

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»**

Экологический факультет
Кафедра экологического мониторинга и прогнозирования

«Допустить к защите»
Зав. кафедрой

_____ 20__ г.
« _____ » _____

Выпускная квалификационная работа бакалавра

Направление: 05.03.06 «Экология и природопользование»,

**ТЕМА: «Применение конструктивных принципов ресурсосбережения
при проектировании и строительстве энергоэффективных зданий»**

Выполнил студент Чижов Михаил Алексеевич
(Фамилия, имя, отчество)

Группа: ОЭПбд-02-17
Студенческий билет № 1032172888

Руководители
выпускной квалификационной работы
ассистент Басамыкина А.Н.
к.б.н., доцент Курбатова А.И.

(подпись)

(подпись)

Автор _____

(подпись)

г. Москва
2021 г.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА I. ОСНОВЫ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ	7
1.1. ТЕНДЕНЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И СТРАТЕГИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ	7
1.2. РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ	10
1.3. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ В РОССИИ И ЕВРОПЕЙСКОМ СОЮЗЕ	13
1.4. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ОБЪЕКТЫ, ОТВЕЧАЮЩИЕ КРИТЕРИЯМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ В ЕВРОПЕ	16
1.5. ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ	18
1.5.1 СНИЖЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ.....	18
1.5.2. ЭФФЕКТИВНОЕ И ЭКОНОМИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА	23
1.5.3. ОТОПЛЕНИЕ	24
1.6. ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ	25
1.6.1 ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ.....	26
1.6.2 ТИПЫ СИСТЕМ ОТВОДА СТОЧНЫХ ВОД	27
1.7 ВЕНТИЛЯЦИЯ	29
1.7.1 СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ	29
1.7.2. СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА	31
ГЛАВА II. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ	37
2.1. ПРОЕКТ ЖИЛОГО КВАРТАЛА С ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫМИ ЗДАНИЯМИ.....	37

2.2. МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	37
2.2.1 МЕТОДИКА РАСЧЕТА СРОКА ОКУПАЕМОСТИ РЕКУПЕРАТОРА ТЕПЛА.....	37
2.2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ.....	38
2.2.3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАСХОДОВ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ДЛЯ ЖИЛОГО ДОМА.....	39
2.2.4. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ЗДАНИЯ	41
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ РЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЯ ЖИЛОГО КВАРТАЛА С ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫМИ ЗДАНИЯМИ	44
3.1. ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ	44
3.3 ВЕНТИЛЯЦИЯ	51
3.4. ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛАССА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ.....	53
3.5. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА	55
ВЫВОДЫ	61
ЛИТЕРАТУРА.....	65

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время люди все больше и больше используют природные энергоресурсы нерационально: стоимость их добычи увеличивается, запасы сокращаются [22].

Здания потребляют треть энергии, производимой на планете. Тепло и электричество – это основные энергетические услуги, которые необходимы для обслуживания здания. Вследствие бесполезных потерь и неэффективного использования энергии мы платим чрезмерно высокие суммы за ее поставку. Это приводит к необходимости увеличения ее производства, в основном за счет сжигания ископаемого топлива. Далее происходит увеличение выбросов углекислого газа и загрязняющих веществ в атмосферу, усилению парникового эффекта и климатическим изменениям [24].

Таким образом, энергосбережение может стать одним из способов решения этой проблемы. Значительно увеличить эффективность использования любого вида энергии и ресурса помогут современные технические методы. Один из них – энергосберегающие технологии, внедрение которых поможет получить определенную выгоду, например, экономическую эффективность, снижение потребления энергии и ресурсов.

Современные методы строительства в России имеют ряд недостатков. Один из них – несовершенная система отопления. Как показывает практика, 40% тепла теряется на пути от ТЭЦ до здания. Вторым недостаток – несовершенство конструкции дома, преимущественно без утепления, в котором даже при температуре внешней окружающей среды +10°C уже будет холодно [22]. Третьим недостатком является нерациональное использование водных ресурсов во всем жилом комплексе: начиная от нерационального потребления воды и несовершенной сантехники, заканчивая водопроводной системой всего жилого дома. Четвертый недостаток: вентиляция, которая, как правило, только формально присутствует в доме и не выполняет своих технологических функций. И все это приводит к повышенным платам за коммунальные услуги и, конечно же, к некомфортному проживанию [58].

Выходом из этой ситуации может стать применение конструктивных принципов ресурсосбережения при проектировании и строительстве энергоэффективных зданий. В энергоэффективном доме всегда поддерживается комфортный микроклимат в помещении, часть воды используется повторно, минимизируется энергопотребление. Проживание в таком доме является очень комфортным, а также важными преимуществами являются более низкие эксплуатационные расходы и низкое воздействие на окружающую среду. Это достигается за счет того, что дом является практически герметичной конструкцией, и нет значительного обмена теплом с внешней средой. К тому же современные методы вентиляции позволяют обеспечить комфортную циркуляцию воздуха в доме, к примеру, за счет приточных клапанов: нет необходимости открывать окна для проветривания [36].

Меры по повышению энергоэффективности необходимо рассматривать на стадии проектирования, это поможет добиться максимальных преимуществ энергоэффективного дома, полученных благодаря конструкции и дизайну, которые удовлетворят потребности, как на стадии строительства, так и на стадии эксплуатации.

Актуальность внедрения вышеприведенных конструктивных технологий в строительстве представляет собой более выгодный и экологически грамотный способ обеспечения энергией здания.

Цель работы: разработка конструктивных принципов ресурсосбережения при проектировании и строительстве энергоэффективных зданий в условиях средней полосы России

Вследствие поставленной цели определились некоторые задачи, которые решались в данной работе:

1. Изучить основные направления современного ресурсо- и энергосбережения в строительстве;
2. Изучить конструктивные особенности при проектировании строений, отвечающих критериям энергоэффективных зданий в Европе;

3. Разработать концепцию ресурсосбережения в области водоподготовки, водоотведения, отопления и вентиляции на примере населенного пункта в условиях средней полосы России;

4. Рассчитать эффективность жизненного цикла энергоэффективных зданий в населенном пункте в условиях средней полосы России.

Структура работы:

В дипломной работе 72 страниц, 11 таблиц и 15 рисунков. Работа состоит из практической части и литературного обзора, которая включает в себя следующие главы:

1. Основы ресурсосбережения при проектировании и строительстве энергоэффективных зданий
2. Объекты и методики исследования;
3. Разработка концепции ресурсосбережения жилого квартала с энергоэффективными зданиями.

ГЛАВА I. ОСНОВЫ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

1.1. ТЕНДЕНЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И СТРАТЕГИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

За последние тридцать лет производство первичных энергоносителей в мире выросло почти в полтора раза. Общее производство энергии в 1990 году составило 8,8 млрд тонн нефтяного эквивалента (т.н.э.), а в 2019 году 14,9 млрд т.н.э. [30].



Рисунок. 1. Общее производство энергии в мире за 1990-2019 года [50].

На рисунке 1 видно, что страны и регионы мира отличаются неравномерностью в развитии энергетики. Так в 2019 году самое большое количество энергии произвели в Азии 4,392 млрд т.н.э., а меньше всего в регионе Тихого океана 0,471 млрд т.н.э [50].

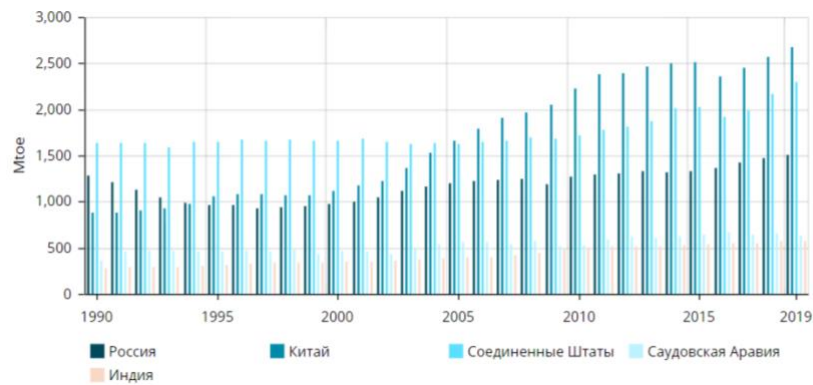


Рисунок 2. Производство энергии в некоторых странах [50].

На рисунке 2 показана диаграмма, из которой видно, что в 2005 году Китай стал производить больше энергии, чем все остальные страны, обогнав США, которые занимали лидирующие позиции до этого года. Таким образом в 2019 году максимальный показатель у Китая - 2,684 млрд т.н.э., второе место занимает США 2,303 млрд т.н.э. и третья Россия – 1,506 млрд т.н.э. [30].

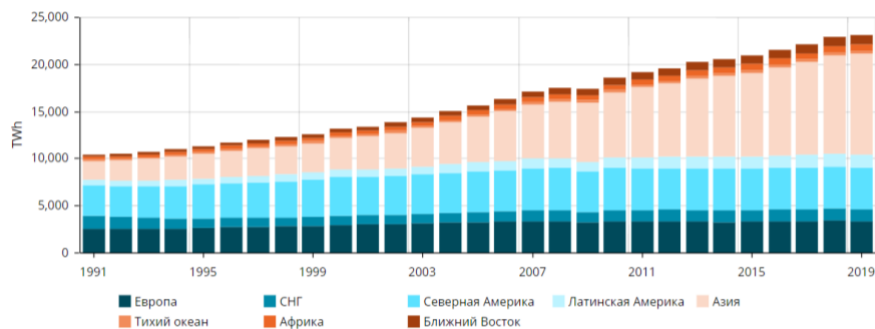


Рисунок 3. Мировое потребление электроэнергии [46].

Происходит рост мирового потребления электроэнергии со средним показателем 3% в год в 2000–2018 годах, что показано на рисунке 3.

Спрос на электроэнергию в Китае, на который приходится 28% мирового потребления электроэнергии, в 2019 году вырос на 4,5% и стал 3,284 млрд т.н.э., что на 0,6 млрд т.н.э. больше, чем он производит. В США снижение спроса со стороны предприятий коммунального хозяйства и промышленности, наряду с другими факторами, привело к снижению потребления электроэнергии на 2,2% (2,213 млрд т.н.э.). Потребление электроэнергии снизилось также в ЕС на -1,4 % в связи с экономическим

спадом. Россия потребляет практически в 2 раза меньше энергии, чем производит: 0,727 млрд т.н.э. разницы [55].

На коммерческие и жилые здания в США приходится около 40% от общего потребления первичной энергии. Снижение энергопотребления зданий во всем мире, может дать значительный положительный экономический и экологический результат [57].

В США до 1999 года была положительная тенденция в снижении энергопотребления зданий :1979 году 394 кВт•ч/м², в 1992 году 285 кВт•ч/м², в 1999 году –268 кВт•ч/м². Но начиная с 2003 (287 кВт•ч/м²) и до 2012 года оно увеличивается за счет увеличения количества бытовой техники, хотя инженерные системы стали более эффективными [31].

В 2012 году удельный расход энергии в жилых зданиях США составил 180 кВт•ч/м², когда в России этот показатель равнялся 363 кВт•ч/м². Наиболее существенную разницу определяет расход энергии на отопление и кондиционирование зданий [32].

Целью развития энергетики Российской Федерации является, с одной стороны, максимальное содействие социально-экономическому развитию страны, а с другой стороны, - укрепление и сохранение позиций Российской Федерации в мировой энергетике, как минимум, на период до 2035 года [21].

Фактический удельный расход условного топлива на отпуск электрической энергии на источниках комбинированного производства электрической и тепловой энергии с установленной мощностью 25 МВт и более (пропорциональный метод разделения топлива) в 2018 году составил 309,8 г у.т./кВт•ч, что является минимальным значением за последние 20 лет (от уровня 2008 года снижение составило 26,2 г у.т./кВт•ч или 7,8 процента) [33].

Судя по энергетической стратегии РФ до 2035 года, рост электропотребления через 14 лет будет в 1,18–1,25 раза до 1310 - 1380 млрд. кВт•ч. Следовательно, задачей электроэнергетики является увеличение качества и надежности энергоснабжения потребителей до уровня,

сопоставимого с лучшими зарубежными аналогами, с обеспечением экономической эффективности таких услуг. Она включает следующие меры [21]:

- Снижение избытков мощности ЕЭС (Единой энергетической системе);
- Улучшение ТЭС (теплоэнергетических станций) за счет изменения технико-экономических показателей;
- Повышение контроля и качества обслуживания потребителей и т.д.;

Рассмотрев стратегию энергосбережения, можно выделить несколько пунктов:

- Запрет на производство энергетически неэффективного оборудования, техники;
- Совершенствование нормативно-правовой базы;
- Стимулирование использования НДТ (Наилучших доступных технологий) с целью технического и экологического регулирования;
- Внедрение новых и обновление существующих систем энергетического менеджмента в соответствии с требованиями стандарта ISO 50001:2018;
- Удельный расход топлива на отпуск электрической энергии в 2018 год составил 309,8 г у.т./кВт·ч, а к 2035 году планируется уменьшение до – 255,6 г у.т./кВт·ч.

1.2. РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

Строительство энергоэффективных зданий должно осуществляться с рациональным и экономным использованием всех видов ресурсов (вещества, энергии), с безопасным воздействием на человека и окружающую среду. Снижение потребления веществ и энергии, внедрение высоких технологий,

рационального природопользования, социальное регулирование: пути решения вопросов устойчивого развития [2].

Термин «энергоэффективность» в Российской Федерации введён СНиП 23-02-03 «Тепловая защита зданий». В нем устанавливаются классификации зданий и правила оценки по показателям энергетической эффективности при строительстве и эксплуатации [18].

Существует много определений, что такое Энергоэффективное здание, к примеру, по [22] «Энергоэффективное здание – это строение, совокупность планировочных, конструктивных и инженерных решений которого обеспечивает необходимый потребительский уровень комфортности при нормативных или меньших затратах на энергоресурсы».

По классификации энергоэффективность здания определяется по коэффициенту сезонного использования тепловой энергии – E (Таблица 1) [24]. Этот коэффициент показывает сколько нужно потратить тепла на обогрев 1 м².

