

1. Аннотация

Объектом исследования магистерской диссертации являются критерии выбора оптимального решения по энергосбережению.

Целью работы является изучение критериев выбора оптимального решения по энергосбережению. Исследование является теоретическим, основанным на статистических данных.

В результате исследования были определены влияние теплосопротивления стен на теплопотери и стоимость стен, влияние теплосопротивления окон на теплопотери и стоимость окон, влияние решений по системам вентиляции на энергосбережение и стоимость систем, влияние решений по системам отопления на энергосбережение и стоимость систем, экономический анализ энергосберегающих решений, срок окупаемости.

Магистерская диссертация – Кельберер Ольга Владимировна, 54 стр., 8 табл., 14 иллюстр.

2. Введение

Требования по энергосбережению зданий, которые являются основным конечным потребителем энергии, становятся одной из важных составляющих законодательства в большинстве стран мира. На выработку тепловой энергии расходуется около 30% топливно-энергетических ресурсов нашей страны, что в полтора раза больше, чем на выработку электроэнергии. Основным потребителем тепловой энергии являются жилые здания – на их отопление расходуется около 45% всей вырабатываемой в России тепловой энергии.

В мире в результате преодоления энергетического кризиса 1974-76 г. и за 40 лет после него накоплен значительный опыт по эффективному использованию энергии в жилых зданиях, которые также потребляли 35-45 % всей производимой энергии. За указанный 30 летний период различным странам удалось не только задержать, но и существенно снизить рост энергопотребления в строительном комплексе.

Потенциал энерго- ресурсосбережения в России огромен. Мировой опыт показывает, что имеется реальная возможность сокращения энергопотребления в 2 раза. Первоочередной задачей строительства является возведение таких конструкций жилых и общественных зданий, которые бы наиболее полно отвечали современным требованиям по энергоэффективности и энергосбережению. Решение этого вопроса невозможно без разработки и внедрения комплекса мероприятий, направленных на снижение потребляемых зданиями энергетических ресурсов, необходимых для поддержания в помещениях требуемых параметров микроклимата.

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

3. Цели и задачи исследования

Объект исследования:

многоэтажный жилой дом

Предмет исследования:

критерии выбора оптимальных решений по энергосбережению, их стоимость

Цель исследования:

изучение критериев выбора оптимального решения по энергосбережению

Цель работы:

1. Влияние теплосопротивления стен на теплопотери и стоимость стен
2. Влияние теплосопротивления окон на теплопотери и стоимость окон
3. Влияние решений по системам вентиляции на энергосбережение и стоимость систем
4. Влияние решений по системам отопления на энергосбережение и стоимость систем
5. Экономический анализ энергосберегающих решений, срок окупаемости

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

4. Анализ состояния вопроса

4.1 Анализ законодательных требований по энергосбережению

Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. №261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"

В данном законе были введены понятия энергосбережения, энергосберегающих технологий и повышения энергетической эффективности и устанавливались отношения в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, а также соответствующие меры в целях защиты прав и законных интересов граждан России путем создания условий для сохранения невозобновляемых природных ресурсов России, а также охраны окружающей среды России [1].

Согласно введенному закону были даны следующие определения:

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

Энергетическая эффективность - характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю

Класс энергетической эффективности - характеристика продукции, отражающая ее энергетическую эффективность.

В рамках реализации 261 ФЗ были выпущены распоряжение и постановление правительства.

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Распоряжении Правительства РФ № 1830-р от 01.12.2009 г. "Об утверждении плана мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в Российской Федерации"

Постановление Правительства РФ от 25 января 2011 г. № 18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов»

Согласно вышеизложенным нормативным актам можно выделить несколько направлений определяющих вектор развития энергосбережения и энергоэффективности вновь возводимых зданий и зданий прошедших капитальный ремонт:

1. оснащения зданий приборами по учету используемых энергетических ресурсов;
2. требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений;
3. проведения обязательного энергетического обследования;
4. требований к энергетическому паспорту;
5. проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме.

Основные направления повышения энергетической эффективности зданий: снижение величины удельного расхода тепловой энергии на отопление и выбор более эффективных систем теплоснабжения.

Существует три пути снижения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания:

- улучшение теплотехнических характеристик здания;
- повышение эффективности авторегулирования подачи тепла в системе отопления;
- снижение энергетических затрат на нагревание вентиляционного и инфильтрационного воздуха.

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

а) приведенные сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должны быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);

б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше максимально допустимого значения (комплексное требование);

в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно – гигиеническое требование)

г) срок окупаемости мероприятий по дальнейшему возможному повышению теплозащиты ограждающих конструкций должен попадать в принятый интервал значений (экономическое требование) *(исключили)*.

Требования тепловой защиты здания будут выполнены при одновременном выполнении требований а), б) и в).

4.2 Анализ отечественного и зарубежного опыта по энергосбережению

В технически развитых странах взят устойчивый курс на строительство зданий высокой экологической и энергетической эффективности. Именно сочетание экологии и энергосбережения характеризует понятие устойчивости среды обитания человека. Прогресс за последние годы в этом направлении столь значителен, что строительство зданий с нулевым годовым энергетическим балансом стало реальностью, а многие страны приняли карты энергоэффективности, которые предусматривают переход на строительство зданий с нулевым энергопотреблением уже к 2020–2030 годам [17].

Энергоэффективное здание – это продукт совместного творчества архитекторов, конструкторов и инженеров, сочетающий оптимальную форму и ориентацию постройки с высоким уровнем теплозащиты наружных ограждений и энергосберегающими системами инженерного обеспечения с элементами

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

генерации энергии. В свою очередь, инженерные системы базируются на энергосберегающем инженерном оборудовании: насосах, вентиляционных установках, кондиционерах, средствах автоматизации, контроля и управления.

Сформировать общий перечень решений для повышения энергоэффективности здания – задача не простая с учетом влияния различных факторов и применимости тех или иных решений для конкретного здания.

При рассмотрении данного вопроса следует учитывать:

- в каких климатических условиях расположено здание;
- режим эксплуатации здания и его функциональное назначение здания;
- возможность использования не дорогих и возобновляемых энергоресурсов;
- применение передовых технологий, материалов и оборудования при строительстве;
- возможность вложения инвестиций в модернизацию.

С сентября 1992 в Европейском союзе действует маркировка и стандарты энергоэффективности по 7-балльной шкале (A–G). В США установлен рейтинг EnergyStar, который определяет 25% лучших по энергоэффективности изделий, систем, зданий.

В США для облегчения этой задачи предложили ежегодно издавать Top-10 – каталог, содержащий 10 лучших по энергоэффективности инженерных технологий, которые рекомендуется рассматривать в приоритетном порядке при проектировании и строительстве зданий [11].

ООО «НПО ТЕРМЭК» по заказу Минобрнауки РФ, ПРООН, ГЭФ «Стандарты и маркировка для продвижения энергоэффективности в Российской Федерации» на основе экспертных оценок разработаны разделы лучших практик «Топ-10»:

- энергоэффективное инженерное оборудование;
- энергоэффективные инженерные системы.

