Э. В. Подгайский, О. Н. Сенова

ТЕПЛО БЕЗ ПОТЕРЬ

Методические рекомендации для школьных проектов по теплоэффективности зданий

Э. В. Подгайский, О. Н. Сенова

ТЕПЛО БЕЗ ПОТЕРЬ

Методические рекомендации для школьных проектов по теплоэффективности зданий

2023

УДК 621.187:662.61;69:620.9.004.183

Редактор А. В. Федоров
Дизайн и вёрстка Ю. С. Миллиева

Подгайский Э. В., Сенова О. Н.

Тепло без потерь. Методические рекомендации для школьных проектов по теплоэффективности зданий/ Э. В. Подгайский, О. Н. Сенова; ШПИРЭ — СПб: Изд-во Р-Копи, 2023. – 47 с.

Авторы выражают глубокую признательность доктору географических наук, профессору А. А. Гришану, а также Д. А. Гришану, чьи идеи и материалы были использованы при подготовке этой брошюры.

ISBN

Брошюра адресована руководителям школьных творческих проектов по теме климата, энергии и среды обитания. Обоснована актуальность школьных проектов по применению энергоэффективных решений в системах теплоснабжения и теплопотребления в жилых и общественных зданиях.

Школьные проекты помогают формировать у школьников и педагогов знания и практические навыки в области оценки комфортности параметров жилых помещений, а также в сфере снижения негативного воздействия на климат и природную среду за счет повышения энергетической эффективности отапливаемых зданий и инфраструктурных объектов систем теплоснабжения.

Кроме этого, проекты школьников и педагогов могут внести практический вклад в поиск и реализацию идей и практических решений для улучшения теплоэффективности и комфорта школьных зданий.

В брошюре приведены сведения о теплоаудите зданий, о способах утепления зданий, о выборе теплоисточников. Приведены нормативные документы по теме теплоэффективности зданий. Даны рекомендации по организации проектной деятельности. Представлены некоторые, наиболее важные, по мнению авторов, направления для разработки проектов старшеклассников в конкурсе «Энергия и среда обитания». Такие проекты могут стать важным вкладом в разработку Климатических планов школ.

ISBN

© ШПИРЭ, 2023

Содержание

Введение 6

1. Качество жизни — движущая сила в развитии общества 7

2. Роль систем теплоснабжения в формировании качества жизни в развитии общества 9

3. Энергетическая эффективность жилых зданий 14

3.1. Структура тепловых потерь 15

3.2. Микроклимат помещений 15

3.3. Классы энергетической эффективности 16

3.4. Удельный расход теплоты и оплата за отопление 18

3.5. Некоторые сведения о практике утепления зданий 20

4. Энергетический аудит и энергетический паспорт здания 24

5. Оценка некоторых способов отопления здания 26

5.1. Использование нетрадиционных видов топлива 26

5.2. Об эффективности электроотопления 28

5.3. Тепловые насосы в системах отопления 29

5.4. Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения 29

5.5. Комбинированные системы в отоплении 30

5.6. Рекуператоры тепла в системах вентиляции и водоснабжения 31

6. Разработка школьных проектов в сфере теплосбережения 32

6.1. Повышение теплоэффективности радиаторов отопления 33

6.2. Улучшение теплоизолирующих свойств окон и дверей 33

6.3. Экономия горячей воды в школе 33

6.4. Эффективные и экологичные утеплительные материалы для здания 33

6.5. Повышение эффективности системы централизованных теплоисточников, к которым подключен жилой дом 34

6.6. Повышение эффективности работы системы отопления внутри здания 34

6.7. Применение автономных источников энергии для здания 35

6.8. Рекуперация тепла как способ экономии 35

6.9. Повышение теплоэффективности здания в целом за счёт теплоизоляции 35

6.10. Разработка проекта энергоэффективного дома 36

Другие направления проектов 37

Заключение 37

Приложение 1. Логико-структурный подход при разработке проектов [29] 38

Приложение 2. Единицы измерения энергии и их соотношения 44

Список использованных источников 45

Введение

Многолетняя работа авторов в экспертном жюри российского конкурса школьных проектов «Энергия и среда обитания» привела к пониманию необходимости методической помощи педагогам, которые помогают школьникам разрабатывать проекты по энергоэффективности.

В работе над проектами с младшими школьниками в соответствии с уровнем их знаний справедливо затрагиваются довольно простые темы — энергосберегающее поведение: выключение света при отсутствии людей, экономия воды при чистке зубов и мытье посуды, выключение бытовых приборов, когда в них нет необходимости, замена неэкономичных ламп на светодиодные или экономное обращение с ресурсами, чтобы образовывалось меньше отходов. Развитие экологического мышления на этом этапе помогает сформировать основы для осознанного выбора и навыки энергоэффективного поведения в быту.

Старшеклассникам можно предлагать более сложные темы, через которые можно понять роль повышения энергоэффективности школ или жилых зданий в повышении качества жизни и одновременно в решении проблем снижения антропогенного влияния на изменение климата, снижение экологического следа человека или сообщества, в повышении экономической эффективности зданий и формировании высокого качества жизни.

В процессе эволюции людей на Земле человечество по мере необходимости создавало себе жилища, которые затем формировали его мир — от пещеры и простой избы до энергоэффективного дома с минимумом теплопотерь и использованием солнечной энергии для отопления и горячего водоснабжения. Экодом, созданный руками человека по принципу максимального снижения экологического следа, предполагает максимальное использование всех доступных местных возобновляемых источников энергии и максимально эффективное и бережливое использование энергии и всех видов ресурсов.

Одновременно с привлечением школьников к попыткам решения жизненно важных задач, предлагаемая брошюра поможет решить проблему повышения компетенции руководителей проектов. Часто руководители не имеют специальных познаний в энергетике, и от этого возникают казусы, например, некорректное использование размерностей энергетических величин.

В данных рекомендациях представлены некоторые, наиболее важные, по мнению авторов, направления для разработки проектов старшеклассниками в рамках конкурса «Энергия и среда обитания». Предложенные темы обусловлены еще и тем, что в старших классах начинается изучение основ тепло- и электротехники. В рекомендуемые темы школьных проектов мы включили изучение и разработку проблем, связывающих старшеклассников с жизненными ситуациями, которые обсуждают их родители на семейных советах довольно часто. Подтверждение актуальности этих тем они могут услышать в обсуждениях целесообразности перехода на другие источники энергии при отоплении (топливо, или электроэнергия); расходов тепла при централизованном отоплении зданий без теплосчетчиков, обоснования тарифов на электро-, тепло- и водоснабжение.

Все эти проблемы прямо или косвенно связаны с потреблением топлива для предоставления услуг населению. Следовательно, они имеют отношение к влиянию на изменение климата, загрязнение природы и формирование «экологического следа».

Дополнительные знания в сфере энергоаудита и энергосбережения, информация о нормативно-технических требованиях к повышению энергетической эффективности отапливаемых зданий (школа, жилище) и о нормативно-правовой базе помогут педагогам создать вместе со школьниками качественные проекты, которые можно осуществить на практике.

Авторы будут считать свою миссию выполненной, если координаторы ШПИРЭ, педагоги и школьники будут использовать рекомендуемые принципы и материалы для разработки и реализации конкурсных проектов.

Глубокую признательность авторы выражают доктору географических наук, профессору А. А. Гришану и Д. А. Гришану, чьи идеи и материалы были использованы при подготовке этой брошюры, а также Г. М. Чан за поддержку в разработке данных рекомендаций. Авторы выражают благодарность руководителям проекта ШПИРЭ (школьный проект рационального использования ресурсов и энергии) за понимание важности проблемы и включение рекомендаций в программу проекта.

1. Качество жизни — движущая сила в развитии общества

Современный этап развития общества характеризуется рядом уникальных черт и тенденций, которые отражают насущные вызовы времени, изменения в технологиях и в общественных отношениях.

Из-за увеличения глобальной связанности через технологии, коммуникации и транспорт нарастает взаимозависимость мировой экономики и политики, что требует глобальных подходов к решению таких проблем, как изменение климата, бедность и эпидемии. Под воздействием технологий, социокультурных трендов и глобализации происходят изменения в образе жизни людей, их потребительском поведении, в том числе их предпочтений в питании, отношении к здоровью, мобильности и развлечениям. Увеличение миграции, формирование мультикультурных обществ и растущая их сложность приводит к новым вызовам и возможностям в сфере социальной интеграции, культурного взаимодействия и осознанности многообразия.

Растет внимание к проблемам экологии и устойчивого развития — общество становится более осознанным в отношении своего воздействия на окружающую среду, это отражается в стремлении к экологической ответственности, устойчивому потреблению и поиску способов уменьшения негативных последствий воздействия на природу.

Вместе с тем, в основе развития общества во все времена лежало стремление человека к улучшению качества своей жизни. Цели устойчивого развития (ЦУР), разработанные в 2015 году Генеральной ассамблеей ООН, все без исключения направлены на достижение лучшего и более устойчивого будущего для всех, на улучшение качества жизни каждого. В том числе цели, достижению которых способствуют настоящие методические рекомендации: цель № 3 «Хорошее здоровье и благополучие», цель номер № 7 «Недорогостоящая и чистая энергия», цель № 11 «Устойчивые города и населенные пункты», цель № 12 «Ответственное производство и потребление».

Понятие «качество жизни» мы слышим постоянно, но как оно определяется и что в себя включает? Для ответа на этот вопрос рассмотрим термин «качество жизни» более подробно, опираясь на существующие в литературе определения и труды ведущих ученых.

Качество, согласно определению международного стандарта систем менеджмента качества ГОСТ Р ИСО 9000:2015, есть степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта неким требованиям, т. е. потребностям или ожиданиям, которые установлены, обычно предполагаются или являются обязательными [3]. Что это означает применительно к жизненным потребностям или ожиданиям? Качество жизни — это степень соответствия условий жизни человека существующим у него потребностям. В соответствии с теорией американского психолога Абрахама Маслоу, совокупность человеческих потребностей можно разделить в простейшем случае на пять уровней так, что их система будет представлять собой пирамиду.

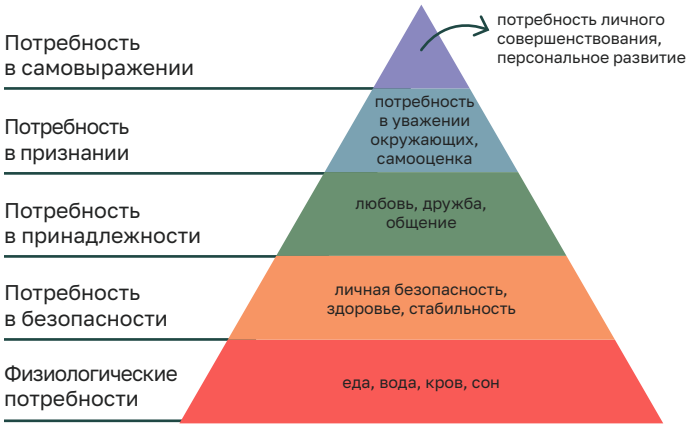


Рис. 1.1. Пирамида Маслоу (адаптировано из [10])

Следует отметить, что приведенный на Рис. 1.1 перечень потребностей не является исчерпывающим, да и сама иерархия потребностей носит весьма условный характер. В самом деле, известны яркие примеры деятельности талантливых художников и композиторов, чьи потребности в самовыражении, творчестве, реализовывались в ущерб физиологическим потребностям в еде, сне или крове. В ряде источников в потребности самовыражения выделяют познание, эстетические потребности, развитие личности, а иногда и духовные потребности. Первые 2 уровня потребностей обычно называют базовыми, 3 и 4 уровни — психологическими потребностями.

Степень реализации совокупности потребностей является критерием качества жизни. Следовательно, для обеспечения соответствующего качества жизни общества необходим анализ потребностей различных групп населения, а затем разработка и реализация мер, обеспечивающих удовлетворение этих потребностей. С развитием общества в такой анализ стали включать и потребности будущих поколений, реализация прав которых на исчерпаемые ресурсы и чистую окружающую среду зависит от управленческих решений, принятых сегодня. Эта идея нашла отражение в 1987 году в докладе Всемирной комис-

сии ООН по вопросам окружающей среды и развития «Наше общее будущее», где было уделено основное внимание необходимости «устойчивого развития», при котором «удовлетворение потребностей настоящего времени не подрывает способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности» [11].

Почему же целью современного общества является повышение качества жизни? Здоровые, образованные и мотивированные люди вносят больший вклад в экономику и общественную жизнь. Люди, живущие в условиях, когда удовлетворены их базовые потребности, с большей вероятностью благополучны и счастливы. Общество становится более продуктивным, когда его граждане обладают высоким уровнем качества жизни.

Наши представления о достойном качестве жизни сегодня отличаются от представлений недавнего прошлого. Эти изменения в большой степени обусловлены технологическим прогрессом, но кроме того, социокультурными трансформациями и изменениями в экономике. Сегодня считается нормой иметь постоянный доступ к интернету и современным коммуникационным технологиям. Мобильные устройства, социальные сети и онлайн-сервисы стали неотъемлемой частью повседневной жизни, что отразилось на наших ожиданиях от качества связи и возможностью мгновенного доступа к информации. Больше внимания уделяется балансу между работой и личной жизнью. Гибкие графики работы, возможность удаленного труда, а также уважение к персональному времени стали важными компонентами представлений о достойном образе жизни. Современные представления о качестве жизни включают заботу об окружающей среде. Ответственное потребление стало ценным опытом для многих людей, и влияет на выбор продуктов, услуг, транспорта, жилья и других аспектов повседневной жизни. Наконец, продвинутые технологии в здравоохранении позволяют проводить раннюю диагностику и эффективное лечение заболеваний, тем самым повышают общую продолжительность жизни, улучшая ее качество для пожилых людей.

Однако у постоянного повышения качества жизни есть и обратная сторона. Если проанализировать динамику мирового потребления энергии за последние 200 лет, то мы увидим, что до начала XX века мировое потребление первичной энергии росло невысокими темпами [9] и определялось, главным образом, ростом населения Земли. В XX веке происходит ускорение роста энергопотребления, и к 2019 оно увеличилось в 13 раз по сравнению с началом века. В среднем за последние 100 лет на каждый 1 % прироста населения прирост потребления первичной энергии составлял 1,5 %.

Качество жизни человека и его энергопотребление тесно связаны. Высокий уровень жизни часто ассоциируется с более крупными и комфортабельными жилыми помещениями, что может требовать больше энергии для обогрева, кондиционирования и освещения.

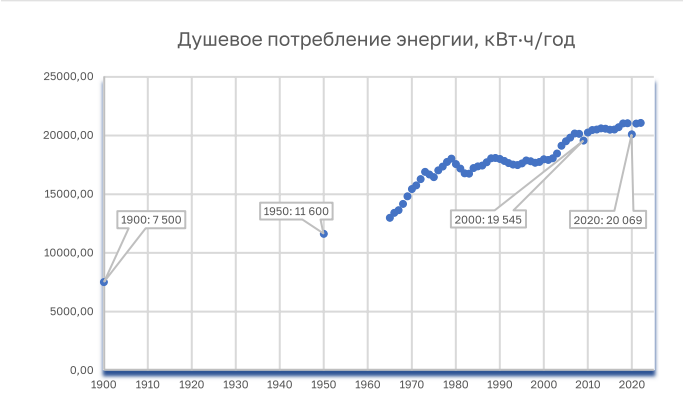


Рис. 1.2. Динамика глобального душевого потребления энергии (данные из Our World in Data)

Он также обычно сопровождается более широким использованием электроники, бытовых приборов и транспорта, что также увеличивает энергопотребление. Повышение доступности средств заботы о здоровье, включая современные медицинские технологии, может также влиять на общее энергопотребление, например, через использование медицинского оборудования и энергозатраты на производство лекарств. С другой стороны, люди с более высоким уровнем образования могут обладать более эффективными навыками управления ресурсами и технологиями, что может снизить их общее энергопотребление. В более развитых обществах наблюдается растущий интерес к вопросам устойчивого развития и энергосбережения. Люди, обладающие высоким уровнем жизни, могут быть более мотивированы к принятию мер по уменьшению своего экологического следа.

В целом, уровень жизни и энергопотребление представляют собой сложное взаимодействие факторов, и их анализ требует учета различных социо-экономических, культурных и технологических контекстов. Эффективное управление энергопотреблением может быть важным аспектом устойчивого развития, призванного сбалансировать потребности человека с заботой об окружающей среде.

В топливно-энергетическом балансе такого большого города, как Санкт-Петербург, около 40 % затрат энергии и тепла приходится на деятельность ЖКХ. В этой же сфере лежит и максимальный потенциал энергосбережения, около 45 % от общего потенциала сбережения в 4 318 тыс. т. у. т. (или 27 % потребляемых в городе топливно-энергетических ресурсов). Таким образом, именно развитие ресурсосбережения и энергоэффективности в домашнем хозяйстве может служить моделью для снижения негативного воздействия на окружающую среду и повышения устойчивости города к изменениям климата. Повышение энергоэффективности в ЖКХ не только сокращает расходы ресурсов, но также способствует снижению выбросов парниковых газов, улучшению качества воздуха и снижению общего уровня загрязнения.

Внедрение инновационных технологий, использование возобновляемых источников энергии в сфере ЖКХ позволит создать более экологически чистое и устойчивое общество, где горожане смогут наслаждаться комфортными условиями проживания, не жертвуя природными ресурсами будущих поколений.

Очевидно, что реализация мер по энергосбережению, энергоэффективности или использованию альтернативных источников энергии будет иметь наибольший экономический эффект там, где существует для этого наибольший потенциал, то есть в домашнем хозяйстве. При этом следует учитывать, что при выполнении энергосберегающих или энергоэффективных мер или при использовании возобновляемых источников энергии существует определенная логика, которой желательно следовать. Прежде всего следует беречь энергию там, где это имеет смысл, затем нужно использовать оставшуюся энергию как можно более эффективно, и только после этого можно заменить оставшуюся потребность в энергии на возобновляемые ресурсы. В самом деле, если не экономить энергию и не применять меры по повышению энергоэффективности, то придется производить гораздо больше энергии из возобновляемых ресурсов, чем в том случае, если в первую очередь применены энергосберегающие и энергоэффективные меры.

Рис. 1.3. Топливно-энергетический баланс Санкт-Петербурга (по данным НП «Городское объединение домовладельцев»)

2. Роль систем теплоснабжения в формировании качества жизни в развитии общества

Значительную часть своей жизни современный человек проводит в стенах зданий: в жилище, учреждении или в производственном помещении. Тепловой комфорт является важнейшей составляющей качества жизни. И хотя ощущение комфорта очень индивидуально — кто-то предпочитает более прохладные условия, в то время как другие любят тепло — диапазон температур, при которых обеспечиваются оптимальные условия для жизни, поддержания здоровья и выполняются санитарные нормы и правила в помещении, составляет 18–25 градусов [20].

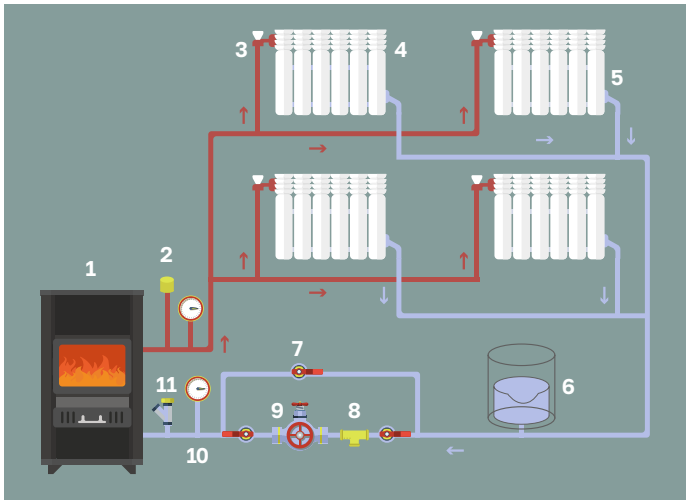
При устойчивом понижении температуры окружающей среды ниже +8 градусов, что часто бывает зимой в России даже в самых южных районах, увеличивающаяся разница температур наружного и внутреннего воздуха помещений приводит к значительному росту потерь тепла в здании, которые необходимо компенсировать отоплением. Продолжительность отопительного сезона в России может составлять от 5 месяцев в Дагестане и Адыгее до 10 месяцев в Республике Коми. На теплоснабжение зданий в России в настоящее время затрачивается около 430 млн т. у. т., или примерно 45 % всех энергетических ресурсов, расходуемых в стране. В холодные зимы эта цифра вырастает еще на 30–50 млн т. у. т.

Большая часть существующих в России зданий была построена в 50–90-х годах XX века. В этот период главной задачей правительства было быстро обеспечить жильем большую часть населения, а вопрос энергоэффективности практически не рассматривался. Средний расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого здания, построенного до 1990 года, составлял 220–280 кВт·ч на квадратный метр, а в отдельных случаях потребление тепловой энергии достигало и 400 кВт·ч на квадратный метр. В связи с низкой стоимостью энергоресурсов, таких как нефть, газ и уголь, отсутствовала необходимость в дополнительной тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий (стен, крыши, подвала, окон и дверей), или в эффективных системах отопления и вентиляции. Для сокращения сроков строительства широко применялись однотрубные системы отопления с незамкнутым последовательным теплоснабжением потребителей. Из-за отсутствия индивидуальных регуляторов тепла в квартирах были крайне ограничены возможности адаптации внутреннего микроклимата для индивидуального теплового комфорта. В результате температура внутри квартир часто была выше норматива (то, что мы называем «перетоп») и ее можно было регулировать только открыванием окон. В тот период реальное теплопотребление в квартирах и жилых домах в целом не измерялось. Жильцы оплачивали потребленную тепловую энергию по тарифу за квадратный метр в соответствии с определенными нормативами. До 1990-х годов централизованные системы отопления строились

с использованием внешних центральных тепловых пунктов и 4-трубных систем (подающие трубы для отопления и горячего водоснабжения; обратная труба теплосети и рециркуляционная труба горячего водоснабжения; при такой схеме у жильцов отсутствуют подогревательные установки горячего водоснабжения, и остывшая вода систем горячего водоснабжения возвращается для подогрева к внешнему источнику теплоты). Кроме того, трубы помещались в специальные бетонные каналы и были слабо изолированы, что приводило к большим потерям тепла при передаче. Здания, построенные до 90-х годов, были оснащены обязательными системами естественной вентиляции. Свежий воздух в помещения поступал через зазоры между оконной рамой и каркасом окна. Удаляемый воздух выходил через вентиляционные отверстия, которые находились в кухнях и в ванных комнатах. В настоящее время при строительстве новых и реконструкции существующих зданий для удаления загрязненного воздуха используются механические вентиляторы в кухнях и в ванных комнатах, а естественный приток воздуха в некоторых случаях обеспечивается воздухозаборниками в спальнях. Однако если менять оконные рамы на стеклопакеты (как правило, пластиковые), и не подумать об установке вентиляции, то придется часто открывать окна для проветривания или ставить их на режим микропроветривания и терять сэкономленную энергию.