Таблица 1. Коэффициент сезонного использования тепловой энергии [24].

Коэффициенту сезонного использования тепловой энергии E	Энергоэффективность здания
$\leq 110 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / \text{м}^2/\text{год}$	традиционный дом
$\leq 70 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / \text{м}^2/\text{год}$	энергоэффективный
$\leq 15 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / \text{м}^2/\text{год}$	пассивный

Этот коэффициент зависит от следующих параметров:

- Теплоизоляции стен, пола, потолка;
- Потерь тепла;
- Качества и типа вентиляции;
- Ориентации дома относительно сторон света.

Обозначают классы латинскими буквами от A++ (близкий к нулевому) и до G (очень низкий) и классифицируются по величине отклонения от нормируемого показателя, что показано в таблице 2 [35].

Преимуществом высокого класса энергоэффективности является то, что в Налоговом Кодексе п. 21 ст. 381 предусмотрено, если здание имеет высокий класс энергетической эффективности (не ниже В), установленный в соответствии с ФЗ №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», то такое здание освобождается от уплаты налога на имущество на три года с даты постановки здания на учет [34].

Таблица 2. Градация классов энергетической эффективности зданий [34].

Обозначение класса энергетической эффективности	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения значения фактического удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня, %
A++	Близкий к нулевому	-75 включительно и менее
A+	Высочайший	От -60 включительно до -75
A	Очень высокий	От -45 включительно до -60
B	Высокий	От -30 включительно до -45
C	Повышенный	От -15 включительно до -30
D	Нормальный	От 0 включительно до -15
E	Пониженный	От +25 включительно до 0
F	Низкий	От +50 включительно до +25
G	Очень низкий	Более +50

Меры по повышению энергоэффективности здания необходимо рассматривать на стадии проектирования, так как максимально возможные преимущества можно получить благодаря правильным конструкции и дизайну.

1.3. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ В РОССИИ И ЕВРОПЕЙСКОМ СОЮЗЕ

В России внедрение энергоэффективных технологий происходит трудно и медленно. В Европе внедрение энергосберегающих технологий происходит активно, но в РФ не уделяют должного внимания. Одна из причин: незаинтересованность собственников жилья в таких способах. К тому же, на государственном уровне нет субсидий и льгот для застройщиков энергоэффективного жилья. Новые нормативные документы внедряются очень долго [62].

В нашей стране очень дешевые энергоносители, что сделало нашу страну одним из лидеров по энергозатратности производства [35].

В апреле 2010 года Минфин РФ сократило расходы по программе «Энергосбережение и повышение энергоэффективности на период до 2020 г.» в 3 раза. Что еще раз подтверждает, что государство не хочет тратить много денег на энергоэффективность [21].

Один из нормативных документов, регламентирующих требования энергетической эффективности зданий, является постановление Правительства РФ от 25 января 2011 года № 18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» [17].

В нем показано, как нужно определять класс энергетической эффективности здания. Для них устанавливается максимальный и минимальный удельный годовой расход энергетических ресурсов [17].

Еще один документ: ГОСТ Р 56295-2014 Энергоэффективность зданий. Методика экономической оценки энергетических систем в зданиях. Стандарт определяет правила расчета экономической эффективности вариантов энергосберегающих мероприятий в зданиях и выбора наиболее целесообразного варианта реализации таких мероприятий [12].

Федеральный закон "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ в статье 11 указывает на какие здания распространяется данный документ, какие требования должны включать в себя. К тому же, в нем устанавливаются нормы на разработку энергетического паспорта и присвоения класса энергетической эффективности [20].

Что касается всех стадий жизненного цикла, Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» устанавливает каким требованиям должно соответствовать здание при проектировании, строительстве, монтаже, наладке, эксплуатации и сносе [16].

В странах Европы нормативы и методы регулирования энергетической эффективности различаются вследствие климатических, экономических и политических условий.

После мирового энергетического кризиса 1974 года вопрос энергосбережения в строительстве встал на первый план. Через два года был сформулирован принцип «энергоресурсы могут быть использованы более эффективно, если меры, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, а также приемлемы с экологической и социальной точек зрения». Как результат, в Дании «Danish BR77 standard» и в Швеции «SBN-80», «Svensk Bygg 74 Norm» были приняты первые нормативно-правовые акты. Через 7 лет в Дании на 28%, а в Швеции в два раза сократилось потребление тепловой энергии на отопление [37].

В 1980-х годах в Германии разработали концепцию зданий Passivhaus. В таком строении был минимальный теплообмен с окружающей средой и для отопления использовались внутренние тепловые ресурсы [59].

Директива Евросоюза 93/76/ЕС ввела такие понятия как энергетический паспорт зданий, эффективная теплоизоляция зданий, субсидирование расходов, направленных на экономию энергии [2].

В настоящее время около 35% зданий ЕС имеют возраст более 50 лет, и почти 75% строительного фонда являются энергоэффективными. В то же время ежегодно ремонтируется только около 1% жилого фонда [2].

Директива EPBD вступила в силу с 2003 года, правила которой должны внедриться во всех странах ЕС. Документ основывается на стандартах Comite' Europe'en de Normalisation, CEN. Она поможет достичь высокой энергоэффективности зданий к 2050 году. Также, создаст стабильную среду для инвестиционных решений [41].

EPBD охватывает широкий спектр стратегий и вспомогательных мер, которые помогут национальным правительствам ЕС повысить энергетические показатели зданий и улучшить существующий строительный фонд [2]:

- требуется наличие специальных регламентов по энергоэффективности для инженерных систем;
- Здания к 2020 году должны соответствовать характеристикам passive house (nearly zero-energy buildings (NZEB));
- Усиливается позиция и значимость энергетических сертификатов зданий;
- Для всех национальных контролирующих органов должна быть разработана независимая система контроля качества;
- вводится дополнительная европейская схема оценки "умной готовности" ('smart readiness') зданий.

Комиссия установила набор стандартов и сопутствующих технических отчетов для поддержки EPBD под названием energy performance of buildings standards (EPB standards).

Частично методы расчетов включены в законодательства стран, например стандарт по расчету энергопотребления здания (ISO-EN 13790 «Energy performance of buildings. Calculation of energy use for space heating and cooling»), требования по качеству микроклимата (EN 15251 «Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance

of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics») [8].

Это может привести к значительной экономии энергии, так как позволит сократить общее потребление энергии на 5-6% и снизить выбросы CO₂ примерно на 5% [1].

1.4. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ОБЪЕКТЫ, ОТВЕЧАЮЩИЕ КРИТЕРИЯМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ В ЕВРОПЕ

Существует множество энергоэффективных зданий по всему миру, далее будут рассмотрены некоторые из них в Европе.

Здание правления Верховной власти Лондона имеет сферическую форму, что уменьшает потери и приток теплоты. К тому же она имеет на 25% меньше площадь поверхности, чем поверхность куба [60]. В большей части здания имеются открывающиеся окна, обеспечивающие естественную вентиляцию. Теплота, вырабатываемая офисной техникой, осветительными приборами и людьми используется повторно. Имеются скважины, куда закачиваются холодные грунтовые воды для охлаждения помещений. С помощью этих систем здание не требует дополнительного обогрева или охлаждения и потребляет всего $\frac{1}{4}$ от энергии, потребляемой типичным офисным зданием [57].

EKONO-house был построен в 1979 году в г. Отаниеми, Финляндия. Главным принципом данного здания является минимизация ограждающих конструкций и, следовательно, снижение потерь через них. Они имеют высокую теплоемкость, что повышает теплоустойчивость строения. К тому же вентилируемые окна дают возможность использовать для нагрева воздуха до 55% солнечного света. Через узкое отверстие внутри помещения воздух попадает в межстекольное пространство, где воздух забирает солнечное тепло [3,60].

Pearl River Tower 2010, Китай. Это 71 здание, обладающее солнечными батареями нового поколения. Они занимают площадь около 6000 м², и суммарная мощность составляет 300 000 кВт. Одним из принципов этого здания является использование воздушных масс. На нем установлены 4 ветрогенератора, которые используют «эффект сквозняка» на противоположных сторонах фасада. Они являются дополнительным источником энергии. Так же, на окнах установлены автоматические ламели, которые изменяют свое положение с перемещением Солнца [33].

Строительство энергоэффективных районов или поселков по сравнению со строительством отдельных зданий позволяет на принципиально более высоком уровне изучить в реальных условиях энергосберегающие технологии, а также их взаимосвязь с экологическими и социальными условиями. В начале 1980х годов появились первые энергоэффективные поселки – Керва в Финляндии и около города Сакраменто в США. Тенденция строительства таких энергоэффективных поселков и городов наблюдается в странах Европы и Америки [59].

Жилой комплекс VIIKKI расположен в Хельсинки, Финляндия. В нем сочетаются множество энергоэффективных принципов строительства [58]:

- Большая площадь остекления на Юге и ориентация здания туда же;
- Происходит индивидуальный контроль за отоплением. Используется теплота воды системы водоснабжения в отоплении;
- Рекуператоры тепла установлены в каждой квартире, системы естественной вентиляции имеют повышенную эффективность;
- Имеется система оборотного водоснабжения, сбор дождевого стока для полива прилегающих территорий, сточные воды очищаются и используются повторно;
- На крышах и балконах зданий находятся солнечные модули.

1.5. ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ

Здания традиционной конструкции имеют очень низкий показатель энергоэффективности за счет того, что использовались дешевые и неэффективные материалы. Начнем с того, что практически 70% тепловой энергии теряется за счет этого [23].

1.5.1 СНИЖЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ

Наружные стены

Через наружные стены теряется порядка 15-25% энергии. В большей степени это происходит из-за несовершенства материала. Так, для строительства дома и выбора, составляющего стены и ее толщины следует учитывать его теплопроводность. Примеры коэффициентов представлены в таблице 3 [45].

Таблица 3. Материалы и плотности материалы [49].

Материал	Плотность кг/м ³	Коэффициент теплопроводность	Толщина стены, см	Масса стены, кг	Цена м ² стены, руб
Кирпич глина	1700	0,56	210	3570	4830
Кирпич силикатный	1800	0,6-0,8	220	4000	5500
Ячеистый бетон	700	1,1	50	350	1350
Керамзитобетон	850	0,35	70	595	1260
Дерево	500	0,05-0,15	40	200	1800
Пенополистерол	35	0,029	12	60	998
Керамический блок	300	0,094	30	600	2375

Так как мы рассматриваем многоквартирный дом, сравнивать мы будем только кирпич, бетон, керамзитобетон и керамический блок.

У керамического блока коэффициент теплопроводности равняется 0,094, а у ближайшего конкурента керамзитобетона – 0,35 [46].

Лучшим методом будет комбинирование двух материалов [45]:

- «1 слой» представлен теплоизоляционной штукатуркой с коэффициентом теплопроводности 0,18 Вт/м*С толщиной 20 мм;
- «2 слой» – керамический блок 300 мм;
- «3 слой» – лёгкая цементно-перлитовая смесь (0,12 Вт/м*С) между кладкой керамического блока и лицевым кирпичом;
- «4 слой» – 120 мм кладка стены с применением щелевого облицовочного кирпича (0,45 Вт/м*С).

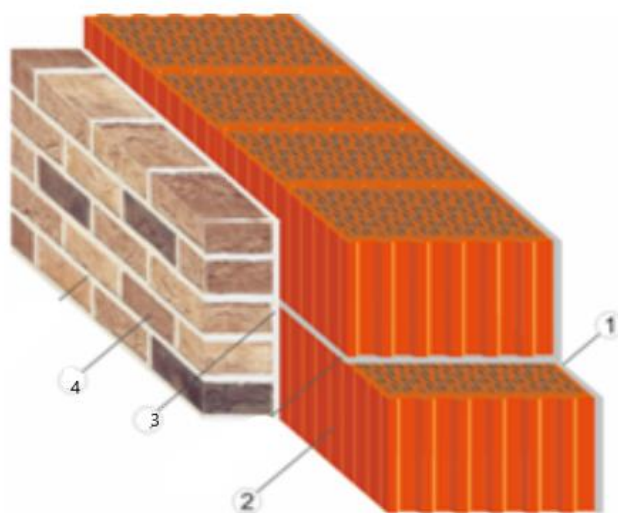


Рисунок 4. Разрез стены [49]

При производстве керамического блока глиняную массу формируют с добавлением внутрь поризаторов, а затем высушивают и обжигают в печи. В качестве поризатора могут использоваться:

- Опилки древесины;
- Солома;
- Шелуха семечек или риса;
- Торф.

Следовательно, можно сделать вывод, что такой материал экологически чистый и поддается повторной переработке [45].

Внешняя стена из керамических блоков, облицованная щелевым кирпичом, создаст термическое сопротивление $3,7343 \text{ м}^2 \cdot \text{С} / \text{Вт}$. Для средней полосы России требуется $3,13 \text{ м}^2 \cdot \text{С} / \text{Вт}$ [46].

К тому же не потребуется включать в конструкцию слой утеплителя, из-за теплоэффективности этих двух материалов.

Что касается прочности керамических блоков, уже есть опыты строительства многоэтажных домов из такого материала. К примеру, в республике Башкортостан стоят такие дома.

При расчете нагрузки 3х этажного дома: 100 тонн вес кровли и снеговая нагрузка, 85 тонн - стены, 100тн- железобетонные перекрытия, следовательно 285 тонн общая нагрузка на площадь опирания $150\,000 \text{ см}^2$, следовательно удельная нагрузка $1,8 \text{ кг} / \text{см}^2$. Следовательно, запас прочности выше фактических нагрузок в 53 раза [43].

Говоря об отоплении и снижении потерь тепла через стены за радиаторами, можно установить за радиаторами слоя алюминиевой фольги на вспененном утеплительном материале



Рисунок 5. Пример дома из керамических блоков [18].

Окна

Энергосберегающие окна – один из методов энергосбережения в доме. Внешне они практически не отличаются от обычных ПВХ конструкций [23].

Энергосберегающее окно – это пластиковый стеклопакет, который с помощью некоторых модификаций препятствует теплообмену между помещением и улицей. Такой метод поддерживает в помещении одинаковую температуру в любое время года с минимальным отоплением или охлаждением [48].