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Для выбора лучших практик в области энергоэффективности в строительстве был применен метод экспертных оценок по следующему алгоритму:

1. Были проанализированы примеры зданий высокой экологической и энергетической эффективности, включая энергопассивные и здания с нулевым энергопотреблением, в части применяемых инженерных систем и оборудования. Были рассмотрены объекты, реализованные как в нашей стране, так и за рубежом.

2. Были определены критерии оценки значимости энергоэффективности инженерных систем:

- энергоэффективность как совокупный критерий энергосбережения, цены жизненного цикла, сроков окупаемости;
- масштабность области применения;
- технологическое совершенство и надежность;
- экологичность.

3. Были определены критерии оценки значимости энергоэффективности инженерного оборудования:

- класс энергоэффективности;
- соответствие рекомендациям Минрегионразвития РФ (проекты приказов о повышении энергоэффективности);
- масштабность области применения;
- представительство на рынке страны;
- сроки окупаемости;
- надежность.

На основе экспертных оценок рассмотрения лучшей практики энергоэффективности в области инженерного оборудования и систем.

Основные направления повышения энергетической эффективности зданий: снижение величины удельного расхода тепловой энергии на отопление и выбор более эффективных систем теплоснабжения.

						АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			11

Существует три пути снижения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания:

- улучшение теплотехнических характеристик здания;
- повышение эффективности авторегулирования подачи тепла в системе отопления;
- снижение энергетических затрат на нагревание вентиляционного и инфильтрационного воздуха.

Для улучшения теплотехнических характеристик здания необходимо увеличивать приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций по отношению к базовому уровню. Поскольку наибольшее количество теплоты здание теряет через окна, следовательно, при заполнении оконных проемов необходимо использовать энергоэффективные окна с высоким приведенным сопротивлением теплопередаче.

Также улучшить теплотехнические показатели здания в целом можно путем увеличения приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен, перекрытий над неотапливаемыми подвалами, перекрытий теплых чердаков и покрытий, применяя различные эффективные утеплители.

Эффективность авторегулирования подачи тепла в системе отопления учитывается при расчете удельного расхода тепловой энергии на отопление здания соответствующим коэффициентом ζ .

Максимальное повышение эффективности авторегулирования подачи тепла в системе отопления достигается с помощью пофасадного авторегулирования на вводе или поквартирной горизонтальной разводкой. В этом случае при расчете удельного расхода тепловой энергии на отопление здания используется коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления равный 1.

Снижение потребности энергетических затрат на нагревание вентиляционного и инфильтрационного воздуха является одной из основных

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

проблем, возникающих на пути понижения удельного расхода тепловой энергии на отопление зданий, поскольку известно, что примерно 60 % установленной тепловой мощности системы составляет потребность в теплоте на нагревание вентиляционного и инфильтрационного воздуха. Энергосбережение было бы наиболее эффективным, если бы вентиляция могла работать с переменным расходом воздуха. Организовать такое регулирование при естественной вентиляции практически невозможно.

В нашей стране толчком развития энергосбережения и применение энергосберегающих технологий послужил выход 261 Федерального закона.

4.3. Экономические аспекты энергосберегающих мероприятий

Здания, составляющие российский жилой фонд, значительно отличаются друг от друга по уровню оснащения системами управления и контроля и по текущему состоянию всех инженерных систем, а следовательно, по возможности жильцов влиять на снижение или оптимизацию своих платежей за используемые ресурсы. Разобьем эти здания на категории.

Категории жилых зданий

Условно все жилые здания можно разделить на три категории.

Категория I. Новые или реконструированные жилые здания, запроектированные и построенные в соответствии с современными требованиями к теплозащите наружного ограждения и устройству инженерных систем.

В таких зданиях теплопотери практически в 3 раза ниже по сравнению со зданиями постройки 80-х годов прошлого века.

Системы отопления в них оснащены комплексной системой регулирования параметров теплоносителя: ИТП на вводе в здание и термостатические регуляторы у каждого отопительного прибора. Системы отопления, горячего и холодного водоснабжения оснащены приборами (системами) индивидуального учета каждого из ресурсов. Система вентиляции, как правило, естественная

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

вытяжная с неорганизованным притоком – традиционная для обычных жилых зданий.

Здания категории I должны быть сданы в эксплуатацию с полным набором энергоэффективных мероприятий, прописанных в нормативных документах.

Задача жильцов и управляющей компании (УК) сводится к приемке таких зданий от строителей в состоянии, строго соответствующем требованиям нормативной и проектной документации и заявленному классу энергоэффективности. А далее, в процессе эксплуатации, от них требуется поддержание всех систем и элементов здания в состоянии, соответствующем проекту.

Наличие подомового и индивидуального учета всех поступающих в здание ресурсов и оплата по фактическому их потреблению мотивируют жильцов к снижению своих затрат на тепло и воду без снижения условий комфортного проживания.

Проиллюстрируем на примере одного из зданий категории I, что платежи за тепло на отопление при активном использовании термостатических клапанов на отопительных приборах (рисунок 4.3.1) можно снизить до 50 %.



Рисунок 4.3.1. Автономная конструкция балкона для энергоэффективного дома

Категория II. Здания, запроектированные и построенные (реконструированные) в течение последних 10–15 лет, но до введения в действие требований Федерального закона от 23 ноября 2009 года № 261 ФЗ, предписывающего обязательное применение индивидуального учета ресурсов.

Эти здания, согласно требованиям нормативной документации указанного периода, должны иметь практически тот же набор энергосберегающих мероприятий, что и здания категории I. Отличие состоит только в том, что в них не установлены приборы (системы) индивидуального учета потребляемых ресурсов (кроме учета электроэнергии).

В результате для существенного снижения затрат на коммунальные услуги жильцам за счет своих собственных средств или с использованием других источников финансирования (кредиты, энергосервисные контракты и пр.) достаточно установить приборы индивидуального учета ресурсов и осуществлять платежи по их фактическому потреблению.

Поддержание всех систем здания в рабочем (проектном) состоянии и плата за потребляемые ресурсы по фактическому их потреблению позволит как снизить общее потребление ресурсов по зданию, так и сократить индивидуальные платежи за коммунальные услуги.

Набор мероприятий в зданиях категории II, ориентировочные удельные затраты и возможные источники их финансирования приведены в табл. 4.3.1.

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Таблица 4.3.1. Набор мероприятий по повышению энергоэффективности зданий и возможные источники их финансирования.