Теплоснабжение зданий осуществляется при помощи систем отопления, которые бывают централизованные и децентрализованные. Централизованные источники производят около 74%, а децентрализованные источники производят 26% тепла в России.

Самая распространенная система центрального отопления состоит из источников производства тепловой энергии, сети трубопроводов и домовых тепловых пунктов, устанавливаемых в жилых зданиях. Источники производства тепловой энергии подразделяются на котельные и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Котельные производят тепло, которое передается конечным потребителям для горячего водоснабжения и отопления жилых и производственных помещений. Средняя эффективность котельных достигает 60 %. ТЭЦ производит как электричество, так и тепло. Эффективность ТЭЦ достигает 90 %. В системе централизованного теплоснабжения могут быть эффективно использованы различные источники энергии, особенно использующие местные возобновляемые виды топлива, такие как биомасса, но в России доля возобновляемых источников энергии при теплоснабжении пока ничтожно мала. В основном используются газ, уголь, нефть и нефтепродукты. Для передачи тепла от источника производства тепловой энергии до конечных потребителей используются предизолированные трубопроводы. Предизолированные трубы имеют, как правило, пенополиуретановую теплоизоляцию и покрытие полиэтиленом высокой плотности. Системы отопления зданий состоят из труб, запорного вентиля, балансировочного вентиля, нагревательных элементов, комнатных термостатов и локального источника тепла или (в случае централизованной системы отопления) — домового теплового пункта.



1. Котёл
2. Автовоздушник
3. Термостатический клапан
4.Радиатор
5. Балансировочный клапан
6. Мембранный расширительный бак
7. Шаровой кран (вентиль)
8. Фильтр сетчатый магистральный
9. Циркуляционный насос
10. Термоманометр
11. Предохранительный клапан

Рис. 2.1. Устройство открытой двухтрубной системы отопления

Децентрализованные системы отопления широко используются при строительстве новых зданий, когда отсутствует возможность подключения к централизованной системе городского отопления и существующей инфраструктуре. Существует два основных вида децентрализованных систем отопления в многоквартирных домах. Это установка индивидуальных газовых бойлеров в каждой квартире или небольших блочных тепловых узлов на несколько квартир или на дом (домовая котельная). Оба решения существенно уменьшают протяженность распределительных систем отопления и горячего водоснабжения.

При использовании индивидуальных газовых бойлеров каждая квартира оснащается собственным газовым нагревателем, обеспечивающим горячую воду и отопление. Это позволяет жильцам контролировать температуру и расход тепла в своей квартире независимо от других. Газовые котлы обычно компактны и эффективны, а также обеспечивают быстрый нагрев воды.Несколько квартир могут объединять ресурсы, чтобы создать и обслуживать блочную (групповую) котельную. Блочные котельные могут использовать различные источники энергии, включая газ, древесину, а в перспективе и возобновляемые источники энергии.

Даже в современных высокоэффективных котлах остаточное тепло выделяется в атмосферу в выхлопных

газах через дымоход котла. Водяной пар является одним из составляющих выхлопных газов. В классических котлах водяной пар конденсируется в трубе и выводится наружу в виде воды. Конденсационные котлы имеют дополнительные теплообменники, которые отбирают тепло от выхлопных газов для нужд системы отопления. Комбинированное производство тепловой и электрической энергии на теплоэлектроцентралях обеспечивает рациональное использование первичной энергии, а также оказывает положительное влияние на уменьшение выбросов парниковых газов и твердых частиц в окружающую среду. Основными преимуществами комбинированных систем производства тепловой и электрической энергии являются сокращение выбросов парниковых газов, возможность децентрализации поставок электрической энергии, более высокая эффективность по сравнению с котельными. Как правило, ТЭЦ используется для производства тепловой и электрической энергии для городов и крупных заводов.

И централизованная и децентрализованная система отопления имеют свои преимущества и недостатки, которые отражены в Таблице 2.1.

Таблица 2.1. Сравнение централизованных и децентрализованных систем отопления

Преимущества централизованных систем теплоснабжения	**Преимущества децентрализованных систем теплоснабжения**
Эффективно эксплуатируется управляющей компанией	Отсутствуют протяженные теплотрассы, на которых могут происходить и происходят аварии, приводящие к прерыванию теплоснабжения
Постоянный контроль за выбросами углекислого газа	Минимальные тепловые потери в трубопроводах
Минимальное количество дымоходов (обычно максимум 2) и шахт естественной вентиляции	Независимая работа в каждой квартире
Больше свободного пространства в квартирах	Продолжительность отопительного сезона можно контролировать самостоятельно в соответствии с индивидуальными потребностями жителей квартир
Безопасная эксплуатация благодаря отсутствию разветвлённой газовой сети в здании	Отсутствие разветвленной сети труб отопления
Недостатки централизованных систем теплоснабжения	**Недостатки децентрализованных систем теплоснабжения**
Могут иметь значительные потери тепла в процессе транспортировки теплоносителя от тепловой станции к зданиям, что снижает общую эффективность системы и увеличивает потребление энергии	Установка и обслуживание индивидуальных систем отопления в каждой квартире может потребовать больших совместных инвестиций со стороны жильцов, на которые сложно договориться
Жильцы имеют ограниченные возможности индивидуального регулирования теплоснабжения в своих квартирах	Различные квартиры могут использовать свои системы отопления в разной степени, что может привести к неравномерному расходу энергии и нерациональному использованию ресурсов
Жильцы зависят от энергоснабжающей компании или теплоснабжающей организации	Управление и координация множества индивидуальных систем может быть сложной задачей
Требует значительных капиталовложений и регулярного технического обслуживания — бремя для поставщиков энергии и (опосредованно) для потребителей	Отсутствие централизованного управления может снизить возможности для оптимизации системы в целом: труднее провести широкомасштабные изменения или внедрить инновационные технологии

Существуют 2 основных типа отопительных приборов: радиаторы и конвекторы. Радиаторы излучают тепло в обогреваемое помещение с помощью лучистого теплообмена, то есть переноса тепловой энергии от более теплых объектов к холодным инфракрасным излучением. На Рис. 2.2. можно видеть литой чугунный радиатор, современный трубчатый радиатор и современный панельный радиатор.

Рис. 2.2. Типовые радиаторы

Конвекторы используют принцип естественного движения воздуха, или конвекции. В них теплообмен между более теплыми и более холодными объектами происходит под действием циркуляции воздуха. На Рис. 2.3 можно видеть два типа конвекторов. Сегодня широко применяется панельные радиаторы, которые совмещают принципы конвектора и радиатора. При капитальном ремонте здания настоятельно рекомендуется заменить старые неэффективные нагревательные приборы, поскольку это позволяет сократить тепловые потери здания.

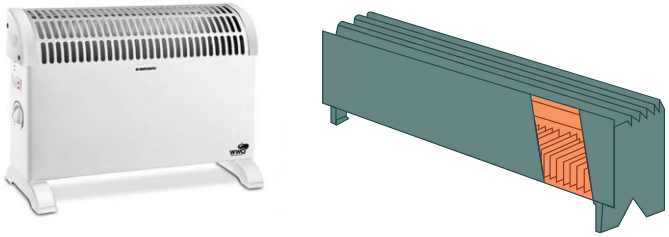
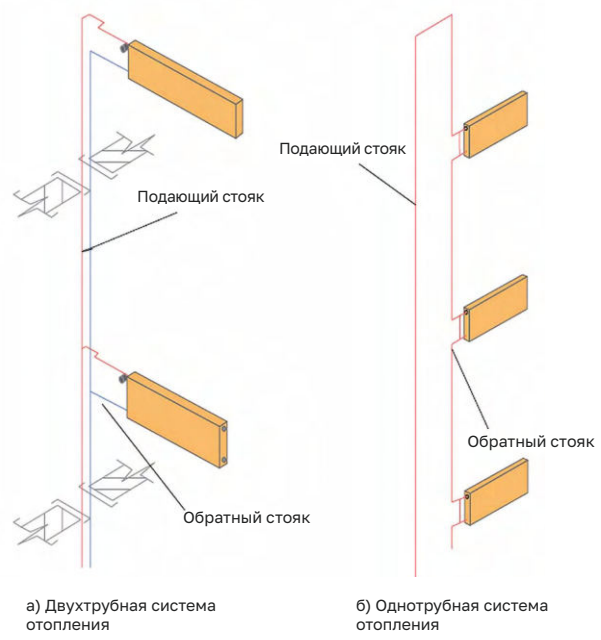


Рис. 2.3. Типовые конвекторы

Существует две основные системы отопления здания — однотрубная и двухтрубная. В однотрубных системах может применяться верхняя или нижняя разводка воды. Температура подаваемой воды, проходящей через систему отопления, уменьшается в процессе теплообмена в помещении. Следовательно, каждый последующий радиатор получает меньше тепла. Поэтому размер нагревательных элементов варьируется в зависимости от этажности и вида подачи тепла. В большинстве старых систем отопления не предусматривается установка регуляторов на нагревательных элементах. Регулировочные вентили на однотрубных системах не могут быть установлены без дополнительных обводок (так называемых байпасов) для сохранения постоянной циркуляции воды в системе. Сегодня однотрубные системы практически не используются в новых многоквартирных домах. При капитальном ремонте здания рекомендуется модернизировать систему отопления с заменой на двухтрубную.



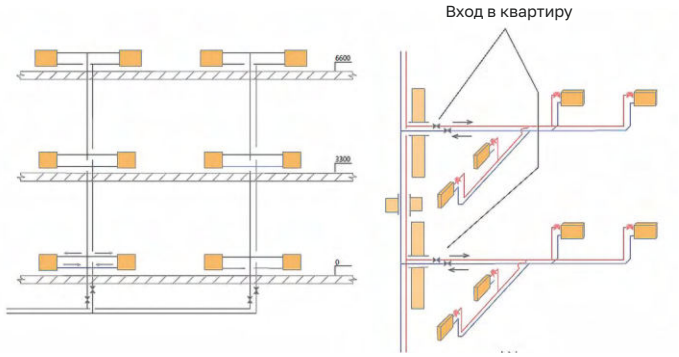
а) Двухтрубная система отопления

б) Однотрубная система отопления

Рис. 2.4. Двухтрубная и однотрубная системы отопления с верхней разводкой воды

Двухтрубная система отопления обеспечивает равномерное распределение тепла в здании и предусматривает индивидуальное регулирование температуры. На рисунке 2.5.а) показана система с нижней разводкой тепла, а на рис. 2.5. б) — замкнутая система с поквартирной разводкой. На левом рисунке показана система с нижней разводкой тепла, а на правом — замкнутая система с поквартирной разводкой. Основными преимуществами замкнутой системы с поквартирной разводкой является индивидуальный учет тепла в каждой квартире, простота обслуживания без необходимости перекрытия подачи тепла в другие квартиры при ремонте, а также небольшой перепад температуры в стояках системы. Замкнутая система с поквартирной разводкой труб широко используется при строительстве новых жилых зданий и может быть также установлена в процессе капитального ремонта существующих зданий. Однако практическая реализация подобной системы отопления сопряжена с необходимостью масштабных строительно-ремонтных работ в квартирах, уменьшением жилой площади в связи с прокладкой новых труб, которые, как правило, проводятся вдоль стен, и большими капитальными вложениями.

Обычно трубы системы отопления и горячего водоснабжения в зданиях, построенных до 1990 года, имеют плохую теплоизоляцию или вообще не изолированы, что приводит к высоким потерям тепла в таких зданиях.



а) система с нижней разводкой тепла

б) замкнутая система с поквартирной разводкой

Рис. 2.5. Варианты двухтрубных систем отопления

Тепловые потери возрастают с увеличением диаметра трубы и разницы температур. Тепловые потери и соответствующие эксплуатационные расходы можно минимизировать путем монтажа теплоизоляции. Главными критериями для выбора лучшего решения при утеплении являются теплопроводность материала и толщина изоляционного слоя. Наиболее популярными изоляционными материалами является пенополистирол и минеральная вата с алюминиевым покрытием.

Для обеспечения циркуляции воды в системах отопления и горячего водоснабжения (для выравнивания температуры по всему дому) применяются циркуляционные насосы. Энергопотребление циркуляционных насосов влияет на энергетический баланс здания. Энергопотребление циркуляционных насосов возрастает при установке лишних соединительных узлов, вентилей, сужений и увеличенной длине труб. Использование эффективных насосов позволяет уменьшить энергопотребление и может вдвое сократить расходы энергии на циркуляцию теплоносителя. Как и многие бытовые приборы, циркуляционные насосы имеют схему маркировки энергопотребления, так что можно выбрать наиболее энергоэффективные устройство. Эффективность циркуляционного насоса будет выше, если падение давления во всех контурах системы отопления выравнено с помощью балансировочных вентилей. Перепад давле-

ния в каждом контуре в таком случае будет равен перепаду давления в наибольшем циркуляционном контуре, и теплоноситель будет равномерно циркулировать по всей системе. Балансировка системы отопления должна выполняться профессионалами.

При монтаже радиаторов отопления следует иметь в виду, что эффективность нагревательных элементов значительно зависит от качества сборки и монтажа, правильного использования обогревателей и способа их соединения с системой отопления. Во время ремонта квартир важно не закрывать нагревательные элементы (радиаторы и конвекторы) и не препятствовать потоку окружающего их воздуха. Возможные решения для подключения радиаторов показаны на Рис. 2.6. При наилучшем решении вода равномерно циркулирует по всему радиатору, а при наименее эффективном решении вода может не поступать в верхнюю часть нагревательного прибора.

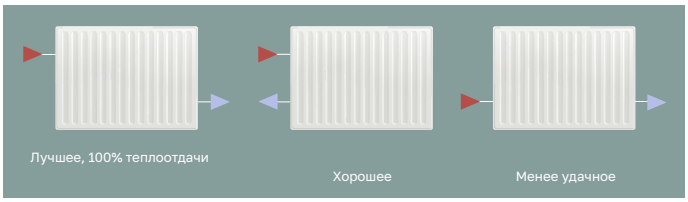


Рис. 2.6. Возможные решения по подключению радиаторов

При двухтрубной системе отопления или в случае установки дополнительных обводок к радиаторам однотрубной системы, для контроля температуры в помещении на каждом радиаторе может быть установлено устройство регулирования, в том числе для предотвращения перегрева комнат. Для этих целей подходят простые и относительно недорогие терморегуляторы. Их преимущество в том, что они не блокируют поток теплоносителя полностью. Термостат может автоматически уменьшать расход теплоносителя в радиаторе в случае внутренних теплопритоков, таких как солнечные теплопритоки, теплопритоки от бытовых приборов, освещения, жильцов и так далее. Следовательно, сводится к минимуму возможность перегрева и уменьшаются тепловые потери. Когда температура в помещении опускается ниже заданного значения, расход теплоносителя увеличивается автоматически. Современные термостаты имеют специальную рабочую позицию во избежание замерзания теплоносителя в радиаторах в случае долгого отсутствия жильцов. В позиции Not Frozen температура воздуха в помещении будет поддерживаться на уровне 8 °C. Существуют различные типы термостатов: стандартные, с дистанционным датчиком и цифровые.

После установки радиаторных термостатов и налаживания учета тепла у жильцов появляется хороший стимул использовать теплоэнергию более рационально. Но во избежание конденсации водяного пара и образования плесени следует правильно снижать температуру в помещении. Рекомендуется не снижать температуру в помещении ниже 16 °C в утепленных зданиях и ниже 18 °C в здании без тепловой изоляции.

Рис. 2.7. Современный нагревательный элемент в квартире с механическим термостатом и распределителем тепла (аллокатором)

Теплопотребление в помещениях измеряется с помощью счетчика тепла или аллокаторов — распределителей тепла, устанавливаемых на каждый радиатор. Распределители обычно используются в однотрубных системах отопления. Они не измеряют реальное теплопотребление, а определяют долю каждого нагревательного элемента в общем объеме теплопотребления здания. Общее теплопотребление здания измеряется прямым теплосчетчиком, установленным в тепловом узле. Все затраты делятся между всеми распределителями потребленного тепла в соответствии с их долей в общих затратах. Современные распределители представляет собой электронные устройства, которые монтируются на все нагревательные элементы здания. Непосредственный учет расхода тепловой энергии может быть реализован на двухтрубной системе отопления с поквартирной разводкой труб. Принцип работы теплосчетчика заключается в измерении количества потребленной тепловой энергии с помощью измерения потока теплоносителя и разницы температур между подаваемой и обратной водой. При установке индивидуальных приборов учета тепла следует принимать во внимание теплопотребление в местах общественного пользования, таких как лестничные клетки, подвалы, технические помещения. Следует избегать полного отключения радиаторов в любом из помещений, поскольку при этом стоимость отопления прилегающих помещении повышается (Рис.2.8).

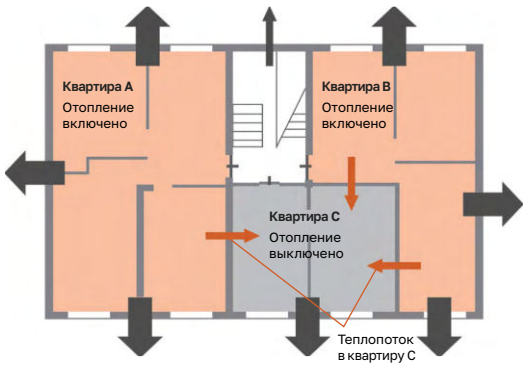


Рис. 2.8. Особенности тепловых потоков в многоквартирных зданиях

3. Энергетическая эффективность жилых зданий

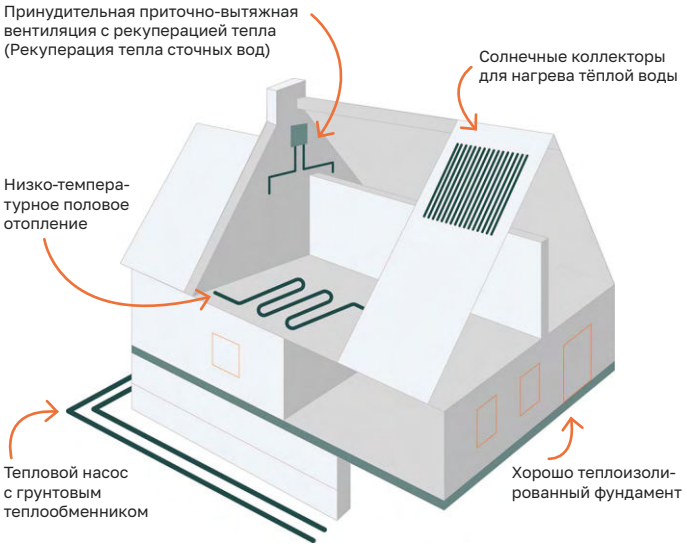
Жилые, общественные и производственные здания нуждаются в теплоснабжении, чтобы люди в них могли комфортно жить, работать и проводить время. В быту, для нормальной жизни в России 20 % энергии приходится на потребление в виде электричества, а 80 % — в виде тепла и горячей воды. В России диапазон средних температур самой холодной пятидневки года, по которой определяется расчетная мощность теплоснабжающих установок, составляет от –14 °С (Дагестан) до –54 °С (Якутия). Кроме того, мощность котельных обуславливается количеством и техническим состоянием обслуживаемых зданий. Объемы и тип сжигаемого топлива для теплоснабжения зданий определяет степень вредного влияния котельных на природу продуктами сгорания. В настоящее время теплоснабжение потребителей в России осуществляют около 21 тыс. предприятий. 522 тепловые электростанции (данные Росстата за 2017 г.) вырабатывают 480 млн Гкал тепловой энергии в год, или 35–40 % общей выработки тепловой энергии, остальное производится котельными.

При этом более чем в 190 городах России наблюдается дефицит тепловой мощности, составляющий до 20 % от потребности, т. е. мощности расположенных в этих городах котельных и ТЭЦ, при существующих показателях энергоэффективности зданий и систем распределения энергии, не хватает для того, чтобы полностью обеспечить теплом их жителей. Жители домохозяйств, страдающих от дефицита тепла, включают для обогрева газовые духовки на кухне или электрообогреватели в комнатах. Учитывая, что на производство электроэнергии зачастую тоже тратятся ископаемые виды топлива, при компенсации дефицита отопительных мощностей за счет электроотопления расход топлива по сравнению с котельными возрастает в 3.5–4 раза.

Для индивидуального жилищного строительства важно учитывать тепловые потери здания. При неправильном выборе мощности локального источника тепла для частного дома условия проживания в нем не будут комфортными.

Если существенно уменьшить потери тепла, то можно получить не просто энергоэффективный, а пассивный дом — здание с минимальными потерями энергии, отапливаемое за счет тепла, выделяемого людьми и бытовыми приборами. А если на здании разместить достаточное количество возобновляемых источников энергии (ВИЭ) то может получиться активный дом — здание, которое за счет размещенных на нем ВИЭ за год производит больше энергии, чем потребляет. (https://ecocentrum.ru/ru-ru/res?page=2).

Энергоэффективное здание



Окна с двухкамерными стеклопакетами с инертным газом, и наружным стеклом, отражающим инфракрасное излучение.

Большие окна с южной стороны здания со ставнями и солнцезащитными устройствами.

Маленькие окна с северной стороны.

1. Высокая тепловая инерция ограждающих конструкций за счёт высокой теплоёмкости.

2. Хорошо теплоизолированные входные двери с тамбуром. внутреннего слоя.

3. Полное отсутствие сквозняков.

1. Высокая теплоизоляция стен, крыши и полы нижнего этажа. Отсутствие мостиков холода.

