00 + -66,529} = 2,338 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг};$$

- фактическое сопротивление конструкции паропроницанию

$$R_n = \sum_i \frac{\delta_i}{\mu_i} = \frac{0,020}{0,09} + \frac{0,640}{0,1100} + \frac{0,150}{0,05} + \frac{0,020}{0,09} = 9,263 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг};$$

Выводы

Поскольку фактическое сопротивление паропроницанию больше требуемого: $R_u = 9,263 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} > R_u^{\text{Тр}} = 2,338 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ – пароизоляция стены обеспечена.

3.4.4. Оценка возможности образования конденсата на внутренней поверхности ограждающей конструкции в зимнее время года

Для оценки возможности образования конденсата на внутренней поверхности ограждающей конструкции последовательно определяются:

- температура на внутренней и внешней поверхности и на границах всех слоев ограждающей конструкции по формуле

$$\tau_x = t_{\text{int}} - \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_0} \cdot \sum_{x-1} \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + R_x \right);$$

- фактическую упругость водяного пара на внутренней и внешней поверхности и на границах всех слоев ограждающей конструкции по формуле

$$e_x = e_b - \frac{e_b - e_n}{R_{\text{II}}} \cdot \sum_{x-1} R_n;$$

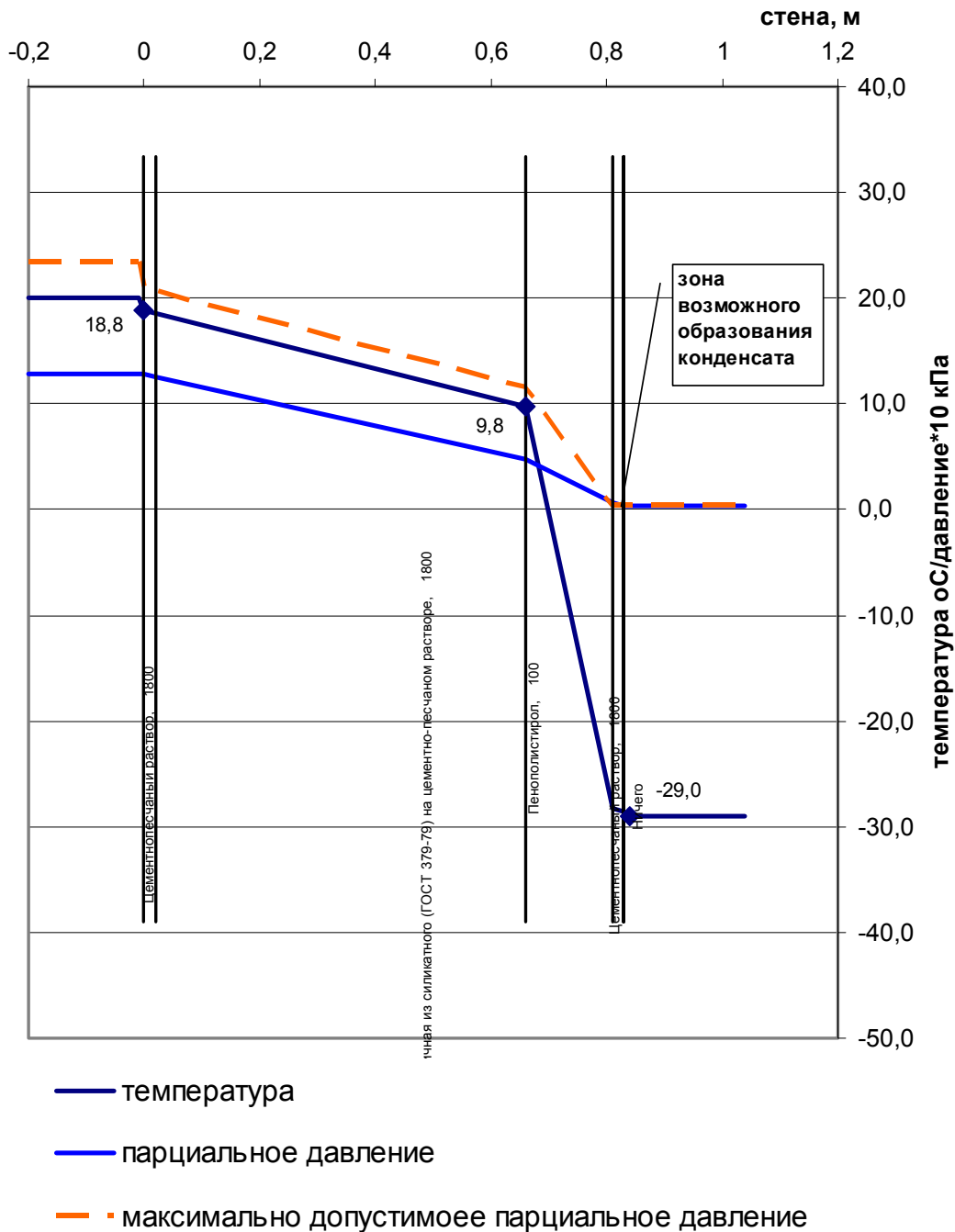
- упругость начала конденсации водяного пара на внутренней и внешней поверхности и на границах всех слоев ограждающей конструкции [3, табл. V.1]

Для наглядности вычисления сводятся в таблицу. По результатам вычислений строится графики распределения по стене температуры, упругости водяного пара и упругости начала конденсации водяного пара.

Таблица 3.8

№ п/п	№ слоя	Сопротив- ление телопере- даче отдель- ного слоя, R_i	Сопротив- ление теплоте- редаче слоев изнутри R_x	Сопротив- ление паропро- ницанию отдельного слоя R_p	Сопротив- ление паропро- ницанию всех слоев изнутри ΣR_p	Темпе- ратура	Парциаль- ное давление	Макси- мально допусти- мое пар- циальное давление
	помещение					20,0	12,863	23,387
1	изнутри	0,115	0,115	0,000	0,000	18,805	12,863	20,640
2	граница 1-2	0,026	0,141	0,222	0,222	18,531	12,562	20,640
3	граница 2-3	0,842	0,983	5,818	6,040	9,773	4,704	11,480
4	граница 3-4	3,659	4,642	3,000	9,040	-28,274	0,651	0,413
5	граница 4-5	0,026	4,668	0,222	9,263	-28,548	0,351	0,413
	улица	0,043	4,712	0,000	9,263	-29,0	0,351	0,413
		$\Sigma=4,712$		$\Sigma=$	9,263			

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ В ТОЛЩЕ КОНСТРУКЦИИ



Вывод:

Анализ распределения линий парциального давления по стене показывает, что при заданных температурно-влажностных условиях и параметрах ограждающей конструкции в холодное время года на внутренней поверхности и внутри стены не будет образовываться конденсат, вероятность образования конденсата возрастает только в

отделочном штукатурном слое, что не влияет на влажностное состояние всей конструкции.

3.4.5. Определение термического сопротивления неоднородных участков наружной стены с утеплением

Термическое сопротивление утепленной наружной стены с теплопроводными включениями считаем с учетом температурных полей.

В качестве расчетного участка наружной стены принят фрагмент по осям А-В и 1-3 (угловая часть здания) в свою очередь состоящая из отдельных расчетных участков №1- №2 с различным приведенным сопротивлением теплопередаче.

1) Приведенное сопротивление теплопередаче расчетного участка №1

Средняя температура на внутренней поверхности расчетного участка (по результатам расчета)

$$\tau_{\text{int, cp}} = \frac{13,0 + 17,1 + 18,5 + 19,2 + 19,7 + 19,9 + 19,7 + 19,2 + 19,0 + 18,9}{10} = 18,4.$$

Расчетный тепловой поток составит:

$$g^{\text{расч}} = \alpha_{\text{int}} (t_{\text{int}} - \tau_{\text{int cp}}) = 8,7 \cdot (20 - 18,4) = 13,92 \text{ (Вт / м}^2 \cdot \text{°C)}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче расчетного участка № 1:

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{g^{\text{расч}}} = \frac{20 + 29}{13,92} = 3,52 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)};$$

3) Приведенное сопротивление теплопередаче расчетного участка № 2

Средняя температура на внутренней поверхности расчетного участка (по результатам расчета)

$$\tau_{\text{int, cp}} = \frac{19,3 + 18,7 + 18,5 + 18,4 + 18,3 + 18,1 + 17,7 + 16,5}{12} + \frac{17,5 + 17,9 + 18,1 + 18,2}{12} = 18,1 \text{ °C}.$$

Расчетный тепловой поток составит:

$$g^{\text{расч}} = \alpha_{\text{int}} (t_{\text{int}} - \tau_{\text{int cp}}) = 8,7 \cdot (20 - 18,2) = 16,53 \text{ (Вт / м}^2 \cdot \text{°C)}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче расчетного участка № 2:

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{g^{\text{расч}}} = \frac{20 + 29}{16,53} = 2,96 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента наружной стены

$$R_{\text{пр}} = \frac{2,5 \cdot 2,44 + 2,5 \cdot 2,14}{\frac{2,5 \cdot 2,44}{3,52} + \frac{2,5 \cdot 2,14}{2,96}} = 3,24 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)},$$

$$R_0 = r \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + R_{\text{пр}} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} \right) = \left(\frac{1}{8,7} + 3,24 + \frac{1}{23} \right) = 3,40 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт};$$

• расчетный температурный перепад между температурой внутри помещения и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции:

$$\Delta t_0 = \frac{n \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{R_0 \cdot \alpha_{\text{int}}} = \frac{1 \cdot (20 - (-29))}{3,4 \cdot 8,7} = 1,65 \text{ °C};$$

Выводы

Поскольку фактическое сопротивление теплопередаче больше требуемого: $R_0 = 3,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} > R_{\text{рег}} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ и расчетный температурный перепад меньше нормируемого $\Delta t_0 = 1,65 \text{ °C} < \Delta t_n = 4,0 \text{ °C}$ – согласно п.5.1 [4] тепловая защита здания обеспечена.

Расчет температурных полей на рассматриваемых участках выполнен по программе ПК ТЕМП.

Шифр объекта... монография
 Исполнитель... Викторова О.Л.
 Дата-1/25/2014
 Время-19:39:49,62

 ПРОГРАММА РАСЧЕТА
 ПЛОСКИХ СТАЦИОНАРНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ
 ПОЛЕЙ

Параметры задачи

Количество шагов сетки по оси X:nt=13
 Количество шагов сетки по оси Y:mt=11
 Количество описываемых областей:kt=16

Размеры сетки

Размер шага по оси X

0.605 0.045 0.020 0.135 0.152 0.152 0.152 0.152 0.152 0.135 0.020
 0.045 0.670

Размер шага по оси Y

1.0.□.□.□.□.□.□□□□ 0.025 0.075 0.075 0.110 0.100 0.100 0.100
 0.100 0.020 0.500

Описание областей

Координаты узлов области				Коэффициент	Коэффициент	Граничная
X-нач	X-кон	Y-нач	Y-кон	теплопроводности	теплопередачи	температура
1	14	1	2	0.000	23.000	-29.000
1	2	2	5	0.000	23.000	-29.000
1	3	5	6	0.200	0.000	0.000
1	3	6	10	0.000	8.700	20.000
13	14	2	5	0.000	23.000	-29.000
12	14	5	6	0.200	0.000	0.000
12	14	6	10	0.000	8.700	20.000
2	13	2	3	0.760	0.000	0.000
2	5	3	5	0.050	0.000	0.000
5	10	3	5	0.040	0.000	0.000
10	13	3	5	0.050	0.000	0.000
4	11	5	10	0.700	0.000	0.000
3	4	5	11	0.760	0.000	0.000
11	12	5	11	0.760	0.000	0.000
4	11	10	11	0.760	0.000	0.000
1	14	11	12	0.000	8.700	20.000

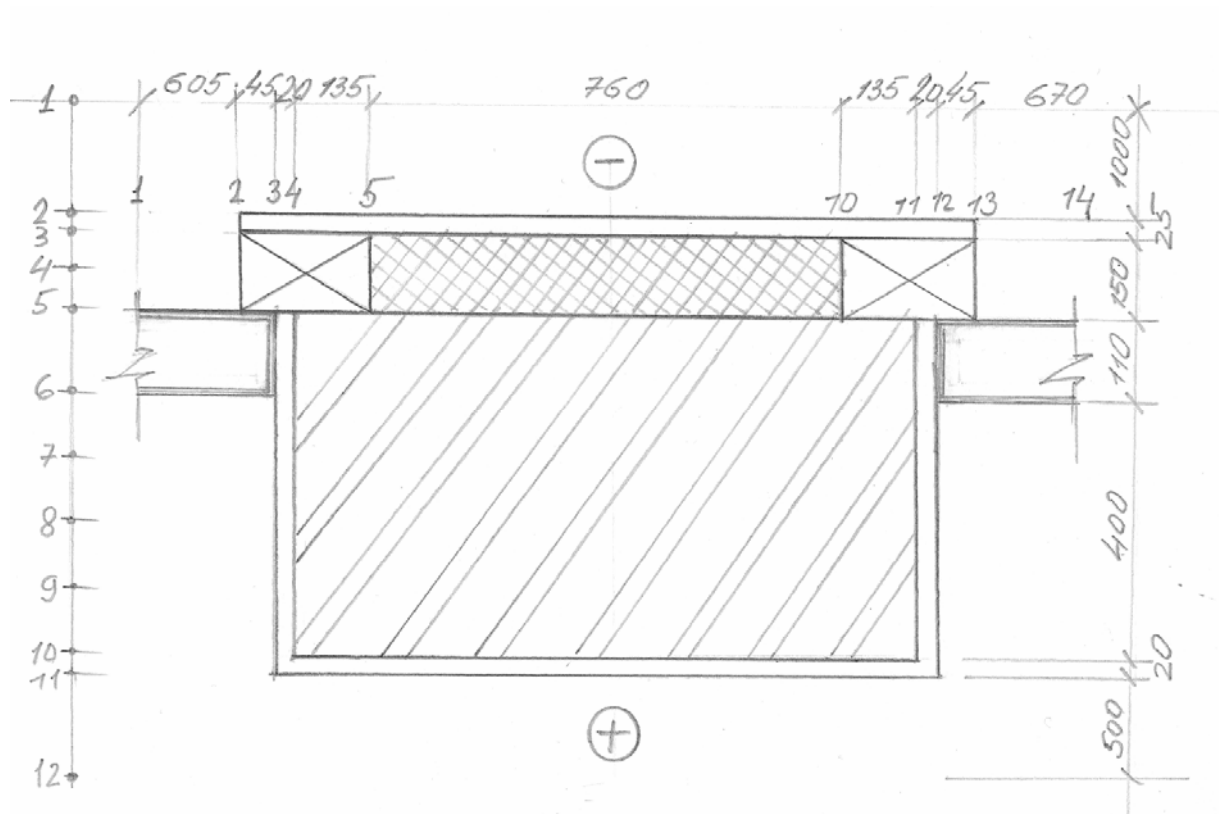


Рис.3.3. Участок стены 1 (с утеплением)