Виды работ		Удельная стоимость изделий и работ, руб.	Категория здания*				
			I	II	III		
					III.1	III.2	III.3
Утепление фасада (с отделкой под штукатурку)		3000 руб. на 1 м ² фасада	0	0	0	1	1
Замена окон		12 000-15 000 руб. на 1 окно	0	0	0	1/2/3**	1/2/3**
Модернизация системы отопления:	установка термостата и замыкающего участка	2000-2200 руб. на 1 радиатор	0	0	2/3**	0	2/3
	установка балансировочных клапанов	4500 - 5200 руб. на один стояк	0	0	2/3**	0	2/3**
	установка ИТП (отопление и ГВС)	2 500 000 руб. для нагрузки 0,25-0,4 Гкал/ч.	0	0	1/2**	0	1/2**
	установка АУУ (отопление)	1 100 000 руб. для нагрузки 0,25-0,4 Гкал/ч.	0	0	1/2**	0	1/2**
Индивидуальный учет тепла:	визуальный	700-800 руб. на 1 радиатор	0	3	2/3**	3	2/3**
	дистанционный	2000-2400 руб. на 1 радиатор	0	2	2	2	2

Модернизация ХВС и ГВС	установка редукторов	1400–2000 руб. на 1 ввод в квартиру	0	0	2	2	2
	замена смесителей	3500-5000 руб. на 1 смеситель	0	0	3	3	3
Индивидуальный учет в ХВС и ГВС		4000-6000 руб. на одну пару стояков	0	3	2/3**	2/3**	2/3**

Цифрами в таблице обозначено:

0 – работы по модернизации не нужны,

1 – работы должны производиться по специальной бюджетной или кредитной программе,

2 – работы могут быть выполнены силами управляющей компании

(кредиты, энергосервисный контракт и т. п.),

3 – работы могут быть выполнены за счет средств жильцов,

**1/2/3 – возможные варианты финансирования в режиме «или-или».

Категория III. Эта группа зданий существующего жилого фонда включает в себя как многоэтажные здания старой постройки, так и современные здания, построенные (реконструированные) в силу ряда причин с нарушением требований современных строительных норм по энергосбережению.

Как правило, в этих зданиях низкий уровень теплозащиты наружных ограждений.

В системах холодного и горячего водоснабжения установлена смесительная и водоразборная арматура старой конструкции, со значительными протечками и внутренними перетоками, отсутствуют редукционные клапаны. Оснащение таких систем приборами учета следует проводить одновременно с их модернизацией.

Перерасчет системы отопления с учетом ее текущего состояния и оценки влияния установки средств подомового и индивидуального регулирования на теплогидравлические характеристики системы, а также достаточность или избыточность поверхности нагрева отопительных приборов и другого.

Формирование сметы затрат на модернизацию системы отопления, с учетом результатов расчета и затрат на систему индивидуального учета тепла.

Формирования инвестиционного пакета с участием средств жителей и внешних источников финансирования.

Проведение необходимых работ по модернизации.

Набор мероприятий в зданиях подгруппы III.1, ориентировочные удельные затраты и возможные источники их финансирования приведены в таблице 4.3.1.

Как правило, здания подгруппы III.1 оснащены вертикальными однетрубными системами. Для их модернизации нет необходимости в радикальном изменении конструкции таких систем, например в замене их на горизонтальные поквартирные системы. В настоящее время существует набор оборудования, оснащение которым резко повышает энергоэффективность традиционных однетрубных систем и позволяет существенно снизить затраты на их модернизацию. Поверхность нагрева отопительных приборов в этих зданиях, как правило, избыточна. Однако при наличии термостатов и индивидуальном учете тепла это не влияет на энергоэффективность систем, т. е. менять отопительные приборы с избыточной поверхностью нагрева при модернизации системы отопления также необязательно.

Как правило, для реализации данной программы работ требуется привлечение внешних источников финансирования (кредиты, реализация энергосервисного контракта и пр.). При ограниченности внешнего финансирования индивидуальный учет тепла и воды может быть реализован в наиболее дешевом варианте визуального считывания показаний, в том числе за счет средств жильцов.

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Подгруппа III.2. Здания с ограждением, не соответствующим современным требованиям теплозащиты, и модернизированной системой отопления, имеющей все средства регулирования и контроля параметров теплоносителя.

В таких зданиях удельные затраты тепла и, соответственно, платежи жителей будут, естественно, выше нормативных.

Для повышения энергоэффективности необходимо проведение мероприятий по утеплению ограждающих конструкций и замене окон, а систему отопления следует оснастить приборами (системой) индивидуального учета тепла. Утепление здания – мероприятие дорогостоящее, требующее значительного объема инвестиций. Отечественная и зарубежная практика показывает, что осуществить эти мероприятия за счет средств жильцов практически невозможно. Ряд жителей могут выполнить за счет своих средств замену окон, однако, как правило, все эти мероприятия выполняются за бюджетные средства, выделенные под специализированные программы. Часто выполнение таких мероприятий разбивается на несколько лет, в зависимости от возможности их финансирования.

Набор мероприятий в зданиях подгруппы III.2, ориентировочные удельные затраты на их осуществление и возможные источники финансирования приведены в таблице 1.3.1.

Подгруппа III.3. Здания с ограждением, не соответствующим современным требованиям теплозащиты, и системой отопления старой конструкции, не имеющей средств регулирования и контроля параметров теплоносителя.

Для этой подгруппы зданий необходимо проведение полного комплекса термомодернизации, включающего в себя утепление ограждающих конструкций, замену окон и модернизацию системы отопления. Так же, как и для подгруппы III.2, эти мероприятия осуществляются за счет бюджетного финансирования или, как это делается в европейских странах, по долгосрочным (до 30 лет) банковским кредитам с поэтапной разбивкой на несколько лет.

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

В качестве примера можно привести модернизированное типовое 9-этажное панельное здание серии «Ленинград» (Ленпроект), построенное в 1973 году в польском городе Щецин (рис.), и перечень этапов модернизации, проведенной в течение 15 лет. К сожалению, эффекты по каждому этапу тогда не были зафиксированы, но финальный эффект по потреблению тепла по сравнению с проектными данными составил 60 %.

Ориентировочная суммарная эффективность мероприятий по теплу и воде приведена в процентах снижения суммарных платежей за указанные ресурсы (экспертная оценка на основе мониторинга пилотных объектов). Среднемесячные платежи за отопление и воду приняты равными 3 000 руб. и не дифференцировались в зависимости от категории здания.

Как можно видеть (таблица 1.3.2), разовые затраты на частичную модернизацию систем отопления и водоснабжения на уровне квартиры и на оборудование для индивидуального учета тепла и воды составляют для зданий различной категории порядка 8–21 тыс. руб. при сроке окупаемости 1,3–2,3 года.

При замене окон затраты резко возрастают, что практически исключает возможность массового финансирования их замены за счет средств жильцов. Замену окон, утепление фасадов, оснащение здания ИТП или АУУ, радикальные изменения или замену инженерных систем здания необходимо осуществлять за счет специальных схем финансирования (энергосервисные контракты, кредиты, лизинг и пр.).