2. Размещение буферных помещений с северной стороны (лестницы, санузлы, кладовки и др.)

Компактное исполнение дома без выступов и уступов.

Посадка деревьев со стороны преобладающих ветров.

Пассивный дом
Здание с минимальными потерями энергии, отапливаемое за счёт тепла, выделяемого людьми и бытовыми приборами.

Активный дом
Здание, которое за счёт размещённых на нём ВИЭ за год производит больше энергии, чем потребляет.

3.1. Структура тепловых потерь

Основными потребителями услуг теплоснабжения являются жилые и общественные здания. Обмен теплом и воздухом между внутренними помещениями зданий и окружающей средой происходит непрерывно. В теплый период года тепловой баланс поддерживается за счет естественных поступлений тепла в помещения (солнечная радиация, осветительные и бытовые приборы, люди (в среднем человек выделяет 100–120 Вт тепла в день), приготовление пищи) и за счет отведения тепла (через теплозащитную оболочку, при проветривании или вентиляции). В холодный период года, когда теплопотери начинают превышать величину естественных поступлений, приходится подключать дополнительный источник тепла, который должен действовать в течение всего периода, пока температура наружного воздуха ниже пороговой. Свод правил СП 131.13330.2012 устанавливает в качестве этого уровня среднесуточную температуру в +8 °С [25].

По разным оценкам распределение тепловых потерь здания выглядит так:

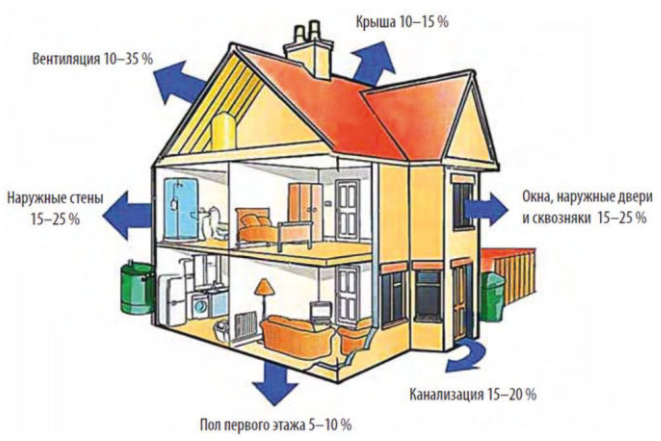


Рис. 3.1. Распределение тепловых потерь здания

Для обеспечения здоровых и комфортных условий проживания человека важно, чтобы количество тепла, которое используется для отопления зданий, соответствовало количеству тепла, которое здание теряет. Теоретически возможно построить здание, тепловые потери которого будут и в зимний период компенсироваться естественными теплопритоками, но стоимость строительства такого здания будет существенно выше из-за применения многослойных теплоизоляционных материалов. С другой стороны, отапливать здание, лишенное какой-либо теплоизоляции, не имеет смысла, это равносильно нагреванию окружающего воздуха. Целесообразность расхода теплоты на отопление и вентиляцию определяется энергетической эффективностью зданий, зависящей от их конструктивных особенностей и климатических условий в месте постройки.

Обобщенная климатическая характеристика, принятая в строительной климатологии для сравнения энергетической эффективности зданий, построенных в разных климатических районах, численно выражается в градусо-сутках отопительного периода (ГСОП, °С·сут), исчисляемых по формуле:

$$ГСОП=(t_{в}-t_{от})\,z_{от}, \qquad (4.1)$$

где $t_{в}$ — оптимальная температура внутреннего воздуха (°С). Для жилых зданий она принимается равной 20 °С [8]. $t_{от}$ и $z_{от}$ — среднесуточная температура наружного воздуха за отопительный период (°С) и его продолжительность (сут.), принимаемые по СП 131.13330.2012 [25].

Чтобы определить величину ГСОП, например, для Владивостока, нужно в формулу (4.1) подставить значения $t_{от}$ = - 4,3 °С и $z_{от}$ = 198 сут. (см. табл. 3.1* из СП 131.13330.2012 [25]). Соответственно, получим ГСОП = 4811,4 °С·сут. за отопительный период. Таким образом, ГСОП характеризует суровость зимы какого-либо региона (чем выше ГСОП, тем холодней).

3.2. Микроклимат помещений

Количество подаваемой теплоты в жилые здания в отопительный период должно быть таким, чтобы обеспечивались комфортные параметры микроклимата в жилых помещениях. Оптимальными параметрами микроклимата считаются такие, сочетание которых формирует ощущение комфорта не менее чем у 80 % людей, находящихся в помещении [8]. Эти параметры формируют безопасные санитарно-гигиенические условия в жилище. Комфортными параметрами микроклимата являются [28, 8]:

1) разность температур на внутренней поверхности стен и воздуха в помещении в отопительный период — не более 4 °С;
2) температура воздуха внутри здания (оптимальная 20 °С);
3) скорость движения воздуха — не более 0,15–0,2 м/с;
4) относительная влажность воздуха — не более 55 %;

Нормируются также:
5) воздухопроницаемость ограждающих конструкций;
6) паропроницаемость ограждающих конструкций;
7) теплоусвоение полов, т.е. способность полов удерживать тепло.

Показателем эффективности удержания тепла внутри здания служит так называемое «приведенное сопротивление теплопередаче». Эта эксплуатационная характеристика здания зависит от общей теплопроводности материалов и конструкций стен, окон, покрытий и перекрытий. Если этот показатель недостаточен, то при разнице температур между внутренней поверхностью стен и воздухом внутри помещения свыше 4°С может образовываться конденсат. Повышенная влажность стен будет способствовать сбору конденсата на полу и развитию на стенах черной плесени, споры которой чрезвычайно вредны для здоровья человека [2]. Требования к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций содержатся в СП 50.13330.2012 [23] и СТО НОП 2.01-2014 [27]. Так, для условий Владивостока при вычисленном значении ГСОП = 4811,4 °С·сут. за отопительный период (см. раздел 4.1) требуемое сопротивление теплопередаче наружных стен жилых зданий должно быть не ниже 3,084 ($м^2$·°С)/Вт (см. табл. 3 из СП 50.13330.2012 [23]).

3.3. Классы энергетической эффективности

Мы уже выяснили, что повышение энергетической эффективности здания заметно увеличивает стоимость строительства зданий, хотя и снижает стоимость их эксплуатации. Между тем, в начале XXI века в нашей стране вопросам энергоэффективности в жилищном строительстве стали уделять больше внимания; пришло осознание того, что снижение объемов топлива, используемого на обогрев, позволит не только сэкономить ценные ресурсы, но и предотвратить загрязнение окружающей среды. Для того, чтобы мотивировать строителей возводить энергоэффективные здания, были внесены изменения в законодательство. По Федеральному закону 2009 года «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» (261-ФЗ) [16] было установлено, что «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».

Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [28] определяет требования энергетической эффективности зданий и сооружений (Статьи 13 и 31). Требования энергетической эффективности подлежат пересмотру не реже одного раза в 5 лет с учетом новых технологических решений в сфере энергосбережения и энергетической эффективности [19].

В настоящее время и до 1 марта 2028 года действуют «Требования к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов», утвержденные Постановлением Правительства РФ от 27 сентября 2021 г. № 1628 [19]. Класс энергетической эффективности многоквартирного дома обозначается латинскими буквами по шкале от A++ до G по величине отклонения показателя удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового показателя, который зависит от климатических условий района строительства, выбранных объемно-планировочных решений, ориентации здания, теплозащитных свойств ограждающих конструкций, принятой системы вентиляции здания, а также применения энергосберегающих технологий. «A++» соответствует наивысшему уровню энергетической эффективности, а «G» — наименьшему. Класс «A» включает в себя здания с минимальным энергопотреблением, использующие передовые технологии и инженерные решения для снижения затрат на отопление, вентиляцию и освещение. Эти здания могут быть оснащены современными системами управления, а также использовать возобновляемые источники энергии.

Классификация зданий по энергетической эффективности имеет несколько важных преимуществ. Во-первых, она способствует повышению осведомленности общества о проблемах энергопотребления и его влиянии на окружающую среду. Во-вторых, она стимулирует развитие инновационных технологий и решений в области энергосбережения. Как определить, к какому классу следует отнести то или иное здание? Министерством строительства был определен базовый уровень годового расхода энергетических ресурсов в многоквартирном доме, в котором учтено отопление, вентиляция, горячая вода и общедомовые потребности в тепловой энергии, в зависимости от суровости зимы. Эти значения можно найти в таблице:

Таблица 2.1. Сравнение централизованных и децентрализованных систем отопления

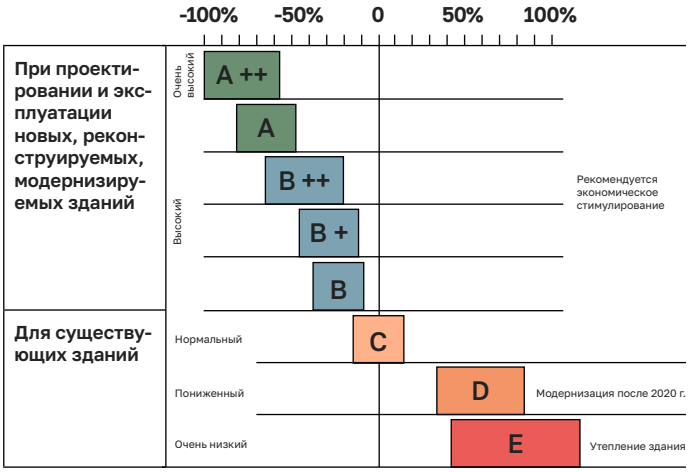
Наименование показателя	**С сут. отопит. периода**	**Этажность многоквартирного дома**					
		2 эт.	**4 эт.**	**6 эт.**	**8 эт.**	**10 эт.**	**≥ 12 эт.**
Расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и электроэнергии на общедомовые нужды*	2000 3000 4000 5000 6000 8000 10000	215 228 256 284 312 370 426	206 216 239 263 287 337 384	203 212 234 256 278 326 370	201 208 229 251 272 317 359	199 205 225 245 265 308 348	198 203 223 242 262 304 342
в том числе тепловой энергии на отопление и вентиляцию	2000 3000 4000 5000 6000 8000 10000	67 100 133 167 200 253 317	56 83 111 139 167 211 264	44 67 89 111 133 169 211	42 63 84 106 127 160 201	40 60 80 100 120 152 190	39 58 78 97 117 148 185

*Значения удельных показателей приведены в кВт·ч/$м^2$. Для домов, не оборудованных лифтами, следует вычесть из указанного в таблице показателя 3 кВт·ч/$м^2$.

Обратите внимание, что с увеличением этажности зданий нормы расхода тепловой энергии на здание снижаются. Попробуйте дать этому объяснение.

Указанное в таблице значение удельного расхода тепловой энергии соответствует классу «С». Классификация при отклонениях от нормы в большую или меньшую сторону представлена на рисунке 3.2. Границы классов определяются как отклонения расчетных (при проектировании) или фактических (при энергетическом обследовании построенных зданий) удельных расходов теплоты.

Величины отклонения расчётного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии* на отопление, вентиляцию, кондиционирование, горячее водоснабжение и освещение зданий от нормативного.**



Примечания:
* - На стадии «проект» только удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию.
** - Расход электроэнергии на освещение общедомовых помещений, на лифты и инженерное оборудование.

Рис. 3.2. Величины отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии зданий от нормативного

Например, для жилых зданий Санкт-Петербурга ГСОП составляет 4537°С сут, это соответствует нормативу в 235 кВт·ч на 1 м² для 10-этажного дома, поэтому если реальный расход тепловой энергии такого дома составляет 117 кВт·ч на 1 м², то есть −50 % от удельного, то присваивается класс А.

Рис. 3.3. Табличка с классом энергоэффективности А на фасаде нового жилого дома в Санкт-Петербурге

Сегодня проект любого строящегося дома должен содержать раздел «Энергоэффективность», составная часть которого — энергетический паспорт здания. Там указаны все необходимые данные для расчета класса энергоэффективности: площади, параметры сопротивления теплопередаче, кратность воздухообмена, удельный расход тепла в разных помещениях. На основании проектной документации Госстройнадзор, как контролирующая организация, присваивает класс энергоэффективности здания, так что все новостройки имеют на фасаде такую табличку.

Согласно закону, класс энергоэффективности необходимо регулярно подтверждать. Для домов с высокими классами — B, A, A+, A++ — повторная проверка и подтверждение класса обязательны через 10 лет после сдачи. Для всех остальных классов — через 5 лет.

Для уже эксплуатируемых зданий класс энергоэффективности присваивает государственная жилищная инспекция (ГЖИ) на основании энергодекларации (фактического потребления энергоресурсов). Управляющая компания или товарищество собственников жилья обязаны предоставить энергодекларацию в жилищную инспекцию. В декларации указываются следующие данные о жилом доме: показания общедомовых приборов учета, объем потребления энергоресурсов, климатические данные, расчетные данные. Через пять лет необходимо заново подать энергодекларацию в жилищную инспекцию и подтвердить или получить новый класс энергоэффективности.

Определение класса энергоэффективности здания носит обязательный характер, но некоторые строительные компании идут дальше и сертифицируют свои проекты строительства жилых и общественных здания по международным стандартам зеленого строительства. Зеленое строительство, сосредотачиваясь на энергоэффективности, использовании возобновляемых источников энергии, и уменьшении воздействия на окружающую среду, выходит за рамки простой строительной практики, превращаясь в стратегию для устойчивого развития.

Один из ключевых инструментов в развитии зеленого строительства — внедрение зеленых стандартов и сертификаций. Широко распространенные в мировой практике стандарты LEED и BREEAM разработаны для сертификации строительных проектов по заданным экологическим параметрам. Так, LEED представляет собой систему рейтинга экологичных зданий, буквально — «лидерство в энергетическом и экологическом проектировании», а BREEAM переводится как «метод оценки экологической эффективности зданий». Эти стандарты предоставляют собой структурированный и объективный метод оценки экологической эффективности зданий, способствуя внедрению передовых технологий и практик в сферу строительства.

BREEAM был предложен в 1990 году британской многопрофильной научной организацией в области строительства BRE. Это самый старый «зелёный» стандарт для экологической оценки зданий любого назначения. Сегодня на него ориентированы компании в более чем 80 странах мира. Критерии оценки BREEAM стали базой для создания других систем сертификации экологически чистых зданий, включая LEED. В стандарте 9 категорий: контроль и управление проектом, здоровье и комфортная среда, потребление электроэнергии, доступность транспорта для здания, вода, природные материалы, степень загрязнения, землепользование и экология, и утилизация отходов. Чтобы стандарты BREEAM отражали последние исследования в области строительной науки, их регулярно пересматривают и обновляют. Рейтинг сертификата состоит из 5 оценок и проводится в 2 этапа: на стадии проектирования и по завершению строительства.

Сертификат LEED разработан в 1997 году Советом по экологическому строительству США, ответственному за «зелёные» сооружения в стране. Критерии оценок несколько сложнее, чем у BREEAM, отсюда выше и стоимость сертификации. LEED предлагает 7 категорий оценки: выбор площадки и доступность общественного транспорта; экономия потребления воды; энергосбережение; материалы и ресурсы; качество среды в помещении; региональный приоритет и комплексность; инновации в проектировании.

Здание получает баллы в каждой из этих категорий, и, в зависимости от полученного общего балла, ему присваивается один из четырех уровней сертификации LEED. LEED стимулирует владельцев и строителей зданий внедрять передовые технологии и методы для уменьшения негативного воздействия на окружающую среду и обеспечения более устойчивой, эффективной и здоровой среды для пользователей.

Рис 3.4. Четыре уровня сертификации LEED

В 2022 году в России введен в действие национальный стандарт ГОСТ Р 70346-2022, устанавливающий порядок проведения рейтинговой оценки «зеленых» многоквартирных жилых зданий. Этот стандарт разработан с учетом передовой международной практики проектирования, строительства и эксплуатации «зеленых» зданий, в том числе по стандартам LEED и BREEAM. В стандарте установлены «зеленые» критерии для увеличения энергосбережения на всех этапах жизненного цикла дома. В частности, в стандарте рассматривается использование любого вида возобновляемой энергии минимум 1 % от общего потребления энергетических ресурсов в здании; визуализация энергопотребления для жителей, чтобы популяризировать эту тему; установка программных таймеров для наружного освещения и другие меры.

Национальный стандарт для «зеленых» домов дополняет существующую систему классов энергоэффективности и позволяет проводить рейтинговую оценку жилых зданий в зависимости от процента выполнения комплекса «зеленых» требований. Для жилых домов, сертифицированных по этому стандарту, планируется выдавать «зеленую» ипотеку с пониженной ставкой. В дополнение к стандарту «зеленого» строительства, в 2024 году Минстрой планирует утвердить «зеленый» ГОСТ Р для капитального ремонта старых зданий и сооружений.

3.4. Удельный расход теплоты и оплата за отопление

В своде правил СП 50.13330.2012 приведены базовые значения расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию единичного объема здания, которые удобно использовать для оценок потребностей в тепловой энергии для многоквартирного дома известной этажности в той или иной географической точке. Например, для 9-этажного здания базовое значение расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию единичного объема принято равным 0,319 Вт/(м3·°С). Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию этого здания за весь отопительный период можно рассчитать по формуле:

0,024 х 0,319 х 4811,4 х 2,5 = 92,09 кВт·ч/м^2 за отопительный период.

Здесь 4811,4 °С·сут. — ГСОП за отопительный период;

2,5 м — высота этажа;

0,024 = 24 ч х 0,01 — коэффициент перевода Вт в кВт·ч.

Учитывая, что 1163 кВт·ч = 1 Гкал, получим 92,09 кВт·ч/м^2 : 1163 кВт·ч/Гкал = 0,0792 Гкал/м^2 за отопительный период.

Полученные в наших расчетах оценки не могут быть использованы для исчисления оплаты за отопление, так как не отражают фактические объемы потребленной теплоты в расчетные периоды отопительного сезона. Для получения таких оценок необходимо использовать общедомовые и/или квартирные теплосчетчики. Однако многие здания, построенные в прошлом, не оснащены теплосчетчиками. Поэтому на местах для исчисления оплаты за отопление таких зданий используются ежемесячные расчетные нормативы удельного потребления теплоты, выраженные в Гкал/м^2. Значения расчетных нормативов устанавливаются Администрациями муниципальных образований ежегодно или с пролонгацией на несколько лет.

Такая практика, с одной стороны, не способствует теплосбережению со стороны жителей, а с другой — не мотивирует поставщика тепловой энергии осуществлять меры по замене устаревшего оборудования теплосетей и котельных. Поэтому, начиная с 2017 года в некоторых субъектах России осуществляется переход от тарифов на тепловую энергию к нерегулируемым ценам. Цель этих изменений — либерализация отрасли, основанная на принципах конкуренции способов теплоснабжения конкретного потребителя. В отличии от тарифов нерегулируемые цены рассчитываются не путем прямой калькуляции расходов на производство ресурса, а с учетом возможной стоимости тепловой энергии, производимой на условном альтернативном источнике с использованием наиболее эффективных доступных технологий. Такой способ установления цены на тепловую энергию получил неофициальное название «альтернативная котельная», а территория, где реализуется указанный ценовой подход, называется «ценовая зона теплоснабжения». На конец 2023 года таких территорий в России более 30, в том числе 4 города-миллионника.

В чем же суть «альтернативной котельной»? Это метод расчета цены на тепловую энергию, исходя из следующего подхода: что дешевле: построить собственный источник тепла или подключиться к уже существующему? При таком подходе цена на тепло рассчитывается следующим образом: например, если бы в городе N решили построить свою котельную на несколько кварталов. Тогда для расчёта предельного уровня цен взяли бы: стоимость строительства (с учетом срока службы инфраструктуры и агрегатов) + затраты на покупку и подвоз топлива + затраты на доставку тепла до потребителя + зарплаты сотрудникам + другие затраты необходимые для работы котельной. Всё это делят на количество гигакалорий, которое могла бы произвести такая котельная. И получается стоимость 1 Гкал.

Сейчас тарифы рассчитывают так называемым методом «Затраты плюс», то есть поставщик тепла приносит в орган регулирования информацию обо всех своих затратах, эти затраты делятся на общее количество вырабатываемого тепла, и прибавляется несколько процентов прибыли. Получается, что чем больше потратит теплоснабжающая организация в текущем году, тем больше денег она получит в следующем. Это совершенно не стимулирует поставщиков к повышению своей эффективности, к тому же, в более выгодном положении оказываются как раз самые неэффективные. В большинстве городов тариф у котельных значительно выше, чем у ТЭЦ. При методе «альтернативной котельной» все производители тепла должны продавать тепло по единой цене. Если их затраты выше, они будут вынуждены либо повысить свою эффективность, либо уйти с рынка.

«Альтернативной котельной» начинают в первую очередь интересоваться те населенные пункты, где ситуация близка к критической, необходимы срочные вложения, а инвесторов нет. Перейти на ценообразование по новому методу можно только по согласованию между поставщиками тепла с органами власти субъекта Российской Федерации и муниципального образования.

Для сравнения: счета за отопление из Санкт-Петербурга (не входит в ценовую зону теплоснабжения; в доме установлен общедомовой счетчик тепла) и Перми (ценообразование по методу «альтернативной котельной»). Тарифы за тепловую энергию различаются незначительно.

Расчётный период	Виды взаиморасчётов	Задолженность(+)/ Переплата(-) на начало периода, руб.	Начислено за период, руб.	Поступило за период, руб.	Дата последнего платежа	Перерасчёт, руб.	Всего к оплате, руб.
Декабрь 2023	Отопление	4 036,15	5 560,16	4 036,15	05.12.2023	0,00	5 560,16
	ИТОГО	**4 036,15**	**5 560,16**	**4 036,15**		**0,00**	**5 560,16**

Расчёт размера платы

Услуги	Ед. изм.	Объём потребления услуги	Тариф, руб./ед.изм.	Размер платы, руб.	Размер повыш. коэф.	Начислено по повыш. коэф.*, руб	Перерасчёт, руб.	Льготы, субсидии, руб.	Всего за расчётный период, руб.	Нормативы потребления (справочно)
Отопление	Гкал	2,6334	2 111,40	5 560,16	-	0,00	0,00	0,00	5 560,16	0,0197 Гкал/м2
ИТОГО				**5 560,16**		**0,00**	**0,00**	**0,00**	**5 560,16**	

*Размер превышения платы, рассчитанный с применением повышающего коэффициента, над размером платы, без учёта повышающего коэффициента.