Таблица 3.9

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ

N-узла	Температура	N-узла	Температура	N-узла	Температура	N-узла	Температура
1	0.000	2	0.000	3	0.000	4	0.000
5	0.000	6	0.000	7	0.000	8	0.000
9	0.000	10	0.000	11	0.000	12	0.000
13	0.000	14	0.000	15	0.000	16	-28.942
17	-28.767	18	-28.699	19	-28.555	20	-28.557
21	-28.551	22	-28.551	23	-28.557	24	-28.555
25	-28.699	26	-28.767	27	-28.942	28	0.000
29	0.000	30	-28.928	31	-28.585	32	-28.462
33	-28.215	34	-28.222	35	-28.211	36	-28.211
37	-28.222	38	-28.215	39	-28.462	40	-28.585
41	-28.928	42	0.000	43	0.000	44	-28.540
45	-19.547	46	-16.697	47	-10.658	48	-9.140
49	-8.827	50	-8.828	51	-9.142	52	-10.662
53	-16.704	54	-19.552	55	-28.541	56	0.000
57	-25.991	58	-25.271	59	-0.576	60	2.162
61	8.510	62	10.236	63	10.633	64	10.632
65	10.233	66	8.503	67	2.144	68	-0.598
69	-25.332	70	-25.991	71	12.051	72	12.232
73	13.047	74	12.297	75	11.888	76	12.221
77	12.372	78	12.371	79	12.218	80	11.883
81	12.289	82	13.040	83	12.217	84	12.051
85	0.000	86	0.000	87	17.075	88	16.458
89	14.576	90	14.109	91	14.022	92	14.021
93	14.107	94	14.573	95	16.455	96	17.073
97	0.000	98	0.000	99	0.000	100	0.000
101	18.464	102	18.126	103	16.506	104	15.833
105	15.634	106	15.633	107	15.832	108	16.504
109	18.125	110	18.463	111	0.000	112	0.000
113	0.000	114	0.000	115	19.170	116	18.984
117	17.909	118	17.351	119	17.160	120	17.160
121	17.351	122	17.908	123	18.984	124	19.169
125	0.000	126	0.000	127	0.000	128	0.000
129	19.663	130	19.571	131	19.012	132	18.711
133	18.604	134	18.604	135	18.711	136	19.011
137	19.571	138	19.662	139	0.000	140	0.000
141	0.000	142	0.000	143	19.921	144	19.670
145	19.198	146	18.953	147	18.865	148	18.864
149	18.952	150	19.198	151	19.670	152	19.921
153	0.000	154	0.000	155	0.000	156	0.000
157	0.000	158	0.000	159	0.000	160	0.000
161	0.000	162	0.000	163	0.000	164	0.000
165	0.000	166	0.000	167	0.000	168	0.000

РАСЧЕТНАЯ СХЕМА КОНСТРУКЦИИ С ПОЛЕМ ТЕМПЕРАТУР

	-28.9	-28.8	-28.7	-28.6	-28.6	-28.6	-28.6	-28.6	-28.6	-28.7	-28.8	-28.9		
I													I	
I													I	
I													I	
I													I	
	-28.9	-28.6	-28.5	-28.2	-28.2	-28.2	-28.2	-28.2	-28.2	-28.5	-28.6	-28.9		
I				I					I				I	
I				I					I				I	
I				I					I				I	
I				I					I				I	
	-28.5	-19.5	-16.7	-10.7	-9.1	-8.8	-8.8	-9.1	-10.7	-16.7	-19.6	-28.5		
I				I					I				I	
I				I					I				I	
I				I					I				I	
I				I					I				I	
	-26.0	-25.3	-0.6	2.2	8.5	10.2	10.6	10.6	10.2	8.5	2.1	-0.6	-25.3	-26.0
I		I	I							I	I		I	
I		I	I							I	I		I	
I		I	I							I	I		I	
I		I	I							I	I		I	
	12.1	12.2	13.0	12.3	11.9	12.2	12.4	12.4	12.2	11.9	12.3	13.0	12.2	12.1
I			I							I	I			
I			I							I	I			
I			I							I	I			
I			I							I	I			
		17.1	16.5	14.6	14.1	14.0	14.0	14.1	14.6	16.5	17.1			
I			I							I	I			
I			I							I	I			
I			I							I	I			
I			I							I	I			
		18.5	18.1	16.5	15.8	15.6	15.6	15.8	16.5	18.1	18.5			
I			I							I	I			
I			I							I	I			
I			I							I	I			
I			I							I	I			
		19.2	19.0	17.9	17.4	17.2	17.2	17.4	17.9	19.0	19.2			
I			I							I	I			
I			I							I	I			
I			I							I	I			
I			I							I	I			
		19.7	19.6	19.0	18.7	18.6	18.6	18.7	19.0	19.6	19.7			
I														I
I														I
I														I
I														I
		19.9	19.7	19.2	19.0	18.9	18.9	19.0	19.2	19.7	19.9			

***** Расчет окончен *****

Шифр объекта... Монография

Исполнитель... Викторова О.Л.

Дата-1/25/2014
Время-20:04:22,94

ПРОГРАММА РАСЧЕТА
ПЛОСКИХ СТАЦИОНАРНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ
ПОЛЕЙ

Параметры задачи

Количество шагов сетки по оси X:nt=15
Количество шагов сетки по оси Y:mt=19
Количество описываемых областей:kt=16

Размеры сетки

Размер шага по оси X

1.000	0.025	0.075	0.075	0.110	0.100	0.100	0.100	0.100	0.020	0.100
0.100	0.100	0.100	0.100							

Размер шага по оси Y

0.605	0.045	0.020	0.135	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.020	0.102
0.102	0.102	0.102	0.102	0.075	0.075	0.025	1.000			

Описание областей

Координаты узлов области				Коэффициент	Коэффициент	Граничная
X-нач	X-кон	Y-нач	Y-кон	теплопроводности	теплопередачи	температура
1	2	1	20	0.000	23.000	-29.000
2	3	1	19	0.760	0.000	0.000
3	5	2	5	0.050	0.000	0.000
3	5	5	18	0.040	0.000	0.000
3	5	1	2	0.000	23.000	-29.000
5	6	1	2	0.200	0.000	0.000
5	10	3	4	0.760	0.000	0.000
5	10	4	16	0.700	0.000	0.000
10	11	3	11	0.760	0.000	0.000
11	16	10	11	0.760	0.000	0.000
11	16	1	10	0.000	8.700	20.000
6	11	1	2	0.000	8.700	20.000
10	16	11	16	0.700	0.000	0.000
5	16	16	18	0.040	0.000	0.000
3	16	18	19	0.760	0.000	0.000
2	16	19	20	0.000	23.000	-29.000

Таблица 3.10

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ

N-узла	Температура	N-узла	Температура	N-узла	Температура	N-узла	Температура
1	0.000	2	-29.000	3	-29.000	4	0.000
5	-25.887	6	12.109	7	0.000	8	0.000
9	0.000	10	0.000	11	0.000	12	0.000
13	0.000	14	0.000	15	0.000	16	0.000
17	0.000	18	-28.989	19	-28.987	20	-28.111
21	16.091	22	19.283	23	0.000	24	0.000
25	0.000	26	0.000	27	0.000	28	0.000
29	0.000	30	0.000	31	0.000	32	0.000
33	0.000	34	-28.739	35	-28.528	36	-17.497
37	8.186	38	10.444	39	12.374	40	14.307
41	16.292	42	18.430	43	19.267	44	0.000
45	0.000	46	0.000	47	0.000	48	0.000
49	0.000	50	-28.654	51	-28.379	52	-14.473
53	8.218	54	10.446	55	12.374	56	14.306
57	16.289	58	18.362	59	18.721	60	0.000
61	0.000	62	0.000	63	0.000	64	0.000
65	0.000	66	-28.544	67	-28.196	68	-10.400
69	8.661	70	10.561	71	12.370	72	14.244
73	16.173	74	18.123	75	18.474	76	0.000
77	0.000	78	0.000	79	0.000	80	0.000
81	0.000	82	-28.571	83	-28.246	84	-9.819
85	8.827	86	10.540	87	12.260	88	14.097
89	16.027	90	18.018	91	18.387	92	0.000
93	0.000	94	0.000	95	0.000	96	0.000
97	0.000	98	-28.574	99	-28.251	100	-9.857
101	8.611	102	10.274	103	11.962	104	13.804
105	15.785	106	17.882	107	18.276	108	0.000
109	0.000	110	0.000	111	0.000	112	0.000
113	0.000	114	-28.579	115	-28.261	116	-10.105
117	8.105	118	9.742	119	11.421	120	13.289
121	15.361	122	17.639	123	18.077	124	0.000
125	0.000	126	0.000	127	0.000	128	0.000
129	0.000	130	-28.588	131	-28.276	132	-10.504
133	7.318	134	8.922	135	10.578	136	12.453
137	14.606	138	17.144	139	17.669	140	0.000
141	0.000	142	0.000	143	0.000	144	0.000
145	0.000	146	-28.600	147	-28.298	148	-11.045
149	6.253	150	7.802	151	9.388	152	11.174
153	13.241	154	15.840	155	16.534	156	17.509
157	17.903	158	18.097	159	18.193	160	18.222
161	0.000	162	-28.602	163	-28.301	164	-11.142
165	6.061	166	7.600	167	9.170	168	10.930
169	12.946	170	15.353	171	15.822	172	16.950
173	17.427	174	17.664	175	17.780	176	17.816
177	0.000	178	-28.615	179	-28.323	180	-11.690
181	4.986	182	6.466	183	7.940	184	9.527
185	11.201	186	12.868	187	13.153	188	14.267
189	14.942	190	15.338	191	15.547	192	15.613
193	0.000	194	-28.629	195	-28.348	196	-12.318
197	3.775	198	5.203	199	6.594	200	8.032
201	9.463	202	10.795	203	11.031	204	12.039
205	12.748	206	13.207	207	13.464	208	13.546
209	0.000	210	-28.646	211	-28.378	212	-13.062
213	2.433	214	3.849	215	5.200	216	6.543
217	7.828	218	8.991	219	9.201	220	10.123
221	10.815	222	11.288	223	11.561	224	11.650
225	0.000	226	-28.673	227	-28.425	228	-14.140
229	0.897	230	2.431	231	3.812	232	5.116
233	6.320	234	7.391	235	7.585	236	8.446

237	9.110	238	9.576	239	9.849	240	9.940
241	0.000	242	-28.738	243	-28.536	244	-16.612
245	-1.092	246	1.028	247	2.504	248	3.793
249	4.950	250	5.969	251	6.154	252	6.975
253	7.612	254	8.063	255	8.329	256	8.417
257	0.000	258	-28.857	259	-28.749	260	-22.673
261	-16.581	262	-14.042	263	-13.022	264	-12.309
265	-11.709	266	-11.191	267	-11.097	268	-10.680
269	-10.356	270	-10.126	271	-9.989	272	-9.944
273	0.000	274	-28.967	275	-28.948	276	-28.749
277	-28.534	278	-28.420	279	-28.376	280	-28.347
281	-28.324	282	-28.303	283	-28.300	284	-28.283
285	-28.271	286	-28.262	287	-28.256	288	-28.255
289	0.000	290	-28.981	291	-28.967	292	-28.857
293	-28.737	294	-28.671	295	-28.645	296	-28.628
297	-28.615	298	-28.603	299	-28.601	300	-28.592
301	-28.585	302	-28.580	303	-28.577	304	-28.576
305	0.000	306	0.000	307	0.000	308	0.000
309	0.000	310	0.000	311	0.000	312	0.000
313	0.000	314	0.000	315	0.000	316	0.000
317	0.000	318	0.000	319	0.000	320	0.000

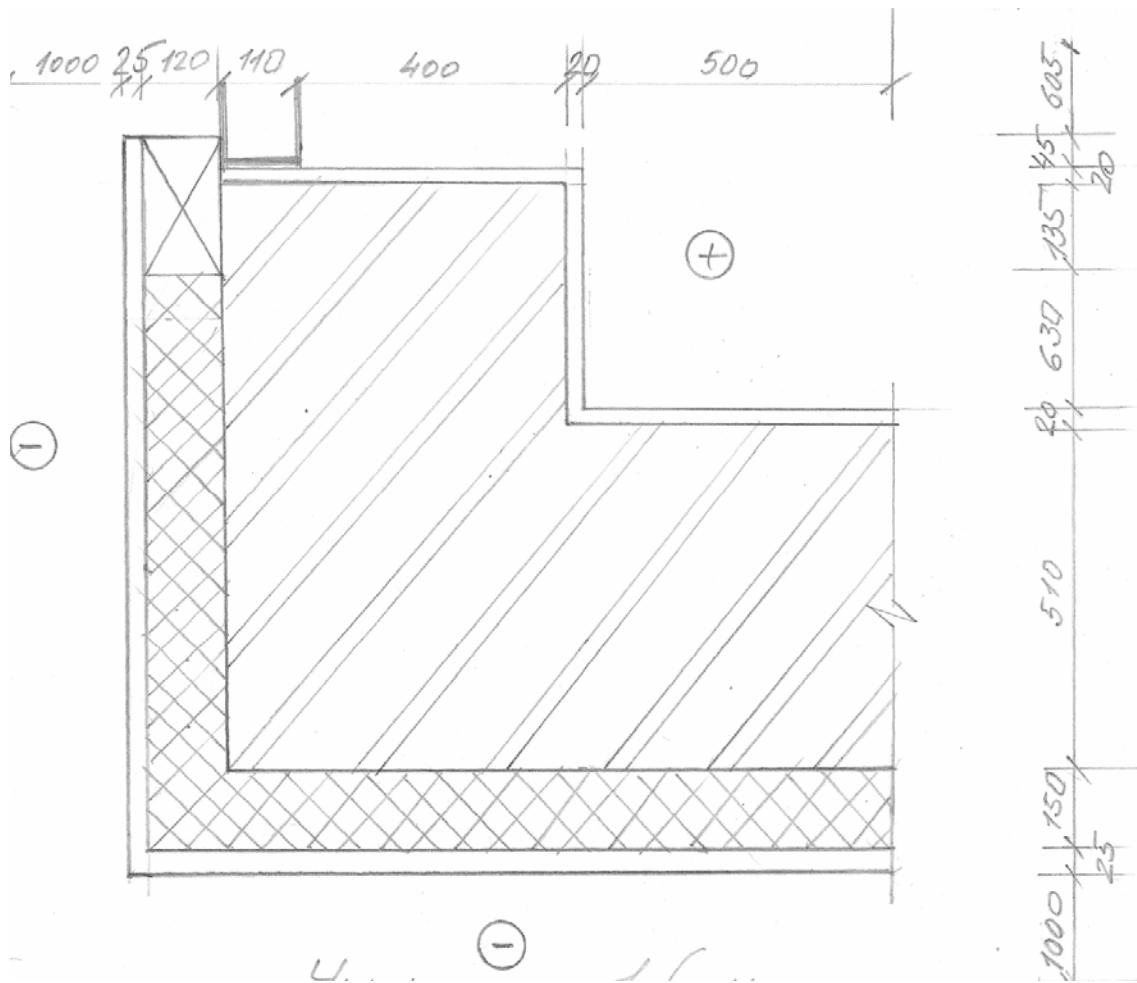


Рис.3.4. Участок стены 2 (с утеплением)