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Таблица 4.3.2. Разовые затраты на частичную модернизацию на уровне квартиры

Показатели	Категории зданий					
	II	III				
		Подгруппа III.1	Подгруппа III.2		Подгруппа III.3	
			С заменой окон	Без замены окон	С заменой окон	Без замены окон
Снижение платежей, %	15	25	25	20	35	30
Затраты, руб.	8000	21100	72000	12000	81100	21100
Срок окупаемости, год.	1,5	2,3	8,0	1,7	6,4	1,95

Анализ показывает (таблицы 4.3.1 и 4.3.2), что жильцы за счет собственных средств могут провести следующие мероприятия:

установить приборы индивидуального учета тепла (распределители) и воды в недорогом варианте визуального считывания данных, провести частичную модернизацию систем отопления и водоснабжения на уровне квартиры.

Все остальные мероприятия, приведенные в табл. 8, с учетом их стоимости могут выполняться только за счет внешнего финансирования.

Значительным резервом снижения затрат на коммунальные платежи и ремонт здания (элементов здания) со стороны жильцов, ТСЖ и управляющей компании являются следующие меры:

-строгий контроль соответствия выполненных работ проектной и нормативной документации при приемке здания в эксплуатацию;

-строгий контроль соблюдения проектных режимов работы всех элементов здания в процессе его эксплуатации [2].

5. Теоретические исследования оптимальных решений по энергосбережению жилого дома

5.1 Влияние теплосоппротивления окон на теплотери и стоимость окон

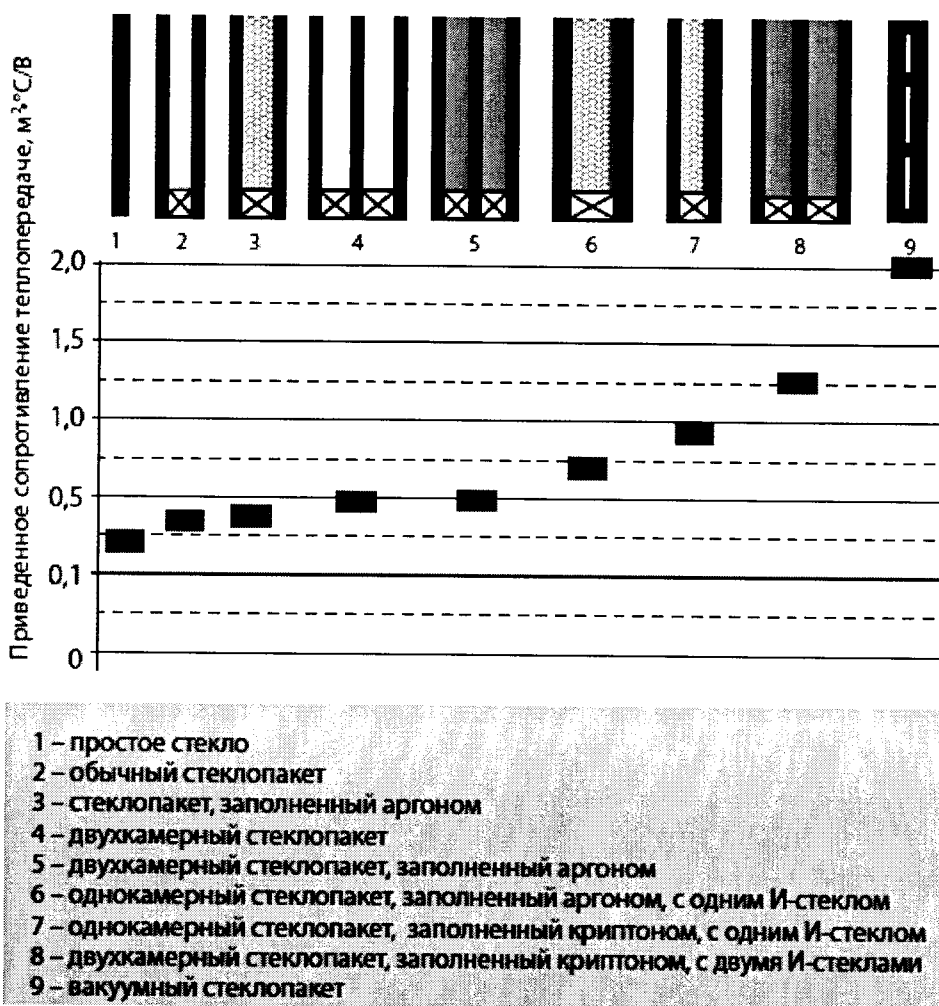


Рис.5.1.1

Варианты светопропускающего заполнения оконных конструкций [3]

Потери тепла через окна рассчитываются по формуле:

$$Q_{\text{окон}} = k_{\text{окон}} * F_{\text{окон}} (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}),$$

где $Q_{\text{окон}}$ - теплопотери, Вт;

$k_{\text{окон}}$ - коэффициент теплопередачи окна, Вт/(м²·°С);

$F_{\text{окна}}$ - площадь окна, м², принимаем 1,6 м² ;

$t_{\text{вн}}$ - температура внутреннего воздуха, °С; принимаем +21°С

$t_{\text{нар}}$ - температура наружного воздуха, °С; для Челябинска -34°С

$k_{\text{окон}}$ рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{окон}} = 1/R_{\text{окон}},$$

где $R_{\text{окон}}$ - приведенное сопротивление теплопередаче, м²·°С/Вт

Табл.5.1.1

Приведенное сопротивление теплопередаче и потери тепла окон различной конструкции массового производства при $\Delta T = 55$ °С ($T_{\text{нар.}} = -34$ °С, $T_{\text{внутр.}} = +21$ °С.) [4]

Тип стеклопакета	Приведенное сопротивление теплопередаче, R, м ² · °С/Вт.	$q_{\text{окон}}$, Вт/м ²	Потери тепла через окно, $Q_{\text{окон}}$, Вт
4М1-10-4М1	0,29	189	304
4М1-12-4М1	0,30	183	293
4М1-16-4М1	0,32	172	275
4М1-Аг10-4М1	0,31	177	284
4М1-Аг12-4М1	0,32	172	275
4М1-Аг16-4М1	0,34	162	259
4М1-12-К4	0,51	108	173
4М1-16-К4	0,53	104	166
4М1-Аг12-К4	0,57	96	154
4М1-Аг16-К4	0,59	93	149
4М1-10-И4	0,53	104	166
4М1-12-И4	0,56	98	157
4М1-16-И4	0,59	93	149
4М1-Аг10-И4	0,60	92	147
4М1-Аг12-И4	0,63	87	139
4М1-Аг16-И4	0,66	83	133
4М1-10-4М1-10-4М1	0,47	117	187