Такие окна представлены стеклопакетом с теплоотражающим покрытием, внутри которого находится инертный газ.

Согласно требованиям московских городских строительных норм (МГСН) 2.01-99 «Энергосбережение в зданиях», коэффициент сопротивления теплопередаче стеклопакета (R) должен быть не менее 0,54 м²°C/Вт [19].

Потери тепла могут происходить и за счет конвекционного переноса, что зависит от ширины воздушной камеры, если превышает 16 мм [47].

Газ (криптон, аргон) обладает более низкой теплопроводностью, чем воздух. К тому же, в нем нет молекул воды, что является проводником тепла [48].

Существует мягкое и твердое энергосберегающие покрытия.

K-стекла-твердый слой химического соединения кислорода, кремния и индия. Что касается достоинств данного материала- неограниченный срок годности, подходит для одинарного остекления. Но оно уменьшает пропускную способность света и практически не защищает от перегрева солнечными лучами [61].

Наиболее технологичная технология - i-стекло. Покрытие наносится вакуумным напылением на холодное стекло. Обычно идет чередование оксида висмута (BiO), нитрида алюминия (AlN), диоксида титана (TiO₂) и других материалов. За счет многослойности отражаются волны не одной, а нескольких длин, это увеличивает эффективность стекла [47].

Данная технология стоит дешевле, чем k-стекло, но мягкий слой легко повредить и теряет свои свойства при длительном воздействии кислорода.

Сравнивая две технологии, можно прийти к выводу, что i-стекло стоит в 2–2,5 раза меньше и на 20% эффективнее, что делает первую технологию более инновационной [46].

К тому же пропадает проблема образования конденсата. Стандартные окна быстро охлаждаются и при столкновении с теплым воздухом в помещении на поверхности образуются капли воды. Температура внутреннего стекла в зависимости от вида покрытия представлена в таблице 4.

Таблица 4. Температура внутреннего стекла при температуре 20°C в помещении и -26°C при однокамерном пакете [48].

Вид покрытия	Температура внутреннего стекла
Стандартное стекло	+5 °C
i-стекло	+15°C
k-стекло	+12°C

Меньше тепло теряется через окна с большей температурой внутреннего стекла. По данным таблицы видно, что эффективность стекол с i-напылением выше, чем у конкурентов.

Высокая стоимость данных окон компенсируется экономией на отоплении и охлаждении помещения. Так же, они помогают сохранять комфортный микроклимат в помещении. К тому же они защищают от УФ-излучения (рисунок 6) [44].

Стекла с напылением помогают защищать мебель от выцветания.

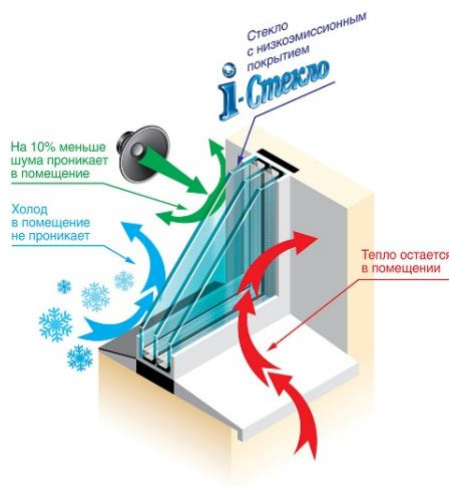


Рисунок 6. Принцип i-стекла [47]

Устройство застекленных лоджий предназначено для сокращения расхода проникающего в помещение наружного холодного воздуха в зимний период.

Двери

Принцип энергоэффективных дверей очень похож на окна- не выпускать воздух из помещения на улицу. Двери с терморазрывом характеризуются наличием изоляционной прослойки с низкой теплопроводностью, которая укладывается между двумя слоями утеплителя. К тому же такие двери обладают хорошей шумоизоляцией [39].

В соответствии с ГОСТ 31173-2003 показатель сопротивление теплопередаче для блоков дверных стальных установлен на уровне - не менее $0,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ [11,14].

Такие двери дороже аналогов без терморазрыва, но она окупается за счет меньших трат на отопление в подъезде. Установка доводчиков и тамбуровеще один способ сэкономить [40].

1.5.2. ЭФФЕКТИВНОЕ И ЭКОНОМИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Экономия денег и энергии заключается в правильном выборе энергоэффективных приборов, бытовой техники и электроники. Так же, можно сократить их использование.

Освещение. Энергию можно сэкономить при использовании светодиодных вместо ламп накаливания. К примеру, при одном световом потоке в 1200 лм, мощность первой равна 12 Вт, а второй 100 Вт. [46]

Также, в многоквартирном доме целесообразно установить датчики движения, которые выключают освещение в подъезде и на общей лестнице, когда там никого нет, поможет сэкономить потребляемую там электроэнергию более чем в 20 раз. Однако основные резервы эффективного использования электроэнергии в зданиях находятся в квартирах.

Бытовые приборы. Используйте электроприборы только с классами энергопотребления А и выше, а лучше А++.

Электроплиты- одни из самых больших потребителей энергии. Лучшим вариантом будет индукционная плита. Она отличается мгновенным нагреванием и остыванием. Регулировка температуры происходит мгновенно, так как происходит нагрев посуды, а не поверхности конфорки.

Время нагрева 2 литров воды до кипения на индукционной плите равно 4 мин 46 сек, когда на электроплите 9 минут. На газовой – 8 мин 18 сек [42].

Следовательно, такая плита более рационально расходует энергию [42].

Холодильник. Во-первых, держите все части в чистоте: пыль на радиаторе увеличивает энергопотребление. Во-вторых, не ставьте его рядом с источниками отопления или на теплый пол. В-третьих, нельзя класть в него горячую пищу.

Используйте стиральную и посудомоечную машину только при полной загрузке и в есо-режиме. Так как используется одинаковое количество энергии и воды. К тому же, электронику лучше выключать из розетки, так как в спящем режиме она может потреблять до 8% всей электроэнергии [39].

1.5.3. ОТОПЛЕНИЕ

Отопление в многоквартирном доме бывает разное: начиная от водяного, заканчивая электрическим. Наиболее безопасная, эффективная и экономичная система – элетроотопление: конвекторы и теплый пол. Существует множество преимуществ [53]:

1. Экологически чистый вариант отопления;
2. Возможность регулировки мощности прибора;
3. Устанавливается микроклимат в каждой комнате отдельно;
4. Нет шума при работе;
5. Экономически выгодное отопление;
6. КПД достигает 98%. Данный показатель значительно больше других отопительных систем.

7. Отопление в квартире осуществляется благодаря тепловой энергии тепловых электрических нагревателей.

8. Приборы быстро нагреваются и безопасны в использовании.

Для установки и подключения таких устройств не нужно получать специальные разрешения и проводить дополнительные работы в доме. Одно из условий, специальная проводка для электроприбора [52].

При установке многотарифного счетчика рекомендуется использовать электрическое отопление, так как в ночное время стоимость электроэнергии в разы ниже. Следовательно, ночью можно отопить квартиру, а днем поддерживать температуру.

Так как пол в квартире одно из холодных мест, то теплый пол равномерно прогреет квартиру в режиме естественной циркуляции воздуха. Это увеличит тепловую эффективность и улучшит микроклимат [25].

1.6. ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ

Важным аспектом энергосбережения и ресурсосбережения является повторное использование воды. Оно рассматривается как экономия энергии, используемой для водоснабжения и очистки, для утилизации и очистки сточных вод, а также для подогрева горячей воды. При повторном использовании воды можно сэкономить до 35% воды [51].

В стандарте СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011 "Зеленое строительство. Жилые и общественные здания. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания" [19] уделяет особое внимание экономии ресурсов в системах горячего и холодного водоснабжения. Категория "Рациональное водопользование" содержит критерии, оценивающие экономию воды, присущую проектированию здания. Например, критерий "Водосберегающая арматура" имеет уже сегодня реализованные энерго- и ресурсосберегающие решения в системах горячего и холодного водоснабжения.

Сегодня на рынке представлено значительное количество различных инженерных решений и оборудования, в том числе и с применением

зарубежного опыта. Решения основаны на современных принципах и требованиях, предъявляемых к инженерным системам, с учетом имеющегося на рынке оборудования и опыта его эксплуатации. Внутренние системы водоснабжения и канализации являются одним из важнейших элементов систем жизнеобеспечения зданий [9]. Система должна быть оснащена инженерным оборудованием в соответствии с существующими нормативными требованиями к обустройству жилых и общественных зданий. Отсутствие единых (общепринятых) стандартов в этой области инженерного оборудования приводит к расплывчатым требованиям заказчиков, отсутствию критериев надлежащего уровня работ и оборудования, ошибкам на разных этапах отбора и внедрения оборудования в проект. Последствиями сложившейся ситуации в этом направлении являются как нарушения в вопросах безопасности результатов работ, так и их функциональные недостатки, что означает неразумное (неэффективное) расходование ресурсов [19].

1.6.1 ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ

Говоря об энергосбережении при внедрении канализационных сетей, необходимо также обратить внимание на типы канализационных сетей. Сегодня в городах действует централизованная канализационная сеть. Однако исследования [1] показали, что децентрализованная сеть обладает большими преимуществами, особенно для отдаленных населенных пунктов или поселков со сложными геоморфологическими почвенными условиями. Среди всех видов канализации децентрализованная канализация является наилучшим вариантом.

Децентрализованная канализация и очистка сточных вод часто являются признаком устойчивого водоснабжения, так как это снижает как капитальные и эксплуатационные расходы на очистку воды, так и устойчивое водопользование и показана на рисунке 7 [4].

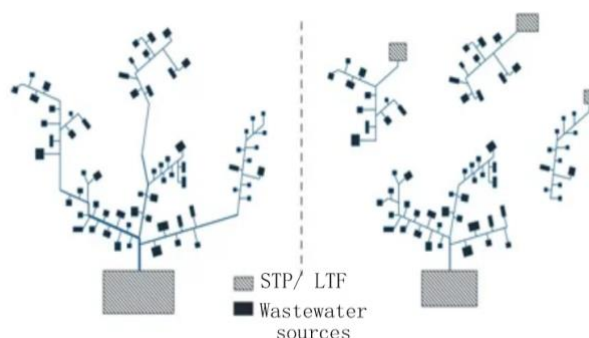


Рисунок 7. Централизованной (слева) и децентрализованной (справа) очистки сточных вод по районам [61].

Децентрализованные канализационные системы предназначены для отвода и очистки сточных вод для отдельных зданий, когда их экономически нецелесообразно подключать к централизованной системе [7].

Существует несколько преимуществ этой системы [7]:

- Снижение нагрузки на водный объект за счет меньшего забора и сброса воды;
- Сокращение размеров и капитальных затрат на локальные биологические очистные сооружения;
- Уменьшение эксплуатационных расходов на транспортировку и очистку сточных вод;
- Снижение гидравлической нагрузки на станцию водоподготовки на 15-40% за счет повторного использования очищенной воды.

1.6.2 ТИПЫ СИСТЕМ ОТВОДА СТОЧНЫХ ВОД

Существует три различных типа систем отвода сточных вод для здания или муниципалитета: общесплавная, раздельная и полураздельная. Для современных сточных систем используются вторая и третья системы.

Общесплавная система состоит из однотрубной системы, по которой удаляются все виды сточных вод - бытовые, промышленные и ливневые - и затем отправляются на очистные сооружения. При сильных дождях в этих системах могут возникать переполнение [56]. Во избежание переливов

ливнеспуски проектируются и устанавливаются на главном коллекторе. Через них часть смеси сточных вод сбрасывается необработанной в ближайший водоем.

Полураздельная канализационная система имеет две водоотводящие сети: коммунальную сеть и сеть ливневых стоков. На пересечении этих сетей расположены разделительные камеры, целью которых является сброс избыточной части стоков в водоем во время ливневых дождей [44].

Таким образом, только наиболее загрязненная часть ливневых стоков через разделительные камеры поступает в промышленную и хозяйственно-бытовую сеть.

Раздельная канализационная система подразделяется на полную и неполную. Полная отдельная канализационная система имеет две закрытые водоотводящие системы: одну - для бытовых и промышленных сточных вод, а вторую - для отвода дождевых стоков [40].

Неполная раздельная система отличается от полной системы тем, что ливневые стоки отводятся по открытой сети, то есть по уличным желобам или канавам [40].

Ливневые воды по раздельной системе отводятся с очисткой.

Преимуществами данной системы являются [58]:

- При очистке дождевого стока именно эта система минимизирует ущерб окружающей среде;
- Проверенная технология строительства;
- Отсутствие разделительной камеры;
- Относительно низкие инвестиционные затраты на очистные сооружения.

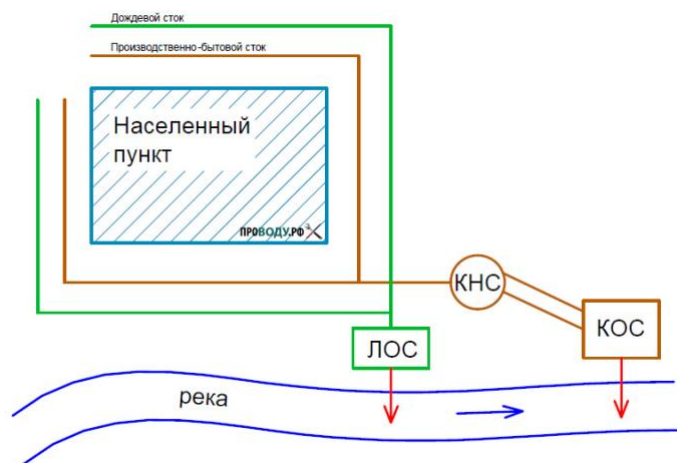


Рисунок. 8. Раздельная система канализации района [61].

На рисунке 8 показана схема неполная раздельная система водоотведения района. Дождевой сток через открытую систему поступает в локальные очистные сооружения ливневых стоков (ЛОС), а бытовой сток, проходя через канализационную насосную станцию (КНС), поступает в канализационные очистные сооружения (КОС) [61].