Суммарный объём коммунальных ресурсов

Виды ресурсов	Ед. изм.	В помещениях	Содержание общего имущества
Отопление	Гкал	45,8200	X

Сведения о жилом помещении и многоквартирном доме

Площадь помещения	кв. м.	87,40
Площадь жилых и нежилых помещений	кв. м.	1 520,70
Площадь в составе общедомового имущества	кв. м.	262,40
Площадь здания	кв. м.	1 783,10
Площадь помещений с индивидуальным источником тепла	кв. м.	0,00
Площадь помещений с индивидуальными приборами учёта	кв. м.	0,00

Рис. 3.5.1 Фрагмент платёжной квитанции за ЖКУ из Санкт-Петербурга

Виды услуг	Ед. изм.	Кол-во/норматив/ объем на единицу		Объем коммун. услуг		Тариф/ размер платы на кв. м.	Всего начислено за расчет. период		Размер повыш. коэффи-циента	Размер превыш. платы с учетом повыш. коэф.	Пере-расчет	Код прич. перес-чета*	Льготы	Итого к оплате за расчет. период
		индив. потребл.	общедом. нужды	индив. потребл.	общедом. нужды		индив. потреб	общедом. нужды						
1	2	3	4	5	6	7	8=5*7	9=6*7	10	11	12		13	14=8+9+11+12+13
КОММУНАЛЬНЫЕ УСЛУГИ														
Холодная вода для ГВС	куб.м			7,000	0,000	36	252,00	0,00		0,00	0,00		0,00	252,00
Тепловая энергия для ГВС(0,069Гкал/кубм)	Гкал			0,483	0,000	2 127,14	1027,41	0,00		0,00	0,00		0,00	1027,41
Холодная вода	куб.м			11,000	0,000	36	396,00	0,00		0,00	0,00		0,00	396,00
Электроэнергия:	кВт			177,000	0,000	X	878,65	0,00		0,00	0,00		0,00	878,65
- дн. начисление	X			148,000	0,000	5,3	784,40	0,00		0,00	X		X	X
- нч. начисление	X			29,000	0,000	3,25	94,25	0,00		0,00	X		X	X
Канализация ГВС	куб.м			7,000	0,000	31,67	221,69	0,00		0,00	0,00		0,00	221,69
Канализация ХВС	куб.м			11,000	0,000	31,67	348,37	0,00		0,00	0,00		0,00	348,37
Отопление	Гкал			2,177	0,000	2 127,14	4630,78	0,00		0,00	0,00		0,00	4630,78

Рис. 3.5.2 Фрагмент платёжной квитанции за ЖКУ из Перми

3.5. Некоторые сведения о практике утепления зданий

Конструкторы и строители домов начали уделять больше внимания аспектам энергоэффективности жилых зданий лишь относительно недавно, с ростом цен на энергоносители. Современные многоквартирные дома строятся в соответствии с требованиями СНиП, нарушение которых грозит застройщикам серьезными штрафами. Но значительную часть жилищного фонда России составляют старые многоэтажные жилые дома, крайне неэффективные с точки зрения энергосбережения. Нарушения технологии изготовления плит и панелей, ошибки при проектировании, некачественное строительство — все эти причины в сумме приводят к несоответствию техническим нормам жилых зданий, созданных в советское время, особенно в 80-е годы XX века.

В Российской Федерации, по данным Росстата, на конец 2021 года насчитывалось более 1,62 млн многоквартирных домов общей площадью жилых помещений около 2.5 млрд кв. метров. При этом в региональные программы капитального ремонта включено 723 тыс. многоквартирных домов общей площадью 2,7 млрд кв. метров (с учетом вспомогательных и нежилых помещений), в которых проживают 89 млн человек, т. е. более 60 % жителей страны [26]. Работы по повышению теплоэффективности здания должны начинаться с определения того, какие части здания должны находиться внутри отапливаемого пространства (например, должны ли отапливаться подвал, шахта мусоропровода или лестничные пролеты), а какие должны остаться снаружи слоя утепления. Установленная граница между отапливаемым и неотапливаемым пространством определяет место для размещения слоя изоляционного материала. При более компактном обогреваемом пространстве уменьшается поверхность ограждающих конструкций, которая отдает тепло. Эта характеристика обозначается термином «компактность» — соотношение A/V: площадь поверхности ограждающих конструкций A к отапливаемому объему V.

Общий рост популярности энергоэффективной реконструкции жилищного фонда повлек расширение рынка изоляционных материалов. Однако не любой материал подходит в каждом конкретном случае. Существуют определенные характеристики, которые могут помочь в определении подходящего материала для тех или иных видов реконструкции. Важнейшим значением для описания термических свойств элемента конструкции здания является величина коэффициента теплопередачи U (или коэффициента сопротивления теплопередаче R). Чем меньше значение теплопередачи U (и чем больше коэффициент сопротивления теплопередаче R), тем лучше изолирован элемент конструкции здания. В современных строительных нормах к элементам конструкции здания предъявляются требования по значению теплопередачи U. Чем лучше изолирует материал, тем меньшая толщина изолирующего материала нужна для обеспечения комфортного жилья.

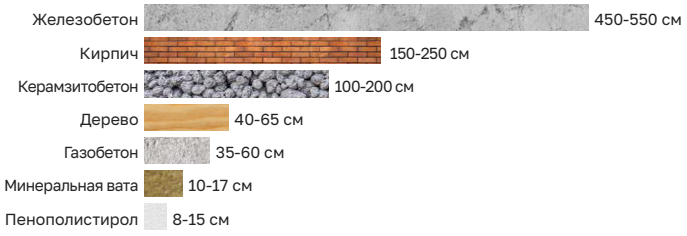


Рис. 3.6. Толщина изолирующего материала для равного значения сопротивления теплопередаче

При прочих равных условиях, чем выше сопротивление теплопередаче, тем меньше потерь теплоты из внутренних помещений здания в окружающую среду. По данным Центра энергоаудита и энергоэффек-

тивности (Москва), эта зависимость выглядит так, как представлено на рис. 3.7.

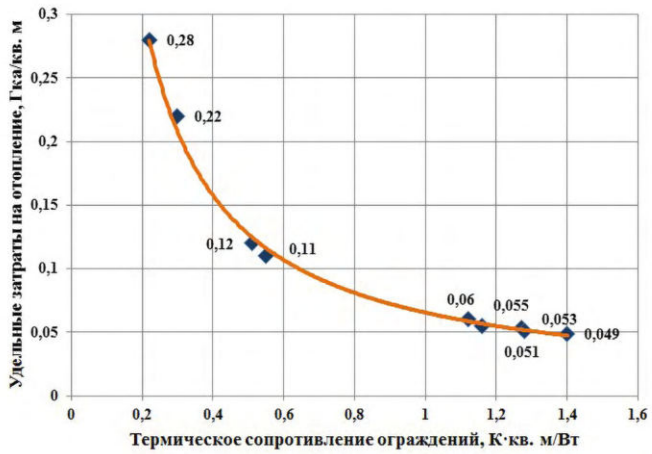


Рис. 3.7. Зависимость удельных затрат на отопление от сопротивления теплопередаче

В большинстве многоквартирных домов больше всего тепловой энергии теряется на поверхности неутепленных наружных стен. Стены составляют около 20% от общего объёма теплопотерь, а в крупных панельных жилых домах они даже могут составлять до 30%.

Существует два подхода к утеплению стен многоквартирного дома. Утепление фасадов может быть выполнено с наружной или внутренней стороны дома. Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки, но, если условия и возможности равны, следует выбирать наружный способ утепления. Дело тут в том, что изоляция меняет характер распределения температуры и влажности внутри стены, и в результате внутреннего утепления высока вероятность образования на стене влаги, а затем и плесени.

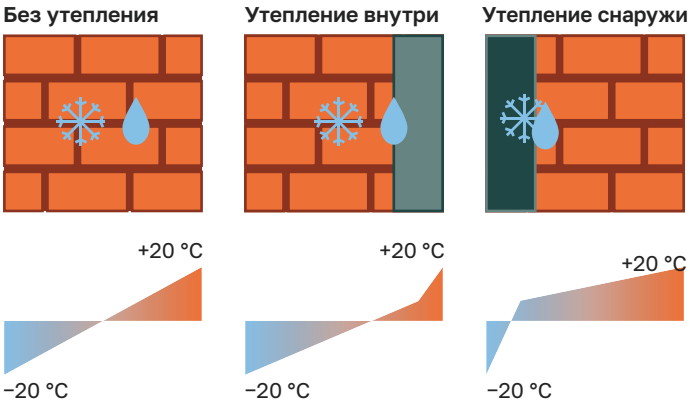


Рис. 3.8. Распределение температуры и точки росы в стене при разных подходах к утеплению

Установка теплоизоляционного материала с внешней стороны исключает контакт стены с холодным наружным воздухом, тем самым теплопотери здания снижаются. Наружное утепление имеет следующие преимущества:

— водяной пар может свободно выходить сквозь стены, что обеспечивает нормальный микроклимат и влажность в квартирах;
— объем жилых помещений не снижается за счет теплоизоляции;
— обращенные в квартиру поверхности наружных стен остаются прочными, их можно использовать для любых целей, устанавливать на них навесную мебель или бытовую технику;
— работы производятся снаружи, выселения жильцов на время работ не требуется.

Наружный характер работ является и одним из наиболее серьезных недостатков такого способа утепления, поскольку вынуждает считаться с временем года и погодными условиями. Кроме того, высокая этажность здания может потребовать привлечения специализированных монтажных бригад и спецтехники, что может привести к удорожанию работ. Помимо этого, наружные стены многоквартирных домов относятся к общедомовому имуществу, решение об их утеплении должно принимать собрание жильцов. Соответствующее разрешение нужно также получить в архитектурном отделе и у коммунальщиков. Если дом представляет собой архитектурную, историческую или культурную ценность, разрешение на утепление фасадов дома с внешней стороны получить не удастся.

На практике в настоящее время имеются примеры осуществления реконструкции по собственной инициативе отдельными жильцами, в основном — это владельцы квартир, в которых они проживают. Последствия таких самостоятельно инициированных (и часто самостоятельно реализованных) реконструкций могут быть серьезными с точки зрения последующей реконструкции всего здания. Даже если такая индивидуальная реконструкция осуществляется профессионалами, их знания о взаимозависимости отдельных реконструкционных изменений с точки зрения энергоэффективности, как правило, являются недостаточными, что вызывает новые проблемы у жильцов, или даже делает невозможной дальнейшую комплексную реконструкцию всего здания.

Внутренняя теплоизоляция имеет множество недостатков:
— стены дома исключаются из теплового объема здания, оставаясь лишь ограждающими конструкциями;
— в утепленной таким способом квартире необходимо устанавливать отдельную вентиляционную систему, поскольку влага будет конденсироваться на внутренней поверхности стен, и возможность для ее вывода через стены нарушается;
— слой утеплителя и штукатурка уменьшает полезную площадь квартиры;
— работы ведутся внутри и требуют выселения жильцов на время ремонта.

Преимуществом внутреннего утепления является возможность выполнять его при любой погоде и отсутствие необходимости в согласовании своих действий со всеми жильцами дома, что часто и становится основным фактором в пользу такого решения в ущерб качеству.

Для наружного способа утепления применяется комплексная система внешней теплоизоляции стен (ETICS), иначе называемая утеплением с защитным штукатурным слоем. Система ETICS состоит из трех основных слоев: стена, изоляционный слой и штукатурка. Изоляционный слой покрыт специальным гипсом на цементной основе, что делает его устойчивым к погодным воздействиям. В этот первый слой штукатурки устанавливается стальная или стекловолоконная сетка, что укрепляет всю систему и делает ее устойчивой к физическим воздействиям. Перед укреплением слоя изоляции поверхность фасада должна быть хорошо подготовлена, а старые слои штукатурки должны быть заранее полностью удалены. Наконец, должна быть выбрана система крепления (клеи, скобы...) панелей в соответствии с рекомендацией производителя.

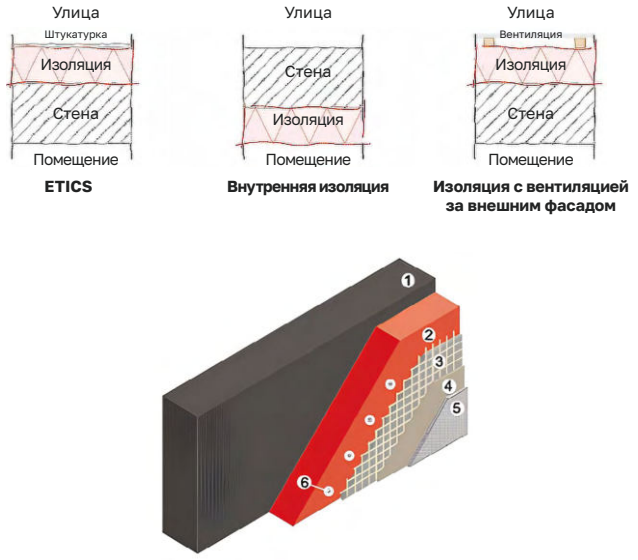


Рис. 3.9. Три вида изоляционных систем: (слева направо) комплексная система внешней теплоизоляции стен ETICS, внутренняя изоляция, внешняя изоляция с вентилируемым фасадом. (Справа): Вид ETICS в разрезе. (1) Имеющаяся кладка, (2) изоляция, (3) первый слой штукатурки и сетка, (4) грунтовка и герметик, (5) окончательная отделка и (6) крепления.

Несмотря на все преимущества, применение ETICS не застраховано от рисков: Отделка штукатуркой является хрупкой и может быть повреждена механическим воздействием, например, птицы могут легко строить гнезда в ETICS. В частности, на некоторых поверхностях, таких как подъезды зданий, с высокой активностью проходящих через них жильцов, материал зачастую оказывается недостаточно устойчивым. В частности, штукатурка подвергается механическому воздействию. Кроме того, некоторые материалы являются проблематичными с экологической точки зрения, так как во многих видах штукатурки содержатся биоциды или фунгициды, которые помогают предотвратить образование плесени и другие проблемы, вызываемые влажностью. В то же время эти вещества вымываются дождевыми стоками и загрязняют окружающую среду. Средний срок службы таких систем оценивается в 25–40 лет.

Второй способ утепления, называемый вентилируемым фасадом, является более дорогостоящим, но и более долговечным и надежным способом. Его особенностью является установка на теплоизоляционный слой наружной обшивки с воздушным зазором. Это дает возможность вывода пара из стен и утеплителя в вентиляционный зазор, откуда он свободно выносится воздушными потоками. Изоляция в этом случае защищена от механических и погодных воздействий внешней оболочкой из твердых материалов (дерево, металл, керамические материалы).

Данная технология удобна отсутствием работ с «мокрыми» растворами, что позволяет вести работы по утеплению в холодное время года. Ремонтные работы могут быть проведены быстрее, так как не нужно ждать высыхания штукатурки, грунтовки или краски. Однако, если строительство не было выполнено должным образом, дождевые стоки могут просочиться через небольшие зазоры и вызвать рост плесени. В таком случае изоляция впитывает влагу, что затрудняет выполнение основной ее функции. Точность установки и периодичность техобслуживания крайне важны для предотвращения проблем, вызываемых влажностью.

Помимо фасадов, необходимо также предусмотреть утепление чердачных и подвальных помещений, осуществляя утепление в соответствии с принятой концепцией теплого контура (отапливаемые или неотапливаемые чердаки и подвалы). Среди популярных материалов, применяемых для внешней теплоизоляции, лидером является гранулированный пенополистирол, известный как пенопласт. Этот легкий материал имеет крайне низкое водопоглощение и отличные теплоизоляционные свойства.

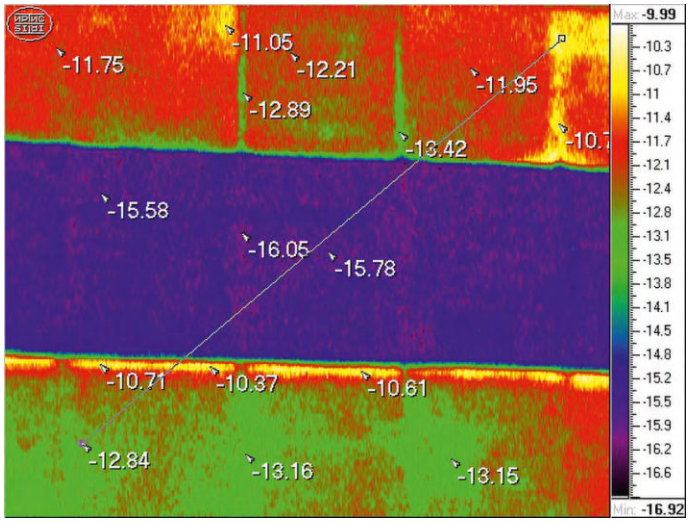
Рис. 3.10. Утепленные боковые фасады зданий в г. Кировск Ленинградской области. Слева: утепление по типу ETICS подвержено воздействию вандалов. Справа: вентилируемый фасад.

Более плотный и жесткий экструдированный пенополистирол, или пеноплекс, по всем характеристикам превосходит пенопласт, но применяется реже из-за более высокой стоимости. Достаточно часто в качестве утеплителя используется пенополиуретан, представляющий собой жидкость, которая на воздухе превращается в быстро затвердевающую пену. Относительно высокая цена и необходимость применения дополнительного оборудования затрудняют применение этого материала, но для сложных фасадов подобная технология бывает незаменима. И, наконец, лидер по использованию в системах теплоизоляции — минеральная вата. Её монтаж осложняется тем, что она впитывает влагу, поэтому для её применения следует предусматривать дополнительный слой гидроизоляции (например, полиэтилена).

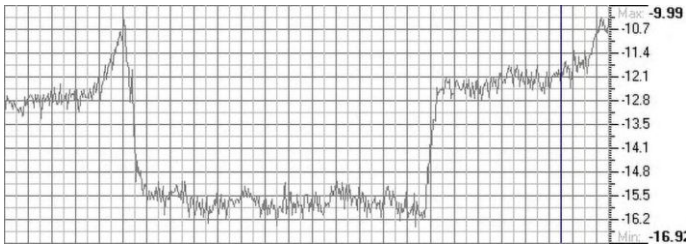
При теплоизоляции фасада здания следует учесть такой фактор, как паропроницаемость утеплителя и материала стен. По правилам, этот показатель должен возрастать наружу. Поэтому утепление стен из газобетона или пенобетона возможно только с помощью минеральной ваты. Остальные утеплители могут применяться для таких стен, если делается специальный вентиляционный зазор между стеной и утеплителем. В последнее время список теплоизоляционных материалов дополнили специальные мастики, которые, согласно рекламным документам, содержат микрокапсулы, заполненные воздухом. По утверждению авторов этих разработок, при специальной подготовке этих мастик перед нанесением, микрокапсулы всплывают и при нанесении образуют слой, сопоставимый по теплозащитным характеристикам с известными теплоизоляционными материалами. Здания, окрашенные такими мастиками, есть, например, во Владивостоке. На рис. 3.11 изображена термограмма одного из фасадов 9-этажного здания, возведенного в 1986 г. В верхней части термограммы – неизолированная часть стенки. В средней – участок, изолированный пенополистирольными плитами толщиной 50 мм, оштукатуренными по сетке. В нижней части – участок, окрашенный теплоизолирующей мастикой.

Из термограммы видно, что керамзитобетонные панели не обладают необходимым сопротивления теплопередаче – температура на поверхности стенки (−10,0 — −13,64 °С) на 3-6 °С выше температуры наружного воздуха (−16,5 °С). Окрашивание стенки теплоизолирующей мастикой (нижняя часть стенки) не сильно увеличило сопротивление теплопередаче (преобладают зеленые оттенки). Применение пенополистирольных плит (средняя часть стенки) повысило сопротивление теплопередаче до требуемого уровня, что приблизило температуру поверхности стенки к температуре наружного воздуха. Но теплоизолированная поверхность не покрывает весь фасад полностью. Поэтому на термограмме виден краевой эффект в виде значительного повышения температуры по нижней границе тепловой изоляции. Его можно было бы увидеть и по верхней границе, но термографирование производилось снизу, поэтому изменения теплового потока на верхней границе выступающей тепловой защиты не видны.

Повышение температуры на границах тепловой изоляции означает, что тепловой поток устремился по линии наименьшего сопротивления, вследствие чего повысилась теплопередача, как в окружающую среду, так и через потолочное перекрытие и пол в соседние квартиры. Чтобы исключить подобные результаты или сделать их минимальными, необходимо утеплить весь фасад дома. А лучше утеплить все его фасады, не забыв установить общедомовые теплосчетчики.



а) термограмма, полученная тепловизором ИРТИС;



б) термопрофиль поверхности стены по диагонали «сверху-вниз»

Рис. 3.11. Оценка качества тепловой защиты северо-восточного фасада крупнопанельного дома во Владивостоке ($t_{нар. возд.}$ = -16,5 °С)

4. Энергетический аудит и энергетический паспорт здания

По принятому в 2009 году федеральному закону «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» [16] все здания, которые построены, реконструированы или прошли капитальный ремонт со времени ввода в действие данного закона, должны отвечать требованиям энергоэффективности, что следует подтверждать проведенным энергетическим обследованием. Энергетическое обследование остается добровольным для старых многоквартирных домов, построенных до 2009 года, за исключением зданий, находящихся в государственной собственности или управляемых компаниями, которые в совокупности тратят на энергоресурсы более 50 млн рублей в год. На основании энергетического обследования составляется документ, называемый энергетическим паспортом. Энергетический паспорт здания содержит данные о расходах тепловых энергоресурсов на отопление и вентиляцию здания. Этот документ также подтверждает, что энергетические характеристики здания соответствуют требуемым показателям и нормативам, соблюдение которых является обязательным согласно законодательству России. Без разработки паспорта энергоэффективности компания не сможет осуществить ввод объекта завершенного строительства в эксплуатацию. В законе определены лишь несколько типов зданий, на которые требования энергетической эффективности не распространяются. Это религиозные здания, памятники истории и культуры, временные постройки, индивидуальное жилое строительство, садовые и дачные дома, а также строения общей площадью до 50 квадратных метров. Все остальные жилые, общественные и производственные здания для ввода в эксплуатацию должны получить энергетический паспорт.