 РАСЧЕТНАЯ СХЕМА КОНСТРУКЦИИ С ПОЛЕМ ТЕМПЕРАТУР

-29.0	-29.0	-25.9	12.1																
-29.0	-29.0	-28.1	16.1	19.3															
-28.7	-28.5	-17.5	8.2	10.4	12.4	14.3	16.3	18.4	19.3										
-28.7	-28.4	-14.5	8.2	10.4	12.4	14.3	16.3	18.4	18.7										
-28.5	-28.2	-10.4	8.7	10.6	12.4	14.2	16.2	18.1	18.5										
-28.6	-28.2	-9.8	8.8	10.5	12.3	14.1	16.0	18.0	18.4										
-28.6	-28.3	-9.9	8.6	10.3	12.0	13.8	15.8	17.9	18.3										
-28.6	-28.3	-10.1	8.1	9.7	11.4	13.3	15.4	17.6	18.1										
-28.6	-28.3	-10.5	7.3	8.9	10.6	12.5	14.6	17.1	17.7										
-28.6	-28.3	-11.0	6.3	7.8	9.4	11.2	13.2	15.8	16.5	17.5	17.9	18.1	18.2	18.2					
-28.6	-28.3	-11.1	6.1	7.6	9.2	10.9	12.9	15.4	15.8	16.9	17.4	17.7	17.8	17.8					
-28.6	-28.3	-11.7	5.0	6.5	7.9	9.5	11.2	12.9	13.2	14.3	14.9	15.3	15.5	15.6					
-28.6	-28.3	-12.3	3.8	5.2	6.6	8.0	9.5	10.8	11.0	12.0	12.7	13.2	13.5	13.5					
-28.6	-28.4	-13.1	2.4	3.8	5.2	6.5	7.8	9.0	9.2	10.1	10.8	11.3	11.6	11.6					
-28.7	-28.4	-14.1	0.9	2.4	3.8	5.1	6.3	7.4	7.6	8.4	9.1	9.6	9.8	9.9					
-28.7	-28.5	-16.6	-1.1	1.0	2.5	3.8	5.0	6.0	6.2	7.0	7.6	8.1	8.3	8.4					
-28.9	-28.7	-22.7	-16.6	-14.0	-13.0	-12.3	-11.7	-11.2	-11.1	-10.7	-10.4	-10.1	-10	-9.9					
-29.0	-28.9	-28.7	-28.5	-28.4	-28.4	-28.3	-28.3	-28.3	-28.3	-28.3	-28.3	-28.3	-28.3	-28.3	-28.3				
-29.0	-29.0	-28.9	-28.7	-28.7	-28.6	-28.6	-28.6	-28.6	-28.6	-28.6	-28.6	-28.6	-28.6	-28.6	-28.6	-28.6			

***** Расчет окончен *****

3.5. Исследование тепловлажностного состояния чердачного перекрытия (чердак холодный)

3.5.1. Теплотехнический расчет чердачного перекрытия

Согласно задания требуется выполнить теплотехнический расчет ограждающей конструкции - чердачного перекрытия (холодный чердак)

Исходные данные:

Город строительства	Пенза;
Тип здания	Жилое здание;
Тип ограждающей конструкции	Перекрытия чердачные с кровлей из рулонных материалов;
Высота здания	$H = 20$ м;
Состав ограждающей конструкции	

Т а б л и ц а 3.11

	Материал слоя	Толщина, м
1	Железобетон, 2500	0,12 (приведенная)
2	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,01
3	Рубероид пергамин толь, 600	0,01
4	Пенополистирол, 100	0,20
5	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,05

Дополнительные исходные данные:

- расчетная температура внутреннего воздуха $t_{в} = 20$ °С;
- расчетная влажность внутреннего воздуха $w_{в} = 55\%$.

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции и расчетный температурный перепад

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- влажностный режим помещения [4, табл. 1] – нормальный;
- условия эксплуатации ограждающих конструкций [4, табл. 2] А;
- коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху [4, табл. 6] $n = 0,9$;

- расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая согласно ГОСТ 12.1.005–88 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений (задание на проектирование) $t_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

- расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [2, табл. 1] $t_{ext} = -29 \text{ }^\circ\text{C}$;

- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [4, табл. 7] $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [5, табл. 8] $\alpha_{ext} = 17 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала первого слоя [5, прил. Д] $\lambda_1 = 1,92 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала второго слоя [5, прил. Д] $\lambda_2 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала третьего слоя [5, прил. Д] $\lambda_3 = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала четвертого слоя [5, прил. Д] $\lambda_4 = 0,041 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала пятого слоя [5, прил. Д] $\lambda_5 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- упругость водяного пара начала конденсации влаги внутри помещения $E_B = 2,339 \text{ кПа}$

- упругость водяного пара внутри помещения

$$e_B = E_B \cdot w_B = 2,339 \cdot 55 \% = 1,286 \text{ кПа};$$

- температура точки росы в помещении имеющемся парциальном давлении $t_p = 11 \text{ }^\circ\text{C}$;

- нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции [4, табл. 5] $\Delta t_n = 3 \text{ }^\circ\text{C}$;

- требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из санитарно-гигиенических и комфортных условий

$$R_{red} = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}} = \frac{0,9 \cdot (20 - (-29))}{3 \cdot 8,7} = 0,704 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт};$$

- длительность отопительного периода $z_{ht} = 207 \text{ сут}$;

- средняя температура отопительного периода наружного воздуха за отопительный период $t_{ht} = -4,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

- градусо-сутки отопительного периода

$$\text{ГСОП}(D_d) = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} = (20 - (-4.5)) \cdot 207 = 5071.5;$$

- нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из условий энергосбережения $R_{reg} = 4,785 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

- фактическое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_{bi}} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,120}{1,92} + \frac{0,010}{0,76} + \frac{0,010}{0,17} + \frac{0,200}{0,041} + \frac{0,050}{0,76} + \frac{1}{17} = 5,252 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

- расчетный температурный перепад между температурой внутри помещения и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции:

$$\Delta t_0 = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{R_0 \cdot \alpha_{int}} = \frac{0,9 \cdot (20 - (-29))}{5,25 \cdot 8,7} = 0,96 \text{ °C}.$$

Выводы

Поскольку фактическое сопротивление теплопередаче больше требуемого:

$R_0 = 5,252 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт} < R_{reg} 4,785 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ и $\Delta t_0 = 0,96 \cdot \text{°C} < \Delta t_n = 3,0 \cdot \text{°C}$ – теплоизоляция чердачного перекрытия обеспечена.

3.5.2. Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций [1, табл. 12] $G^H = 0,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$;

- сопротивление воздухопроницанию первого слоя ограждающей конструкции [4, табл17] $R_{inf1} = 19620,00 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{кг}$;

- сопротивление воздухопроницанию второго слоя ограждающей конструкции [4, табл17] $R_{inf2} = 248,67 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$;

- сопротивление воздухопроницанию третьего слоя ограждающей конструкции [4, табл17] $R_{inf3} = 10000,00 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$;

- сопротивление воздухопроницанию четвертого слоя ограждающей конструкции [4, табл17] $R_{inf4} = 79,00 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$;

- сопротивление воздухопроницанию пятого слоя ограждающей конструкции [4, табл17] $R_{inf5} = 373,00 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$;

- максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16 % и более [2, прил. 4] $v = 5,600 \text{ м/с}$;

- удельный вес внутреннего воздуха, определяемый по формуле

$$\gamma_B = \frac{3463}{273 + t_B} = \frac{3463}{273 + 20} = 11,819 \text{ Н/м}^3;$$

- удельный вес наружного воздуха, Н/м^3 , определяемый по формуле

$$\gamma_H = \frac{3463}{273 + t_H} = \frac{3463}{273 + (-29)} = 14,193 \text{ Н/м}^3;$$

- разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций

$$\begin{aligned} \Delta p &= 0,55 \cdot H \cdot (\gamma_H - \gamma_B) + 0,03 \cdot \gamma_H \cdot v^2 = \\ &= 0,55 \cdot 44 \cdot (14,193 - 11,819) + 0,03 \times 14,193 \cdot 5,600^2 = 70,791 \text{ Па}; \end{aligned}$$

- требуемое сопротивление конструкции воздухопроницанию

$$R_{inf}^{reg} = \frac{\Delta p}{G^H} = \frac{70,791}{0,5} = 141,583 \text{ Н/м}^3;$$

- фактическое сопротивление конструкции воздухопроницанию

$$\begin{aligned} R_{inf}^{des} &= \sum_i R_{inf_i} = 19620,00 + 248,67 + 10000,00 + 79,00 + 373,00 = \\ &= 303,21 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}. \end{aligned}$$

Вывод:

Поскольку фактическое сопротивление воздухопроницанию выше требуемого: $R_{inf}^{des} = 303,21 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг} > R_{inf}^{reg} = 141,583 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$ воздухопроницаемость перекрытия обеспечена.

3.5.3. Сопротивление паропрооницанию ограждающих конструкций

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- расчетный коэффициент паропрооницаемости материала первого слоя [5, прил. Д] $\mu_1 = 0,03 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$;

- расчетный коэффициент паропрооницаемости материала второго слоя [5, прил. Д] $\mu_2 = 0,0900 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$;

- расчетный коэффициент паропроницаемости материала третьего слоя [5, прил. Д] $\mu_3 = 0,00165 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$;
- расчетный коэффициент паропроницаемости материала четвертого слоя [5, прил. Д] $\mu_4 = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$;
- расчетный коэффициент паропроницаемости материала пятого слоя [5, прил. Д] $\mu_5 = 0,09 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$;
- средняя упругость водяного пара наружного воздуха за годовой период [2, прил. 3] $e_n = 0,740 \text{ Па}$;
- продолжительность, периода влагонакопления [2, прил. 3] $z_0 = 154$ суток;
- средняя температура наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами $t_0 = -8,440 \text{ }^\circ\text{С}$;
- упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации при средней температуре наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами $E_0 = 0,309 \text{ кПа}$;
- плотность материала увлажняемого слоя [1, прил. 3*] $\gamma_w = 100 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- толщина увлажняемого слоя ограждающей конструкции, принимаемая равной 2/3 толщины однородной стены или толщине теплоизоляционного слоя многослойной ограждающей конструкции $\delta_w = 0,200 \text{ м}$;
- предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя за период влагонакопления [1, табл. 14*] $\Delta w_{\text{ср}} = 15,00 \%$;
- продолжительность зимнего периода [2, табл. 1] $z_1 = 4$ мес.;
- средняя температура наружного воздуха зимнего периода [2, табл. 1] $t_1 = -9,70 \text{ }^\circ\text{С}$;
- упругость водяного пара, принимаемая по температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха зимнего периода $E_1 = 0,284 \text{ кПа}$;
- продолжительность весенне-осеннего периода [2, табл. 1] $z_2 = 3$ мес.;
- ср. температура наружного воздуха весенне-осеннего периода [2, табл. 1] $t_2 = 1,80 \text{ }^\circ\text{С}$;
- упругость водяного пара, принимаемая по температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха летнего периода $E_2 = 0,705 \text{ кПа}$;
- продолжительность летнего периода [2, табл. 1] $z_3 = 5,00$ мес.;
- средняя температура наружного воздуха летнего периода [2, табл. 1] $t_3 = 16,14 \text{ }^\circ\text{С}$;

- упругость водяного пара, принимаемая по температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха летнего периода $E_3 = 1,817$ кПа;

- упругость водяного пара, Па, в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации

$$E = \frac{1}{12}(E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2 + E_3 \cdot z_3) = \frac{1}{12} \cdot (0,284 \cdot 4 + 0,705 \cdot 3 + 1,817 \cdot 5,00) = 1,028 \text{ кПа};$$

- ср. температура наружного воздуха периода с отрицательными среднемесячными температурами [2, табл. 1] $t_{н.0} = -8,440$ °С;

- средняя упругость водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами [2, прил. 3] $e_{н.0} = 0,324$ Па;

- сопротивление паропроницанию части ограждающей конструкции, расположенной между ее наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации $R_{п.н} = 0,556$ м²·ч·Па /кг;

- коэффициент

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot (E_0 - e_{н.0}) \cdot z_0}{R_{п.н}} = \frac{0,0024 \cdot (0,309 - 0,324) \cdot 154 \cdot 1000}{0,556} = -9,758;$$

- требуемое сопротивление паропроницанию (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации)

$$R_{п.1}^{Tp} = \frac{(e_e - E) \cdot R_{п.н}}{E - e_n} = \frac{(1,286 - 1,028) \cdot 0,556}{1,028 - 0,740} = 0,497 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \text{ Па/кг};$$

- требуемое сопротивление паропроницанию (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха)

$$R_{п.2}^{Tp} = \frac{0,0024 \cdot z_0 \cdot (e_b - E_0)}{\gamma_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w_{cp} + \eta} = \frac{0,0024 \cdot 154 \cdot (1,286 - 0,309) \cdot 1000}{100 \cdot 0,200 \cdot 15,00 + -9,758} = 1,244 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг};$$

- фактическое сопротивление конструкции паропроницанию

$$R_n = \sum_i \frac{\delta_i}{\mu_i} = \frac{0,120}{0,03} + \frac{0,010}{0,0900} + \frac{0,010}{0,00165} + \frac{0,200}{0,05} + \frac{0,050}{0,09} = 14,727 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг};$$

Вывод:

Поскольку фактическое сопротивление паропрооницанию больше требуемого: $R_n = 14,727 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} > R_n^{Tp} = 1,244 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ – пароизоляция перекрытия обеспечена.