1.7 ВЕНТИЛЯЦИЯ

1.7.1 СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

Вентиляция очень важна в энергоэффективном доме. Она помогает контролировать влажность, что не допустит появление плесени. Также, она не позволяет вредным веществам таким как формальдегид, оставаться в доме.

Системы вентиляции классифицируются по трем основным признакам [25]:

1. Способ побуждения движения воздуха:
 - 1.1. Естественная;
 - 1.2. Искусственная вентиляция.
2. Способу снабжения помещения воздухом:
 - 2.1. Приточные вентиляции – системы, через которые подается воздух в помещение;

- 2.2. Вытяжные системы – способ, с помощью которого воздух удаляется из помещения;
- 2.3. Приточно-вытяжные.
- 3. Методы организации вентиляции помещения:
 - 3.1. Местные системы – действуют на определенную часть объема помещения;
 - 3.2. Общеобменные системы – действие на все помещение, представлена на рисунке 9.

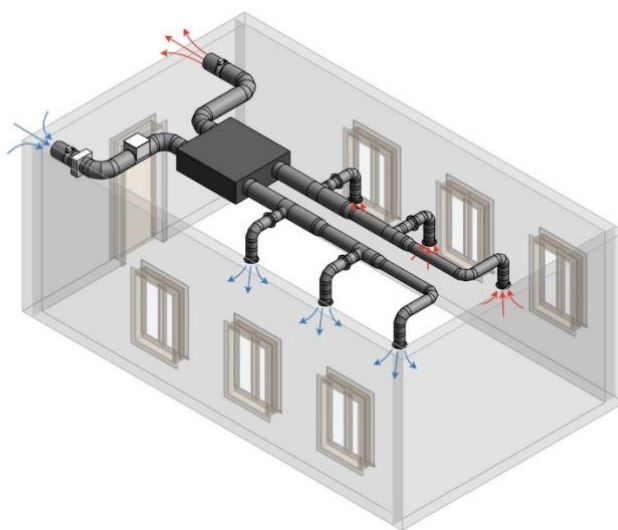


Рисунок 9. Общеобменная система [40].

Способы пробуждения

Естественная вентиляция — это неконтролируемое движение воздуха. В традиционных домах из-за большого количества трещин и отверстий в стенах дома, она осуществлялась независимо от желаний проживающих. В энергоэффективном доме герметизируются все полости, что делает вентиляцию необходимой для поддержания здоровой и комфортной внутренней среды. Открытые окна и двери обеспечивают естественную вентиляцию, но многие люди держат свои дома закрытыми, потому что они используют центральное отопление и системы охлаждения круглый год [27].

Она очень сильно зависит от погодных условий. Так, в теплую погоду она может быть недостаточной, что приведет к проблемам со здоровьем у людей. Во время сильного ветра, наоборот, дом будет слишком продуваться,

будут сквозняки. Нужно будет платить больше за отопление или охлаждение дома [5].

Использование вентиляторов, воздухонагревателей, пылеуловителей и других энергопотребляющих установок подразумевает механическая вентиляция для перемещения воздуха на значительные расстояния. Где недостаточно естественной вентиляции, там применяется этот тип [26].

Способ снабжения помещения воздухом

Помещения могут быть оборудованы только системами приточной вентиляции: определенное количество воздуха поступает организованным путем, а удаление через щели.

В случае вытяжной вентиляции происходят противоположные действия: удаляется организовано, а поступает самотеком. В помещении устанавливается давление ниже атмосферного или ниже, чем в соседних помещениях [28].

В обоих случаях используется метод перетекания воздуха: в помещение, где установлена система вытяжной вентиляции, поступает воздух из соседней комнаты. Следовательно, практически исключается движение воздуха в обратном направлении. Эти системы устанавливаются в «грязных» помещениях, когда нужно предотвратить распространение воздуха из них.

1.7.2. СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА

Согласно санитарно-гигиеническим нормам общая масса воздуха должна обновляться каждые 2 часа [27].

Рециркуляция – процесс подмешивания к наружному воздуху, подаваемому приточной установкой с улицы, внутреннего воздуха и подачи в помещение данной смеси [5].

Системы вентиляции с рекуперацией энергии обеспечивают контролируемую вентиляцию при минимизации потерь энергии. Эта одна из экономически выгодных установок [28].

В холодное время года применяется с целью экономии тепла, уходящего на подогрев воздуха. В теплое время года, наоборот, для охлаждения.

Для ее устройства устанавливается единый блок снаружи стены или на лоджии.

Говоря о плюсах такой вентиляции, можно выделить [25]:

- Подогрев и охлаждение воздуха;
- Ионизация и увлажнение частиц;
- Обеззараживание и фильтрация воздуха.

Виды рекуператоров

Самые популярные в России – пластинчатые теплообменники, но существуют еще несколько видов рекуператоров.

Принцип работы приточно-вытяжной вентиляции.

Сначала холодный воздух снаружи и теплый из помещения поступает в вытяжку и проходит очистку. Далее они проходят рекуператор, где тепло от теплого воздуха передается холодному. Следующий этап: теплый газ поступает в калорифер (нагреватель) и подается в помещение [10].

Пластинчатый рекуператор

Эта система представляет собой кассету с двумя каналами, разделенными между собой теплообменной кассетой из алюминиевой фольги или пластика (рисунок 10). Приточный и вытяжной потоки не перемешиваются, но происходит температурный обмен. Есть несколько преимуществ и недостатков этого рекуператора [25].

Преимущества:

- - Система легко встраивается в систему вентиляции;
- - Отсутствуют подвижные части;
- - Высокий КПД до 70%;
- - Поток воздуха легко регулируется.

Недостатки:

Образуется наледь из-за конденсата, который образуется в холодное время года из-за разности температур. Для предотвращения этого необходимо предусмотреть байпас и подогреваться калорифером. С другой стороны, есть рекуператоры, где используется предварительный подогрев, но одновременно с этим снижается КПД на 20%. Другое решение - кассеты из гигроскопической целлюлозы. Этот материал поглощает влагу из вытяжного воздушного потока и передает ее входящему, тем самым, возвращая назад еще и влагу [22].

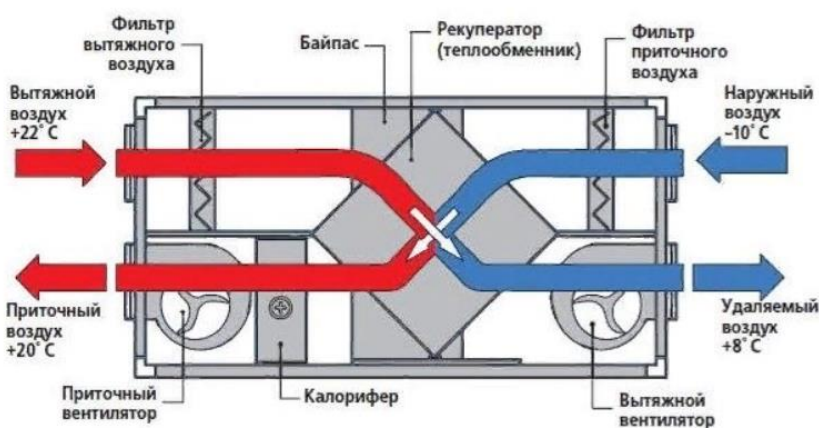


Рисунок 10. Пластинчатый рекуператор [54].

Роторный рекуператор

Такая система представляет собой цилиндр, в котором расположены слои гофрированной стали. В каждый отсек попадает поочередно холодный и теплый воздух (рисунок 11) [26].

В отличие от пластинчатых, в них происходит частичное смешивание входящего и исходящего воздуха.



Рисунок 11. Роторный рекуператор [54].

Водяной рециркуляционный рекуператор воздуха

Принцип действия основан на переносе тепловой энергии из отдельно стоящего вытяжного теплообменника в приточный с помощью воды, антифриза, показан на рисунке 12.

Преимущества водяных рекуператоров [47]:

1. КПД около 60%;
2. Приточный и вытяжной потоки не перемешиваются;
3. Размещение теплообменников на некотором расстоянии друг от друга;
4. Возможность объединения нескольких вытяжных и нескольких приточных систем в одну систему рекуперации.

Недостатки водяных рекуператоров [28]:

1. Наличие дополнительной водяной магистрали требует установки водяного насоса;
2. Влагообмен невозможен.

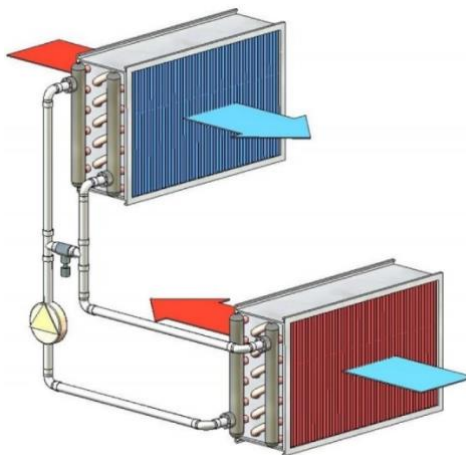


Рисунок 12. Водяной рециркуляционный рекуператор [54].

Реверсивный рекуператор

Принцип действия заключается в том, что в первой фазе воздух движется из помещения и нагревает керамический элемент, далее происходит смена направления, воздух движется с улицы и забирает накопленное тепло у керамического элемента (рисунок 13).

Керамический элемент высокотехнологичен с эффективностью регенерации до 91%. Благодаря ячеистой структуре имеет большую площадь

контакта с воздухом и обладает высокими теплопроводящими и накопительными свойствами [29].

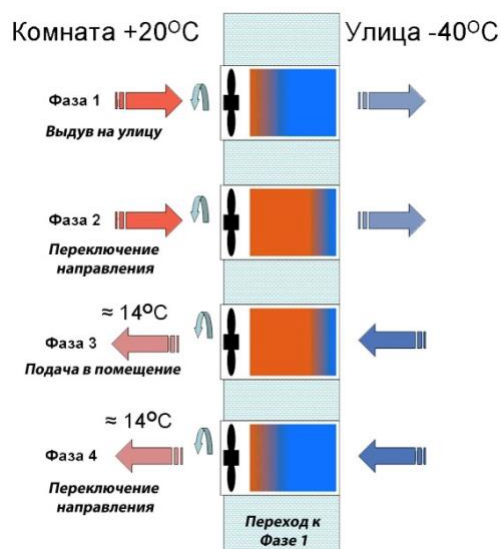


Рисунок 13. Принцип действия реверсивного рекуператора [52].

Фильтры

Одним из преимуществ систем рекуператоров является наличие фильтрующего элемента. Существует классификация фильтров очистки воздуха [26]:

1. Фильтры грубой очистки (G1-G4);
2. Средней очистки (M5, M6);
3. Тонкой очистки (F7-F9).

Крупные загрязнения, как листья, пух, насекомые задерживаются фильтрами грубой очистки. К тому же пыль техногенного происхождения тоже задерживается с помощью этих устройств.

Атмосферная пыль, пыльца растений не проникает в помещение с помощью фильтров тонкой очистки. F7 задерживает около 80% пыли [26].

Преимущества для человека от фильтров [26]:

- Уменьшение аллергических реакций;
- Улучшение самочувствия.

Частицы PM 2.5 – крайне опасные для здоровья человека. Они настолько мелкие, что не задерживаются естественными барьерами и беспрепятственно попадают в организм: легкие, кровь. Они накапливаются в организме,

провоцируют хронические заболевания. Такие частицы способен задерживать высокоэффективный фильтр HEPA (High Efficiency Particulate Absorption)-класс фильтров, определенным международными и национальными стандартами EN 1822–1:2009 и ГОСТ Р EN 1822-1-2010 [11, 13].

Преимущества рекуператора тепла перед естественной вентиляцией

Во-первых, на стенах и окнах не образуется плесень, так как она образуется из-за недостаточной вентиляции. Во-вторых, не будет появляться конденсат на окнах. В-третьих, теплый воздух при проветривании помещения, что сводит к минимуму риск заболеть [29].

ГЛАВА II. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. ПРОЕКТ ЖИЛОГО КВАРТАЛА С ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫМИ ЗДАНИЯМИ

Объектом исследования является новый район двадцати двухэтажных таунхаусов по 5 блоков в каждом доме на территории Московской области (примерно 55 с.ш., 37 в.д.). Ориентировочное число жителей данного района составит около 300 человек. На территории также будут располагаться мини маркет и кафе.

2.2. МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.2.1 МЕТОДИКА РАСЧЕТА СРОКА ОКУПАЕМОСТИ РЕКУПЕРАТОРА ТЕПЛА.

Исходные данные для расчета: Средняя минимальная температура в регионе в зимние месяцы, оптимальная температура в жилом помещении в холодное время года, относительная влажность, срок отопительного сезона в этом регионе.

Кратность воздухообмена $3\text{ м}^3/\text{м}^2$ для жилого помещения согласно своду правил Здания жилые [18]. Плотность воздуха равна $1,3\text{ кг}/\text{м}^3$.

Масса вентилируемого воздуха за час в квартире:

$$m = \rho * V,$$

где m – масса воздуха, ρ – плотность, V – объем воздуха.

Количество энергии, которое необходимо для нагрева воздуха до нужной температуры:

$$Q = c * m * (t_2 - t_1),$$

где Q – кол-во энергии, c – теплоёмкость воздуха ($1005\text{ Дж}/(\text{кг} * \text{градус Цельсия})$), m – масса воздуха, t_1 – температура на улице, t_2 – температура в помещении.

Далее расчет в рублях расхода энергии за отопительный сезон:

$$P=Z*24 \text{ часа}*202*Q,$$

где Z- тариф в регионе.

С помощью рекуператора можно сэкономить 70%, соответственно далее находим P с рекуператором.

Полная стоимость владения рекуператором с учетом цены

$$T=(w*Z*24 \text{ часа}*202 \text{ суток})+y,$$

где w- энергопотребление вентилятора 0,2 кВт*ч; y-цена рекуператора.

Далее выполнить деление: P/T, если больше 1, то окупаемость меньше, чем за 1 отопительный сезон.

2.2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП). Правила определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов указаны в приказе от 6 июня 2016 г. N 399/пр. [16]. Значение определяется по формуле:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}},$$

где $t_{\text{в}}$ - расчетная средняя температура внутреннего воздуха, °С; $t_{\text{от}}$ - средняя температура отопительного периода, °С; $z_{\text{от}}$ -продолжительность отопительного периода, сут.