Для подготовки энергетического паспорта здания необходимо обратиться в аккредитованную организацию. Такая организация должна иметь в своем штате специалистов-энергоаудиторов, прошедших специальное обучение и получивших соответствующую лицензию. При выборе организации-подрядчика важно помнить, что, в соответствии с требованиями законодательства, любая компания, оказывающая услуги энергоаудита, должна состоять в соответствующей саморегулируемой организации (СРО). Эти профессиональные объединения разрабатывают и утверждают стандарты и правила ведения профессиональной деятельности энергоаудиторов, которые должны выполняться всеми членами СРО; анализируют работу членов СРО, организуют профессиональное обучение, ведут реестр своих членов и разделяют ответственность за качество выполнения работ своими членами, определяя меры воздействия к нарушителям стандартов и правил профессиональной работы.

Энергетический паспорт здания составляется на основании данных, полученных в результате энергоаудита. Энергоаудит — это комплексное энергетическое обследование здания, которое затрагивает все вопросы энергосбережения и энергопотребления. Кроме определения показателей энергетической эффективности здания, объема используемых энергоресурсов и оснащенности здания приборами учета, энергоаудит предполагает выявление источников нерациональных энергозатрат и неоправданных потерь электроэнергии, определение потенциала энергосбережения и разработку комплексной программы сбережения энергии и тепла в здании.

Основной этап энергоаудита — сбор данных. Для этого используются различные методы, прежде всего визуальный осмотр здания, изучение проектной документации, анализ показаний счетчиков энергоресурсов, тепловизионные исследования и другое. Некоторые расчетные значения, такие, как продолжительность отопительного периода, средняя температура наружного воздуха за отопительный период, поступления солнечного света на вертикальные поверхности наружных стен и некоторые другие, получают из климатических справочников.

После окончания энергетического обследования аудиторская организация готовит отчет, который направляется на экспертизу и согласование в СРО, членами которой энергоаудиторы являются. Если к проекту отчета нет замечаний, и он проходит контроль качества, то СРО присваивает номер энергопаспорту и направляет соответствующий документ в Министерство энергетики для внесения его в реестр.

Энергетический паспорт здания действует на протяжении 5 лет с момента выдачи. По прошествии 5 лет необходимо снова пригласить энергоаудиторов для проведения энергетического обследования здания и получения нового энергопаспорта. Владельцы домов, не оформившие на них энергетический паспорт, наказываются штрафом.

Представляет интерес расчет одного из определяющих параметров энергетической эффективности здания — сопротивления теплопередаче стен. Для этого необходимо использовать измерения температуры наружных и внутренних поверхностей стен, а также наружной и внутренней температуры воздуха. Обычно для решения этой задачи используются тепловизоры, при этом выполнять измерения рекомендуется при температуре наружного воздуха ниже -15°С. Кроме того, тепловизор должен обладать возможностью безошибочно сканировать блестящие поверхности

и обладать функцией «вырезания» на термографируемой поверхности некоторого участка с предоставлением пороговых (максимальных и минимальных) и среднего значений температуры на фрагменте.

Вычисление значений полного сопротивления теплопередаче следует проводить по формуле:

$$R_o^{факт} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{n \cdot (\tau_{вп} - \tau_{нп})}{(t_в - \tau_{вп}) \cdot \alpha_{\text{int}}} + \frac{1}{\alpha_{ext}}$$

где

$t_в$ — температура внутреннего воздуха по результатам измерения;

$\tau_{вп}$ — температура внутренней поверхности стенки по термограмме;

$\tau_{нп}$ — температура наружной поверхности стенки по термограмме;

α_{int} — коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к стенке;

α_{ext} — коэффициент теплоотдачи от стенки наружному воздуху;

n — коэффициент, учитывающий зависимость положения ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху (n = 1 для наружных стен).

Значения коэффициентов теплоотдачи следует принимать по таблицам, приведенным в [23, 27].

Изменения температуры на внутренней и внешней поверхности стены здания происходит с некоторой инерцией, поэтому расчет сопротивления теплопередаче по приведенной выше формуле следует проводить путем изменения сочетаний $\tau_{вп}$ и $\tau_{нп}$ в границах «вырезанной» области термограммы при постоянных значениях других параметров. Таким образом, при десяти выбранных значениях $\tau_{вп}$ и $\tau_{нп}$ можно получить сотню расчетных вариантов значений сопротивления теплопередаче. Среднее из этих расчетов и можно считать приближенным значением сопротивления теплопередаче для термографированного участка стены. Для более полного представления о параметре нужно провести аналогичные расчеты для всех фасадов здания. Среднее из полученных оценок следует использовать для дальнейших расчетов.

В целом расчет сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания не составляет особого труда, если эту процедуру проводить, например, в Excel. Необходимо лишь учитывать некоторые особенности работы:

1. Термографирование наружных поверхностей здания следует проводить в самый холодный период суток до восхода Солнца.

2. Для расчета сопротивления теплопередаче по данным термографирования необходимо выбирать участки наружных стен, расположенные как можно дальше от отопительных приборов.

3. Участки стен, термографируемые для расчета сопротивления теплопередаче, должны быть расположены, по возможности, напротив друг друга с внутренней и с наружной поверхности стены.

4. Участки термографируемых поверхностей стен, рассматриваемые для сбора фактических значений Твп и Тнп, должны быть, по возможности, небольшого размера.

5. При выполнении расчетов необходимо внимательно и ответственно относиться к соблюдению размерностей параметров в расчетах. Соблюдение этих простых требований позволит оценить фактические теплофизические характеристики здания и потери тепла, чтобы принять решение относительно утепления фасадов здания.

5. Оценка некоторых способов отопления здания

Применение различных способов отопления зданий может зависеть от многих факторов, таких как эффективность, экологическая устойчивость, экономическая целесообразность и доступность ресурсов. Выбор оптимального способа отопления зависит от местных условий, целей энергоэффективности, финансовых возможностей и экологических критериев. Часто наилучший результат достигается при использовании комбинированных подходов, учитывающих разнообразие источников энергии.

5.1. Использование нетрадиционных видов топлива

Традиционные виды топлива включают в себя те, которые долгое время использовались для получения энергии и широко применялись в промышленности и повседневной жизни. Это уголь, нефть и продукты ее переработки, и природный газ. Эти традиционные источники топлива имеют свои преимущества, но их использование сопряжено с рядом проблем, такими как загрязнение окружающей среды и ограниченные запасы. Переход к более чистым источникам энергии становится все более актуальным в свете растущего внимания к изменению климата и устойчивому развитию.

Дрова и торф также считаются традиционными видами топлива. Эти материалы долгое время использовались человечеством в качестве источников тепла для обогрева и приготовления пищи. Они относятся к биомассе, так как происходят от органических материалов. Древесина является одним из самых древних и распространенных источников тепла. Дрова используются в качестве топлива в печах, каминных топках и других отопительных устройствах. Торф представляет собой вязкое органическое вещество, образующееся из разложившихся растений в условиях высокой влажности. Он традиционно используется в некоторых регионах мира в качестве топлива для обогрева и котлов. Использование этих видов традиционного топлива может быть связано с определенными проблемами, например, связанными с добычей торфа или с деградацией лесов из-за избыточной вырубки деревьев для дров.В свете растущего интереса к устойчивому развитию и охране окружающей среды, появляются новые методы использования этих традиционных материалов с меньшим воздействием на природу.

Атомная энергия не всегда включается в общепринятую категорию традиционных источников топлива. Сторонники атомной энергетики считают ее альтернативной, чистой и климатически нейтральной, поскольку при ее выработке и использовании не выделяются значительные объемы углекислого газа, в отличие от традиционных источников, хотя нет достоверных данных об углеродном след всего жизненного цикла АЭС. Важно отметить, что проблема утилизации ядерных отходов пока не имеет устойчивого решения, и остаются потенциальные риски ядерных аварий и возможности использования ядерных отходов в военных целях. Несмотря на эти вопросы, атомная энергия занимает значительное место в энергобалансе некоторых стран.

К нетрадиционным, или альтернативным источникам энергии принято относить солнечную и ветровую энергию, биомассу, биогаз, а также энергию воды в различных формах: гидроэнергетику, приливную и волновую энергии.

При этом гидроэнергетика, в целом, считается более экологически чистой по сравнению с некоторыми традиционными источниками энергии, такими как уголь и нефть, однако ее внедрение также не лишено некоторых экологических и социальных проблем. Постройка больших плотин и гидроэлектростанций всегда приводит к изменениям в речных экосистемах. Затопление больших площадей для создания водохранилищ воздействует на местные виды растений и животных, а также меняет характеристики воды. При затоплении растительности в результате формирования водохранилищ происходит гниение органического материала, что приводит к выделению метана, который является парниковым газом. Плотины и гидроэлектростанции могут блокировать миграцию рыб и воздействовать на рыбные популяции, что, в свою очередь, может привести к ухудшению рыболовства. При строительстве гидроэлектростанций может потребоваться эвакуировать население из затопляемых районов, что может привести к социальным и экономическим проблемам для затронутых сообществ. Наконец, использование гидроэлектростанций повышает риск техногенных катастроф, связанных с прорывом плотин.

Несмотря на эти проблемы, многие гидроэлектростанции существенно улучшили свои технологии и стратегии управления, чтобы минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и социальные аспекты. Подходы к оценке экологического воздей-

ствия и строительства более «экологически чистых» гидроэлектростанций продолжают развиваться.

При использовании нетрадиционных видов топлива в системах отопления реализуются разнообразные подходы, включающие в себя использование биомассы, биогаза, биодизеля и других альтернативных источников энергии. Биомасса представляет собой органические материалы, такие как древесина, сельскохозяйственные отходы, древесные опилки и другие растительные и животные отходы. Преимущества использования этого вида топлива обусловлены возможностью использования сельскохозяйственных отходов и лесозаготовок. К тому же это экологически чистый и возобновляемый ресурс. К недостаткам можно отнести влияние на биоразнообразие при неуправляемой вырубке деревьев.

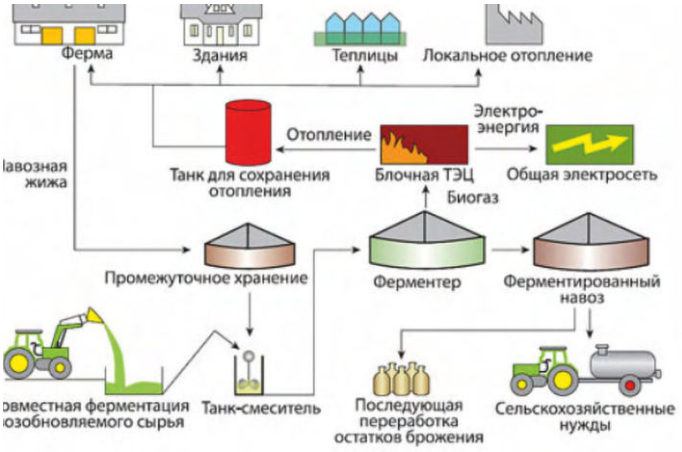


Рис. 5.1. Схема производства и использования биогаза

Биогаз образуется при биологическом разложении органических материалов в условиях отсутствия кислорода. Это также возобновляемый источник энергии, производство которого возможно из органических отходов и сточных вод. К сожалению, высокие технологические требования для сбора биогаза и недостаточная стабильность поставок такого топлива затрудняют его широкое применение. Биодизель вырабатывается из растительных масел и животных жиров. Основным преимуществом его использования является возможность применения в существующих дизельных системах без модификаций. При сгорании биодизеля выделяется такое же количество углекислого газа, которое было потреблено из атмосферы растением, являющимся исходным сырьём для производства масла. В этом смысле биодизель можно считать топливом с незначительным углеродным следом. Однако не следует забывать, что энергия и ресурсы затрачиваются также для сбора и переработки растительного сырья в биодизель, так что углеродный след полной технологической цепочки производства биодизеля может быть довольно высок. Главным же недостатком использования биодизеля первого поколения являются большие площади для производства масличных культур, которые иначе могли бы быть использованы для обеспечения продовольственной безопасности. Ежегодные колебания в ценах на сырье для производства биодизеля могут также влиять на экономическую целесообразность его использования. В то же время, биодизель второго поколения, производимый из масложировых отходов, получаемых в процессе производства пищи, представляет собой более приемлемую альтернативу ископаемым видам топлива.

Другим источником тепла для отопления зданий может служить геотермальная энергия. Тепловой поток, проходящий из недр Земли через её поверхность, составляет 400 тыс. ТВт·ч в год, что в 17 раз больше всей мировой выработки электроэнергии. Однако плотность теплового потока при этом составляет менее 0,1 Вт/м^2 (в тысячи и десятки тысяч раз меньше плотности солнечного излучения), что затрудняет её использование. Мы рассмотрим использование геотермальных скважин для тепловых насосов в следующей части этой главы, однако в узком смысле хозяйственное применение геотермальной энергии для отопления зданий распространено в основном в геологически активных районах. Наибольшую известность получили достижения Исландии, где действуют пять теплофикационных геотермальных электростанций, используемых для нужд отопления и производящих около 25% всей электроэнергии в стране.

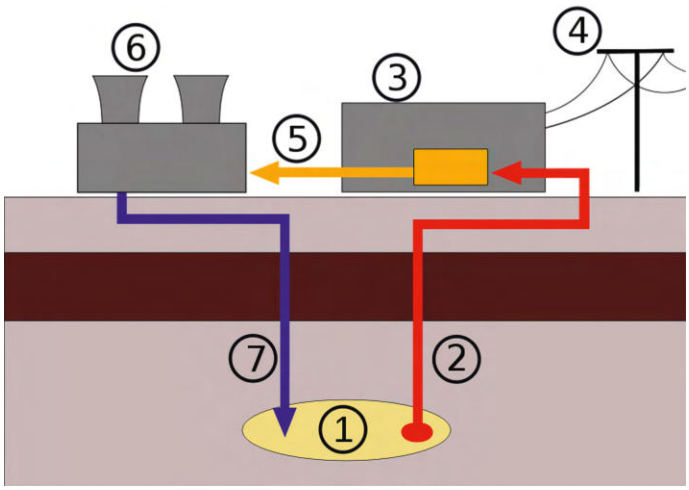


Рис. 5.2. Схема геотермальной станции: 1. Полости с горячей водой; 2. Пар; 3. Электростанция (турбогенератор); 4. Электросеть; 5. Остаточная вода; 6. Пункт теплоснабжения с градирней; 7. Возврат воды.

Учитывая, что запасы тепла Земли практически неисчерпаемы, геотермальную энергию относят к возобновляемым источникам. В тех регионах Земли, где этой энергией можно воспользоваться, ее применение эффективно. В 2021 году американское космическое агентство НАСА выступило с амбициозным предложением строительства ГеоТЭС в районе Йеллоустонского магматического пузыря. По утверждениям геофизиков и инженеров, реализация такого плана смогла бы не только обеспечить дешевой энергией

Северо-Запад США, но и снизила бы риск взрывного извержения вулкана в Йеллоустоне, которое, по их утверждениям, представляет собой куда большую угрозу, чем столкновение Земли с астероидом.

Наконец, еще одно энергетическое решение, активно развиваемое в последние годы — это водородная энергетика. В водородных топливных элементах химическая энергия, высвобождаемая в результате взаимодействия водорода, получаемого из природного газа, с кислородом из воздуха, преобразуется в электрическую энергию и тепло. Водородная энергетика еще только развивается, поэтому технологии использования топливных элементов для отопления и электроснабжения жилых зданий пока еще дороги и мало распространены, но эффективность применения таких устройств для совместной выработки тепла и электричества достигает 90 % (поскольку в них не происходит реакции сгорания, тепло и электроэнергия могут использоваться непосредственно). С точки зрения влияния данной технологии на климат, важным аспектом является способ получения водорода. Именно поэтому широко применяется цветовая классификация водорода: белый водород естественным образом вырабатывается или присутствует в земной коре; зеленый водород получают при помощи электролиза, при этом электроэнергия для его производства вырабатывается возобновляемыми источниками; желтый водород также добывается электролитическим способом, но электроэнергия производится атомными станциями. Около 70 % производимого водорода — так называемый серый водород, который производится путем паровой конверсии метана. Для его получения затрачивается природный газ, так что это наименее устойчивый способ получения водорода.

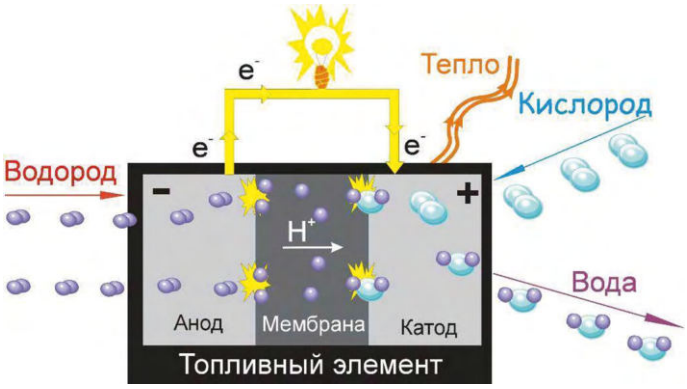


Рис. 5.3. Схема работы топливного элемента

Вопросы использования солнечной энергии для целей отопления мы обсудим отдельно. В целом, эффективное использование нетрадиционных видов топлива требует тщательного анализа местных условий, ресурсов и технологических возможностей. Комбинация различных источников энергии может предложить наилучший результат в сфере отопления зданий, обеспечивая устойчивость и эффективность.

5.2. Об эффективности электроотопления

Электроотопление — это метод обеспечения тепла в зданиях, использующий электрическую энергию для преобразования ее в тепловую энергию. При производстве электроэнергии путем сжигания ископаемых видов топлива происходит преобразование тепловой энергии в электрическую. Такой переход из одной формы энергии в другую всегда сопровождается энергетическими потерями, так что, в строгом смысле, использование электроотопления является не самым эффективным и экологичным способом теплоснабжения. Вместе с тем, при использовании возобновляемых, и особенно локальных источников энергии для производства электричества, таких как солнечная, ветровая или гидроэнергия, электроотопление может быть вполне оправданным вариантом. В противном случае стоимость такого отопления может быть несоразмерна по сравнению с отоплением другими способами. Поскольку, к сожалению, использование электроэнергии для покрытия дефицита тепла распространено повсеместно, в холодный период года нагрузка на электрические сети возрастает многократно, напряжение в сети может снижаться и эффективность электрических отопительных приборов падает. Наиболее распространенными электрическими нагревателями являются тепловентиляторы, которые нагнетают нагреваемый воздух при помощи лопастей, а также масляные радиаторы, внутри которых находится минеральное масло, нагреваемое от электрической спирали и передающее затем тепло в помещение. Более энергоэффективные обогревательные приборы конвекторного типа или инфракрасные нагреватели могут затрачивать меньше энергии на обогрев помещений. Автоматизированные системы управления могут снизить расход энергии, поддерживая оптимальные условия в здании. Несколько снизить финансовые затраты на применение электрообогревателей может их использование в ночное время в случае установки двухтарифных счетчиков электроэнергии. Однако это не приводит к уменьшению количества потребляемой энергии. И наконец, новые технологии, такие как инверторные системы и электрические тепловые насосы, могут заметно повысить эффективность электроотопления. О таких устройствах мы поговорим в следующей части этой главы.

5.3. Тепловые насосы в системах отопления

Тепловой насос (ТН) — это устройство, которое переносит тепло из одной среды в другую с использованием цикла сжатия и расширения хладагента. Тепловые насосы могут использоваться для отопления зданий, а также для производства горячей воды. Принцип работы теплового насоса объясняется на рисунке 5.4.

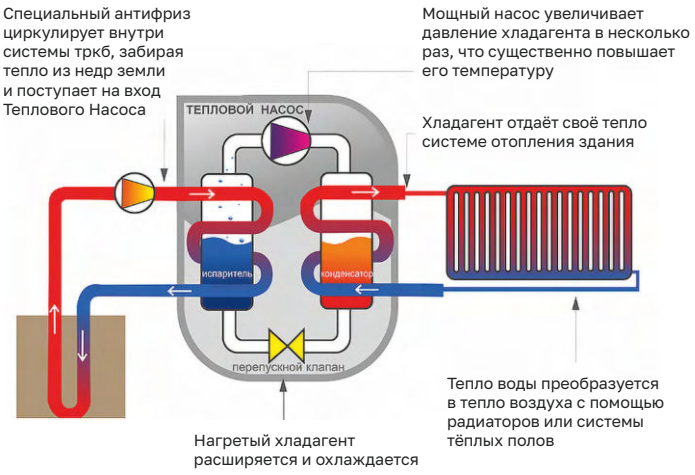


Рис. 5.4. Устройство теплового насоса

В геотермальных тепловых насосах тепло извлекается из земли или воды, при этом в почве или под водой на глубине 1-2 метра размещается система труб, выполняющая роль коллектора тепла. Иногда используются коллекторы скважинного типа, в этом случае тепло собирается вдоль скважины глубиной до 100 м. Тепловой насос сжимает хладагент, повышая его температуру. Горячий хладагент поступает внутрь помещения, где через систему теплообменников (обычно радиаторы или тепловентиляторы) отдает свое тепло в воздух помещения, или нагревая теплоноситель в системе отопления.

В последние годы на рынке появились инверторные воздушные тепловые насосы, которые извлекают тепловую энергию из воздуха, даже при низких температурах. Внешне эти устройства напоминают кондиционеры, с расположенным на наружной стороне здания теплообменником и внутренним блоком, обеспечивающим циркуляцию нагретого воздуха или воды в системах отопления. При использовании тепла из окружающей среды тепловой насос на 1 кВт□ч электрической энергии, затраченной на свою работу, производит для помещения 3–5 кВт□ч тепловой энергии. Тепловые насосы могут выполнять и функцию охлаждения в летний период, переворачивая цикл и извлекая тепло из помещения. Основным недостатком таких систем отопления является их высокая стоимость, а в случае воздушных тепловых насосов — зависимость от погодных условий (при температурах ниже -15 °C их эффективность снижается). Эффективность геотермальных тепловых насосов не зависит от окружающей температуры, поскольку коллектор тепла устанавливается в почве обычно ниже уровня промерзания, но затраты на его монтаж на порядок выше, чем для воздушного теплового насоса из-за земляных работ. Тем не менее, тепловые насосы становятся все более популярными в современных системах отопления, так как они представляют собой энергоэффективную и экологически устойчивую альтернативу.