4M1-12-4M1-12-4M1	0,49	112	180
4M1-16-4M1-16-4M1	0,52	106	169
4M1 - Ar 10-4M1 -Ar 10-4M1	0,49	112	180
4M1-Ar12-4M1-Ar12-4M1	0,52	106	169
4M1 -Ar 16-4M1 - Ar 16-4M1	0,55	100	160
4M1-10-4M1-10-K4	0,58	95	152
4M1-12-4M1-12-K4	0,61	90	144
4M1-16-4M1-16-K4	0,65	85	135
4M1 -Ar 10-4M1 -Ar 10-K4	0,65	85	135
4M1-Ar12-4M1-Ar12-K4	0,68	81	129
4M1 -Ar 16-4M1 - Ar 16K4	0,72	76	122
4M1 -10-4M1-10-И4	0,64	86	138
4M1-12-4M1-12-И4	0,68	81	129
4M1-16-4M1-16-И4	0,72	76	122
4M1 -Ar6-4M 1 -Ar6-И4	0,64	86	138
4M1 -Ar8-4M 1 -Ar8-И4	0,67	82	131
4M1 -Ar 10-4M1 -Ar 10-И4	0,71	75	124
4M1 -Ar 12 -4M1 - Ar 12-И4	0,75	73	117
4M1 - Ar 16-4M1 -Ar 16-И4	0,80	69	110

Самой передовой технологией в области остекления и энергосбережения являются вакуумные стеклопакеты. Конвекция минимальна за счет создания вакуума между двумя слоями листового стекла. В пространстве между стеклами откачивается воздух, создается давление до 10Па. Чтобы сделать характеристики стеклопакета еще более выгодными, применяется низкоэмиссионное стекло с двойным серебряным напылением. Благодаря вакууму внутри пакета практически отсутствует теплопроводность и конвекция, присущие газу. Низкоэмиссионное покрытие отражает более 85 инфракрасного излучения. Вакуумный стеклопакет почти полностью исключает теплопроводность, излучение и конвекцию, что делает превосходными его энергосберегающие характеристики.

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

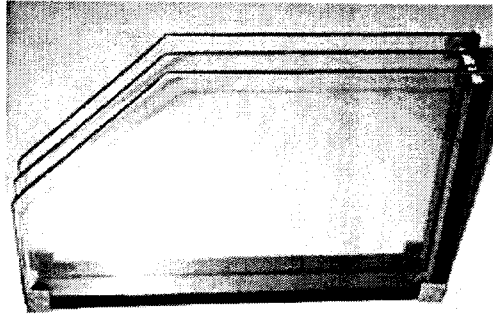


Рис.5.1.2

Вакуумный стеклопакет

Табл.5.1.2

Приведенное сопротивление теплопередаче и потери тепла окон с вакуумным стеклопакетом при $\Delta T = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ ($T_{\text{нар.}} = -34 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_{\text{внутр.}} = +21 \text{ }^\circ\text{C}$).

Тип стеклопакета	Приведенное сопротивление теплопередаче, R, $\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$.	$q_{\text{окон}}$, $\text{Вт}/\text{м}^2$	Потери тепла через окно, $Q_{\text{окон}}$, Вт
Вакуумный стеклопакет	2,00	27,5	44

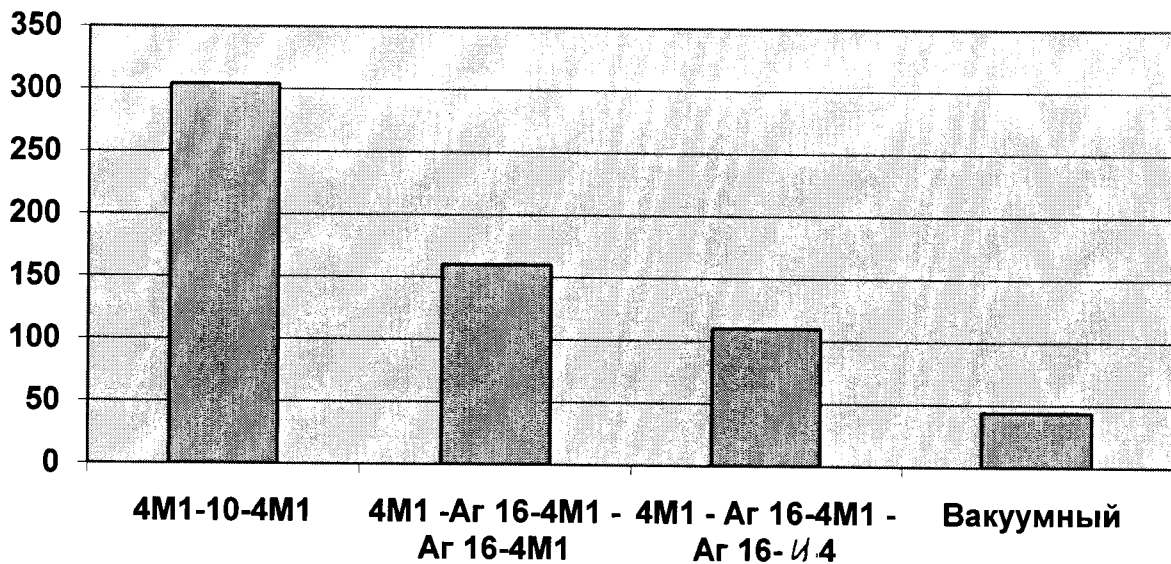


Рис.5.1.3

График зависимости "Решение-энергосбережение (Вт)"

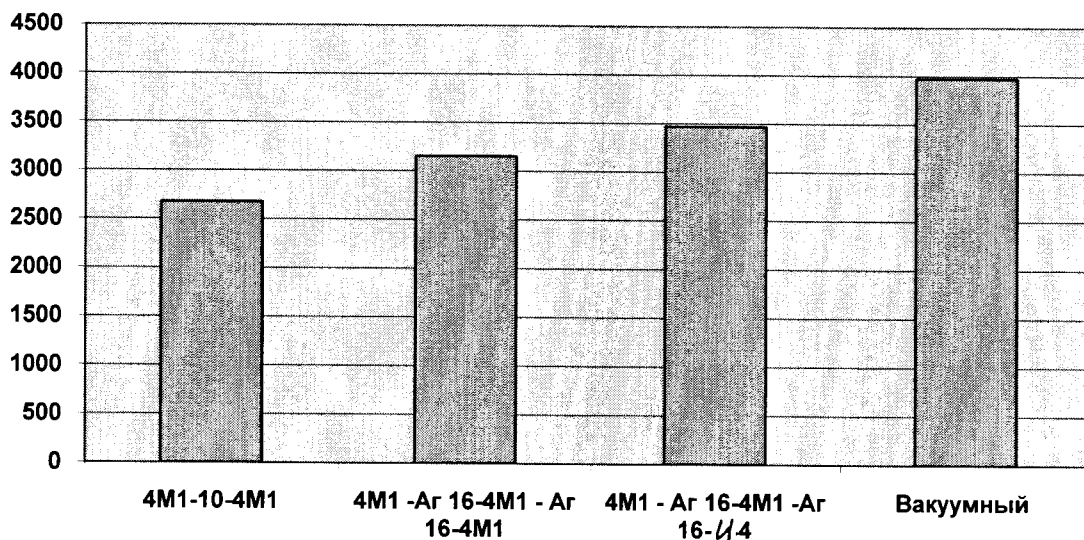


Рис.5.1.4

График зависимости "Энергосбережение (Вт) - стоимость (руб./м²)"

В качестве энергосберегающего решения на объекте предлагается к применению вакуумный стеклопакет, так как при увеличении стоимости на 48% увеличение сопротивления теплопередачи составляет 589%

По результатам проведенного теоретического исследования определены следующие критерии выбора оптимального решения по энергосбережению в части подбора оконных ограждающих конструкций:

1. Основным фактором, определяющим выбор оптимального решения является приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции.
2. Согласно проведенным исследованием эффективность использования светопрозрачных конструкций с вакуумным стеклопакетом на 4,5 раза выше использования стандартного.