Нормируемый базовый уровень удельного годового расхода энергетических ресурсов в многоквартирном доме, отражающий суммарный удельный годовой расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, а также на общедомовые нужды, многоквартирных жилых домов, принимается по Таблице №1.

Фактический уровень удельного годового расхода энергетических ресурсов в многоквартирном доме:

$$F=s+(ГСОП-ГСОП_s): (ГСОП(s+1000) - ГСОП_s)*(s+1000)-s),$$

где s – расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и электроэнергии на общедомовые нужды; $s+1000$ – расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и электроэнергии на общедомовые нужды (ГСОП+1000).

Сравнивая полученное значение нормируемого уровня удельного годового расхода энергетических ресурсов в многоквартирном доме с фактическим показателем:

$$((F- Y) : Y) \cdot 100\% ,$$

где Y -Удельный годовой расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и электроэнергии на общедомовые нужды.

По таблице №1 Приказа, результат относим к классу энергетической эффективности [12].

2.2.3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАСХОДОВ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ДЛЯ ЖИЛОГО ДОМА

Исходные данные для расчета: Количество квартир, количество квартир, количество жителей, количество приборов для холодной воды и для горячей воды. Данные по одной квартире: количество жителей, количество сантехнических приборов, для холодной и горячей воды

Вероятность действия санитарно-технических приборов на участках сети при одинаковых водопотребителях в здании (зданиях) или сооружении (сооружениях):

$$P = \frac{q_{hr,u} U}{3600 q_0 N'}$$

где P – вероятность действия санитарно-технических приборов на участках сети; $q_{hr,u}$ – норма расхода воды в час наибольшего водопотребления, л -определяется по приложению А; U – количество водопотребителей, чел; q_0 – секундный расход воды прибором; л/с –

определяется по приложению А; N – количество санитарных приборов на участке сети, шт.

Для расчета секундного расхода необходимо определить коэффициент, а – по приложению Б, в зависимости от количества приборов N и вероятности их действия P.

Максимальный секунднй расход воды на расчетном участке сети, общий, горячей и холодной, л/с:

$$q = 5q_0 a.$$

Вероятность использования санитарно-технических приборов в течение часа:

$$P_{hr} = \frac{3600P q_0}{q_{0,hr}},$$

где P_{hr} –вероятность использования санитарно-технических приборов;
 $q_{0, hr}$ -часовой расход воды прибором, л/ч – определяется по приложению А.

Для расчета часового расхода необходимо определить коэффициент a_{hr} , определяемый по приложению Б в зависимости от количества приборов N и вероятности их действия P_{hr} . Максимальный часовой расход воды, м³/ч:

$$q_{hr} = 5q_{0,hr}a_{hr}.$$

Суточный расход воды на хозяйственно–питьевые нужды, общий, горячей и холодной, м³/сут:

$$Q = \frac{\sum q_{u,m} U}{1000},$$

где $q_{u,m}$ – норма расхода воды в сутки со средним за год водопотреблением, л –определяется по приложению А.

Средний часовой расход воды за период (сутки, смена), м³/ч – водопотребления определяется по формуле

$$q_T = \frac{Q}{T},$$

где T - период водопотребления за (сутки, смену), ч – принимается по техническому заданию на проектирование.

2.2.4. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ЗДАНИЯ

Уравнение теплового баланса квартиры для стационарного режима имеет вид [6]:

$$Q_{\text{огр}} + Q_{\text{инф}} = Q_{\text{со}} + Q_{\text{быт.приб.}} + Q_{\text{ч}},$$

где $Q_{\text{огр}}$ – теплота, уносимая через ограждения; $Q_{\text{инф}}$ – теплота, расходуемая на нагрев инфильтрующегося воздуха; $Q_{\text{со}}$ – теплота, поступающая от системы отопления; $Q_{\text{быт.приб.}}$ – теплота, выделяемая бытовыми электроприборами; $Q_{\text{ч}}$ – теплота, выделяемая человеком

Тепловые потери $Q_{\text{огр}}$ различных ограждений рассчитывают по формуле:

$$Q_{\text{огр}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{ок}} + Q_{\text{вх.дв.}},$$

где $Q_{\text{ст}}$ – тепловые потери через наружные стены; $Q_{\text{ок}}$ – тепловые потери через окна; $Q_{\text{вх.дв.}}$ – тепловые потери через входную дверь;

$$Q_{\text{огр}} = (A_i \cdot (t_p + t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta_i) \cdot n) / R,$$

где i – стены или окна; A_i – площади соответственных наружных ограждений, м^2 ; t_p – температура воздуха в квартире; t_{ext} – температура воздуха наружная в холодное время; β_i – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь, через ограждающие конструкции; коэффициент n – принимается в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху; R_i – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \text{ К/Вт}$, следует определять по формуле:

$$R_{ii} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + R_k,$$

где $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

$$R_k = \delta / \lambda,$$

где RK – термическое сопротивление ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$; δ – толщина данного слоя в составе ограждающей конструкции, м ; λ – теплопроводность данного слоя в составе ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Далее определяются площади световых проемов окон и материалы стен.

Добавочные потери теплоты в данном помещении вводятся только на ориентацию ограждений (северо-запад, северо-восток, север и восток – b 0,1; запад и юго-восток – b 0,05; на юг и юго-запад – b 0).

Потери теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха, Вт , определяем по формуле:

$$Q_{\text{инф}} = 0,28 * L * \rho_n * c * (t_p - t_{\text{ext}}),$$

где L – расход удаляемого воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$, не компенсируемый подогретым приточным воздухом, принимаемый равным $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 помещений; C – удельная теплоемкость воздуха, равная $1 \text{ кДж}/\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}$; ρ_n – плотность наружного воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$, определяется по формуле:

$$\rho = \frac{353}{273 + t}.$$

Суммируя потери теплоты через все ограждения и потери теплоты на инфильтрацию, определяем теплонедостатки в помещении.

Теплонедостатки в помещении компенсируются отопительными приборами. Поэтому тепловая нагрузка отопительных приборов, установленных в данном помещении, будет равна его теплонедостаткам.

Поступления явной теплоты от людей определяем по формуле:

$$Q_{\text{явн}}^{\text{л}} = N * q_{\text{явн}} * k,$$

где N – число людей, находящихся в помещении; $Q_{\text{явн}}^{\text{л}}$ – выделение явной теплоты одним человеком, в холодный период 90 Вт , (категория работы – покой); k – коэффициент, учитывающий снижение тепловыделений в зависимости от пола и возраста, для мужчин $K=1$, для женщин $K=0,85$, для детей $L=0,75$.

Теплоотдача от бытовых электроприборов вычисляется по формуле:

$$Q_{\text{быт.приб.}} = N \cdot \eta \cdot \tau ,$$

где N - потребляемая прибором мощность, Вт; τ – время работы прибора, с/сут; η – коэффициент, учитывающий переход электрической энергии в тепловую.

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ЖИЛОГО КВАРТАЛА С ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫМИ ЗДАНИЯМИ

3.1. ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ

В каждой квартире будет 5 бытовых приборов (2 умывальника, кухонная раковина, душ, туалет) с холодной водой, из них 4 – с горячей.

Все дома будут подключены к общественной канализации. Сеть децентрализована, так как будет обслуживать только один населенный пункт. Все образующиеся бытовые сточные воды, а также сточные воды из мини-маркета и кафе будут сбрасываться на водоочистные сооружения. Сточные воды кафе будут в первую очередь очищаться с помощью жиросъемщика, который будет расположен на входе в канализационную сеть. Ливневые сточные воды будут отводиться отдельно и обрабатываться на станции очистки ливневых стоков.

Исходные данные для расчета.

Для расчета принят многоквартирный 2-этажный жилой дом, расположенный во 2-й строительной-климатической зоне.

Количество квартир - 100.

Количество жителей, чел. - 300.

Количество приборов для холодной воды, шт. - 500.

для горячей воды, шт. - 300.

Данные по одной квартире:

Количество жителей, чел. - 3.

Количество сантехнических приборов, для холодной воды, шт. – 5,
для горячей воды, шт. - 3.

Квартира оборудована санитарно-техническими приборами:

- смеситель для кухонной мойки;
- смеситель для сидячей ванны;

- смеситель для умывальника 2 штуки;
- унитаз со смывным бачком.

Таблица 5. Характеристика потребителей, обслуживаемых системами холодного, горячего водоснабжения и канализации, рассчитываемого здания [15].

Потребители	Измеритель	Повышающий коэффициент для III и IV климатических районов	Норма расхода воды, л						Расход воды прибором, л/с (л/ч)	
			в сутки со средним за год водопотреблением			в час наибольшего водопотребления			Общий холодной и горячей	Холодной или горячей
			Общая (в том числе горячей)	Горячей, при $t^h=65^{\circ}\text{C}$	Горячей при $t^h=55^{\circ}\text{C}$	Общая (в том числе горячей)	Горячей, при $t^h=65^{\circ}\text{C}$	Горячей при $t^h=55^{\circ}\text{C}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
с централизованным горячим водоснабжением и сидячими ваннами		1,15	230	80	94	14,3	7,8	9,2	0,3 (300)	0,2 (200)

Вероятность действия санитарно-технических приборов на участках сети при одинаковых водопотребителях в здании (зданиях) или сооружении (сооружениях):

$$P = \frac{q_{hr,u} U}{3600 q_0 N}$$

где P – вероятность действия санитарно-технических приборов на участках сети; $q_{hr,u}$ – норма расхода воды в час наибольшего водопотребления, л -определяется по приложению А; U – количество водопотребителей, чел; q_0 – секундный расход воды прибором, л/с - определяется по приложению А; N – количество санитарных приборов на участке сети, шт.

Вероятность действия санитарно-технических приборов P^{tot} общая для горячей и холодной воды:

$$p^{tot} = \frac{14,3 * 300}{3600 * 0,3 * 500} = 0,0079;$$

$$NP^{tot}=500*0,0079=3,95;$$

$$a_{hr}=2,21.$$

Вероятность действия санитарно-технических приборов P^h горячей воды:

$$p^h = \frac{7,8 * 300}{3600 * 0,2 * 400} = 0,008125;$$

$$NP^{tot}=400*0,008125=3,25;$$

$$a_{hr}=1,954.$$

Вероятность действия санитарно-технических приборов P^c холодной воды:

$$p^h = \frac{9,2 * 300}{3600 * 0,2 * 500} = 0,0076;$$

$$NP^c=400*0,0076=3,04;$$

$$a_{hr}=1,84.$$

Для расчета секундного расхода необходимо определить коэффициент a , в зависимости от количества приборов N и вероятности их действия P .

Максимальный секундный расход воды на расчетном участке сети, общий, горячей и холодной, л/с:

$$q = 5q_0a .$$

Максимальный секундный расход воды q^{tot} общий:

$$q^{tot}=5q_0^{tot}*a^{tot}=5*2,21*0,3=3,315 \text{ л/с.}$$

Максимальный секундный расход воды q^h горячей воды:

$$q^h=5q_0^h*a^h=5*1,954*0,2=1,954 \text{ л/с.}$$

Максимальный секундный расход воды q^c холодной воды:

$$q^c=5q_0^{ct}*a^c=5*1,84*0,2=1,84 \text{ л/с.}$$

Вероятность использования санитарно-технических приборов в течение часа:

$$P = \frac{3600P q_0}{q_{0,hr}},$$

где P_{hr} – вероятность использования санитарно-технических приборов;
 q_0, hr – часовой расход воды прибором, л/ч – определяется по приложению А.

Вероятность использования санитарно-технических приборов P_{hr}^{tot} холодной и горячей:

$$P_{hr}^{tot} = \frac{3600 * 0,0079 * 0,3}{300} = 0,02844;$$

$$NP_{hr}^{tot} = 500 * 0,02844 = 14,22;$$

$$a_{hr}^{tot} = 5,326.$$

Вероятность использования санитарно-технических приборов P_{hr}^h горячей:

$$P_{hr}^h = \frac{3600 * 0,008125 * 0,2}{200} = 0,02925;$$

$$NP_{hr}^h = 400 * 0,02925 = 11,7;$$

$$a_{hr}^h = 4,612.$$

Вероятность использования санитарно-технических приборов P_{hr}^c , холодной:

$$P_{hr}^c = \frac{3600 * 0,0076 * 0,2}{200} = 0,02736;$$

$$NP_{hr}^c = 400 * 0,02736 = 10,9;$$

$$a_{hr}^c = 4,391.$$

Для расчета часового расхода необходимо определить коэффициент a_{hr} , в зависимости от количества приборов N и вероятности их действия P_{hr} .
Максимальный часовой расход воды, м³/ч:

$$q = 5q_{0,hr}a_{hr}.$$

Максимальный часовой расход воды q_{hr}^{tot} общий:

$$q_{hr}^{tot} = 0,005 * 300 * 5,326 = 8,0 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Максимальный часовой расход воды q_{hr}^h горячей воды:

$$q_{hr}^h = 0,005 * 200 * 4,612 = 4,6 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Максимальный часовой расход воды q_{hr}^c холодной воды:

$$q_{hr}^c = 0,005 * 200 * 4,391 = 4,4 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Суточный расход воды на хозяйственно–питьевые нужды, общий, горячей и холодной, $\text{м}^3/\text{сут}$:

$$Q = \frac{\sum q_{u,m} U}{1000},$$

где $q_{u,m}$ –норма расхода воды в сутки со средним за год водопотреблением, л –определяется по приложению А.

Таким образом, суточный расход воды на хозяйственно–питьевые нужды общий:

$$Q_{tot} = \frac{230*300}{1000} = 69 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Суточный расход воды на хозяйственно–питьевые нужды горячей воды:

$$Q_h = \frac{80*300}{1000} = 24 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Суточный расход воды на хозяйственно–питьевые нужды холодной воды:

$$Q_c = \frac{150*300}{1000} = 45 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Средний часовой расход воды за период (сутки, смена), $\text{м}^3/\text{ч}$ – водопотребления определяется по формуле:

$$q = \frac{Q}{T},$$

где T – период водопотребления за сутки, ч – принимается по техническому заданию на проектирование.