5.4. Использование энергии Солнца в системах теплоснабжения

Использование солнечной энергии представляет собой перспективное решение для обеспечения зданий теплом и горячей водой. Несмотря на ограничения, прежде всего климатические и экономические, солнечные тепловые системы являются чистым и эффективным методом отопления, способствуя снижению зависимости от традиционных источников энергии.

Для нагрева воды можно использовать различные типы коллекторов солнечной энергии, которые используют солнечный свет для передачи тепловой энергии теплоносителю в трубах.

Рис. 5.5. Солнечный коллектор

Простейший солнечный водонагреватель (солнечный коллектор) состоит из короба со змеевиком, бака холодной воды, бака-накопителя и труб. Короб устанавливается под углом 30-50 ° на южной стороне здания. Обращенная к Солнцу поверхность панели может быть покрыта специальным материалом, который обладает высокой поглощательной способностью. Холодная вода подается в нижнюю часть короба, нагревается, и затем попадает в резервуары-накопители, откуда может расходоваться для отопления и горячего водоснабжения. Для нагрева 100 литров воды система должна иметь 2–3 м^2 площади коллектора, который способен обеспечить температуру воды на уровне 90 °C в солнечный день и 50 °C в зимнее время.

Для достижения более высокой температуры теплоносителя поверхность панели покрывает-

ся спектрально-селективными слоями, которые активно поглощают коротковолновое солнечное излучение и предотвращают собственное тепловое излучение в длинноволновой части спектра.

Еще один способ повышения эффективности плоских коллекторов — это создание вакуума между тепловоспринимающей панелью и прозрачной изоляцией, что сводит к минимуму потери тепла (вакуумные солнечные коллекторы четвертого поколения). Это позволяет почти полностью устранить выделение тепла в окружающую среду за счет низкой теплопроводности вакуума. Потери из-за излучения будут невелики за счет использования селективного покрытия. Благодаря низкому общему коэффициенту потерь в вакуумном коллекторе теплоноситель внутри него может нагреваться до температуры 120–160°C.

Солнечные коллекторы легко интегрируются в существующие системы теплоснабжения. Они подходят для всех типов климата (даже для холодного с температурой до -50°C) и могут использоваться в условиях низкого уровня солнечного излучения. Коллектор оснащается контроллером, который автоматически поддерживает оптимальные параметры циркуляции, имеет режим предотвращения замерзания, и обеспечивает требуемую температуру. В случае недостаточной солнечной активности, в комплект с контроллером может входить дополнительный электронагреватель, который устанавливается в баке-аккумуляторе.

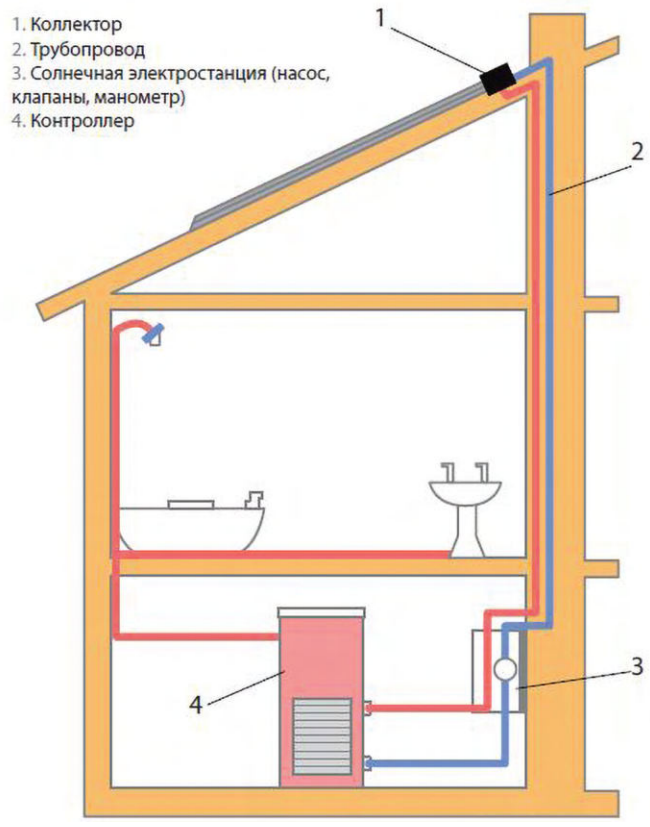


Рис. 5.6. Водоснабжение с использованием солнечного коллектора

Солнечная энергия может быть также использована для производства электрической энергии при помощи фотоэлектрических преобразователей. Они основаны на фотогальваническом эффекте — физическом явлении, в ходе которого происходит взаимодействие света с веществом, в результате чего энергия фотонов передаётся электронам вещества. Для повышения мощности устройства несколько таких фотоэлектрических элементов, как правило, объединяют в модули солнечных батарей. Полученная таким образом электроэнергия может, в том числе, расходоваться на отопление здания.

5.5. Комбинированные системы в отоплении

Недостаток многих систем отопления, основанных на альтернативных источниках энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, состоит в неустойчивом характере поступления такой энергии. Безветренная погода приводит к остановке ветрогенератора, а пасмурное небо снижает эффективность работы солнечных батарей. Низкие температуры наружного воздуха приводят к повышенной нагрузки на сети электроснабжения, а также к снижению эффективности воздушных тепловых насосов.

Комбинированные системы в отоплении представляют собой интеграцию различных технологий и источников энергии для оптимизации эффективности и устойчивости теплоснабжения. Эти системы объединяют различные методы для обеспечения более эффективного и устойчивого отопления.

Прежде всего, это сочетание различных источников тепла, например воздушные тепловые насосы «воздух-вода», обеспечивающие температуру теплоносителя в системе отопления, могут комбинироваться с солнечными коллекторами для более стабильного и устойчивого отопления. Газовый котел или дровяная печка может использоваться в качестве резервного источника тепла, когда нужно быстро прогреть жилище или во время пиковых нагрузок на электросеть.

Набирают популярность системы хранения энергии, такие, как теплоаккумуляторы, хранящие избыточное тепло для использования в периоды пикового спроса, или для расходования энергии от солнечных коллекторов в ночное время. Применение таких специальных теплоизолированных буферных емкостей, напрямую соединенных с теплообменным контуром котла, позволяет поддерживать постоянную температуру теплоносителя длительное время. Применение интеллектуальных систем управления позволяет оптимизировать работу различных компонентов системы отопления, вентиляции и кондиционирования в реальном времени, основываясь на

текущих условиях и потребностях. Умные термостаты могут осуществлять регулирование температуры в зависимости от времени суток, прогноза погоды и предпочтений пользователей, способствуя энергосбережению. Гибридные системы объединяют несколько источников энергии для создания устойчивой системы с более низкими эксплуатационными расходами и снижением воздействия на окружающую среду. Сокращая затраты тепловой и электрической энергии, комбинированные системы являются экономически выгодными в долгосрочной перспективе.

5.6. Рекуператоры тепла в системах вентиляции и водоснабжения

Рассматривая различные способы отопления зданий, нельзя не коснуться технологии, которая позволяет сократить расходы тепла, связанные с вентиляцией жилых помещений. Речь идет о рекуперации тепла, когда приточный воздух в помещении в процессе вентиляции нагревается от удаляемого воздуха. Принудительные системы вентиляции с рекуперацией тепла популярны в частных домах и могут быть достаточно просто реализованы в многоквартирных домах.

В жилых зданиях для вентиляции используют перекрестные, роторные и противоточные теплообменники. Средняя эффективность перекрёстного теплообменника составляет 55%, роторного теплообменника — 70%, а противоточного теплообменника — 85%. В дополнение к рекуперации тепла роторный теплообменник восстанавливает уровень влажности в зимний период.

Теплообменники представляют собой устройства, где два потока воздуха (свежего и отработанного) проходят через отдельные каналы с теплообменной поверхностью между ними. Тепло передается от потока отработанного воздуха на поток свежего воздуха без их смешивания. Это позволяет предварительно подогревать свежий воздух, поступающий в помещение, с использованием тепла, которое было бы утеряно при его удалении.

Роторные теплообменники содержат вращающийся ротор с высокой теплопроводностью. Потоки воздуха проходят через ротор в разных направлениях, и тепло передается от одного потока к другому через поверхность ротора. Этот процесс также позволяет эффективно использовать тепло отработанного воздуха для предварительного подогрева свежего воздуха.

Рекуперация тепла в системах вентиляции помогает уменьшить энергопотребление для отопления или охлаждения помещения, что приводит к снижению эксплуатационных расходов и более эффективному использованию энергии. Она особенно полезна в холодных климатических условиях.

Рекуперация тепла применяется также и в системе водоснабжения. Принцип тот же: поступающая в здание холодная вода через теплообменник предварительно нагревается от сточных вод из душа и раковин, как показано на рис. 5.8.

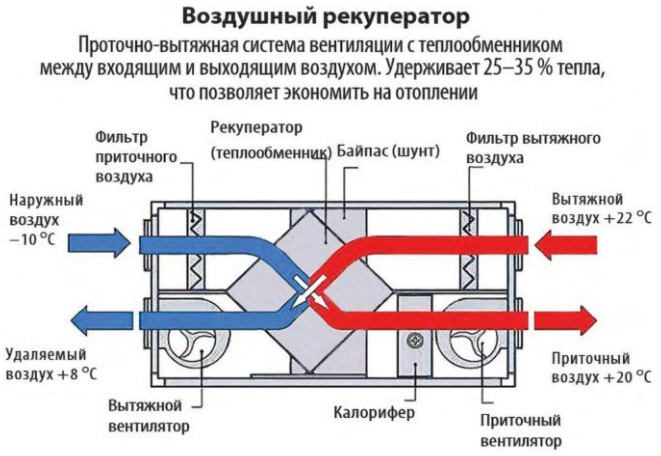


Рис. 5.7. Водоснабжение с использованием солнечного коллектора

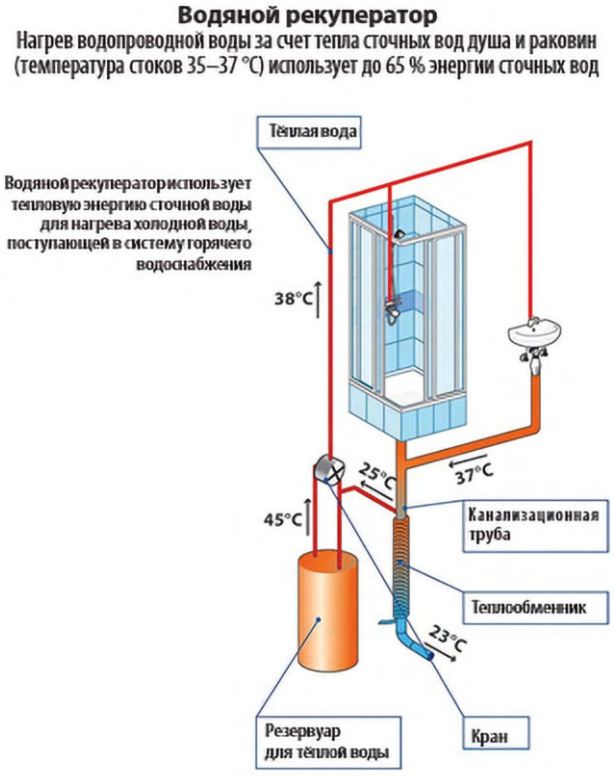


Рис. 5.8. Устройство водного рекуператора

6. Разработка школьных проектов в сфере теплосбережения

В конце 60-х годов XX века был придуман способ, как лучше организовывать и контролировать проекты, чтобы они успешно реализовывались. Этот способ называется логико-структурным подходом (ЛСП). С тех пор многие менеджеры проектов, а также организации, которые реализуют проекты, используют этот метод для планирования и управления.

Разработка и реализация самого небольшого практического проекта в сфере теплосбережения может быть осуществлена по давно известным принципам управления проектами, знакомство с которыми поможет и при осуществлении более амбициозных задач. В Приложении 2 к этой брошюре описан традиционный инструмент менеджера проектов, который, мы уверены, поможет школьным проектным командам освоить дополнительные гибкие навыки, такие как лидерство, управление проектами, коммуникация и умение работать в команде.

С 2005 года в России проходит ежегодный конкурс школьных проектов «Энергия и среда обитания» в рамках проекта ШПИРЭ. Школьники или коллективы учащихся представляют на конкурс свои проекты по темам энерго- и ресурсоэффективности, возобновляемых источников энергии, а также информационные просветительские материалы для населения о простых способах разумного, эффективного и экономного потребления энергии и ресурсов. Цель конкурса — мотивировать школьников, школьные коллективы, семьи и местные сообщества к практическому внедрению мер энерго- и ресурсоэффективности, и с помощью этих проектов снизить выбросы парниковых газов, обусловленные чрезмерным или неэффективным потреблением ресурсов и энергии. Поэтому здесь мы рекомендуем те направления проектов, в которых исследование и анализ ситуации приводят к решениям, к планированию или реализации их на практике.

Проекты по повышению теплоэффективности здания могут стать важной частью Климатического плана школы, включающего как меры адаптации к изменению климата, так и действия по снижению выбросов парниковых газов.

Любому проекту должен предшествовать комплексный энергоаудит. Такой энергоаудит был проведен для всех зданий бюджетных организаций несколько лет назад специализированными компаниями согласно Федеральному Закону от 23.11.2009 № 261-ФЗ [16] и подзаконных актов по его реализации. И результаты энергоаудита, и рекомендации по повышении энергоэффективности здания, выработанные специалистами компании, проводившей энергоаудит, должны быть у руководителя организации (директора школы, детского сада. дома творчества, другого государственного учреждения). Теплоаудит жилых зданий был проведен в рамках пилотных проектов в некоторых регионах России. Такие здания легко опознать по установленной на фасадной стене табличке с классом теплоэффективности (от A++ до G) (см. рис. 3.3).

Для обновления данных и, главное, для лучшего погружения в проблему авторам проектов стоит провести собственный общественный теплоаудит. В этом поможет простой и недорогой тепловизор, который хоть и не даст достоверных цифр, но очень понятно в холодный сезон (или в сезон жары) покажет зоны с плохой теплоизоляцией. После тепловизионного осмотра стоит пройти по всем внутренним помещениям, где тепловизор показал плохую теплоизоляцию наружных стен, оценить по ощущениям и с помощью термометра общий тепловой комфорт и выявить зоны дискомфорта: холодные стены, полы или потолки, сквозняки. Такую работу стоит проводить не в одиночку, а с командой [21]. Обсудите с руководителем, членами команды (Экологического Совета школы, команды энергоаудиторов), с энергоменеджером здания (часто это завхоз) и представителем администрации школы, какие проблемы наиболее острые, как можно их решить. Составьте план действий с оценкой технических деталей и стоимости каждого решения, предполагаем эффектом экономии тепла и снижения выбросов парниковых газов (снижение выбросов за счет условной экономии тепла в предположении, что если теплопотребление потребителя уменьшается, то энергетики уменьшают выработку энергии). Оцените, с чего можно начать, выберите для практической реализации в первую очередь наиболее дешевые и технически несложные способы улучшения ситуации с привлечением средств школы, родителей, школьного спонсора.

Предметом проекта может быть как обоснование проблем и плана действий с оценкой ожидаемого результата, так и реализованный на практике проект с оценкой полученных результатов.

Ниже приведены 10 примерных направлений, рекомендуемых для разработки школьных проектов в сфере теплоэффективности и теплосбережения. В соответствии со знаниями, составом сторонников и партнеров и возможностями школы можно модифицировать темы для проектов, выбирать посильные компоненты деятельности, или комбинировать и развивать эти темы в интересующем направлении.

6.1. Повышение теплоэффективности радиаторов отопления

Такой проект может включать тепловизионное обследование здания с определением температуры внешней поверхности стен за радиаторами в отопмтельный сезон в разных погодных условиях, обнаружение потерь тепла через стены за радиаторами, измерение температуры в помещении в 1-2 метрах от отопительных радиаторов, установка утепляющего и теплоотражающего слоя за радиатором, измерение температуры в 1-2 метрах от радиатора после сделанной работы. Проделанную работу надо оценить с точки зрения сэкономленного тепла (условный источник энергии может вырабатывать меньше энергии, чтобы обеспечить ту же температуру, что было до установки теплоотражающего слоя) и соответствующего снижения выбросов парниковых газов за счет экономии топлива.

6.2. Улучшение теплоизолирующих свойств окон и дверей

В первую очередь в рамках такого проекта надо обследовать окна в том помещении, где есть проблемы — где холодно и есть сквозняки. Стоит проанализировать все возможные способы повышения теплоэффективности окон — а) утепление старым «дедовским способом» — вата, поролон, заклеивание щелей бумагой, б) установка недорогих эластичных синтетических прокладок, в) установка пластиковых стеклопакетов, г) восстановление и модернизация деревянных окон. Надо проанализировать не только теплоэффективность каждого решения, но и экологичность материалов, стоимость и окупаемость, а также оценить повышение теплоэффективности и комфорта, экономию энергии и соответствующее снижение выбросов парниковых газов за счет снижения выработки энергии.

Подобный проекты можно сделать и в отношение дверей, если вы обнаружите, что через двери теряется много тепла. Здесь имеет смысл применять не только утепление дверей, но и установку дверных доводчиков, сооружение входного тамбура (если его нет).

6.3. Экономия горячей воды в школе

Поскольку на подготовку горячей воды тратится большое количество энергии, ее эффективное и экономное использование в полной мере способствует повышению теплоэффективности здания в целом. Такой проект также начинается с аудита использования горячей воды — осмотра всех точек горячего водоснабжения и анализа, в каких помещениях, каким способом можно сэкономить: не только за счет энергоэффективного поведения, но и с помощью таких технических средств, как энергосберегающие насадки на краны, на технические шланги, если они используются для мытья помещений (например, кухни), энергосберегающие головки душа, использование фотоэлементов на кранах.

6.4. Эффективные и экологичные утеплительные материалы для здания

Как и в любом другом проекте энергоэффективности, начинать надо с энергоаудита. Полезно создать «клуб энергоаудиторов» или школьный Совет, который сможет провести энергетическую паспортизацию здания. Важно найти спонсоров для приобретения тепловизоров, найти консультантов для обучения методам энергоаудита и грамотного оформления энергетического паспорта. Если выполнены все доступные меры по утеплению окон и дверей, а тепловой комфорт в здании неудовлетворительный при нормативной подаче теплоносителя в систему отопления, стоит подумать об утеплении ограждающих конструкций здания (фасады, крыши, фундамент).

В школьных лабораториях можно провести экспериментальные работы с привлечением институтов строительного профиля по разработке эффективных теплоизоляционных материалов для тепловой защиты зданий и по оценке их параметров теплосопротивления, экологичности, гигроскопичности, пожаро- и водостойкости.

Результатом такого проекта будут рекомендации по утеплению ограждающих конструкций здания с помощью современных теплоэффективных пожаро- и водостойких теплоизоляционных материалов. В проекте необходимо оценить углеродный след производства новых пожаро- и водостойких теплоизоляционных материалов, а также снижение углеродного следа здания в результате их применения.

В таком проекте уместно рассмотреть возможность применения водного рекуператора, посчитать тепловую энергию сточных вод, оценив их объём и температуру. Можно посчитать потенциал сокращения энергопотребления на местный или централизованный подогрев горячей воды для дома и соответствующее снижение выбросов. Интересно проанализировать возможность приобретения водного рекуператора и окупаемости расходов, или техническую возможность изготовления простейшего водного рекуператора своими руками.

6.5. Повышение эффективности системы централизованных теплоисточников (котельных), к которым подключен жилой дом (школа)

Эта проблема включает два компонента: а) анализ качества получаемого теплоснабжения от котельной и действия для получения качественной услуги от теплоснабжающей организации согласно нормативам и (б) анализ и повышение эффективности системы отопления внутри здания.

Если при минимизированных теплопотерях здания тепловой комфорт по-прежнему неудовлетворителен, в помещениях зимой холодно, то причина может быть в неэффективности источника отопления. недостаточно подаче тепла в здание. Это может быть вызвано недостаточной мощностью источника, неэффективным оборудованием, или потерями при производстве и передаче тепла. Для решения этой проблемы надо подготовить аргументы, которые покажут проблему и помогут администрации школы принять необходимые действия.

Прежде всего следует провести анализ динамики тарифа на услуги отопления и оценку влияния энергетической составляющей себестоимости на динамику тарифа за последние 5–10 лет на основании квитанций, выставленных за оплату отопления и горячего водоснабжения (ГВС) и проведенного анализа динамики удельных расходов топлива, электроэнергии, воды (см. выше). Изучить динамику энергетической составляющей себестоимости (удельные расходы топлива, воды, электроэнергии на выработку и доставку к потребителю 1 Гкал теплоты) за последние 5-10 лет можно на основе поиска информации в открытых источниках о структуре себестоимости энергоресурсов.

Затем необходимо изучить динамику тарифа на услуги отопления и оценку влияния энергетической составляющей себестоимости на динамику тарифа за последние 5–10 лет на основании квитанций, выставленных на оплату отопления и предварительно проведенного анализа динамики удельных расходов топлива, электроэнергии, воды, и сделать вывод о соответствии (или несоответствии, недостаточности) удельных расходов энергоресурсов в здании значениям, требуемым документами федерального уровня (см. раздел 3).

Стоит оценить температуру и расход поступающего в здание теплоносителя, рассчитать получаемую тепловую энергию (Гкал в день, в месяц, в год) и сравнить результаты с нормативами.

Если все аргументы показывают неэффективность теплоснабжения, решением может быть обращение в теплоснабжающую организацию и администрацию региона о приведении технических параметров и энергетической эффективности теплоисточника в соответствие действующим требованиям, в т. ч. за счет когенерации электроэнергии. Это может сделать администрация организации, владеющей и/или управляющей зданием.