5.2 Влияние системы вентиляции на теплопотери и теплопоступления

На рисунке 5.2.1 показана структура теплопотерь жилого здания [16]. Одним из энергосберегающих направлений являются мероприятия по снижению расхода энергии на нагрев приточного воздуха.

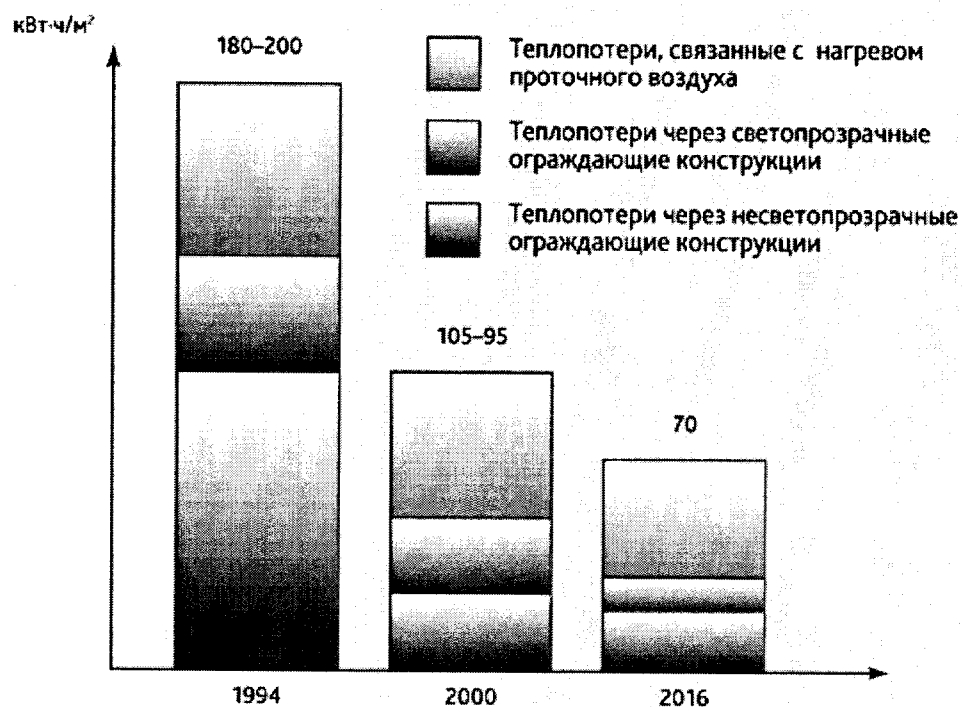


Рис.5.2.1

Структура теплопотерь многоэтажного жилого здания

ПРИНЦИПАЛЬНАЯ СХЕМА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИЛОГО ДОМА

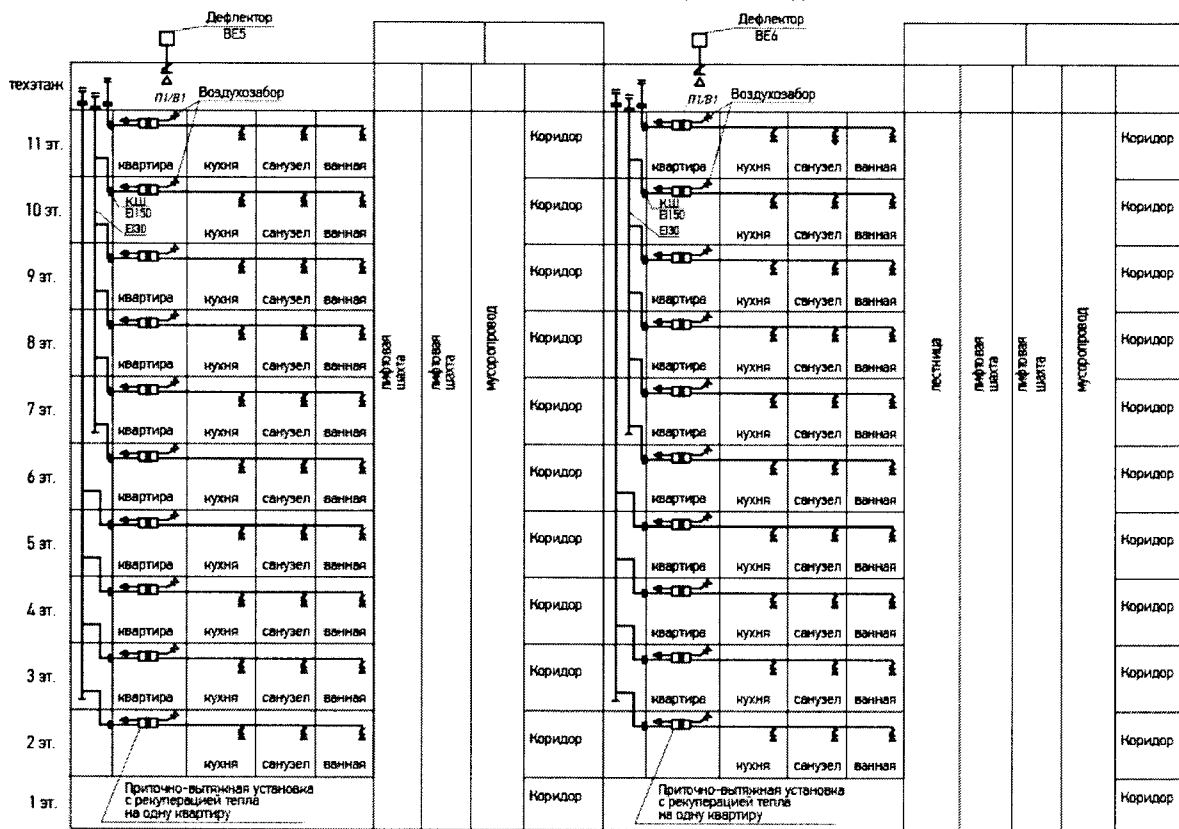


Рис.5.2.2

Схема системы механической системы вентиляции с рекуперации

Приточно-вытяжные агрегаты устанавливаются автономно в коридорах квартир и оснащаются фильтрами, пластинчатым теплообменником и вентиляторами. В состав комплектации установки входят средства автоматизации и пульт управления, позволяющий регулировать воздухопроизводительность установки.

Забор наружного воздуха осуществляется с лоджии данной квартиры, вытяжка, объединенная в пределах одной квартиры из ванн, санузлов и кухонь, после утилизатора выводится в выбросной канал через спутник и выбрасывается в пределах технического этажа.