Таким образом, получается средний часовой расход за сутки общий:

$$q_t^{tot} = \frac{69}{24} = 2,88 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Средний часовой расход за сутки горячей воды:

$$q_h^{tot} = \frac{24}{24} = 1 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Средний часовой расход за сутки холодной воды:

$$q_t^c = \frac{45}{24} = 1,88 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расчеты показали (таблица 6), что часовая расход воды составил 8 м³/ч с суточным потреблением 69 м³/сут при 300 потребителей.

Таблица 6. Сводные результаты проведенных расчетов.

Наименование	Количество потребителей	Количество санитарных приборов	Часовая норма расхода воды, q _{hr} , л	Расход воды прибором, q ₀ , л/с	Расход воды прибором, q ₀ , л/час	Суточная норма расхода воды q ₀ , л	Вероятность, P
1	2	3	4	5	6	7	8
1 Жилая часть							
Общий	300	500	14,3	0,3	300	230	0,007
Горячей	300	400	7,8	0,2	200	8	0,008
Холодной	300	500	7,1	0,2	200	150	0,007

NP	α	Секундный расход, q, л/с	Вероятность, P _{hr}	NP _{hr}	α _{hr}	Часовой расход, q, м ³ /ч	Суточный расход, Q, м ³ /сут	Период водопотребления, ч	Средний часовой расход, q _т , м ³ /ч
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3,95	2,21	3,315	0,028	14,2	5,36	8,0	69	24	2,88
3,25	1,954	1,95	0,029	11,7	4,61	4,6	24	24	1
3,04	1,84	1,84	0,027	10,9	4,4	4,4	45	24	1,88

В домах бытовые сточные воды делятся на "серые" и "черные". Под первой понимаются сточные воды из умывальников, ванн и душевых. "Черные" сточные воды из унитаза, стиральной машины, посудомоечной машины. Однако "серые" сточные воды являются большим потенциальным источником экономии воды и энергии. [47].

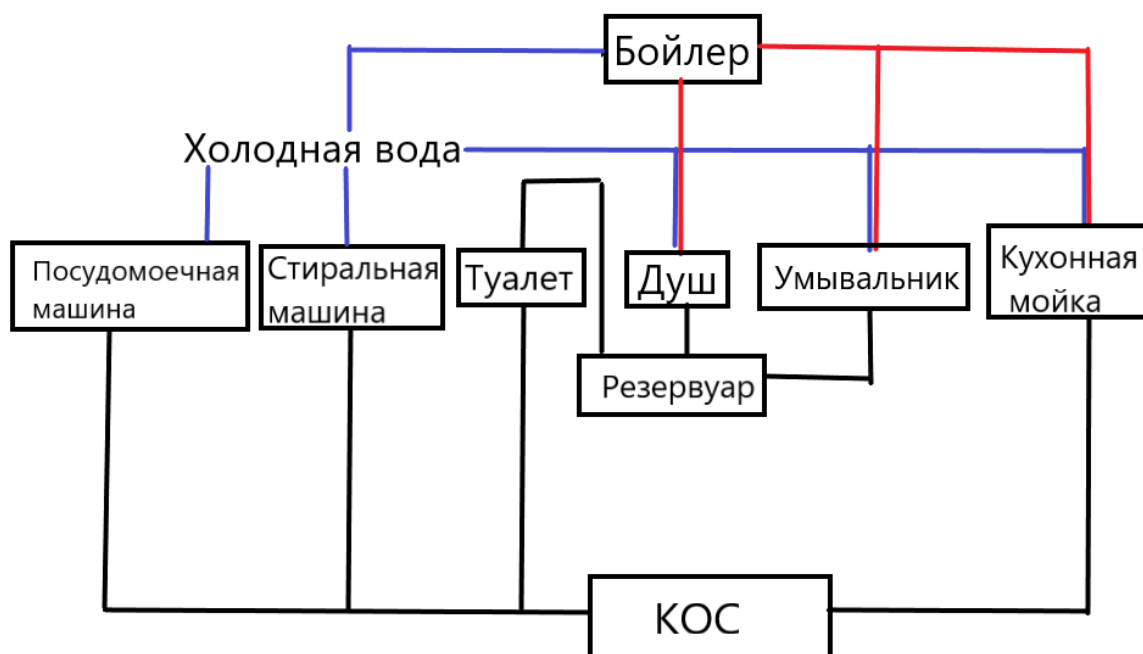


Рисунок 14. Схема водоснабжения.

Холодная вода поступает в бойлер для нагрева, после этого идет в душ, кухонную мойку и умывальник, далее незначительна загрязненная вода поступает в резервуар через промывной фильтр с песчаной и угольной насадкой и смывается в унитазе. Объем стоков от умывальника и душа практически соответствуют потребности в воде смывных бачков унитазов (превышение объема стоков на 10–15% над расходом воды для унитазов); При такой схеме с объемом бачка унитаза 10 литров и 10 смывов в день в одной квартире, получается сэкономить 10 м³/сутки и 300 м³/месяц. После этого черные стоки поступают на обеззараживание в очистные сооружения.

Одна из эффективных систем является каскадная система для сточных вод в индивидуальном секторе. Она может снизить потребление централизованной воды. Общая концепция каскадной системы проста, но эффективна. Поток воды через фильтр предварительной очистки позволяет фильтровать мусор и более крупные частицы. В резервуаре 2 фильтруются маленькие частицы.

В 3 емкости хранятся серые воды. Насос для бесшумной работы, транспортирует накопившуюся воду в туалеты по всему дому.



Рисунок 15. Каскадная система сточных вод [55].

При стоимости использования горячего водоснабжения 44,08 руб. за 1 м³ и по цене 38,86 руб. сброса воды за 1 м³ экономия составит 440 руб. Таким образом, экономия за месяц составляет 25 686,6 руб. на весь жилой комплекс или на 257 рублей за квартиру [61]. В результате получается экономия 16% воды.

3.3 ВЕНТИЛЯЦИЯ

Расчет срока окупаемости рекуператора тепла. Средняя минимальная температура в Московской области в зимние месяцы – 9°C. Декабрь 7,8 °C, январь 9,3°C, февраль 9,8 °C. Оптимальная температура в жилом помещении в холодное время года 20-22°C с относительной влажностью около 40%; в теплое 22-25°C и относительная влажность около 50%. Отопительный сезон в этом регионе длится 202 дня. В течение этого времени требуется греть воздух в помещении на 29°C.

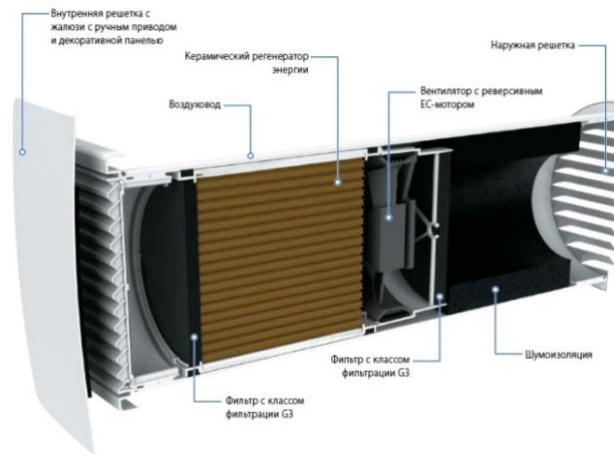


Рисунок 16. Разрез реверсивного рекуператора [54].

Кратность воздухообмена для жилого помещения $3\text{ м}^3/\text{м}^2$ согласно своду правил Здания жилые [18].

Плотность воздуха равна $1,3\text{ кг}/\text{м}^3$. То есть масса вентилируемого воздуха за час в квартире площадью 100 м^2 равна:

$$M = \rho * V,$$

где m – масса воздуха; ρ – плотность; V – объем воздуха.

$$M = 300 \times 1.3 = 390\text{ кг или } 11700\text{ кг за сутки.}$$

Количество энергии, которое необходимо для нагрева воздуха до нужной температуры:

$$Q = c * m * (t_2 - t_1),$$

где Q – кол-во энергии; c – теплоёмкость воздуха ($1005\text{ Дж}/(\text{кг} * \text{градус Цельсия})$); m – масса воздуха; t_1 – температура на улице; t_2 – температура в помещении.

$$Q = 1005 * 390 * 29 = 11\,366\,550\text{ Дж.}$$

Данное количество будет затрачено за час на нагрев воздуха.

$1\text{ Ватт-час} = 1\text{ Джоуль в секунду или } 3\,600\text{ Джоулей в час. То есть } 11\,366\,550 / 3600 = 3\,157,375\text{ Ватт-часов или } 3,2\text{ киловатт-часов}$ будут затрачиваться на нагрев вентилируемого воздуха.

Тариф в Московской области составляет $4,15\text{ руб./кВтч}$. Следовательно, за сутки и месяц будет израсходовано:

$$4,15\text{ руб./кВтч} * 24\text{ часа} * 3,2\text{ кВтч} = 318,72\text{ рубля за сутки;}$$

$318,72 \cdot 30 \text{ суток} = 9561,6 \text{ рублей за месяц};$

$318,72 \cdot 202 \text{ суток} = 64381,44 \text{ рублей – за отопительный сезон.}$

С помощью рекуператора можно сэкономить 70%, то есть 2,24 рубля с одного киловатт-час.

На обогрев зданий нужно будет затрачивать 0,96 кВтч. Стоимость обогрева за отопительный сезон:

$4,15 \text{ руб./кВтч} \cdot 0,96 \text{ кВтч} \cdot 24 \text{ часа} \cdot 202 \text{ сут} = 19314,4 \text{ рублей.}$

Таким образом, стоимость электроэнергии на месяц составит на 6 693,12 рублей меньше, чем без применения рекуператора.

Средняя цена рекуператора около 40 000 рублей с установкой. Его энергопотребление 0,2 кВтч (только вентилятор потребляет энергию), за отопительный сезон тратится:

$0,2 \text{ кВтч} \cdot 4,15 \text{ руб./кВтч} \cdot 24 \text{ часа} \cdot 202 \text{ суток} = 4023,84 \text{ рублей.}$

Следовательно, за отопительный сезон эта система окупается: 63338,2 рубля полная стоимость внедрения и использования системы, без этой системы тратится 64381,44 рубля.

3.4. ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛАССА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ

Таблица 7. Параметры отопительного периода за отчетный (базовый) год сведены в таблицу.

№ п/п	Показатель	Расчет.	Факт.
1	Температура внутреннего воздуха, °С	20,00	22,00
2	Средняя температура наружного воздуха отопительного периода, °С	-9	-9
3	Продолжительность отопительного периода, сут.	202,00	202,00
4	Градусо-сутки отопительного периода, °С·сут.	5858	6262

Нормируемый базовый уровень удельного годового расхода энергетических ресурсов в многоквартирном доме, отражающий суммарный удельный годовой расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, а также на общедомовые нужды, многоквартирных жилых домов, принимается по таблице №1 Приказа [16].

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП). Значение определяется по формуле:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}},$$

где $t_{\text{в}}$ – расчетная средняя температура внутреннего воздуха, °С; $t_{\text{от}}$ – средняя температура отопительного периода, °С; $z_{\text{от}}$ – продолжительность отопительного периода, сут.

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП):

$$\text{ГСОП} = (20 - (-9)) \cdot 202 = 5858 \text{ (К} \cdot \text{сут/год)}.$$

Фактический уровень удельного годового расхода энергетических ресурсов в многоквартирном доме:

$$F(\text{ГСОП}) = s + (\text{ГСОП} - \text{ГСОП}_s) : (\text{ГСОП}(s+1000) - \text{ГСОП}_s) * (s+1000) - s,$$

где s – расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и электроэнергии на общедомовые нужды; $s+1000$ – расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и электроэнергии на общедомовые нужды (ГСОП+1000).

$$F(\text{ГСОП}) = (22 - (-9)) \cdot 202 = 6262 \text{ (К} \cdot \text{сут/год)}.$$

Сравнивая полученное значение нормируемого уровня удельного годового расхода энергетических ресурсов в многоквартирном доме с фактическим показателем:

$$((F - Y) : Y) \cdot 100\%,$$

где Y – удельный годовой расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и электроэнергии на общедомовые нужды.

Для ГСОП по таблице №1 имеем:

$$312 + (6262 - 6000) : (7000 - 6000) * (341 - 312) = 319,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч/кв.м.}$$

Далее определяем величину отклонения от базового уровня:

$$(147,86-319,6):319,6=53,7\%$$

По таблице №1 Приказа [16], данное сравнение дает основание отнести многоквартирный дом к классу энергетической эффективности: А+ Высочайший.

3.5. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА

Для комфортного проживания в квартире нужно создавать микроклимат, который не будет способствовать охлаждению или перегреву организма. Особенно этот вопрос стоит остро в холодное время года. В помещениях устанавливается постоянный температурный режим, соответствующий задаваемым тепловым условиям. Его поддерживают круглосуточно на протяжении всего отопительного сезона. Для измерения мощности отопления сопоставляют теплотери и теплопоступления в расчетном установившемся режиме, когда возможен наибольший дефицит теплоты. Уравнивание теплопоступлений (включая теплопоступления от отопительной установки) и теплотерь называют сведением теплового баланса помещений. Если теплотери превышают внутренние тепловыделения, то отопление необходимо

В жилых зданиях учитывают только теплотери через ограждающие конструкции и теплозатраты на нагревание наружного воздуха, поступающего в помещения путем инфильтрации или для вентиляции. Теплопоступления в помещения происходят вследствие выделений теплоты людьми, теплопроводами и нагревательным оборудованием, источниками искусственного освещения и работающим электрическим оборудованием.

Уравнение теплового баланса квартиры для стационарного режима имеет вид:

$$Q_{\text{огр}} + Q_{\text{инф}} = Q_{\text{со}} + Q_{\text{быт.приб.}} + Q_{\text{ч}},$$

где $Q_{\text{огр}}$ – теплота, уносимая через ограждения; $Q_{\text{инф}}$ – теплота, расходуемая на нагрев инфильтрующегося воздуха; $Q_{\text{со}}$ – теплота,

поступающая от системы отопления; $Q_{\text{быт.приб.}}$ – теплота, выделяемая бытовыми электроприборами; $Q_{\text{ч}}$ – теплота, выделяемая человеком.