3.5.4 .Оценка возможности образования конденсата на внутренней поверхности ограждающей конструкции в зимнее время года

Для оценки возможности образования конденсата на внутренней поверхности ограждающей конструкции последовательно определяются:

- температура на внутренней и внешней поверхности и на границах всех слоев ограждающей конструкции по формуле

$$\tau_{\text{int}_b} = t_{\text{int}} - \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_0} \cdot \sum_{x-1} \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + R_x \right);$$

- фактическую упругость водяного пара на внутренней и внешней поверхности и на границах всех слоев ограждающей конструкции по формуле

$$e_x = e_g - \frac{e_b - e_n}{R_{\text{п}}} \cdot \sum_{x-1} R_n ;$$

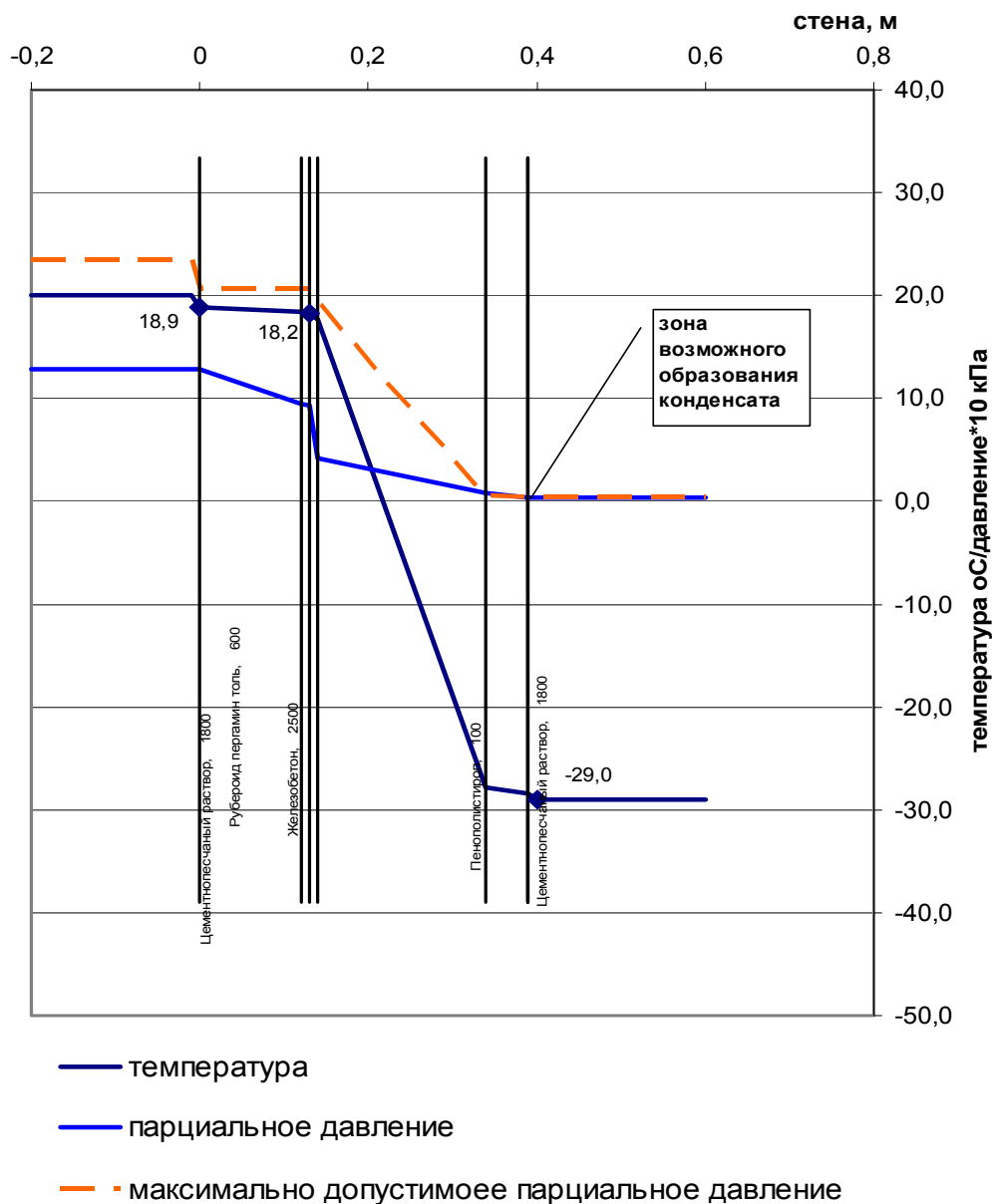
- упругость начала конденсации водяного пара на внутренней и внешней поверхности и на границах всех слоев ограждающей конструкции [3, табл. V.1]

Для наглядности вычисления сводятся в таблицу, по результатам вычислений строится графики распределения температуры по перекрытию, упругости водяного пара и упругости начала конденсации водяного пара.

Таблица 3.12

№ п/п	№ слоя	Сопротивление теплопередаче отдельного слоя, R_i	Сопро- тивление тепло- передаче слоев внутри R_x	Сопро- тивление паропроницанию отдельного слоя R_p	Сопро- тивление паропроницанию всех слоев внутри ΣR_i	Темпера- тура	Парциаль- ное давление	Макси- мальное допусти- мое парциаль- ное давление
	помещение					20,0	12,863	23,387
1	изнутри	0,115	0,115	0,000	0,000	18,928	12,863	20,640
2	граница 1-2	0,063	0,177	4,000	4,000	18,345	9,465	20,640
3	граница 2-3	0,013	0,191	0,111	4,111	18,222	9,370	20,640
4	граница 3-4	0,059	0,249	6,061	10,172	17,673	4,221	19,373
5	граница 4-5	4,878	5,127	4,000	14,172	-27,837	0,823	0,453
6	граница 5-6	0,066	5,193	0,556	14,727	-28,451	0,351	0,413
	улица	0,059	5,252	0,000	14,727	-29,0	0,351	0,413
		$\Sigma=$	5,252	$\Sigma=$	14,727			

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ В ТОЛЩЕ КОНСТРУКЦИИ



Выводы

Анализ распределения линий парциального давления в перекрытии показывает, что при заданных температурно-влажностных условиях и параметрах ограждающей конструкции в холодное время года на внутренней поверхности конденсат образовываться не будет, вероятность образования конденсата возрастает только на границе слоя утеплителя и защитного слоя из цементно-песчаного раствора. В целом для вентилируемого чердачного перекрытия это нестрашно, так как будет происходить естественная сушка верхних слоев конструкции.

3.6. Исследование тепловлажностного состояния перекрытия над техническим подвалом

3.6.1. Теплотехнический расчет перекрытия над техническим подвалом

Согласно задания требуется выполнить теплотехнический расчет ограждающей конструкции

Исходные данные:

Город строительства

Пенза;

Тип здания

Общественное здание;

Тип ограждающей конструкции

Пер. над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, выше уровня земли;

Высота здания

H = 20 м;

Состав ограждающей конструкции

Т а б л и ц а 3.13

	Материал слоя	Толщина, м
1	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,05
2	Рубероид пергамин толь, 600	0,02
3	Плиты «ТехноРуф В70», 180	0,2
4	Железобетон, 2500	0,12(привед)

Дополнительные исходные данные:

- расчетная температура внутреннего воздуха $t_{int} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$;
- расчетная влажность внутреннего воздуха $w_v = 55\%$;

3.6.1.Сопrotивление теплопередаче ограждающей конструкции и расчетный температурный перепад

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- влажностный режим помещения [4, табл. 1] – нормальный;
- условия эксплуатации ограждающих конструкций [4, табл. 2] А;
- коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху [4, табл. 6] $n = 0,6$;

- расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая согласно ГОСТ 12.1.005—88 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений (задание на проектирование) $t_{int} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$;

- расчетная зимняя температура наружного воздуха в техподполье $t_{ext} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$;

- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [4, табл. 7] $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [5, табл. 8] $\alpha_{ext} = 6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала первого слоя [4, прил. Д] $\lambda_1 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала второго слоя [4, прил. Д] $\lambda_2 = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала третьего слоя [4, прил. Д] $\lambda_3 = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала четвертого слоя [4, прил. Д] $\lambda_4 = 1,92 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- упругость водяного пара начала конденсации влаги внутри помещения $E_g = 2,064 \text{ кПа}$

- упругость водяного пара внутри помещения

$$e_b = E_b \cdot w_b = 2,064 \cdot 55\% = 1,135 \text{ кПа};$$

- температура точки росы в помещении имеющемся парциальном давлении $t_p = 9 \text{ }^\circ\text{C}$;

- нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции [4, табл. 5] $\Delta t_n = 2,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

- требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из санитарно-гигиенических и комфортных условий

$$R_{red} = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}} = \frac{0,6 \cdot (18 - (5))}{2,5 \cdot 8,7} = 0,359 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт};$$

- длительность отопительного периода [2, табл. 1] $z_{ht} = 207 \text{ сут}$;

- средняя температура отопительного периода наружного воздуха за отопительный период [2, табл. 1] $t_{ht} = -4,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

- градусо-сутки отопительного периода

$$\text{ГСОП}(D_d) = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} = (18 - (-4,5)) \cdot 207 = 4657,5;$$

- требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из условий энергосбережения $R_{reg} = 2,93 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

- фактическое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции

$$R_0 = r \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_{\text{Bi}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} \right) = \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,050}{0,76} + \frac{0,020}{0,17} + \frac{0,200}{0,045} + \frac{0,120}{1,92} + \frac{1}{6} \right) = 3,194 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

- расчетный температурный перепад между температурой внутри помещения и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции:

$$\Delta t_0 = \frac{n \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{R_0 \cdot \alpha_{\text{int}}} = \frac{0,6 \cdot (18 - 5)}{3,194 \cdot 8,7} = 0,3 \text{ °C};$$

Вывод:

Поскольку фактическое сопротивление теплопередаче больше нормируемого: $R_0 = 3,194 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт} > R_{reg} = 2,93 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ и расчетный температурный перепад меньше нормируемого $\Delta t_0 = 0,3 \text{ °C} < \Delta t_n = 2,5 \text{ °C}$ – конструкция удовлетворяет требованиям тепловой защиты здания.

3.6.2. Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций [4, табл. 11] $G^H = 0,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$;

- сопротивление воздухопроницанию первого слоя ограждающей конструкции [4, табл17] $R_{inf1} = 373,00 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$

- сопротивление воздухопроницанию второго слоя ограждающей конструкции [4, табл17] $R_{inf2} = 10000,00 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$

- сопротивление воздухопроницанию третьего слоя ограждающей конструкции [4, табл17] $R_{inf3} = 2,00 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$

- сопротивление воздухопроницанию четвертого слоя ограждающей конструкции [4, табл17] $R_{inf4} = 19620,00 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$

- максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16 % и более [2, прил. 4] $v = 5,600 \text{ м}/\text{с}$;

- удельный вес внутреннего воздуха, определяемый по формуле

$$\gamma_{\text{в}} = \frac{3463}{273 + t_{\text{в}}} = \frac{3463}{273 + 18} = 11,900 \text{ Н/м}^3;$$

- удельный вес наружного воздуха, Н/м^3 , определяемый по формуле

$$\gamma_{\text{н}} = \frac{3463}{273 + t_{\text{н}}} = \frac{3463}{273 + (5)} = 12,457 \text{ Н/м}^3;$$

- разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций

$$\begin{aligned} \Delta p &= 0,55 \cdot H \cdot (\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{в}}) + 0,03 \cdot \gamma_{\text{н}} \cdot v^2 = \\ &= 0,55 \cdot 44 \cdot (12,457 - 11,900) + 0,03 \times 12,457 \cdot 5,600^2 = 25,186 \text{ Па}; \end{aligned}$$

- требуемое сопротивление конструкции воздухопроницанию

$$R_{\text{inf}}^{\text{reg}} = \frac{\Delta p}{G^{\text{н}}} = \frac{25,186}{0,5} = 50,373 \text{ Н/м}^3;$$

- фактическое сопротивление конструкции воздухопроницанию

$$\begin{aligned} R_{\text{inf}}^{\text{des}} &= \sum_i R_{\text{inf}_i} = 373,00 + 10000,00 + 2,00 + 19620,00 = \\ &= 29995 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}; \end{aligned}$$

Вывод:

Поскольку фактическое сопротивление воздухопроницанию выше требуемого: $R_{\text{inf}}^{\text{des}} = 29995 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} / \text{Вт} > R_{\text{inf}}^{\text{reg}} = 50,373 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} / \text{Вт}$ – конструкция не требует дополнительных мероприятий.