6.6. Повышение эффективности работы системы отопления внутри здания

Если параметры теплоснабжения соответствуют нормативам, сделаны работы по улучшению теплоизоляции окон, дверей, чердаков и подвалов, а тепловой комфорт в здании по-прежнему неудовлетворительный и температура на разных этажах разная, где-то прохладно, а где-то «перетоп», то надо искать причины. Для этого необходимо:

1. Исследовать температуру на каждом этаже здания.

2. Выяснить, какая система разводки отопления применяется в здании — однотрубная, незамкнутая, или двухтрубная, замкнутая.

3. Узнать у энергоменеджера (завхоза) о существующих проблемах.

4. Выяснить, есть ли возможности регулировки параметров отопления вручную.

5. Изучить возможности установки в здании узла учета и регулирования тепла, а также замены системы циркуляции теплоносителя.

6. Посчитать затраты на модернизацию системы отопления — установки двухтрубной замкнутой системы, если ее нет, установке теплового узла с автоматическим регулированием подачи теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха, установки регуляторов отопления для каждого помещения.

7. Оценить ожидаемое улучшение теплового комфорта.

8. Оценить потенциал экономии энергии при домовом регулировании тепла и регулировании тепла в отдельных помещениях, рассчитать ожидаемое снижение выбросов парниковых газов.

9. Оценить затраты на требуемую модернизацию и срок окупаемости (с учетом текущей стоимости отопления).

10. Показать администрации результаты проекта и обсудить возможности проведения модернизации.

6.7. Применение автономных источников энергии для здания

В таком проекте имеет смысл рассмотреть варианты альтернативного теплоснабжения — локальная газовая котельная, биокотельная, солнечный коллектор, тепловой насос и другие (см. раздел 5).

Необходимо проанализировать технические возможности — наличие оборудования на российском рынке, потребную мощность, доступность и стоимость топлива, наличие пространства, необходимого для безопасного размещения автономной котельной или другого источника. Важно оценить стоимость каждого решения, проанализировать возможные источники финансирования, срок окупаемости и ожидаемые финансовые выгоды и/или риски.

Ключевые для проекта критерии при условии обеспечения необходимого теплового комфорта — энергетические и экологические выгоды по сравнению с неэффективным централизованным источником и снижение углеродного следа.

6.8. Рекуперация тепла как способ экономии

Рекуператоры утилизируют тепло воздушных выбросов из вентиляции и теплых сточных вод (см раздел 5.6). Это эффективный способ уменьшения потребления энергии. Такие устройства могут стать важной частью комбинированной автономной системы отопления.

В проекте повышения теплоэффективности здания за счет применения рекуператоров воздуха и воды надо в первую очередь оценить доступный ресурс, используя информацию об объемах выбросов и сбросов и температурах вентилируемого воздуха и сточных вод. Оценить объем ресурса по рекуперации энергии из вентилируемого воздуха в здании можно по количеству возможных точек установки рекуператоров, предполагаемым расходам воздуха в рекуператорах и времени их работы. Взяв модельное значение температуры внутреннего воздуха в помещении (например, 20-22 °С) и внешнего воздуха (например, несколько значений: 0 °С, -10 °С и -20 °С) и по характеристикам рекуператоров посчитать температуру входящего воздуха.

Затем надо оценить доступность и типы воздушных рекуператоров и выбрать наиболее эффективные, а затем рассчитать объем тепловой энергии, который будет сэкономлен. Оценить потенциал тепла сточных вод можно, зная массу и температуру потребляемой горячей и холодной воды (например, тут).

Анализ доступных рекуператоров сточных вод и их параметров даст возможность оценить потенциал экономии энергии на подогрев воды в здании в целом или в отдельных помещениях (поскольку наиболее доступны пока рекуператоры «серых» сточных вод (отдельно для душа или раковины). Хотя существуют и промышленные варианты для больших объемов смешанных «серых» и «черных» сточных вод, их применение сопряжено с особыми условиями использования).

По суммарной энергии, сэкономленной за счет рекуператоров, надо посчитать ожидаемый эффект снижения выбросов парниковых газов.

6.9. Повышение теплоэффективности здания в целом за счёт теплоизоляции

Такой масштабный проект стоит начать с изучения результатов энергоаудита здания и рекомендаций по повышению энергоэффективности.

Оценить актуальное состояние теплоэффективности здания поможет:

— построение динамики удельного расхода теплоты за отопительные периоды в ретроспективе за 5-10 лет (удельный расход теплоты за отопительный период в Гкал на квадратный метр получают суммированием ежемесячных значений объемов расходов тепла (Гкал за месяц), которые указаны в квитанциях на оплату отопления, и последующим делением на площадь отапливаемого помещения);

— оценка соответствия полученной динамики предельным нормам удельного расхода теплоты за отопительные периоды, которые приведены в нормативных документах федерального значения (нормативы даются с учетом климатических характеристик места расположения здания).

Если фактический удельный расход теплоты за год превышает нормативы и все маломасштабные меры утепления (окон и дверей) выполнены, стоит рассмотреть вопрос о необходимости повышения тепловой защиты ограждающих конструкций здания. Менее затратные меры — утепление крыш и подвалов — можно сделать в рамках текущего ремонта, а утепление фасадов здания требует отдельного и немалого финансирования.

Это можно сделать только по решению администрации путем ее обращения в управляющую компанию, администрацию региона. Авторы такого проекта способствуют решению проблемы с помощью аргументов, основанных на расчете потенциала экономии расхода тепла после теплоизоляции, повышения теплового комфорта в школе, экономии средств на оплату тепла и выбросов парниковых газов за счет экономии тепла.

В таком проекте важно обосновать выбор теплоизоляционных материалов по показателям наименьшей гигроскопичности и водопоглощения (см., раздел 3.5.) для утепления фасадов; и выполнить расчет толщины теплоизолирующего слоя, который обеспечит снижение теплопередачи стен с учетом климатических особенностей расположения здания. (Логично, если этому проекту будет предшествовать проект типа 6.4).

Если комплексное утепление ограждающих конструкций здания будет выполнено, необходимо будет сделать новое энергетическое обследование здания после утепления работ и внесение фактических характеристик его энергетической эффективности в энергопаспорт. Такое обследование (фактически, новый теплоаудит) выполняют сертифицированные организации. Но и собственные наблюдения последствий утепления очень важны, в частности, повышение теплового комфорта внутренних помещений здания.

Показательной является оценка снижения «углеродного следа» за счет повышения энергетической эффективности здания. Самый простой способ расчета углеродного следа здания в целом, основанный на объеме или массе сожженного ископаемого топлива, можно найти здесь. Можно рассчитать снижение выбросов по объему сэкономленной энергии по формулам, приведенным в пособии ШПИРЭ [30, стр. 59].

Очень важна работа с коллективом для достижения понимания каждым, почему необходимы и что дадут меры повышения теплоэффективности здания. Это приведет к осознанному вкладу каждого в малые меры экономии, ведь утепление всего дома при остающихся потерях тепла в отдельных помещениях (чаще всего из-за плохого качества окон) теряет смысл. Прежде чем вкладываться в общедомовые меры теплоизоляции (или одновременно с этим) надо избавиться от потерь тепла в квартирах. В жилом доме понимание и поддержка жильцов будет решающей, поскольку крупномасштабные меры, например, такие как утепление фасадов и других ограждающих конструкций, потребуют финансового вклада каждого. Информационный компонент проекта и популяризация достигнутых результатов важны. Это создаст основу для мотивации людей к внедрению мер повышения энергетической эффективности в жилых и общественных зданиях.

6.10. Разработка проекта энергоэффективного дома

Прежде. чем начать проектировать такой дом, стоит проанализировать, какой опыт уже существует, какие решения уже применяются на практике для энергоэффективных, «пассивных» или »активных» домов (см. раздел 3), какого теплопотребления на квадратный метр можно достичь. У «плохих» домов энергопотребление может превышать 200 кВт·час на кв. м, а у энергоэффективных — менее 50 кВт·час на кв. м. К этому надо стремиться.

Компоненты проекта:

— Обоснование географического расположения дома, вписанности в ландшафт для минимизации неблагоприятных климатических воздействий (защита от ветра, от прямого солнца летом, и пр.).

— Обоснование выбора материалов для ограждающих конструкций (стен, крыши, фундамента) с учетом климатических условий места расположения здания, включая комбинацию строительных и утепляющих материалов, обеспечивающих должную теплоизоляцию.

— Обоснование степени остекленности стен и выбора типов энергоэффективных окон.

— Обоснование выбора теплоисточника из вариантов: централизованные сети; индивидуальный теплоисточник, в т. ч. газовый котел, электрокотел, котел на биотопливе, тепловой насос, комбинированный теплоисточник, включая солнечные коллекторы.

— Оценка «углеродного следа» спроектированного дома. Как уже упоминалось выше, самый простой способ расчета углеродного следа, основанный на объеме или массе сожженного ископаемого топлива можно найти здесь. Можно рассчитать выбросы по объему потребленной зданием энергии по формулам, приведенным в пособии ШПИРЭ [30, стр. 59].

— Анализ доступности услуг проектирования и строительства энергоэффективного дома, выбора и установки источников отопления, возможности найти инвесторов для строительство таких домов.

— Проверка фактических параметров энергоэффективности (энергопаспорт) построенного энергоэффективного дома.

— Популяризация положительных результатов среди населения с целью мотивировать людей к повышению энергетической эффективности индивидуального домостроения.

Другие направления проектов

Поработав с практическими проектами, которые можно и нужно осуществить уже сегодня, интересно подумать о решениях для будущего. Дом с нулевыми выбросами углерода (Zero Carbon Building) — это такое здание, в котором не только все годовое потребление энергии зданием обеспечивалось бы за счет возобновляемой энергии, но и все процессы его строительства осуществлялись бы без потребления ископаемого топлива, материалы были бы изготовлены на производствах, обеспеченных возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ), при строительстве использовалось бы строительное оборудование, транспорт, отделочная техника, работающие на ВИЭ. Такие подходы уже есть, но пока только в виде пилотных проектов. Попробуйте спроектировать такое здание для вашего региона. Проанализируйте, что для реализации подобного проекта уже доступно, а чего не хватает.

Города с нулевым выбросом углерода — это модель для устойчивого и экологически чистого городского развития. Концепции таких городов начали разрабатываться в ответ на растущую проблему изменения климата. Планы подобных городов стали частью мировых усилий по борьбе с изменением климата (по сокращению зависимости от нефтепродуктов) и достижению целей устойчивого развития. Примерами городов с нулевым выбросом углерода могут служить проекты городов Масдар в Объединенных Арабских Эмиратах и Донгтан в Китае. Масдар — это проект будущего экогорода, который строится в эмирате Абу-Даби в Объединенных Арабских Эмиратах, недалеко от столицы страны. Инициатива Масдар направлена на создание первого в мире города, который будет полностью снабжен солнечной энергией и другими возобновляемыми источниками энергии. Главная цель проекта — создать экологически устойчивое поселение с минимальными выбросами углекислого газа и системой полной переработки отходов. Ожидается, что в Масдаре будет проживать от 45 до 50 тысяч человек, а еще около 60 тысяч будут приезжать туда ежедневно на работу. Город будет привлекать ученых, занимающихся высокотехнологичными зелеными проектами, и различные стартапы, связанные с экологически чистыми технологиями. Уникальной особенностью Масдара является запрет на автомобильный транспорт в городе. Пассажирские перевозки будут осуществляться системами общественного и персонального автоматического транспорта. Китай тоже намерен построить первый по-настоящему «зеленый» город, где весь транспорт будет работать на биотопливе, а электроэнергия будет получаться за счет энергии солнца и ветра. Новый город получил название Донгтан и расположится он неподалеку от Шанхая.

Для проекта города или поселения с нулевыми выбросами будут очень полезны знания по теплоэффективности и по энерго- и ресурсоэффективности в более широком понимании. Попробуйте придумать такой проект, приблизив его к реальным условиям своей территории.

Заключение

Материалы этой брошюры дают представление об основных подходах для обеспечения комфортных условий жизни людей, за счет разумных и современных решений в области теплоэффективности зданий.

Изучение систем централизованного теплоснабжения показывает, что модернизация отдельных элементов не приводит к заметному улучшению ситуации — острота конфликта интересов не снижается [5]. Эти факты подтверждают вывод, сделанный австрийским ученым Куртом Геделем о том, что «Ни один элемент системы не может изменить свойства системы, находясь внутри ее. Для изменения свойств системы необходимо выйти за пределы этой системы. Нужен взгляд из другой, более мощной системы». Такой системой является «жизненное пространство», в котором сосредоточены интересы всех представителей общества в их взаимодействии. Отыскание принципов заинтересованного взаимодействия и реализация задач, решение которых направлено на получение максимально полезных результатов в интересах общества в целом, повысит эффективность развития территорий и на несколько поколений обеспечит гармоничное развитие в экологической, экономической и социальной сферах.

Получение максимально полезных результатов возможно только в том случае, когда по всем направлениям взаимодействия существует всеобъемлющая обратная связь между группами общества и органам власти, где формируются управляющие сигналы. Обратная связь должна осуществляться при активном участии населения, которое непосредственно оценивает степень комфортности условий жизни. Для получения наиболее объективных, обоснованных и достоверных оценок население должно иметь представление о требованиях, предъявляемых к качеству жизни. А наиболее активная его часть должна уметь обоснованно и объективно формулировать предложения по достижению максимально полезных результатов в повышении качества жизни по экологическому, экономическому и социальному направлениям развития общества.

Авторы надеются, что этот материал поможет подрастающему поколению научиться анализировать состояние систем теплоснабжения и теплопотребления, и, на основе полученных знаний, активно предлагать современные решения по улучшению энергоэффективности зданий, экономии энергии, снижению влияния на климат и окружающую среду.

Приложение 1. Логико-структурный подход при разработке проектов [29]

В этом подходе 8 этапов:

Этап 1 — Анализ заинтересованных сторон

Этап 2 — Анализ проблем

Этап 3 — Анализ целей

Этап 4 — Определение логики участия

Этап 5 — Определение допущений и факторов риска

Этап 6 — Определение показателей достижения целей

Этап 7 — Составление графика действий

Этап 8 — Составление плана расходов

Рассмотрим каждый из этих этапов подробнее.

Этап 1: Анализ заинтересованных сторон играет важную роль при разработке проекта, такого как проект теплосбережения. Этот процесс позволяет выявить и понять потребности, ожидания, интересы и влияние различных групп людей или организаций, связанных с проектом. Вот шаги, которые вы можете предпринять для проведения анализа заинтересованных сторон в контексте проекта теплосбережения:

• Идентификация заинтересованных сторон. Определите группы людей, организаций или органы власти, которые могут быть затронуты предлагаемым проектом теплосбережения. Это могут быть жители дома, района, предприятия ЖКХ, государственные органы, экологические организации и другие.

• Сбор информации о заинтересованных сторонах. Исследуйте интересы, цели, ожидания и потребности каждой заинтересованной стороны. Это можно сделать через опросы, интервью, анализ документов, обратную связь и общение с представителями различных групп.

• Оценка влияния заинтересованных сторон. Определите уровень влияния и интереса каждой группы. Это может помочь в выявлении ключевых заинтересованных сторон, на которых следует сосредоточить внимание.

• Классификация заинтересованных сторон. Разделите заинтересованные стороны на группы в соответствии с их интересами, потребностями и влиянием. Например, можно выделить группы «потребители тепла», «поставщики тепла», «государственные органы», «экологические организации» и т. д.

• Разработка стратегий взаимодействия. На основе полученной информации разработайте стратегии взаимодействия с каждой заинтересованной стороной. Учтите их ожидания и предложите варианты сотрудничества.

• Управление коммуникацией. Создайте план коммуникации, который включает в себя информацию о том, как будет осуществляться взаимодействие с заинтересованными сторонами на различных этапах проекта.

• Мониторинг и обновление. Постоянно следите за ситуацией, изменения в интересах и потребностях заинтересованных сторон. Обновляйте стратегии взаимодействия при необходимости.

Для проведения анализа заинтересованных сторон — потенциальных участников проекта — может оказаться полезным SWOT-анализ, т. е. изучение сильных и слабых сторон деятельности заинтересованной стороны, возможностей и угроз, которые перед ней существуют. Здесь сильные и слабые стороны организации являются внутренними факторами, а возможности и угрозы — внешними факторами среды. Матрица SWOT-анализа приведена на рисунке П2.1. В практическом отношении проведение SWOT-анализа можно организовать в формате «мозгового штурма» проектной команды, расчертив на листе бумаги 4 зоны, как показано на рисунке, обсуждая и записывая в соответствующие ячейки внешние и внутренние факторы среды, которые могут оказать положительное или отрицательное воздействие на ту или иную заинтересованную сторону. Процесс анализа заинтересованных сторон является динамичным и его результаты могут изменяться с течением времени. Важно включать в этот процесс все обновленные данные и поддерживать открытую коммуникацию с заинтересованными сторонами на протяжении всего проекта.

Рис. П2.1. Матрица SWOT-анализа

Этап 2: Анализ проблем — формулировка проблем, определение причинно-следственных связей и построение древа проблем. Признание несовершенства текущей ситуации предполагает, что существует некая проблема или комплекс проблем. Эффективный ана-

лиз проблем и их взаимозависимостей в дальнейшем снизят риски и повысят шансы успешной реализации проекта теплосбережения. Вот шаги, которые вы можете предпринять:

• Идентификация проблем. Проведите обстоятельный анализ всей существующей ситуации с теплоснабжением, выявите все текущие и потенциальные проблемы. Это рассмотрение может включать в себя технические, финансовые, экологические, социальные и другие аспекты.

• Сбор данных. Соберите все необходимые данные, связанные с теплоснабжением, включая технические спецификации, бюджетные данные, географическую информацию, данные о потребителях тепла и другие.

• Анализ влияния. Оцените возможное влияние каждой выявленной проблемы на ситуацию с теплоэффективностью. Установите приоритеты, определите, какие проблемы могут иметь наибольшее отрицательное воздействие.

• Идентификация причин. Определите причины каждой проблемы. Среди причин могут быть технические сложности, финансовые ограничения, недостаток опыта и т.д.

• Вовлечение заинтересованных сторон. Обсудите ваши анализ с заинтересованными сторонами, чтобы получить обратную связь и поддержку. Это также поможет уточнить детали и учесть дополнительные аспекты.

• Выявление центральной проблемы. Предложите каждому участнику «мозгового штурма» выделить центральную проблему. Для разных заинтересованных сторон это будут разные проблемы. Обсудите весь спектр выявленных центральных проблем и придите к общему соглашению.

• Построение дерева проблем. Удобно все выявленные проблемы написать на стикерах. Поместите в центр стола листок с описанием центральной проблемы, и расположите листки с другими проблемами следующим образом:

1. Если выявленная проблема является причиной для центральной проблемы, поместите ее а уровень ниже;

2. Если проблема является следствием, поместите ее на уровень ниже;

3. Если же проблема не является ни причиной, ни следствием, поместите ее на тот же уровень.

• Корректирующие действия. При повторном анализе проблем, расположенных в такой иерархии, может оказаться, что центральной проблемой является не та, что была выявлена изначально. Внесите изменения и согласуйте их с рабочей группой проекта.

Этап 3: Анализ целей — выведение целей из выявленных проблем; определение отношений «средства достижения — конечный результат», объединение целей в группы и определение общей стратегии проекта. Если проблема — это негативная сторона ситуации в настоящем, то целью является некое желаемое состояние в будущем, таким образом, построенное нами на втором этапе дерево проблем можно считать зеркальным отражением дерева целей третьего этапа. Выявленная центральная проблема становится основной задачей проекта, а отношения «причины-следствия» становятся отношениями «средства достижения – конечный результат». На этом этапе может оказаться, что в логике первоначального древа целей существуют разрывы или что в действительности цели должны быть расположены на иных уровнях иерархии. Внесите изменения, если необходимо. Подобный анализ целей и разработка общей стратегии помогут оптимизировать процесс реализации проекта теплосбережения, обеспечивая более эффективное достижение конечных результатов.

• Определение целей. На основе выявленных проблем определите цели проекта. Цели должны быть конкретными, измеримыми, достижимыми, уместными и ограниченными по времени (так называемые SMART-критерии, по первым буквам английских слов перечисленных признаков целей).

• Установление связей между средствами достижения и конечными целями. Определите, какие средства достижения (технологии, финансирование, вовлечение заинтересованных сторон и др.) могут быть использованы для достижения каждой конечной цели. Установите ясные связи между этими элементами.

• Группировка целей. Сгруппируйте выделенные цели по общим характеристикам или областям влияния. Например, цели могут быть разделены на технические, экономические, социальные и экологические.

• Приоритизация целей. Определите приоритеты для каждой группы целей. Установите, какие из них являются ключевыми для успеха проекта теплосбережения.

• Учет синергии. Изучите возможности синергии, то есть взаимного положительного воздействия различных целей друг на друга. Например, решение одной технической проблемы может иметь положительное воздействие на социальные или экономические аспекты проекта.

• Вовлечение заинтересованных сторон. Обсудите цели и стратегию проекта с заинтересованными сторонами, чтобы получить обратную связь, уточнить детали и учесть дополнительные аспекты.

• Корректировка дерева целей. Повторно рассмотрите заявленные цели с учетом полученной обратной связи. Помните, что формулировки целей должны быть понятны заинтересованным сторонам, а сами цели удовлетворять SMART-критериям (см. выше).

• Разработка общей стратегии. На основе вышеуказанных шагов разработайте общую стратегию проекта теплосбережения, оценив масштаб действий, примерные мероприятия и ресурсы, необходимые

для достижения общей цели.

Первые три этапа — это аналитическая фаза планирования проекта. После проведения анализа ситуации проект должен быть готов для проведения детального планирования.

Этап 4: Выведение логики участия — определение составных частей проекта теплосбережения, проверка его внутренней логики, формулировка целей с точки зрения возможностей их измерения.

• Определение составных частей проекта. Разбейте проект теплосбережения на конкретные компоненты и задачи. Например, это может включать технические решения (установка теплоизоляции, использование эффективных теплогенераторов), финансовые аспекты (бюджет проекта, источники финансирования), вовлечение заинтересованных сторон (коммуникация с жителями, сотрудничество с органами власти) и так далее.

• Проверка внутренней логики проекта. Проверьте, какие внутренние связи и зависимости существуют между различными компонентами проекта. Убедитесь, что каждый элемент вносит вклад в общую цель и логически связан с другими.