Тепловые потери $Q_{\text{огр}}$ различных ограждений рассчитывают по формуле:

$$Q_{\text{огр}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{ок}} + Q_{\text{вх.дв.}},$$

где $Q_{\text{ст}}$ – тепловые потери через наружные стены; $Q_{\text{ок}}$ – тепловые потери через окна; $Q_{\text{вх.дв.}}$ – тепловые потери через входную дверь.

$$Q_{\text{огр}(1)} = (A_i \cdot (t_p + t_{\text{ext}})) \cdot (1 + \sum \beta_i) \cdot n / R,$$

где i – стены или окна; A_i – площади соответственных наружных ограждений, м^2 ; t_p – температура воздуха в квартире; t_{ext} – температура воздуха наружная в холодное время; β_i – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь, через ограждающие конструкции; n коэффициент – принимается в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, $n=1$.

Принимаем температуру внутреннего воздуха для жилого помещения $t_p=20^\circ\text{C}$. Для составления теплового баланса принимается температура наружного воздуха равной температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92. Для Московской области $t_{\text{ext}}=-24^\circ\text{C}$.

В квартире имеют место потери тепла через следующие наружные ограждения: наружные стены, световые проемы, дверь.

При определении теплопотерь через наружные стены из площади конструкции вычитается площадь световых проемов, в которой они располагаются.

Коэффициент n принимаем равным: для наружных стен, окон равны 1, а также:

- температура в квартире $t_p = 20^\circ\text{C}$;
- в холодное время $t_{\text{ext}} = -24^\circ\text{C}$;
- тепловое сопротивление окон $R_0 = 0,68 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Таблица 8. Площади наружных ограждений

Помещения	Площадь свет. проема окна, м ²
кухня	2,35
зал	5,25
спальня 1	3,80
спальня 2	3,80
спальня 3	3,80

Таблица 9. Материалы наружных стен

Материал	Толщина слоя, м	Теплопроводность слоя, (м ² *С)/Вт
теплоизоляционной штукатуркой	0,02	0,18
керамический блок	0,3	0,094
цементно-перлитовая смесь	0,02	0,12
кирпич	0,12	0,45

Сопротивление наружных стен складывается из 4х материалов:

$$R_1 = 0,02/0,18 + 0,3/0,094 + 0,02/0,12 + 0,12/0,45 = 0,11 + 3,19 + 0,17 + 0,3 = 3,77 \text{ (м}^2\text{*С)/Вт};$$

$$R_i = 1/8,7 + 3,77 + 1/23 = 3,93 \text{ (м}^2\text{*С)/Вт}$$

Сопротивление дверей:

$$R_{\text{двери}} = 0,04/0,14 + 0,3/0,021 + 0,04/0,14 = 1,43 \text{ (м}^2\text{*С)/Вт}$$

$$R_k = \delta/\lambda,$$

где R_k – термическое сопротивление ограждающей конструкции, м² · К /Вт, δ – толщина данного слоя в составе ограждающей конструкции, м; λ – теплопроводность данного слоя в составе ограждающей конструкции, Вт/(м·К).

Добавочные потери теплоты в данном помещении вводятся только на ориентацию ограждений (северо-запад, северо-восток, север и восток – b 0,1; запад и юго-восток – b 0,05; на юг и юго-запад – b 0).

Так потери теплоты через наружную стену, ориентированную на юг, составят:

$$Q_{\text{огр(ю)}} = 28,21 \cdot (20 - (-24)) \cdot (1 + 0) \cdot 1/3,93 = 316 \text{ Вт.}$$

Потери теплоты через наружную стену, ориентированную на восток, составят:

$$Q_{огр(в)} = 19,85 * (20 - (-24)) * (1 + 0,1) * 1/3,93 = 244 \text{ Вт.}$$

Потери теплоты через наружную стену, ориентированную на север, составят:

$$Q_{огр(с)} = 28,21 * (20 - (-24)) * (1 + 0,1) * 1/3,93 = 347 \text{ Вт.}$$

Потери теплоты через входную дверь, ориентированную на юг, составят:

$$Q_{огр(д)} = 2 * (20 - (-24)) * (1 + 0) * 1/1,43 = 62 \text{ Вт.}$$

Потери теплоты через окна, ориентированных на юг, составят:

$$Q_{огр(в)} = 7,6 * (20 - (-24)) * (1 + 0) * 1/0,68 = 472 \text{ Вт.}$$

Потери теплоты через окна, ориентированных на восток, составят:

$$Q_{огр(в)} = 11,4 * (20 - (-24)) * (1 + 0,1) * 1/0,68 = 811 \text{ Вт.}$$

Потери теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха, Вт, определяем по формуле:

$$Q_{инф} = 0,28 * L * \rho_n * c * (t_p - t_{ext}),$$

где L – расход удаляемого воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$, не компенсируемый подогретым приточным воздухом, принимаемый равным $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 помещений; c – удельная теплоемкость воздуха, равная $1 \text{ кДж}/\text{кг} * \text{°C}$; ρ_n – плотность наружного воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$, определяемая по формуле:

$$\rho = \frac{353}{273 + t} = \frac{353}{273 - 24} = 1,4 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

Определяем потери теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха:

$$Q_{инф} = 0,28 * (3 * 32) * 1,4 * 1 * (20 + 24) = 1656 \text{ Вт.}$$

Суммируя потери теплоты через все ограждения и потери теплоты на инфильтрацию, определяем теплотонедостатки в помещении.

$$Q_{нед} = (316 + 472 + 244 + 347 + 811 + 62) + 1656 = 3908 \text{ Вт.}$$

В таблице 10 указаны все данные, используемые при расчетах и результаты.

Таблица 10. Тепловой баланс помещения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Добавочные потери теплоты в долях единицы			15	16	17
											12	13	14			
Наименование помещений	Температура внутреннего воздуха, °С	Вид ограждения	Ориентация по сторонам света	Линейные размеры ограждения, м	Площадь ограждения F, м²	Вычитаемая площадь, м²	Расчетная площадь, м²	Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R ₀ , м²С/Вт	Расчетная разность температур T _в -T _{схт} , °С	Коэффициент n	на стороны света	прочие	сумма	Потери теплоты ограждением, Вт	Потери теплоты на инфильтрацию, Вт	Потери теплоты помещением, Вт
Квартира на 4 человек	20	НС	Ю	12,5*2,5	31,25	7,6	28,21	3,93	44	1	0		0	316	1656	3908
		ТО	Ю	2,5*3,04	7,6		7,6	0,68	44	1	0		0	472		
		НС	В	12,5*2,5	31,25	11,4	19,85	3,93	44	1	0,1		0,1	244		
		НС	С	12,5*2,5	31,25		31,25	3,93	44	1	0,1		0,1	347		
		ТО	В	3*(2,4*1,52)	11,4		11,4	0,68	44	1	0,1		0,1	811		
		ДВ	Ю	1*2	2		2	1,43	44	1	0		0	62		

Теплодефициты в помещении компенсируются отопительными приборами. Поэтому тепловая нагрузка отопительных приборов, установленных в данном помещении, будет равна его теплодефицитам.

Поступления явной теплоты от людей определяем по формуле:

$$Q_{\text{явн}}^{\text{л}} = N * q_{\text{явн}} * k,$$

где N – число людей, 4 человека, находящихся в помещении; Q_{явн} – выделение явной теплоты одним человеком, в холодный период 90 Вт, (категория работы – покой); k – коэффициент, учитывающий снижение тепловыделений в зависимости от пола и возраста, для мужчин K=1, для женщин K=0,85, для детей L=0,75.

$$Q_{\text{явн}}^{\text{л}} = 90 \cdot (2 \cdot 0,75 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 0,85) = 301,5 \text{ Вт.}$$

Теплоотдача от бытовых электроприборов вычисляется по формуле:

$$Q_{\text{быт.приб.}} = N \cdot \eta \cdot \tau ,$$

где N – потребляемая прибором мощность, Вт; τ – время работы прибора, с/сут; η – коэффициент, учитывающий переход электрической энергии в тепловую.

Таблица 11. Типы электроприборов, время их работы, теплоотдача

№	Тип прибора	Мощность, Вт	Кол-во	Коэфф. Преобраз.	Время работы, %	Вт
1	Светодиодная лампа	17	15	0,2	0,15	7,65
2	Холодильник	100	1	0,65	0,2	13
3	Компьютер	750	3	0,7	0,17	267,8
4	Монитор	17	3	0,5	0,17	4,3
5	Телевизор	160	3	0,7	0,05	16,8
6	Электрическая плита	380	1	0,95	0,02	7,22
	Итого					316,77

Вывод

Потери теплоты на нагрев инфильтрирующего воздуха 1656 Вт., потери через все ограждения 2252 Вт., теплоотдача электроприборов 316,8 Вт., поступление явной теплоты от людей 301,5 Вт.

Следовательно, на нагрев помещения должно тратиться 3289 Вт.

ВЫВОДЫ

1. Среди основных современных направлений ресурсосбережения в строительстве выделяют: использование вторичного сырья (замена первичных ресурсов), снижение материалоемкости техники, малоотходные технологии (увеличение глубины переработки сырья, уменьшение отходов), комплексное использование сырья, переход на неисчерпаемые источники энергии (солнечная, ветровая, приливно-отливная, так как рециклинг энергоресурсов невозможен) и энергосбережение. Основные пути энергосбережения: повышение КПД установок, снижение энергоемкости за счет новых технологий (например, замена ламп накаливания на флуоресцентные), использование тепловой энергии вторично (рекуператоры тепла, теплообменные установки), а также общая экономия и рациональное использование электроэнергии.

2. Строительство энергоэффективных районов или поселков по сравнению со строительством отдельных зданий позволяет на принципиально более высоком уровне изучить в реальных условиях энерго- и ресурсосберегающие технологии, принципы работы инженерных систем, а также их взаимосвязь с экологическими и социальными условиями. Основными конструктивными особенностями при проектировании строений, отвечающих критериям энергоэффективных зданий в Европе, являются:

- Большая площадь остекления на южной стороне здания и его ориентация в том же направлении;
- Индивидуальный контроль за отоплением и использование теплоты воды системы водоснабжения в отоплении;
- Установка рекуператоров тепла в каждой квартире, разработка системы естественной вентиляции повышенной эффективности;
- Наличие системы оборотного водоснабжения, сбор дождевого стока для полива прилегающих территорий, сточные воды очищаются и используются повторно;
- Установка солнечных модулей на крышах и балконах зданий.

3. С целью применения конструктивных принципов ресурсосбережения был выбран модельный проектируемый район с двадцатью двухэтажными таунхаусами, состоящими из 5 блоков каждый, на территории Московской области. Ориентировочное число жителей данного района составит около 300 человек. На территории также будут располагаться мини маркет и кафе. Для создания концепции ресурсосбережения были выбраны следующие принципы:

- Использование отдельной децентрализованной системы канализации, что является признаком устойчивого водоснабжения. Дождевой сток через открытую систему поступает на локальные очистные сооружения (ЛОС), а бытовые сточные воды на канализационные очистные сооружения (КОС). Очищенная вода может повторно использоваться для полива.

- В самих домах бытовые сточные воды также делятся на «серые» и «черные». Применяется система каскадного водоотведения: «серые» сточные воды подаются в унитаз и стиральные машины и становятся «черными», тем самым, они являются потенциальным источником экономии воды и энергии.

- Применяется электрическое отопление и теплые полы. Также можно выделить следующие принципы эффективного отопления: возможность регулировки мощности нагревательных приборов, создание микроклимата для каждого отдельного помещения, отсутствие шума при работе приборов отопления, безопасная эксплуатация.

- Установка системы вентиляции с рекуперацией энергии, что обеспечит контролируемый процесс при минимизации потерь энергии. Наиболее оптимальным вариантом является установка реверсивных рекуператоров с фильтрующим элементом. Керамический элемент, входящий в состав реверсивного рекуператора, высокотехнологичен и его эффективность регенерации равна 91%.

4. Для проектирования модельного района с применением конструктивных принципов ресурсосбережения были проведены расчеты следующих показателей:

- Общий суточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды составил 69 м³/сутки: расход горячей воды – 24 м³/сутки, расход холодной воды – 45 м³/сутки). Данные показатели рассчитаны с учетом использования «серых» сточных вод, которые используются повторно в каскадной системе водоотведения, в результате чего они значительно ниже средних показателей водопотребления в традиционных домах.

- Был проведен расчет срока окупаемости рекуператора тепла. При средней стоимости электроэнергии в месяц 19314,4 рублей, средней цены рекуператора 40 000 рублей и его энергопотреблении 0,2 кВтч устанавливаемая система рекуператоров окупится за один отопительный сезон (202 дня). Капитальные затраты, а также эксплуатационные расходы на работу вентиляционной системы с рекуператорами тепла в первый отопительный сезон составят 63 338,2 рубля, а в последующее время годовые эксплуатационные затраты составят 23 338,2 рубля. При этом для традиционной системы данные расходы составят 64 381,44 рубля как в первый год, так и в последующие годы.

- При проведении расчетов теплового баланса одного здания были определены его теплопотери из всех возможных выходов (двери, окна, наружные северные стены), которые составили 3 908 Вт. Данный показатель значительно меньше, чем средние показатели тепловых потерь в традиционных зданиях (около 10 000 Вт). Теплонедостатки в помещении могут быть компенсированы отопительными приборами с возможностью регулировки температуры нагрева.

- В результате проведенных расчетов и выбора строительных материалов (теплоизоляционная штукатурка, керамический блок 300 мм, цементно-перлитовая смесь и щелевой облицовочный кирпич), которые планируется применять при строительстве таунхаусов, был определен класс энергетической эффективности здания. По расчетам градусо-суток за отопительной период многоквартирные дома нового района можно отнести к классу энергетической эффективности А+ Высочайший.