3.6.3. Сопротивление паропроницанию ограждающих конструкций

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- расчетный коэффициент паропроницаемости материала первого слоя [5, прил. Д] $\mu_1 = 0,09 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$;
- расчетный коэффициент паропроницаемости материала второго слоя [5, прил. Д] $\mu_2 = 0,0017 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$;
- расчетный коэффициент паропроницаемости материала третьего слоя [5, прил. Д] $\mu_3 = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$;

- расчетный коэффициент паропроницаемости материала четвертого слоя [5, прил. Д] $\mu_4 = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$;
- средняя упругость водяного пара наружного воздуха за годовой период [2, прил. 3] $e_n = 0,740 \text{ Па}$;
- продолжительность, периода влагонакопления [2, прил. 3] $z_0 = 154 \text{ суток}$;
- средняя температура наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами $t_0 = -8,440 \text{ }^\circ\text{С}$;
- упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации при средней температуре наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами $E_0 = 0,309 \text{ кПа}$;
- плотность материала увлажняемого слоя [5, прил. Д] $\gamma_w = 180 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- толщина увлажняемого слоя ограждающей конструкции, принимаемая равной $2/3$ толщины однородной стены или толщине теплоизоляционного слоя многослойной ограждающей конструкции $\delta_w = 0,200 \text{ м}$;
- предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя за период влагонакопления [4, табл. 12] $\Delta w_{\text{ср}} = 15,00 \%$;
- продолжительность зимнего периода [2, табл. 1] $z_1 = 4 \text{ мес.}$;
- средняя температура наружного воздуха зимнего периода [2, табл. 1] $t_1 = -9,70 \text{ }^\circ\text{С}$;
- упругость водяного пара, принимаемая по температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха зимнего периода $E_1 = 0,284 \text{ кПа}$;
- продолжительность весенне-осеннего периода [2, табл. 1] $z_2 = 3 \text{ мес.}$;
- ср. температура наружного воздуха весенне-осеннего периода [2, табл. 1] $t_2 = 1,80 \text{ }^\circ\text{С}$;
- упругость водяного пара, принимаемая по температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха летнего периода $E_2 = 0,705 \text{ кПа}$;
- продолжительность летнего периода [2, табл. 1] $z_3 = 5,00 \text{ мес.}$;
- средняя температура наружного воздуха летнего периода [2, табл. 1] $t_3 = 16,14 \text{ }^\circ\text{С}$;
- упругость водяного пара, принимаемая по температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха летнего периода $E_3 = 1,817 \text{ кПа}$;

- упругость водяного пара. Па, в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации

$$E = \frac{1}{12}(E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2 + E_3 \cdot z_3) = \frac{1}{12} \cdot (0,284 \cdot 4 + 0,705 \cdot 3 + 1,817 \cdot 5,00) = 1,028 \text{ кПа};$$

- ср. температура наружного воздуха периода с отрицательными среднемесячными температурами [2, табл. 1] $t_{н.0} = -8,440 \text{ }^\circ\text{C}$;

- средняя упругость водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами [2, прил. 3] $e_{н.0} = 0,324 \text{ Па}$;

- сопротивление паропроницанию части ограждающей конструкции, расположенной между ее наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации $R_{п.н} = 4,000 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$;

- коэффициент

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot (E_0 - e_{н.0}) \cdot z_0}{R_{п.н}} = \frac{0,0024 \cdot (0,309 - 0,324) \cdot 154 \cdot 1000}{4,000} = -1,355;$$

- требуемое сопротивление паропроницанию (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации)

$$R_{II.1}^{Tp} = \frac{(e_b - E) \cdot R_{п.н}}{E - e_n} = \frac{(1,135 - 1,028) \cdot 4,000}{1,028 - 0,740} = 1,485 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг};$$

- требуемое сопротивление паропроницанию (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха)

$$R_{II.2}^{Tp} = \frac{0,0024 \cdot z_0 \cdot (e_b - E_0)}{\gamma_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w_{cp} + \eta} = \frac{0,0024 \cdot 154 \cdot (1,135 - 0,309) \cdot 1000}{180 \cdot 0,200 \cdot 15,00 + -1,355} = 0,567 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг};$$

- фактическое сопротивление конструкции паропроницанию

$$R_n = \sum_i \frac{\delta_i}{\mu_i} = \frac{0,050}{0,09} + \frac{0,020}{0,0017} + \frac{0,200}{0,3} + \frac{0,120}{0,03} = 17,343 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг};$$

Выводы

Поскольку фактическое сопротивление паропрооницанию больше требуемого: $R_u = 17,343 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт} > R_u^{Tp} = 1,485 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ – пароизоляция конструкции обеспечена.

3.6.4. Оценка возможности образования конденсата на внутренней поверхности ограждающей конструкции в зимнее время года

Для оценки возможности образования конденсата на внутренней поверхности ограждающей конструкции последовательно определяются:

- температура на внутренней и внешней поверхности и на границах всех слоев ограждающей конструкции по формуле

$$\tau_x = t_{\text{int}} - \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_0} \cdot \sum_{x-1} \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + R_x \right);$$

- фактическую упругость водяного пара на внутренней и внешней поверхности и на границах всех слоев ограждающей конструкции по формуле

$$e_x = e_b - \frac{e_b - e_n}{R_{\text{п}}} \cdot \sum_{x-1} R_n;$$

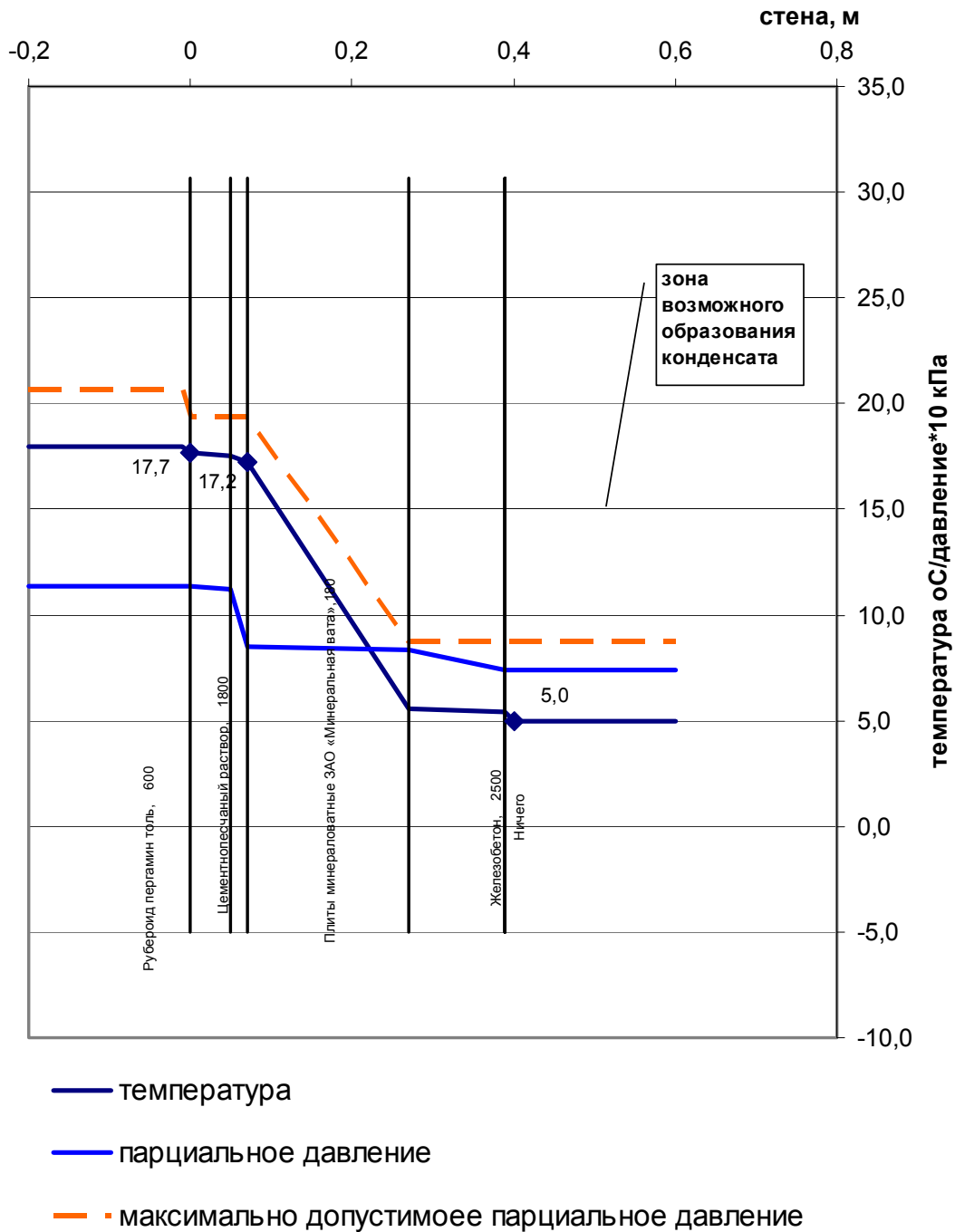
- упругость начала конденсации водяного пара на внутренней и внешней поверхности и на границах всех слоев ограждающей конструкции [3, табл. V.1]

Для наглядности вычисления сводятся в таблицу. по результатам вычислений строится графики распределения по стене температуры, упругости водяного пара и упругости начала конденсации водяного пара.

Таблица 3.14

№ п/п	№ слоя	Сопротив- ление теплопере- даче отдель- ного слоя, R_i	Сопротив- ление теплопере- даче слоев изнутри R_x	Сопротив- ление паропро- ницанию отдельного слоя R_p	Сопротив- ление паропро- ницанию всех слоев изнутри ΣR_p	Темпера- тура	Парциаль- ное давление	Макси- мально допусти- мое пар- циальное давление
	помещение					18,0	11,352	20,640
1	изнутри	0,115	0,115	0,000	0,000	17,699	11,352	19,373
2	граница 1-2	0,066	0,181	0,556	0,556	17,527	11,226	19,373
3	граница 2-3	0,118	0,298	12,121	12,677	17,220	8,472	19,373
4	граница 3-4	4,444	4,743	0,667	13,343	5,599	8,321	8,720
5	граница 4-5	0,063	4,805	4,000	17,343	5,436	7,412	8,720
	улица	0,167	4,972	0,000	17,343	5,0	7,412	8,720
		$\Sigma=4,972$		$\Sigma=$	17,343			

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ В ТОЛЩЕ КОНСТРУКЦИИ



Вывод:

Анализ распределения линий парциального давления по перекрытию показывает, что при заданных температурно-влажностных условиях и параметрах ограждающей конструкции в холодное время года на внутренней поверхности и внутри перекрытия не будет образовываться конденсат.

3.7. Теплотехнический расчет техподполья (пример выполнения)

Исходные данные

Тип здания – 5-этажный жилой дом при наличии в техподполья, магистральной системы отопления и системы горячего водоснабжения.

Место строительства *город Пенза*

Температура воздуха в помещениях первого этажа $t_{int} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температура воздуха в техподполье $t_{int}^b = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (не менее $2\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Расчетная температура наружного воздуха $t_{ext} = -29\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Градусо-сутки отопительного периода при $t_{int} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $D_d = 5071,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ сут.

Градусо-сутки отопительного периода при $t_{int}^b = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $D_d = 1345,5$ сут.

Площадь цокольного перекрытия (над техподпольем) A_b – 335 м^2 .

Ширина техподполья (усредненная) b – $18,4\text{ м}$.

Площадь пола техподполья A_s – $314,27\text{ м}^2$.

Высота наружной стены техподполья, заглубленная в грунт h_s – $1,150\text{ м}$.

Площадь наружных стен техподполья, заглубленных в грунт – $98,67\text{ м}$.

Высота наружной стены техподполья над уровнем земли – $1,150\text{ м}$.

Площадь наружных стен над уровнем земли A_{bw} – $98,67\text{ м}^2$;

Объем техподполья V_b – $722,8\text{ м}^3$;

Суммарная длина l поперечного сечения ограждений техподполья, заглубленных в грунт, $l = 20,7\text{ м}$.

$$l = 15,2 + 2 \cdot 1,15 = 20,7\text{ м.}$$

Расчетные температуры системы отопления 70 и $95\text{ }^{\circ}\text{C}$, горячего водоснабжения $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Длина трубопроводов системы отопления составила:

Т а б л и ц а 3.15

d_{pi} , мм/ $t\text{ }^{\circ}\text{C}$	125/70	80/70	100/70		125/95	80/95	100/95
l_{pi} , м	12,4	26,5	4,6		12,4	26,5	4,6

Длина трубопроводов горячего водоснабжения составила:

Т а б л и ц а 3.16

d_{pi} , мм	125	100	80	65	50	32
l_{pi} , м	4,2	23,3	9,7	3,6	20,75	5,6

Газораспределительных труб в техподполье нет, поэтому кратность воздухообмена в техподполье $I = 0,5\text{ ч}^{-1}$.

Порядок расчета

1. Определяем нормируемое сопротивление теплопередаче наружных стен техподполья над уровнем земли в зависимости от градусо-суток отопительного периода по табл.4 [1], при этом в качестве расчетной температуры внутреннего воздуха принимают расчетную температуру внутреннего воздуха в техподполье (не менее плюс 2 °С)

$$R_0^{b.w} = R_{req} (\text{техподп}) = 0,00045 \cdot 1345,5 + 1,9 = 2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

2. Определяем нормируемое сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций заглубленной части техподполья, расположенных ниже уровня земли в зависимости от суммарной длины поперечного сечения ограждения – l , по табл 13[5], R_0^{rs} , $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

$$R_0^{rs} = 4,52 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

3. Определяется нормируемое сопротивление теплопередаче перекрытия над техподпольем жилого здания R_{req} ($\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$). Для $D_d = 5071,5 \text{ °C} \cdot \text{сут}$ ($\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$).

$$R_{req} = 0,00045 \cdot 5071,5 + 1,9 = 4,18 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}.$$

Согласно 9.3.4 [5] значение требуемого сопротивления теплопередаче цокольного перекрытия над техподпольем $R_0^{b.c}$ определяется по формуле

$$R_0^{b.c} = n \cdot R_{req} = 0,367 \cdot 4,18 = 1,53 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}.$$

где n – коэффициент, определяемый при принятой минимальной температуре воздуха в подполье $t_{int}^b = 2 \text{ °C}$.

$$n = (t_{int} - t_{int}^b) / (t_{int} - t_{ext}) = (20 - 2) / (20 - (-29)) = 0,277.$$

4. Определяем температуру воздуха в техподполье t_{int}^b согласно 9.3.5 [5]. по формуле

$$t_{int}^b = \frac{\left[t_{int} A_b / R_0^{b.c} + \sum_{i=1}^n (q_{pi} \cdot l_{pi}) + 0,28 V_b n_a \rho t_{ext} + t_{ext} A_s / R_0^{rs} + t_{ext} A_{bw} / R_0^{bw} \right]}{\left[A_b / R_0^{b.c} + 0,28 V_b n_a \rho + A_s / R_0^{rs} + A_{bw} / R_0^{bw} \right]}.$$

Предварительно необходимо определить значение членов формулы, касающихся тепловыделений от труб систем отопления и горячего водоснабжения, используя данные табл.12 [5].

При температуре воздуха в техподполье 2°С плотность теплового потока от трубопроводов возрастает по сравнению со значениями,

указанными в табл. 12 [5], на величину коэффициента, полученного из уравнения:

при расчетной температуре воздуха в помещении меньше 18 °С возрастает с учетом следующей зависимости:

$$q_t = q_{18} \cdot [(t_T - t) / (t_T - 18)]^{1,283}.$$

где q_{18} – линейная плотность теплового потока по табл.12 [5]; t_T – температура теплоносителя, циркулирующего в трубопроводе при расчетных условиях; t – температура воздуха в помещении где проложен трубопровод.