• Формулировка целей. Для каждой составной части проекта сформулируйте конкретные цели. Помните о принципах SMART (конкретные, измеримые, достижимые, уместные и ограниченные по времени цели). Например, цель по техническим решениям может быть сформулирована как «Улучшить теплоизоляцию здания на 20 % за 2 года».

• Определение возможностей измерения целей. Разработайте систему измерения для каждой цели. Определите ключевые показатели производительности (KPI), которые позволят оценить достижение цели. Например, для цели по улучшению теплоизоляции KPI может включать в себя уровень теплопотерь до и после внедрения улучшений.

• Согласование целей. Удостоверьтесь, что все цели взаимосвязаны и вносят свой вклад в общую цель проекта теплосбережения. Это поможет избежать конфликтов между целями и обеспечит согласованность усилий.

• Согласование с заинтересованными сторонами. Обсудите сформулированные цели с заинтересованными сторонами, чтобы убедиться, что они отражают их интересы и ожидания. Получите обратную связь и внесите необходимые коррективы.

• Создание системы отчетности. Разработайте систему отчетности, которая позволит регулярно отслеживать прогресс по достижению целей. Это может включать в себя регулярные отчеты, аналитику, встречи с заинтересованными сторонами и другие формы обратной связи.

• Мониторинг и коррекция. Установите механизм отслеживания прогресса. Регулярно анализируйте данные и корректируйте стратегию при необходимости.

Этот этап поможет вам лучше структурировать проект теплосбережения, установить ясные цели и создать систему управления для успешной его реализации.

Этап 5: Указание допущений и факторов риска — выявление условий, которые могут оказать отрицательное влияние на выполнение проекта и которые не поддаются контролю со стороны проектной команды. Следует различать риски и допущения. Риски — это потенциальные события или обстоятельства, которые могут оказать негативное влияние на проект. Риски могут возникнуть из-за неопределенности, непредвиденных обстоятельств или ошибок проектного планирования. Их нужно по возможности выявить, оценить и продумать действия, которые позволили бы минимизировать их влияние на успешность проекта. В отличие от рисков, допущения — это ожидания и предположения проектной команды, которые позволят ей осуществить проект. Они определяются на основе анализа имеющихся данных (поэтому так важен подготовительный, аналитический этап проекта!) и опыта команды проекта. Допущения могут быть связаны с техническими аспектами, ресурсами и другими факторами, которые влияют на успешность проекта. Управление допущениями заключается в их постоянном анализе и проверке, чтобы убедиться в их реалистичности и актуальности в течение всего проекта.

Риски и допущения — это две важные составляющие любого проекта, которые необходимо учитывать и управлять, чтобы достичь поставленных целей и минимизировать возможные проблемы и неудачи.

• Выявление допущений. Определите все допущения, которые лежат в основе вашего проекта. Это могут быть предположения о технологической осуществимости, финансовых возможностях, согласии заинтересованных сторон и другие предпосылки.

• Оценка степени уверенности в допущениях. Оцените, насколько вы уверены в каждом из допущений. Высокая степень неопределенности может стать источником рисков в проекте.

• Идентификация факторов риска. Определите факторы риска, которые могут возникнуть в процессе реализации проекта теплосбережения. Это могут быть технические сложности, изменения в законодательстве, финансовые трудности, природные бедствия и другие.

• Классификация рисков. Разделите выявленные риски на категории, такие как технические, финансовые, организационные, социальные и другие. Это поможет вам лучше организовать работу по управлению рисками.

• Оценка воздействия и вероятности рисков. Оцените, как сильно каждый риск может повлиять на проект теплосбережения, и насколько вероятен его возникновение.

• Разработка стратегий управления рисками. Для

каждого риска разработайте стратегии управления. Это могут быть стратегии избежания, смягчения последствий, передачи риска и другие.

• Создание резервных планов. Разработайте резервные планы для тех случаев, если риски реализуются. Подготовьте запасные варианты, которые можно внедрить при необходимости.

• Коммуникация с заинтересованными сторонами. Информируйте заинтересованные стороны о выявленных допущениях и факторах риска. Включите их в процесс принятия решений по управлению рисками.

• Регулярное обновление анализа рисков. Периодически обновляйте анализ рисков в течение всего проекта. Новые факторы риска могут появиться, а существующие могут изменить свою природу.

Управление допущениями и факторами риска является важной частью успешной реализации любого проекта, в том числе проекта теплосбережения. Внимательное и систематическое управление рисками помогает минимизировать негативные воздействия на проект.

Этап 6: Определение показателей — определение способов измерения прогресса, достигнутого в выполнении проекта; формулировка показателей; определение средств измерения.

• Определение ключевых показателей производительности (KPI). Определите те аспекты проекта теплосбережения, которые наиболее важны для достижения целей. Это могут быть технические параметры, финансовые показатели, показатели энергоэффективности и другие.

• Формулировка качественных и количественных показателей. Сформулируйте как качественные, так и количественные показатели, которые помогут измерить прогресс. Например, качественный показатель может быть «улучшение комфорта для жителей», а количественный — «уменьшение теплопотребления на 15 %».

• Определение единиц измерения. Установите единицы измерения для каждого показателя. Например, если цель — уменьшение выбросов углекислого газа, единицей измерения может быть тонна CO2 эквивалента.

• Учёт временных рамок. Определите временные параметры для каждого показателя. Например, вы можете установить, что улучшение теплоизоляции зданий должно быть достигнуто в течение двух лет.

• Установление ориентиров. Определите ориентиры или стандарты, с которыми можно сравнить ваши показатели. Это поможет оценить, насколько успешно проект теплосбережения справляется с поставленными задачами.

• Выбор средств измерения. Определите методы и инструменты, которые будут использоваться для измерения показателей. Это может включать в себя технические измерения, анкеты, финансовые отчеты, экологические аудиты и другие.

• Система отчетности. Разработайте систему отчетности, которая будет использоваться для представления данных о прогрессе проекта. Это может включать в себя регулярные отчеты, информационные листки и бюллетени, презентации и другие формы коммуникации.

• Вовлечение заинтересованных сторон. Обсудите выбранные показатели с заинтересованными сторонами и уточните, соответствуют ли они их ожиданиям и интересам.

• Обучение. Подготовьте людей, которые будут заниматься измерением показателей, и познакомьте их с методологией и средствами измерения.

• Мониторинг и коррекция. Установите систему мониторинга для отслеживания показателей. Регулярно оценивайте прогресс и вносите коррективы, если необходимо.

Определение показателей является ключевым элементом эффективного управления проектом теплосбережения, так как это позволяет четко измерять прогресс и успешность реализации задач.

Этап 7: Составление графика мероприятий — установление последовательности и взаимозависимости мероприятий по повышению теплоэффективнности, указание их предполагаемой продолжительности; расстановка контрольных точек и распределение обязанностей.

• Идентификация ключевых мероприятий. Определите основные этапы и мероприятия, необходимые для реализации проекта повышения теплоэффективности. Это могут быть установка теплоизоляции, модернизация отопительных систем, внедрение энергосберегающих технологий и др.

• Установление последовательности. Определите последовательность выполнения мероприятий. Учитывайте зависимости между ними, чтобы обеспечить эффективное движение от одного этапа к другому.

• Взаимозависимости мероприятий. Определите взаимозависимости между различными мероприятиями. Некоторые действия могут быть выполнены параллельно, в то время как другие могут зависеть от завершения предыдущих этапов.

• Оценка продолжительности мероприятий. Определите предполагаемую продолжительность каждого мероприятия. Это может включать в себя временные рамки для подготовки, реализации и завершения каждого этапа.

• Определение контрольных точек. Установите контрольные точки, которые будут служить моментами значимого достижения в проекте. Это могут быть важные этапы реализации, сроки предоставления отчетов, проверки результатов и другие.

• Распределение обязанностей. Назначьте ответственных за каждое мероприятие. Распредели-

те обязанности между членами команды проекта и/или другими участниками.

• Учёт ресурсов. Обратите внимание на необходимые ресурсы (людские, финансовые, технические), которые требуются для каждого мероприятия. Убедитесь, что ресурсы доступны в нужное время.

• Создание графика. Используйте инструменты для создания графика (например, диаграммы Ганта (см. рис. П2.2), проектные календари) для визуализации последовательности мероприятий, их продолжительности и взаимосвязей.

• Обсуждение и уточнение. Обсудите предварительный график с членами команды проекта и другими заинтересованными сторонами. Примите обратную связь и внесите коррективы по необходимости.

• Регулярное обновление. Постоянно отслеживайте и обновляйте график по мере выполнения проекта. Это поможет учитывать изменения в планах, ресурсах и других факторах.

Диаграмма Ганта

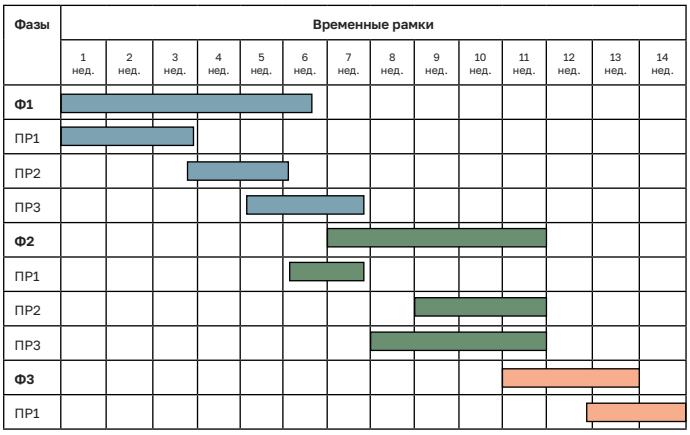


Рисунок П2.2. Пример диаграммы Ганта, используемой для визуализации последовательности мероприятий, их продолжительности и связей.

Составление графика мероприятий помогает обеспечить структурированный и организованный подход к реализации проекта теплосбережения.

Этап 8: Составление плана расходов — указание требующихся ресурсов, разработка графика расходов, подготовка подробного бюджета.

• Идентификация ресурсов. Определите все ресурсы, необходимые для успешной реализации проекта теплосбережения. Это может включать в себя материалы, оборудование, трудовые ресурсы, технологии, финансовые средства и другие.

• Оценка стоимости ресурсов. Проанализируйте стоимость каждого ресурса. Получите информацию от поставщиков, магазинов или других источников, чтобы установить предварительные стоимости.

• Разработка графика расходов. Составьте график расходов, указывая, когда и в каких объемах будут требоваться различные ресурсы. Это поможет вам лучше управлять бюджетом и распределять затраты во времени.

• Подготовка бюджета. Создайте подробный бюджет для проекта теплосбережения. Включите все оцененные расходы на ресурсы, а также расходы на труд, оборудование, услуги, возможные риски и дополнительные затраты.

• Учёт различных стадий проекта. Разбейте бюджет на различные стадии проекта. Это может включать в себя фазы планирования, реализации, мониторинга и завершения. Это поможет лучше оценить, когда именно будут нужны определенные ресурсы.

• Включение резервов. Учитывайте резервы для непредвиденных обстоятельств. Это может быть определенный процент бюджета, предназначенный для возможных перерасходов или изменений в проекте.

• Работа с заинтересованными сторонами. Обсудите бюджет с заинтересованными сторонами, чтобы уточнить их ожидания и получить поддержку. Объясните финансовые решения и возможные риски.

• Мониторинг и коррекция. Регулярно мониторьте фактические затраты по сравнению с бюджетом. Проводите анализ отклонений и, при необходимости, корректируйте бюджет.

• Согласование с графиком мероприятий. Согласовывайте бюджет с графиком мероприятий, чтобы убедиться, что расходы соответствуют предполагаемым этапам проекта.

• Документирование расходов. Документируйте все расходы и финансовые решения. Это поможет вам и другим участникам проекта следить за использованием ресурсов.

Составление плана расходов и бюджета является ключевым компонентом эффективного управления финансами проекта теплосбережения. Это позволяет предвидеть и контролировать расходы, минимизировать риски и обеспечивать устойчивость финансового плана.

Конечно, рассмотренные этапы разработки проекта от идеи до проектного предложения были сформулированы для крупных проектов развития, в реализации которых участвует большое число организаций и заинтересованных сторон. В случае школьных проектов масштаб проектируемых изменений будет, несомненно, меньше. Тем не менее, даже для проекта, направленного на снижение теплопотерь дачного домика для отдельной семьи в предложенном подходе, можно найти много полезного, что позволит избежать разочарований в будущем.

На рисунке П2.3 представлена форма логико-структурной матрицы проекта, основного рабочего инстру-

мента менеджера проекта, практикующего такой подход. Сначала в четырех ячейках первой колонки с надписью «Текст» дается краткое описание проекта на каждом из четырех уровней: общих целей, задач проекта, его результатов и действий/мероприятий. Проектные действия должны привести к запланированным результатам, а те, в свою очередь, к решению задач проекта. После формулирования общей логики проекта, от общих целей до мероприятий и действий, следует рассмотреть допущения и риски, которые позволят перейти от нижнего уровня на следующий, и так далее. Например, продумать, какие существуют риски, что результаты проекта не приведут к выполнению его задач (это могут быть, например, изменения законодательства, неэффективная работа с заинтересованными сторонами, отсутствие интереса к проблемам энергосбережения у лиц, принимающих решения). После идентификации рисков и допущений на всех уровнях, следует перейти к заполнению показателей достижения прогресса в проекте и способов его измерения. И, наконец, на заключительном этапе составления матрицы заполняются ячейки «средства» и «затраты». В данном случае под «средствами» понимаются все ресурсы, необходимые для реализации мероприятий/действий: люди, время, инструменты, технологии. Определив ресурсы, можно оценить затраты на использование этих ресурсов для осуществления мер.

Заполнение логико-структурной матрицы дает возможность проектной команде еще раз убедиться в логической стройности действий по проекту и в учете основных допущений и рисков. После разработки и согласования плана проекта начинается его важнейшая часть — собственно реализация. Очень редко выполнение проекта идет строго по плану. В действительности нет ничего неожиданного в том, что проект может принять направление или ход, абсолютно не предусмотренные во время планирования. В этом случае перед проектной командой стоит непростая задача установления необходимого контроля над проектом, обеспечивающего направленность проекта на достижение поставленных целей, либо корректировка логики участия. Этой цели служит мониторинг проекта, который может быть определен как систематический непрерывный сбор, анализ и использование информации в целях осуществления контроля за ходом проекта и принятия решений. Мониторинг проекта является неотъемлемой частью текущего проектного управления.

Успешная реализация школьного проекта предполагает также стратегию распространения его результатов. Конкретные меры повышения теплоэффективности могут полностью определяться локальными условиями, делающими невозможным их повторение или масштабирование, однако общая логика проекта, краткая информация об исходной ситуации и результатах проекта, а также об экономическом эффекте может мотивировать применение мер повышения теплоэффективности в других домашних хозяйствах и образовательных организациях.

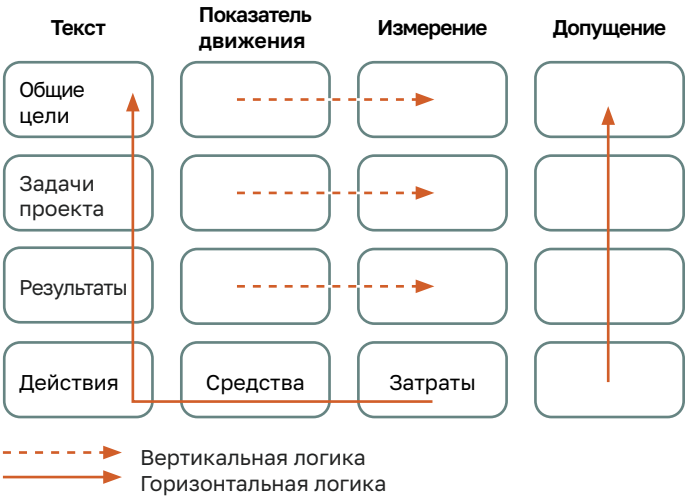


Рисунок П2.3. Логико-структурная матрица проекта

Приложение 2. Единицы измерения энергии и их соотношения

В России действует ГОСТ 8.417-2002, предписывающий обязательное использование международной системы единиц СИ. Единицей измерения энергии, работы и теплоты с системе СИ является джоуль. Однако в некоторых случаях более удобно применять другие единицы. Например, для измерения теплоты часто применяется калория. Для измерения производства и потребления энергии удобно применять киловатт-час. Добыча и потребление ископаемых видов топлива обычно измеряется в тоннах условного топлива. Определения этих величин и соотношения между ними приведены в таблице П1.1.

Кратные единицы измерения физических величин (тысячи, миллионы и т. д.) имеют в системе СИ определенные названия и обозначения. В их обозначениях применяются приставки, наиболее употребительные из которых даны в таблице П1.2.

Таблица П1.1. Десятичные приставки для обозначений кратных единиц

Кратность	**Приставка**	**Обозначение**
10^3	кило	к
10^6	мега	М
10^9	гига	Г
10^{12}	тера.	Т

Таблица П1.2. Единицы измерения энергии и их соотношения

Наименование единицы	**Аббревиатура**	**Описание**
джоуль	Дж	Единица измерения энергии, работы и количества теплоты в международной системе единиц СИ
калория	кал	Внесистемная единица измерения количества теплоты; энергия, необходимая для нагревания 1 грамма воды с 19,5 до 20,5 градусов Цельсия 1 кал = 4,1868 Дж 1 Дж ≈ 0,2388458966 кал
киловатт-час	кВт·ч	Внесистемная единица измерения энергии и работы 1 кВт·ч = 3,6 МДж
тонна условного топлива (в угольном эквиваленте)	т у.т.	Внесистемная единица измерения энергии; определяется как количество энергии, выделяющееся при сгорании 1 тонны каменного угля; применяется в России 1 т у. т. = 29,3 ГДж = 7000 ккал

Список использованных источников

1. Варзашвили, Н. Г. Обеспечение надёжности функционирования гидросистем различного назначения в горных регионах / Н. Г. Варзашвили, Ш. А. Босикашвили, Г. Н. Гобечия // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2007. – № 1. – С. 18–27.

2. Гершкович В. Ф. Плесень на стенах. Германский урок / Новости теплоснабжения. № 1. 2002. – С. 51.

3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Введен 01.11.2015. – М.: Стандартинформ, 2020. – 22 с.

4. ГОСТ 18322-78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 18322-73; Введён 01.01.80. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 15 с.

5. ГОСТ 25866-83. Эксплуатация техники. Термины и определения. – Введён 01.01.85. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 5 с.

6. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. Введен 01.07.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 32 с.

7. ГОСТ 30167-95. Межгосударственный стандарт. Ресурсосбережение. Порядок установления показателей ресурсосбережения в документации на продукцию. – Введён впервые 07.01.99. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 20 с.

8. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Введен 01.03.1999 г. – 7 с.

9. Дегтярев К. С. Ключевые тенденции потребления энергии в XXI веке // Энергетическая политика. — 2021. — № 5. — С. 54–63.

10. Маслоу А. Мотивация и личность. 3-е изд. / Пер. с англ. — СПб.: Питер, 2019. — 400 с. — (Серия «Мастера психологии»)

11. Наше общее будущее: доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР) : пер. с англ. — М.: Прогресс, 1989. 372 с.

12. О промышленной безопасности опасных производственных объектов / Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ; в ред., актуальной с 25 марта 2017 г. // Собрание законодательства РФ. – 1997. – № 30. – Ст. 3588.

13. О теплоснабжении / Федеральный закон от 27.07.2010 № 190-ФЗ// Собрание законодательства РФ. – 2010. – № 31. – Ст. 4159.

14. Об утверждении требований к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации и отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации / Постановление Правительства РФ от 11 февраля 2021 года №161 // Собрание законодательства РФ. – 2021. - №8 от 22 февраля 2021 г. (Часть I) – Ст.1336.

15. Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг при осуществлении закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд (с изменениями и дополнениями) / Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2009 г. № 1221 // Собрание законодательства РФ. – 2010. - №5 от 1 февраля 2010 г. – Ст.525.

16. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации / Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 2009. – № 48. – Ст. 5711.

17. Ожегов, С. И. Толковый словарь русского языка / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова // 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во «АЗЪ», 1994. – 300 с.

18. Положение о проведении экспертизы экономического обоснования тарифов на товары, работы и услуги, учитываемых в оплате жилья и коммунальных услуг / МДС 13-13.2000, утв. постановлением Госстроя РФ от 11.11.98 № 13 // М.: ГУП ЦПП, 2001. – 4 с.

19. Правила установления энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов / Постановление Правительства РФ от 27.09.2021 г. № 1628 // Собрание законодательства РФ. – 2021. – № 40. – Ст. 6851.

20. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

21. Сенова О. Н., Руденко В. М., Крюкова А. В. Климатический план школы. Климатическое образование в действии. Ред. С. В. Алексеев — СПб, 2021. — 56 с. Методическое пособие «Климатический план школы».pdf - Google Диск

22. СТО НОП 2.1-2014. Стандарт организации «Национальное объединение проектировщиков». «Требования по составу и содержанию энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания». – М.: Издание официальное. – 2014. – 125 с.

23. СП 50.13330.2012. «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003». М.: Минрегион России. ФАУ «ФЦС», 2012. – 96 с.

24. СП 124.13330.2012. «Тепловые сети». Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003. – Введён 01.01.2013 / Минрегион России. – М.: ГУП ЦПП, 2013. – 84 с.

25. СП 131.13330.2012. Свод правил «Строительная климатология». Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. – Дата введения 2013-01-01 / Минстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2017. – 63 с.

26. Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйств Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года. / Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 октября 2022 года № 3268-р // Собрание законодательства РФ. – 2022. № 45 от 7 ноября 2022 г. – Ст.7815.

27. СТО НОП 2.1-2014. «Требования по составу и содержанию энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания. – М.: Издание официальное. – 2014. – 125 с.

28. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений / Федеральный закон от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 2010. - № 1 от 4 января 2010 г. – Ст.5.

29. Целенаправленная разработка и менеджмент проектов: пособие ТЕМПУС. Европейский фонд образования, 1997. – 84 с.

30. Энергия и окружающая среда. Учебное пособие для средней школы. — СПб., 2012. — 64 стр. Энергия и окружающая среда. Учебное пособие для средней школы.pdf — Google Диск

2023