5. В результате проведенных расчетов была доказана эффективность планируемой модельной концепции с применением принципов энерго- и ресурсосбережения при проектировании и строительстве малоэтажной жилой застройки. Разработанная концепция может быть применена при проектировании других районов с многоквартирными малоэтажными домами в условиях средней полосы России, при условии изменения исходных параметров зданий. Например, замена классической вентиляции на вентиляцию с рекуператорами тепла в существующих зданиях и постройках или внедрение каскадной системы водоотведения с возможностью повторного использования после очистки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fadeyev A.V. Building Energy Efficiency Classes and Energy Consumption Indicators. Draft Decree of the Ministry of Construction and Utilities of Russia/ A. V. Fadeyev// Journal of Energy Saving. -2016. - №3. – P. 1-4.
2. Seppanen, O. Energy-efficient ventilation systems to ensure a quality microclimate of the premises / Seppanen O. // Journal of Ventilation. - 2000. - №5. - P. 1-4.
3. Seppanen, O. Requirements for energy efficiency of buildings in the EU countries / Journal of Energy Saving. - 2010. - №7. – P. 1-4
4. Wilson, A. Consumer guide to home energy savings / Wilson A. // American Council for an Energy-Efficient Economy. -1996. P-4-18
5. Air Sealing: A Guide for Contractors to Share with Homeowners. – 2010. [Electronic resource]. – URL: energy.gov/sites/prod/files/2013/11/f5/ba_airsealing_report.pdf (date of treatment: 05.04.21)
6. Attachments Energy Rating Council. - 2017. - [Electronic resource]. – URL: aercnet.org/ (date of treatment: 05.04.21)
7. Elements of an Energy-Efficient House. – 2020. – [Electronic resource]. – URL: <https://www.nachi.org/energyefficiency.htm> (date of treatment: 04.04.21)
8. Energy Efficient House Design . – 2020. – [Electronic resource]. – URL: <https://www.houseace.com.au/home-improvement/energy-efficient-house-design-ideas-solutions/> (date of treatment: 04.04.21)
9. Heat and cold. Department of energy Energy saver. – 2020. - [Electronic resource]. – URL: <https://www.energy.gov/energysaver/heat-and-cool> (date of treatment: 10.04.21)
10. Ventilation. Department of energy: Energy saver. – 2020. – [Electronic resource]. – URL: <https://ventportal.com/node/86https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/ventilation#288054-tab-1> (date of treatment: 08.04.21)

- 11.ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 июля 2012 г. N 191-ст) - Москва, 2011. – С. 10–32 // Текст: электронный // URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095053> (дата обращения: 16.04.21)
- 12.ГОСТ Р 56295–2014. Энергоэффективность зданий. Методика экономической оценки энергетических систем в зданиях (Переиздание) -М.: Стандартинформ, 2019. – С. 2–10 // Текст: электронный // URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115740> (дата обращения: 15.04.21)
- 13.ГОСТ Р ЕН 1822-1-2010 "Высокоэффективные фильтры очистки воздуха ЕРА, HEPA и ULPA. Часть 1. Классификация, методы испытаний, маркировка" (утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2010 г. N 1145-ст) - Москва, 2010. – С. 20–26 // Текст: электронный // URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200083409> (дата обращения: 18.04.21)
- 14.ГОСТ Р ЕН 779–2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Фильтры очистки воздуха общего назначения. Определение технических характеристик" (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 24.10.2014 N 1419-ст) - Москва, 2014. – С. 4–52 // Текст: электронный // URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115106> (дата обращения: 16.04.21)
- 15.Методика по определению расчетных расходов воды и стоков в системе водоснабжения и канализации зданий и сооружений. /Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве». – 2017. - Текст: электронный // URL: https://www.faufcc.ru/upload/methodical_materials/mp28_2017.pdf (дата обращения: 15.03.21)

16. Постановление Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 06.06.2016 № 399/пр. «Правила определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» // Текст: электронный // URL: <https://docs.cntd.ru/document/420369798#6580IP> (дата обращения: 15.03.21)
17. Постановление Правительства Российской Федерации от 25.01.2011 №18. «Правила установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» (ред. с 01.01.2018)/ Собрание законодательства РФ. -2018. Ст. № 4 // Текст: электронный // URL: <https://docs.cntd.ru/document/902258624> (дата обращения: 15.03.21)
18. СНиП 31-01-2003. Свод правил здания жилые многоквартирные. Multicompartment residential buildings: приняты и введены в действие приказом Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 4 июня 2017 г. - Москва, 2011. – С. 11–24 – Текст: электронный // URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054198> (дата обращения: 15.03.21)
19. СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011. Зеленое строительство. Жилые и общественные здания. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания. - Москва, 2011. - 65 с // Текст: электронный // URL: https://nostroy.ru/department/metodolog/otdel_tehniceskogo_regulir/sto/CTO%20НОСТРОЙ%202.35.4-2011.pdf (дата обращения: 19.04.21)
20. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 26.07.2019) "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"// Собрание законодательства РФ. -2019. – Ст.№11.
21. Энергетическая стратегия российской федерации на период до 2035 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации

- от 9 июня 2020 г. № 1523-р. - Текст: электронный // URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения: 15.03.21)
22. Опарина, Л.А. Основы ресурсо- и энергосбережения в строительстве: учеб. пособие / Л. А. Опарина – Иваново: ПресСто, 2014. – 165–198 с.
23. Пилипенко, Н. В. Тепловые потери и энергетическая эффективность зданий и сооружений. Учебное пособие / Н. В. Пилипенко – СПб.: Университет ИТМО, 2016 – 54 с.
24. Пилипенко, Н. В., Сиваков, И. А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей / Н.В. Пилипенко, И.А. Сивакова, Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. - 114–130 с.
25. Ахмяров, Т. А., Беляев, В. С., Спиридонов, А. В., Шубин, И. Л. Система активного энергосбережения с рекуперацией тепла/ Т.А. Ахмяров, В.С. Беляев// Журнал “Энергосбережение”. - 2013. - №4. – С. 1–4
26. Балицкий П. О воздушных фильтрах для систем вентиляции / П.О.Балицкий // Журнал АВОК. - 2017. - №4. – С. 1–4
27. Барон В. Г. Комнатный воздухообменник / В.Г. Барон// Тепло-энергоэффективные технологии. - 2004. - № 2. – С. 44–45.
28. Барон В. Г. Рекуперация тепла в современных системах вентиляции/ В.Г. Барон // Новости теплоснабжения. - 2006. - № 6. – С. 46–51.
29. Барон В.Г. Рекуператор тепла вентиляционного воздуха/ В.Г. Барон // Новости теплоснабжения. - 2007. - №1. – С.1-5.
30. Башмаков И.А Сравнение уровней энергоэффективности зданий в России и зарубежных странах/ И.А. Башмаков// Анализ сектора недвижимости России. 2018. -С. 1-21.
31. Башмаков И.А. Энергопотребление зданий сферы услуг: мировой опыт / И.А. Башмаков// Энергосбережение. -2015. - №5. – С. 1-5.
32. Башмаков И.А. Энергоэффективность зданий в России и в зарубежных странах / И.А. Башмаков// Энергосбережение. -2015. - №5. – С. 1-4.

- 33.Мировые тенденции повышения энергоэффективности зданий/ // Энергосбережение. – 2012. - №5. – С. 1-4.
- 34.Нормативно-правовое обеспечение повышения энергетической эффективности строящихся зданий/ Журнал “Энергосбережение”. - 2012. - №8. - С. 1-4
- 35.Сеферян, Л.А., Воронцова, О.В., Швец Ю.С. Методы повышения энергоэффективности жилых зданий/ Л.А. Сеферян, О.В. Воронцова // Инженерный вестник Дона. – 2018. - №2. – С.1-3.
- 36.Стефанов, Е. В. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Е. В. Стефанов// АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД. - 2005. С. 7–38
- 37.Табунщиков, Ю.А. Энергоэффективные посёлки и жилые районы / Ю.А. Табунщиков // Зима 2014. -2014. – С. 1-6.
- 38.Табунщиков, Ю.А., Ливчак, В.И., Гагарин ,В.Г., Шилкин, Н.В. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий/ Ю.А. Табунщиков, В.И. Ливчак, В.Г. Гагарин, Н.В. Шилкин// АВОК.- 2009. -№5. – С.1-3.
- 39.Вентпортал [Электронный ресурс] / ООО «Авалон Инжиниринг». – 2007-2021. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://ventportal.com/node/86> (Дата обращения 11.11.2020)
- 40.ВентХолод [Электронный ресурс] / ООО «Промвентхолод». – 2011-2021. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.promventholod.ru/tekhnicheskaya-biblioteka/klassifikatsiya-vozdushnykh-filtrov-sistem-ventilyatsii.html> (Дата обращения 07.04.2021)
- 41.ИзолЭксперт [Электронный ресурс] / ООО «ИзолЭксперт». – 2015-2020. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://izolexpert.ru/teploizolyaciya/rekuperatory-tepla.html> (Дата обращения 06.11.2020)
- 42.Индукционная плита [Электронный ресурс] / Оурсон. – 2014 -2021. – Электрон. дан. – Режим доступа:

- <https://forum.oursson.ru/viewtopic.php?p=141> (Дата обращения 08.11.2020)
- 43.Инфопул [Электронный ресурс] / ООО «Инфопул». – 2015-2020. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.infpol.ru/209601-vidy-krovel-zhilykh-mnogokvartirnykh-domov/> (Дата обращения 10.10.2020)
- 44.Канал [Электронный ресурс] / И.П. Пеллинен Анна Сергеевна. –2009-2021. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.kanal-spb.ru/vodosnabzhenie/oborotnoe/>(Дата обращения 07.10.2020)
- 45.Керамический блок [Электронный ресурс] / ООО «Движущая сила». – 2015 - 2018. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.rforce.ru/poleznaya_informatsi/poleznie_stati/keramicheskii-blok-Porotherm440-ili-Kaiman30/ (Дата обращения 10.10.2020)
- 46.ОдСтрой [Электронный ресурс] / ООО «Одстрой». – 2018–2021. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://odstroy.ru/rekuperacia-eto-cto-opisanie-i-raznovidnosti-tipu-i-preimusestva/> (Дата обращения 07.04.2021)
- 47.Окна дом [Электронный ресурс] / ООО «Окнагорода». – 2017–2021. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://okna-dom.net/energoberegayushchiye-steklopakety> (Дата обращения 14.11.2020)
- 48.Пластиковые окна [Электронный ресурс] / ООО «Окнапримыкания». – 2019-2021. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://okna-biz.ru/ekspluatatsiya-i-uxod/germetizatsiya-plastikovogo-okna/> (Дата обращения 09.11.2020)
- 49.Плотность кирпича [Электронный ресурс] / ООО «Лестницыстройматериалы». – 2020-2021. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://sdelai-lestnicu.ru/strojmaterialy/teploprovodnost-kirpica-znachenie-koefficienta-pokazateli-morozostojkosti-materiala-velicina-terploemkosti-v-tablice> (Дата обращения 10.10.2020)
- 50.Производство электроэнергии [Электронный ресурс] / ООО «Энердата». – 2015-2020. – Электрон. дан. – Режим доступа:

- <https://yearbook.enerdata.ru/electricity/world-electricity-production-statistics.html> (Дата обращения 06.04.2021)
51. Ремонт. Вентиляция [Электронный ресурс] / Ремонт и отделка. – 2020-2021. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://akak7.ru/klassifikaciya-vozdushnyx-filtrov-sistem-ventilyacii.html> (Дата обращения 07.04.2021)
52. Сделать дом [Электронный ресурс] / ООО «СделатьДом». – 2020-2021. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://sdelat-dom.ru/stroitelstvo/steny/keramicheskie-bloki/> (Дата обращения 07.10.2020)
53. Система отопления [Электронный ресурс] / ООО «Огоньгуру». – 2019-2021. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://ogon.guru/otoplenie/v-kvartire/mnogokvartirnogo-doma.html> (Дата обращения 06.01.2021)
54. Системы вентиляции зданий [Электронный ресурс] / ООО «Вентиляцияпрофи». – 2020-2021. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://вентиляция-проффи.рф/виды-рекуператоров-в-системах-общеоб/> (Дата обращения 06.04.2021)
55. Совет инженера [Электронный ресурс] / Совет инженера. – 2017 - 2020. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://sovet-ingenera.com/vent/oborud/pritochno-vytyazhnaya-ventilyaciya.html> (Дата обращения 07.10.2020)
56. Технопанорама [Электронный ресурс] / ООО «Технопанорама». – 2018-2021. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://tehno panorama.ru/plity/plita-elektricheskaya-induktsionnaya.html#i-7> (Дата обращения 02.02.2021)
57. Техревизор [Электронный ресурс] / Техревизор. – 2019- 2020. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://tehrevizor.ru/pravila-ekspluatatsii/125-melkaja-bytovaja-tehnika/svetodiodnye-lampy-ekonomiya-ili-net.html> (Дата обращения 09.11.2020)
58. Экоконе́кт [Электронный ресурс] / ООО «Экоконе́кт». – 2019- 2021. – Электрон. дан. – Режим доступа:

<http://clinica.leonidovich.net/service/ustanovka-ventilyatsionnykh-sistem>

(Дата обращения 08.04.2021)

59. Эковдом [Электронный ресурс] / Эковдом. – 2020-2021. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://ecovdome.ru/product/pritochno-vytyazhnaya-ventilyatsiya-rekuperatory/nastennye-rekuperatory-vozdukh/rekuper-blauberg-winkel-expert> (Дата обращения 07.04.2021)
60. Энергоаудит [Электронный ресурс] / Энергоаудит. – 2020-2021. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://energo-audit.com/okna> (Дата обращения 10.11.2020)
61. Энергосберегающие технологии в России и за рубежом [Электронный ресурс] / Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы – 2015-2020. – Электрон. дан. – Режим доступа: https://stroj.mos.ru/builder_science/energoberegayushchie-tehnologii-v-rossii-i-za-rubezhom (Дата обращения 06.04.2021)
62. Энергоэффективное здание синтез архитектуры и технологии [Электронный ресурс] / ООО «Янрус» – 2015-2021. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://ecoteco.ru/id565> (Дата обращения 06.05.2021)