Для трубопроводов системы отопления плотность теплового потока возрастает на коэффициент q_t

- для нижней разводки

$$[(70 - 2) / (70 - 18)]^{1,283} = 1,41;$$

- для верхней разводки

$$[(95 - 2) / (95 - 18)]^{1,283} = 1,27;$$

для трубопроводов горячего водоснабжения

$$[(60 - 2) \cdot (60 - 18)]^{1,283} = 1,51.$$

Тогда

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n (q_{pi} \cdot l_{pi}) &= 1,4 \cdot (29 \cdot 12,4 + 22,8 \cdot 26,5 + 25 \cdot 4,60) + \\ &+ 1,27 \cdot (39,8 \cdot 12,4 + 31,8 \cdot 26,5 + 35,2 \cdot 4,6) + \\ &+ 1,51 \cdot (24,7 \cdot 4,2 + 20,9 \cdot 23,3 + 19,2 \cdot 9,7 + 17 \cdot 3,6 + \\ &+ 14,9 \cdot 20,75 + 13,3 \cdot 5,6) = 5268,6 \text{ Вт}. \end{aligned}$$

ρ – плотность воздуха в техподполье, кг/м³, принимаема равной 1,2 кг/м³.

Рассчитываем значение температуры t_{int}^b из уравнения теплового баланса при назначенной температуре техподполья +2°С

$$t_{int}^b = \frac{\frac{20 \cdot 335}{1,53} + 5268,6 - 0,28 \cdot 722,8 \cdot 0,5 \cdot 1,2 - \frac{29 \cdot 314,27}{4,52} - \frac{29 \cdot 98,67}{2,5}}{\frac{335}{1,53} + 0,28 \cdot 722,8 \cdot 0,5 \cdot 1,2 + \frac{314,27}{4,52} + \frac{98,67}{2,5}} = 5,6.$$

Тепловой поток через цокольное перекрытие составил

$$q^{b,c} = (t_{int} - t_{int}^b) / R_0^{b,c} = (20 - 5,6) / 1,53 = 9,41 \text{ Вт/м}^2.$$

5. Проверим, удовлетворяет ли теплозащита перекрытия над техподпольем требованию нормативного перепада $\Delta t^n = 2 \text{ }^\circ\text{C}$ для пола первого этажа.

По формуле (3) СНиП 23-02 определим минимально допустимое сопротивление теплопередаче

$$R_0^{\min} = (t_{\text{int}} - t_{\text{int}}^b) / (\Delta t^n \cdot \alpha_{\text{int}}) = (20 - 2) / (2 \cdot 8,7) = \\ = 1,03 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C} / \text{Вт} < R_0^{b,c} = 1,53 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C} / \text{Вт}.$$

Требуемое сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия над техподпольем составляет $1,53 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C} / \text{Вт}$ при нормируемом согласно [1] сопротивлении теплопередаче перекрытий над подвалами $4,18 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C} / \text{Вт}$.

Таким образом, в техподполье эквивалентная нормам [1] тепловая защита обеспечивается не только ограждениями (стенами и полом) техподполья, но и за счет теплоты от трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения.

3.8. Определение температуры на внутренней поверхности окна с оконными переплетами из ПВХ

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- влажностный режим помещения [4, табл. 1] – нормальный;
- условия эксплуатации ограждающих конструкций [4, табл. 2] А;
- расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая согласно ГОСТ 12.1.005–88 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений (задание на проектирование) $t_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [2, табл. 1] $t_{\text{ext}} = -29 \text{ }^\circ\text{C}$;
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [4, табл. 7] $\alpha_{\text{int}} = 8,0 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;
- сопротивление теплопередаче двухкамерного стеклопакета в одинарном переплете [5, табл. 5] $R_w = 0,54 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C} / \text{Вт}$;

Температура на внутренней поверхности ограждающей конструкции определяется по формуле

$$\tau_{\text{int}_b} = t_{\text{int}} - \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_0} \cdot \sum_{x-1} \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} \right) = 20 - \frac{20 - (-29)}{0,54} \cdot \sum_{x-1} \left(\frac{1}{8} \right) = 8,66 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Вывод: температура на внутренней поверхности окна составляет $8,66 \text{ }^\circ\text{C}$, что превышает температуру в $3 \text{ }^\circ\text{C}$, требование пункта 5.10. СНиП 23-02-2003 соблюдается.

4. ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТА НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

4.1. Пример выполнения расчетов по оценке энергетической эффективности объекта на стадии проектирования

Общая характеристика здания

Пятиэтажный жилой дом с кирпичными несущими стенами. Место строительства – г.Пенза. Здание с техническим подвалом, в котором размещаются системы отопления и горячего водоснабжения. С первого этажа располагаются жилые квартиры, по три на каждом этаже. Высота этажа – 3,05 м. За отметку 0,000 принята отметка чистого пола первого этажа жилого дома.

ФАСАД А – Г

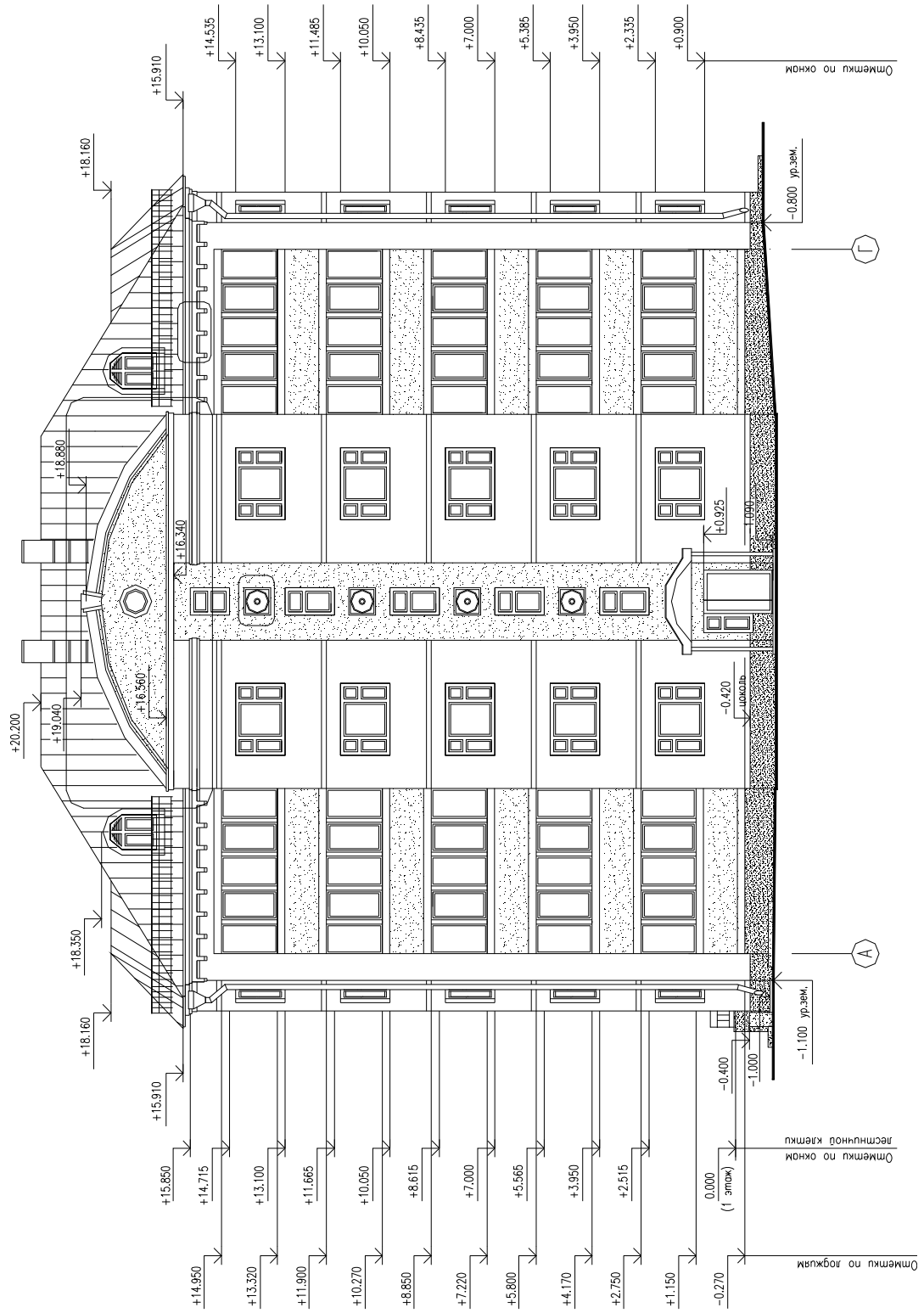


Рис. 4.1. Фасад здания в осях А-Г

ФАСАД 1 - 5

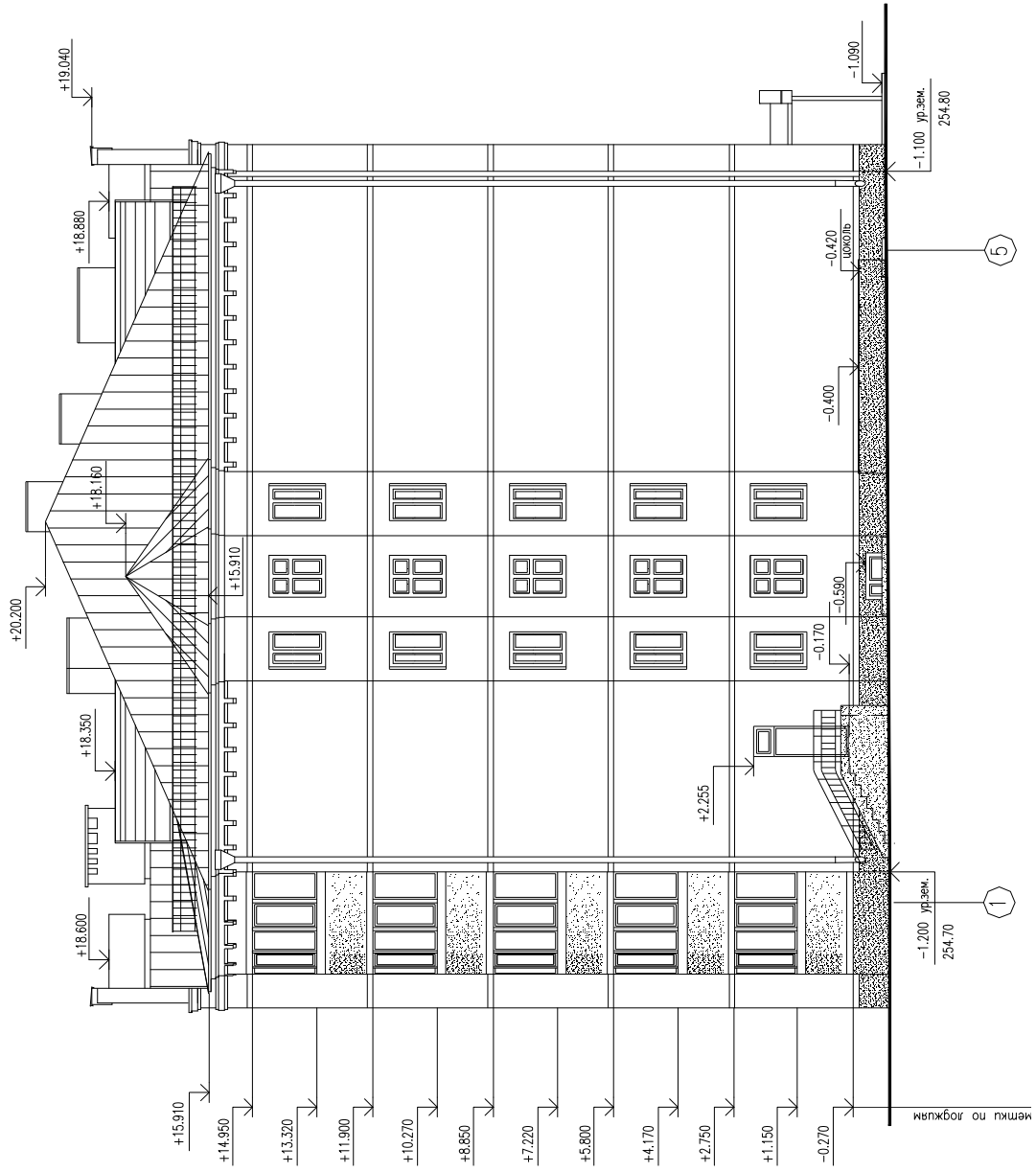


Рис.4.2. Фасад здания в осях 1-5

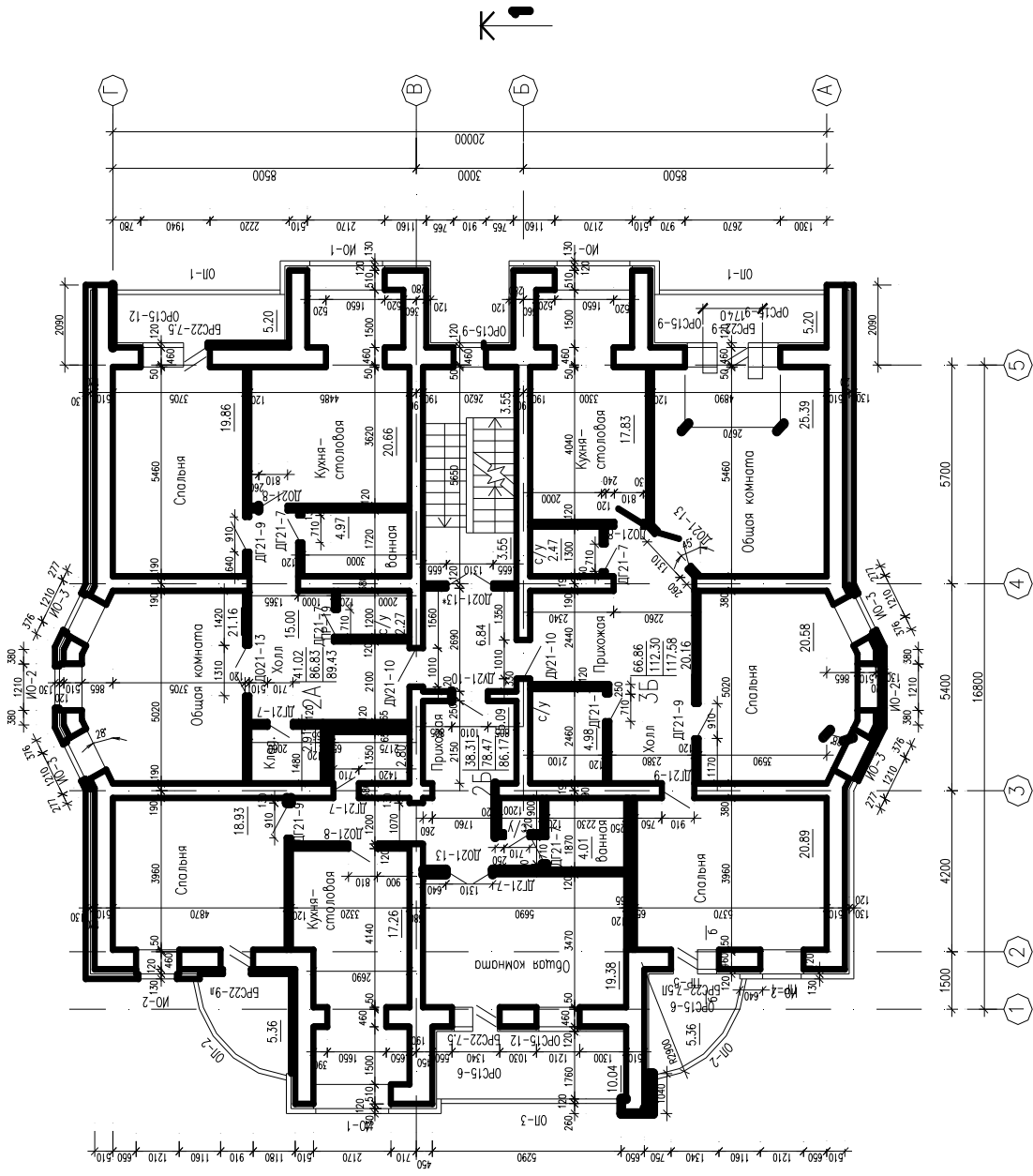


Рис.4.3. План типового этажа здания

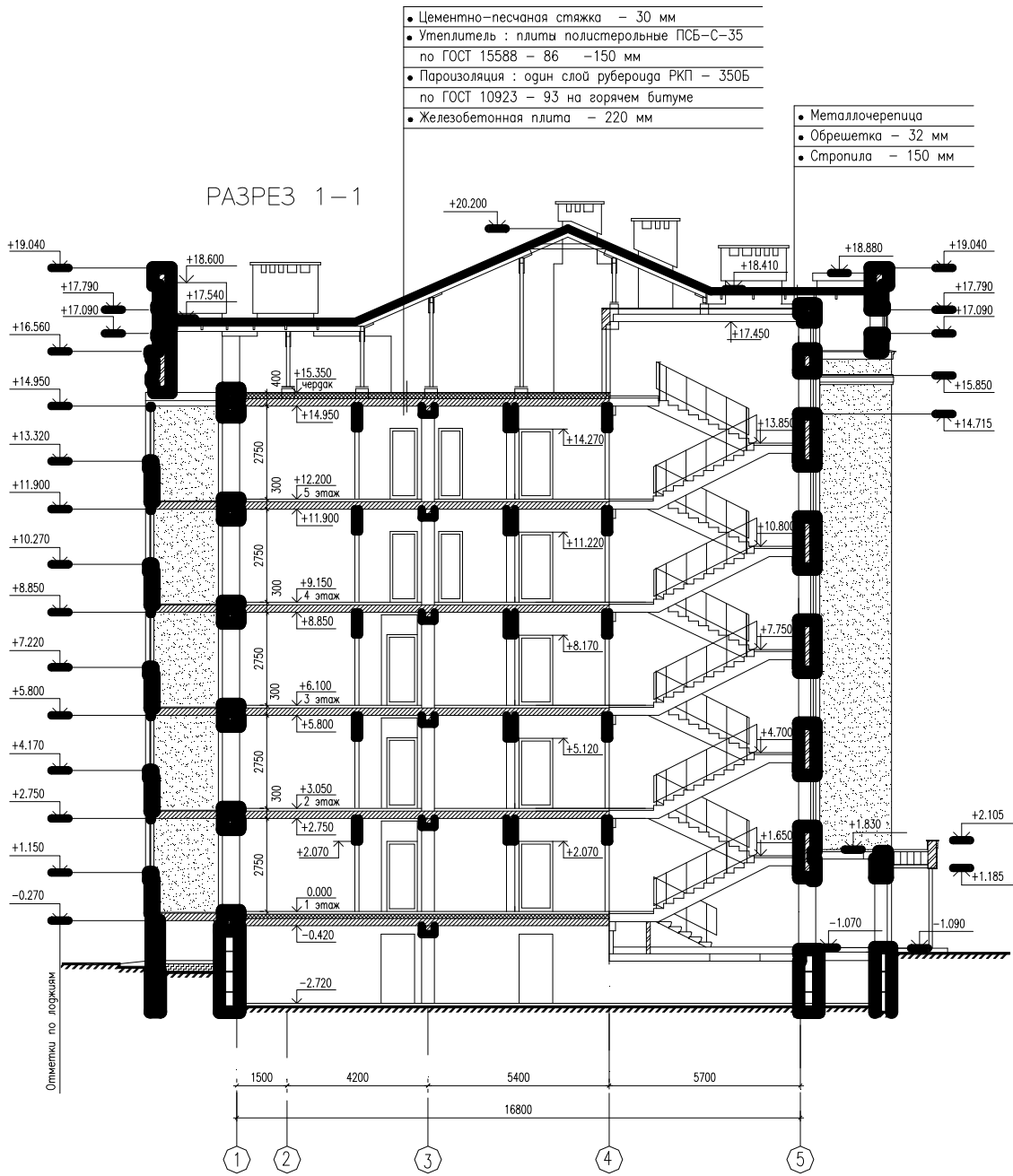


Рис.4.4. Разрез здания 1-1

Проектное решение здания

Конструктивная схема здания – бескаркасная, с продольными и поперечными несущими стенами. Пространственная жесткость здания обеспечивается взаимной перевязкой наружных и внутренних продольных и поперечных стен, на которые опираются железобетонные плиты с круглыми пустотами.

Фундаменты приняты свайными, с допустимой нагрузкой на сваю 50 т. Сваи приняты железобетонные, сечением 300-300 мм, длиной 7,8,9 м. по серии 1.010.1-10 вып.1. Марка бетона сваи по морозостойкости F75, по водонепроницаемости W4. Ростверк ленточный монолитный из бетона класса В20 F50 W4. Стены техподполья – сборные бетонные блоки из бетона класса В12.5 по ГОСТ 13579-78*.

Наружные стены выполнены из кирпича силикатного утолщенного рядового полнотелого по ГОСТ 379-95 плотностью 1400 кг/м³. Все стены имеют наружное утепление пенополистирольными плитами плотностью 100 кг/м³ толщиной 150 мм по ГОСТ 15588-86, рассечки из минераловатных плит «Fasade Batts». С наружной стороны стены оштукатурены защитно-декоративным слоем из минеральной штукатурки плотностью 1800 кг/м³. Утеплитель цоколя – плиты экструдированные пенополистирольные «Пеноплекс 35» толщиной 70 мм.

Здание с холодным чердаком. Покрытие здания выполнено по железобетонным плитам с круглыми пустотами, утепленными пенополистирольными плитами ПСБ-С-35, плотностью 35 кг/ м³ по ГОСТ 15588-86.

Внутренние стены и перегородки выполнены из утолщенного силикатного рядового полнотелого кирпича по ГОСТ 379-95 на цементно-песчаном растворе. В санузлах перегородки выполнены из керамического полнотелого рядового кирпича на цементно-песчаном растворе М50 толщиной 65 мм (кирпич на ребро). Межквартирные перегородки делаются двойными со средним звукоизоляционным слоем. Перемычки – сборные железобетонные по серии 1.038.1-1 вып. 4 для кладки из утолщенного кирпича.

Лестница принята из сборных железобетонных Z-образных маршей по серии 1.050.1-2 вып.1.

Объемно-планировочные параметры здания и описание его конструктивного решения.

Объемно-планировочные параметры здания:

- площадь жилых помещений $A_{л} – 1388-1491,1 \text{ м}^2$;
- общая площадь наружных ограждающих конструкций здания $A_l^{sum} – 1982,33 \text{ м}^2$.

В том числе:

Площадь наружных стен здания (за исключением проемов) – A_w – 1097,7 м².

Площадь окон A_F – 176,55 м².

Площадь балконных и входных дверей A_{ed} – 47,58 м².

Площадь перекрытия холодного чердака A_c – 325,5 м².

Площадь перекрытия над неотапливаемым подвалом A_f – 335,0 м².

Площадь светопроемов фасадов здания, соответственно ориентированных по четырем направлениям, $A_{F1}, A_{F2}, A_{F3}, A_{F4}$ – м².

Западное направление A_{F1} = 73,62 м².

Восточное направление A_{F2} = 70,17 м².

Северное направление A_{F3} = 27,22 м².

Южное направление A_{F4} = 27,22 м².

– отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, V_h , – 4897,5 м³.

По рассчитанным объемно-планировочным параметрам определяем показатели объемно-планировочного решения:

– коэффициент остекленности фасадов здания f , %, п.5.11, [4]:

$$f = A_F / A_w.$$

$f = (176,55 / 1097,7) \cdot 100 = 16\%$, что не превышает 18 %;

– показатель компактности здания k_e^{des} п.5.15, [4]:

$$k_e^{des} = A_i^{sum} / V_h,$$

$k_e^{des} = 1982,33 / 4897 = 0,4$, что несколько выше рекомендуемого для 5-этажного жилого дома по нормам – 036.

Климатические и теплоэнергетические параметры

- Расчетная температура внутреннего воздуха $t_{int} = 20$ °С, принимаемая согласно ГОСТ 12.1.005-88 для жилых зданий.

- Расчетная температура наружного воздуха $t_{ext} = -29$ °С. по холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 для г. Пензы по табл1 [2].

- Расчетная температура воздуха подвала $t_{ext}^0 = +2$ °С при наличии в подвале труб систем отопления и горячего водоснабжения исходя из расчета тепlopоступлений от инженерных систем.

- Расчетная температура холодного чердака. Принимается равной температуре наружного воздуха $t_{ext} = -29$ °С..

- Продолжительность отопительного периода $z_{ht} = 207$ сут по табл.1 [2].

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{ht} = -4,5$ °С. по табл.1 [2].

Градусо-сутки отопительного периода D_d по формуле 2[4]:

$$D_d = z_{ht} \cdot (t_{int} - t_{ht}) = 207(20 + 4,5) = 5071,5.$$

Энергетические показатели

Теплотехнические

1. Согласно требований СНиП [4], сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R_0 , должно приниматься не ниже нормируемых значений сопротивления теплопередаче по табл.4 в зависимости от градусо-суток $D_d = 5071,5$;

для:

- стен $R_w^{reg} = 3,175$ (м²·°С/Вт);
- окон и $R_F^{reg} = 0,52$ (м²·°С/Вт);
- балконных дверей $R_{ed}^{reg} = 0,52$ (м²·°С/Вт);
- перекрытий над техподпольем $R_f^{reg} = 2,93$ (м²·°С/Вт);
- перекрытий чердачных $R_c^{reg} = 4,735$ (м²·°С/Вт).

2. Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания K_m^{tr} , Вт/(м²·°С) по формуле (Г.5) [4]

$$K_m^{tr} = (A_w R_w^r + A_F / R_F^{reg} + A_{ed} / R_{ed}^{reg} + n \cdot A_c / R_c^{reg} + n \cdot A_f / R_f^{reg}) / A_l^{sum} =$$

$$= \frac{(1097,7/3,175 + 176,55/0,52 + 47,58/0,52 + 1 \cdot 325,5/4,735 + 0,367 \cdot 335/2,93)}{1982,33} =$$

$$= 0,45,$$

где n – коэффициент, принимается в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху по табл.6 [1]

$$n = (t_{int} - t_{ext}^0) / (t_{int} - t_{ext}) = (20 - 2) / (20 + 29) = 0,367 \text{ – для техподполья};$$

$n = 1$ – для холодного чердака.

3. Приведенный инфильтрационный (условный) коэффициент теплопередачи здания K_m^{inf} , Вт/м²·°С, по формуле (Г.6) [4]

$$K_m^{inf} = 0,28 \cdot c \cdot n_a \cdot \beta_v \cdot V_h \cdot \rho_a^{ht} \cdot k / A_l^{sum} = \\ = (0,28 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 0,85 \cdot 4897,5 \cdot 1,315 \cdot 0,9) / 1982,3 = 0,77,$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С);
 n_a – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч-1, принимаем по формуле

$$n_a = 3 \cdot A_{л1} / (\beta_v \cdot V_h) = (3 \cdot 1491,1) / (0,85 \cdot 4897,5) = 1,08,$$

β_v – коэффициент снижения объема воздуха в здании принимаем равным 0,85; ρ_a^{ht} – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м³, определяется по формуле (Г.7), [4]

$$\rho_a^{ht} = 353 / [273 + 0,5 (t_{int} + t_{ext})] = 353 / [273 + 0,5 (20 - 29)] = 1,315;$$

k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в окнах со спаренными переплетами – 0,9;

4. Общий коэффициент теплопередачи здания K_m , Вт/(м²·°С), по формуле (Г4), [4]

$$K_m = K_m^{tr} + K_m^{inf} = 0,45 + 0,77 = 1,22.$$

Теплоэнергетические показатели

1. Общие теплотери здания Q_h , МДж, за отопительный период, составят по формуле (Г.3), [4]

$$Q_h = 0,0864 \cdot K_m \cdot D_d \cdot A_l^{sum} = 0,0864 \cdot 1,22 \cdot 5071,5 \cdot 1982,33 = 1058638,2 \text{ МДж.}$$

2. Удельные бытовые тепловыделения q_{int} , Вт/м², для жилых зданий, предназначенных гражданам с учетом социальной нормы $q_{int} = 17 \text{ Вт/м}^2$

3. Бытовые теплоступления в течение отопительного периода Q_{int} , МДж, определяем по формуле (Г.10), [4]

$$Q_{int} = 0,0864 \cdot q_{int} \cdot Z_{ht} \cdot A_{л1} = 0,0864 \cdot 17 \cdot 207 \cdot 1491,1 = 453356,4 \text{ МДж.}$$

4. Теплопоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период Q_s , МДж, для фасадов ориентированных по направлениям, определяются по формуле (Г.11), [4]:

$$Q_s = \tau_F \cdot k_F \cdot (A_{F1} \cdot I_1 + A_{F2} \cdot I_2 + A_{F3} \cdot I_3 + A_{F4} \cdot I_4) = \\ = 0,5 \cdot 0,76 \cdot (73,62 \cdot 1032 + 70,17 \cdot 1032 + 27,22 \cdot 695 + 27,22 \cdot 1671) = 80861,64 \text{ МДж};$$

где τ_F – коэффициент, учитывающий затенение светового проема непрозрачными элементами заполнения, прил.5, [12] для Пензенской области этот коэффициент равен 0,5; k_F – коэффициент относительного проникания солнечной радиации для окон, прил.5, [12], для Пензенской области этот коэффициент равен 0,76; A_{F1} , A_{F2} , A_{F3} , A_{F4} – площадь светопроемов фасадов здания, соответственно ориентированных по четырем направлениям, м^2 ; I_1 , I_2 , I_3 , I_4 – средняя за отопительный период величина солнечной радиации, соответственно ориентированная по четырем фасадам здания, $\text{МДж}/\text{м}^2$, по табл. 5 [2]: Расположение г. Пенза – $53^\circ 12'$ с.ш, тогда западное направление $I_1=1032 \text{ МДж}/\text{м}^2$; восточное $I_2=1032 \text{ МДж}/\text{м}^2$; северное $I_3=695 \text{ МДж}/\text{м}^2$; южное $I_4=1671 \text{ МДж}/\text{м}^2$.

5. Расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода Q_h^y , МДж, определяется по формуле (Г.2), [4]:

$$Q_h^y = [Q_h - (Q_{int} + Q_s) \cdot v \cdot \zeta] \cdot \beta_h = [1058638,2 - \\ - (453356,4 + 80861,64) \cdot 0,8 \cdot 1] \cdot 1,11; \\ Q_h^y = 700702,8 \text{ МДж}.$$

где β_h – коэффициент, учитывающий дополнительное теплотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, теплотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения для: односекционных зданий $\beta_h = 1,11$; ζ – коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления; рекомендуемые значения: $\zeta=1,0$ – в однотрубной системе с термостатами и с по фасадным авторегулированием на вводе или по квартирной горизонтальной разводкой; v – коэффициент снижения теплопоступления за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемое значение $v = 0,8$;

6. Удельный расход тепловой энергии на отопление здания за отопительный период q_h^{des} , кДж/(м²·°С·сут) и кДж/(м³·°С·сут), определяем по формуле (Г.1), [1]:

$$q_h^{des} = 10^3 \cdot Q_h^y (A_h \cdot D_d) \text{ или}$$

$$q_h^{des} = 10^3 \cdot Q_h^y / (V_h \cdot D_d),$$

$$q_h^{des} = 10^3 \cdot 700702,8 / (1599,1 \cdot 5071,5) = 86,4 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С} \cdot \text{сут})$$

или

$$q_h^{des} = 10^3 \cdot 700702,8 / (4897,5 \cdot 5071,5) = 29,3 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{°С} \cdot \text{сут}),$$

где A_h – сумма площадей пола квартир или полезной площади помещений здания, м²;

7. Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление зданий q_h^{req} , кДж/(м²·°С·сут), по табл. 8 или 9, [4]:

$$q_h^{req} = 85 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С} \cdot \text{сут}) \text{ или } q_h^{req} = 31 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{°С} \cdot \text{сут}),$$

8. Определяем величину отклонения расчетного значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания от нормативного, %

$$((q_h^{des} - q_h^{req}) / q_h^{req}) \cdot 100 \%,$$

$$((86,4 - 85) / 85) \cdot 100 \% = 1,6 \%,$$

$$((29,3 - 31) / 31) \cdot 100 \% = -5,5 \%.$$

Величина отклонения соответствует классу энергетической эффективности С – нормальный, согласно табл. 3[4].

4.2. Энергетический паспорт проектируемого здания

Т а б л и ц а 4.1

Дата заполнения (число, м-ц, год)	
Адрес здания Разработчик проекта Адрес и телефон разработчика Шифр проекта	

Расчетные условия

№ п/п	Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{int}	°С	20
2	Расчетная температура наружного воздуха	t_{ext}	°С	-29
4	Расчетная температура			
5	техподполья	t_c	°С	-2
6	Продолжительность отопительного периода	Z_{ht}	сут	207
7	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	t_{ht}	°С	-4.5
	Градусо-сутки отопительного периода	D_d	°С·сут	5071.5

Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания

8	Назначение	Жилое здание
9	Размещение в застройке (с указанием ориентации по сторонам света)	Отдельно стоящее, окна расположены по четырем сторонам света
10	Тип (этажность, протяженность)	5-этажное, одноподъездное
11	Конструктивное решение	Бескаркасное, с продольными и поперечными несущими стенами; перекрытия из сборных многослойных железобетонных плит

Продолжение табл. 4.1
Геометрические и теплоэнергетические показатели

№ п/п	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя	Расчетное проектное значение показателя	Фактическое значение показателя
1	2	3	4	5	6
Объемно-планировочные параметры здания					
12	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, в том числе:	$A_l^{sum}, \text{ м}^2$	—	1982,3	—
	стен	$A_w, \text{ м}^2$	—	1097,7	—
	окон и балконных дверей	$A_F, \text{ м}^2$	—	176,55	—
	витражей	$A_F, \text{ м}^2$	—		—
	фонарей	$A_F, \text{ м}^2$	—		—
	входных дверей и ворот	$A_{ed}, \text{ м}^2$	—	47,58	—
	покрытий (совмещенных) чердачных перекрытий (холодного чердака)	$A_c, \text{ м}^2$	—	325,5	—
	перекрытий теплых чердаков	$A_c, \text{ м}^2$	—		—
	перекрытий над техподпольями	$A_c, \text{ м}^2$ $A_f, \text{ м}^2$	—	335,0	—
	перекрытий над неотапливаемыми подвалами или подпольями	$A_f, \text{ м}^2$	—		—
	перекрытий над проездами и под эркерами	$A_f, \text{ м}^2$	—		—
	цокольных перекрытий	$A_f, \text{ м}^2$	—		—
13	Площадь квартир	$A_h, \text{ м}^2$	—		—
14	Полезная площадь	$A_l, \text{ м}^2$	—	1388,0	—
15	Площадь жилых помещений	$A_l, \text{ м}^2$	—		—
16	Расчетная площадь (общественных зданий)		—		—
17	Отапливаемый объем	$V_h, \text{ м}^3$	—	4897,5	—
18	Коэффициент остекленности фасада здания	$f, \%$	18	16	—
19	Показатель компактности здания	k_e^{des}	0,36	0,36	—

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
Теплоэнергетические показатели					
Теплотехнические показатели					
20	Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений:	R_0^r , м ² ·°C/Вт			
	стен	R_w	3,175	3,25	—
	окон и балконных дверей	R_F	0,53	0,54	—
	витражей	R_F			—
	фонарей	R_F			—
	входных дверей и ворот	R_{ed}	0,8	0,8	—
	покрытий (совмещенных)	R_c			—
	чердачных перекрытий (холодного чердака)	R_c	4,785	5,25	—
	перекрытий теплых чердаков	R_c			—
	перекрытий над техподпольями	R_f			—
	перекрытий над неотапливаемыми подвалами или подпольями	R_f R_f	2,93	3,19	—
	цокольных перекрытий	R_f			—
21	Приведенный коэффициент теплопередачи здания	k_m^{tr} , Вт/м ² ·°C	—	0,45	—
22	Кратность воздухообмена здания за отопительный период	n_a , ч ⁻¹		1,0	—
	Кратность воздухообмена здания при испытании (при 50 Па)	n_{50} , ч ⁻¹			—
23	Условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции	K_m^{inf} , Вт/м ² ·°C		0,77	—
24	Общий коэффициент теплопередачи здания	K_m , Вт/м ² ·°C		1,22	—

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
Энергетические показатели					
25	Общие теплотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период	Q_h , МДж		105863 8,2	
26	Удельные бытовые тепловыделения в здании	q_{int} , Вт/м ²		17	
27	Бытовые теплоступления в здание за отопительный период	Q_{int} , МДж		722009, 7	
28	Теплоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период	Q_s , МДж		80861,6	
29	Потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период	Q_h^v , МДж		728538, 6	

Коэффициенты

№ п/п	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя	Фактическое значение показателя
30	Расчетный коэффициент энергетической эффективности системы централизованного теплоснабжения здания от источника теплоты	ε_0^{des}	0,5	—
31	Расчетный коэффициент энергетической эффективности поквартирных и автономных систем теплоснабжения здания от источника теплоты	ε_{dec}	0,5	—
32	Коэффициент эффективности авторегулирования	ζ	-	1,0
33	Коэффициент учета встречного теплового потока	k	-	0,9
34	Коэффициент учета дополнительного теплоснабжения	B_h	-	1,11

Комплексные показатели

35	Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания	q_h^{des} , кДж/(м ² ·°С·сут) [кДж/(м ³ ·°С·сут)]	86,4 [29.3]	—
36	Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление	q_h^{req} , кДж/(м ² ·°С·сут) [кДж/(м ³ ·°С·сут)]	85 [31]	—
37	Класс энергетической эффективности	—	С нормальный	—
38	Соответствует ли проект здания нормативному требованию	—	да	—
39	Дорабатывать ли проект здания	—	нет	—
Указания по повышению энергетической эффективности				
40	Рекомендуем: экономическое стимулирование			
41	Паспорт заполнен			
	Организация: Адрес и телефон Ответственный исполнитель			

Заключение по составленному энергетическому паспорту

Ограждающие конструкции здания соответствуют требованиям СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». Степень снижения расхода энергии за отопительный период равна -5,5%. Следовательно, здание относится к классу С - «нормальный» по энергетической эффективности объекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В монографии рассмотрены вопросы по тепловой защите зданий и ограждающих конструкций гражданских зданий. Приведены методики по теплотехническому расчету ограждающих конструкций, воздухо- и паропроницаемости и оценке возможности образования конденсата в толще наружной ограждающей конструкции, а также рассмотрены решения, когда ограждающая конструкция имеет теплопроводные включения, т.е. с учетом её неоднородности. В монографии приводится методика по определению геометрических и теплоэнергетических показателей рассматриваемого объекта и составлению энергетического паспорта здания. По всем рассмотренным методикам имеются примеры выполнения расчетов.

Материал монографии необходим при изучении дисциплин «Строительная физика», «Техническая эксплуатация зданий и городских сооружений», так как поможет студентам разобраться в вопросах по проектированию ограждающих конструкций и оценке их энергетической эффективности, о возможности применения тех или иных конструктивных решений в практике строительства и дальнейшей эксплуатации зданий. Изложенный материал является актуальным и полезным, так как имеет практическое применение в области проектирования, строительства и эксплуатации зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности [Текст]: Федер. закон. – М.: 2012 – 22 с.
2. СП 131.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 23-01-99 Строительная климатология [Текст]. – М.: ООО «Аналитик». – 136 с.
3. Архитектура гражданских и промышленных зданий [Текст]: учебник для вузов. – В 5 т. /под общ. ред. В.М. Предтеченского. Т II Основы проектирования. – М.: Стройиздат, 1976. – 215 с.
4. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита здания. [Текст] – М.: Госстрой России, 2004. – 40 с
5. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты здания [Текст]. – М.: Госстрой России, 2005. – 140 с
6. Береговой, А.М. Энергосбережение в архитектурно–строительном проектировании [Текст] / А.М. Береговой, А.П. Прошин, В.А. Береговой // Жилищное строительство. – 2002. – №5. – С. 4–6.
7. Энергосберегающие мероприятия для вновь возводимых зданий. [Текст]/ О.Л. Викторова, В.В. Викторова, С.В. Зворыгина // Энергоэффективность, энергосбережение и экология в городском строительстве: сб. тр. Междунар. науч.-практ.конф. – Пенза ПГУАС, 2013. – С.20-24.
8. Самарин, О. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность [Текст] / О. Самарин. – М.: АСВ, 2012. – 296 с.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1. АКТУАЛЬНОСТЬ ВОПРОСА ПО ОЦЕНКЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТА	6
2. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ (МЕРОПРИЯТИЯ) ПО ОЦЕНКЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТА НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	20
2.1. Нормирование тепловой защиты здания	20
2.2. Объемно-планировочные параметры здания и описание его конструктивного решения	21
2.3. Климатические и теплоэнергетические параметры	22
2.4. Обеспечение тепловой защиты здания	22
2.5. Энергетические показатели	23
2.6. Мероприятия по экономии тепловой энергии	27
3. ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ: НАРУЖНЫХ СТЕН, ЧЕРДАЧНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ (ЧЕРДАК ХОЛОДНЫЙ), ТЕХПОДПОЛЬЯ (ПОДВАЛ НЕОТАПЛИВАЕМЫЙ)	28
3.1. Методика выполнения теплотехнического расчета наружной ограждающей конструкции	28
3.2. Исследование тепловлажностного состояния однослойной наружной стены	36
3.3. Варианты утепления стен, применяемые в современной практике строительства	55
3.4. Исследование тепловлажностного состояния наружной стены с утеплением	59
3.5. Исследование тепловлажностного состояния чердачного перекрытия (чердак холодный)	79
3.6. Исследование тепловлажностного состояния перекрытия над техническим подвалом	88
3.7. Теплотехнический расчет техподполья (пример выполнения)	97
3.8. Определение температуры на внутренней поверхности окна с оконными переплетами из ПВХ	100
4. ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТА НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	101
4.1. Пример выполнения расчетов по оценке энергетической эффективности объекта на стадии проектирования	101
4.2. Энергетический паспорт проектируемого здания	112
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	117
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	118

Научное издание

Викторова Ольга Леонидовна
Петрянина Любовь Николаевна
Дёрина Мария Александровна
Викторова Виктория Валерьевна

**ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ**

Монография

В авторской редакции
Верстка **Н.В. Кучина**

Подписано в печать 19.05.2014. Формат 60x84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 7,0. Уч.-изд.л. 7,5. Тираж 500 экз. 1-й завод 100 экз.
Заказ № 148.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28