Регулирование расхода приточного и вытяжного воздуха осуществляется посредством одного пульта управления.

Проходя через вентиляционную установку с пластинчатым утилизатором, вытяжной воздух нагревает приточный до температуры $t = +4,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ (при наружной

температуре воздуха $t = -34 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Компенсация дефицита тепла на нагрев приточного воздуха осуществляется нагревательными приборами отопления.

Расчетный расход тепла на подогрев приточного воздуха на одну квартиру при применении прямоточной вентиляции составляет:

$$Q = L \cdot C \cdot \gamma \cdot \Delta t, Q = 110 \times 1,2 \times 0,24 \times 1,163 \times (21 - (-34)) = 1800 \text{ Вт}$$

При применении пластинчатого теплоутилизатора расход тепла на догрев приточного воздуха

$$Q = 110 \times 1,2 \times 0,24 \times 1,163 \times (21 - 4) = 590 \text{ Вт}$$

Экономия тепла на одну квартиру при расчетной наружной температуре составляет 1210 Вт. Всего экономия тепла по дому составляет $1210 \times 104 = 125\,840 \text{ Вт}$.

Табл.5.2.1

Сравнение теплопотерь естественной вентиляции и принудительной (рекуператор)

Тип системы вентиляции	Кол-во тепла на нагрев вентиляционного воздуха 1 квартиры $Q_{\text{квартиры}}, \text{ Вт}$	Кол-во тепла на нагрев вентиляционного воздуха 1 по дому $Q_{\text{дома}}, \text{ Вт}$
Естественная вентиляция	1800	187 200
Принудительная вентиляция с рекуперацией	590	61 360
Экономия	1 210	125 840

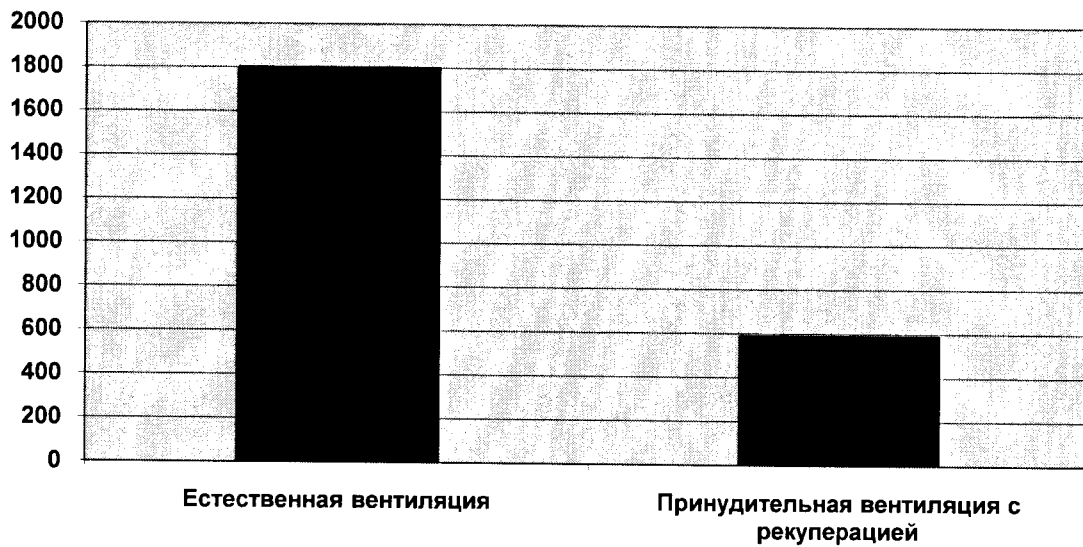


Рис.5.2.3

График зависимости "Решение-энергосбережение (Вт)"



Рис.5.2.4

График зависимости "Энергосбережение (Вт) - стоимость (руб.)"

при стоимости 1 Квт 2.73 руб.

Дополнительные затраты на устройство поквартирной вентиляции с утилизацией теплоты вытяжного воздуха на весь дом оцениваются в 3 млн руб. С учетом изменения существующих тарифов на тепловую энергию простой срок окупаемости составит около 8 лет [5].

В качестве энергосберегающего решения на объекте предлагается к применению механической системы вентиляции с утилизацией теплоты вытяжного воздуха с эффективностью 80 %.

По результатам проведенного теоретического исследования определены следующие критерии выбора оптимального решения по энергосбережению в части устройства системы вентиляции:

1. Основным фактором, определяющим энергосбережение в части устройства вентиляции, является количество инфильтрационного воздуха, поступающего в помещение и его температура. Наиболее эффективным является устройство механической вентиляции с рекуперацией.

2. При выборе конструкции системы (естественная, индивидуальная с рекуперацией, централизованная с рекуперацией) следует руководствоваться конструктивными особенностями здания (возможностью размещения вентиляционного оборудования на лоджиях или в специально устроенных венткамерах, возможностью размещения воздуховодов централизованной системы), капитальными затратами и их окупаемостью, удобством эксплуатации и ремонта систем, удобствами индивидуального регулирования количества и температуры воздуха, удобствами оплаты за потребленные ресурсы и кап.ремонт.

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

5.3 Влияние решений по системам отопления на энергосбережение

и стоимость систем

Основным фактором, определяющим энергосбережение систем отопления, является их способность обеспечить подачу строго необходимого количества тепла в нужное время и в нужное место в зависимости от внешних условий и потребности жильца. Эта способность может быть реализована за счет комплексного регулирования параметров теплоносителя, начиная от ввода в здание и кончая отопительными приборами.

Эффективность регулирования [6] выражается через коэффициент эффективности авторегулирования ξ в уравнении, описывающем удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию.

$$q_n^y = \frac{0,024(K_t + K_{inf})D_d A_e^{sum} - (Q_{int}^y + Q_{ins}^y)v\xi}{A_h^{des}} \beta(1-f), \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$$

Исходные данные для расчета удельного теплопотребления в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения (на примере города Москвы), приведены в таблице 2.3.1.

Табл.5.3.1

Сводная таблица исходных данных для расчета удельного теплопотребления в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения

Величины	Обозначения	Единицы	Числовые значения
K_t	Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи через наружные ограждения	Вт/(м ² °С)	0,419
K_{inf}	Условный инфильтрационный	Вт/(м ² °С)	0,519

	коэффициент теплопередачи		
D_d	Градусо-сутки отопительного периода	$^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$	4940
A_e^{sum}	Общая площадь наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания	м^2	16281
Q_{int}^v	Бытовые теплопоступления в течение отопительного периода	$\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$	754775
Q_{ins}^v	Теплопоступление от солнечной радиации в течение отопительного периода	$\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$	287714
v	Коэффициент снижения теплопоступления за счет тепловой инерции конструкций здания	-	0,8
ε	Коэффициент эффективности регулирования подачи теплоты в системах отопления	-	см. табл. 2
β	Коэффициент, учитывающий дополнительное теплопотребление системы отопления	-	1,07
f	Коэффициент эффективности индивидуального учета	-	0,1
A_h^{des}	Общая площадь квартир здания	м^2	15261
t_{out}	Расчетная температура наружного воздуха	$^{\circ}\text{C}$	-28
t_{in}	Расчетная температура воздуха в помещениях	$^{\circ}\text{C}$	20

							Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ		34

t_{out}^y	Средняя за отопительный период температура наружного воздуха	$^{\circ}\text{C}$	-3,1
n	Продолжительность отопительного сезона	сут	214
$L_{норм}$	Нормируемый расход приточного воздуха	$\text{м}^3/\text{час}$	30
G	Расход горячей воды на одного жителя	л/с	100
$t_{\text{вод.нач}}$	Начальная температура холодной воды за отопительный, переходный и летний периоды	$^{\circ}\text{C}$	5, 10 и 15
$\Theta_{\text{гвс}}$	Эффективность утилизатора – экономически оптимальная для принятого типа утилизатора	-	0.4
$t_{\text{вод.утил}}$	Температура воды после теплоутилизатора при соответствующих значениях $t_{\text{вод.нач}}$ и $\Theta_{\text{об.гвс}}$	-	11,14 и 17
$t_{\text{вод.норм}}$	Нормируемая температура горячей воды	$^{\circ}\text{C}$	60
$t_{\text{возд.удал}}$	Температура удаляемого воздуха	$^{\circ}\text{C}$	20

В таблице приведены две версии шкалы изменения коэффициента ξ в зависимости от конструкции систем отопления и уровня их оснащённости средствами авторегулирования. Одна из них – по данным работы [5], вторая – предложенная автором статьи [6] на основе имеющегося опыта применения автоматики регулирования систем отопления и позволяющая более точно учесть влияние указанных факторов на энергоэффективность систем отопления.

Значения коэффициента ξ в зависимости от оснащённости системы отопления средствами авторегулирования

Тип системы отопления	Уровень оснащённости системы отопления автоматикой регулирования					
	A	B	C	D	E	F
Вертикальная однотрубная	0,50	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
Вертикальная двухтрубная	0,50	0,70	0,80	0,90	-	0,95
Горизонтальная периметральная	0,50	0,70	0,80	0,95	-	-
Горизонтальная лучевая	0,50	0,70	0,85	1,00	-	-

Обозначения в таблице:

A – регулирование центральное в ЦТП или котельной;

B – авторегулирование на вводе в здание;

C – то же + термостаты на отопительных приборах;

D – то же + балансировочные клапаны на стояках вертикальных систем и на вводе в квартиру в горизонтальных системах;

E – то же + контроль температур на стояках в вертикальных однотрубных системах;

F – то же + теплоизоляция стояков в вертикальных системах отопления.

Как видно, значения коэффициента ξ для разных конструкций систем отопления при одном и том же их оснащении средствами автоматики отличаются.

Для вертикальной однотрубной системы отопления коэффициент ξ имеет наименьшее значение, поскольку процесс регулирования теплоотдачи отопительных приборов в этих системах близок к позиционному, что менее

эффективно, чем при регулировании по пропорциональному закону; кроме того, имеются открытые вертикальные стояки с нерегулируемой теплоотдачей. Оба эти фактора снижают эффективность вертикальной однотрубной системы отопления по сравнению с другими системами.

Вертикальная двухтрубная система отопления эффективнее однотрубной за счет более точного соблюдения пропорционального закона регулирования теплоотдачи отопительных приборов, однако менее эффективна, чем горизонтальная двухтрубная система, поскольку имеет открытые вертикальные стояки с нерегулируемой теплоотдачей.

Горизонтальная периметральная система отопления менее эффективна, чем горизонтальная лучевая, поскольку значительные потери давления в трубопроводах периметральной разводки снижают долю потерь давления, приходящуюся на терморегуляторы, что уменьшает эффективность регулирования системы.

Горизонтальная лучевая система отопления – наиболее эффективный из рассмотренных вариантов систем отопления.

Для корректного расчета величины потребления тепловой энергии на отопление необходимо также правильно определить значение коэффициента β , входящего в уравнение и учитывающего дополнительное теплотребление системы отопления, связанное с ее конструктивными особенностями. Для многосекционных и протяженных зданий коэффициент β обычно принимается равным 1,13, т.е. затраты тепла на отопление при расчете увеличивают на 13% – значительное и не всегда оправданное увеличение. Коэффициент β учитывает следующие факторы:

дискретность номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов (для системы отопления с термостатами этот фактор не должен учитываться, поскольку термостаты погасят избыток тепла или скомпенсируют его недостаток);

дополнительные теплопотери через радиаторный участок наружной стены (для системы отопления с радиаторами этот фактор должен учитываться в полном

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

объеме; для систем отопления с конвекторами его влияние минимально; для отопительных приборов с экраном на тыльной поверхности этот фактор учитываться не должен);

теплопотери стояков, проходящих через неотапливаемые помещения (в принятом для расчета здании таких стояков нет, следовательно, этот фактор не учитывается);

повышение температуры воздуха в угловых помещениях (данный фактор принимается к расчету).

Основываясь на результатах анализа коэффициентов ξ и β , рассчитаем по формуле удельное потребление тепловой энергии на отопление для рассматриваемых четырех типов систем, приняв коэффициент $\beta = 1,07$ и коэффициент ξ , соответствующий двум уровням значений :

максимальному значению для каждой из систем,

значению, соответствующему оснащению каждой из систем только ИТП (АУУ) и термостатами (колонка С в таблице 5.3.2) – упрощенный, но достаточно распространенный вариант оснащения.

Результаты расчета представлены в таблице 5.3.3.

Табл.5.3.3

Удельный расход тепла на отопление и вентиляцию

Тип системы отопления	ξ	q_h^y		Эффект,%
		кВт·ч/м ²	%	
Любая, без авторегулирования	0,50	88,1	100	0
Вертикальная однотрубная	0,90	65,1	74,0	26,0
Вертикальная двухтрубная	0,95	63,8	72,5	27,5
Горизонтальная периметральная	0,95	63,8	72,5	27,5
Горизонтальная лучевая	1,00	61,6	70,0	30,0

Из данных таблицы 5.3.3 следует:

наличие в системе отопления только ИТП (АУУ) и термостатов снижает затраты тепла на 15–21% по сравнению с базовым вариантом;

оснащение системы отопления средствами регулирования в соответствии с максимальным уровнем обеспечивает снижение затрат тепла на 26–30% по сравнению с базовым вариантом;

влияние типа/конструкции системы отопления на ее энергоэффективность незначительно и находится в пределах 4–6% при одном и том же уровне оснащения систем средствами регулирования.

Эффективность авторегулирования подачи тепла в системе отопления учитывается при расчете удельного расхода тепловой энергии на отопление здания соответствующим коэффициентом ζ [12]:

- 1,0 в однотрубной системе с термостатами и с пофасадным авторегулированием на вводе или поквартирной горизонтальной разводкой;
- 0,95 в двухтрубной системе отопления с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе;
- 0,9 в однотрубной системе с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе или в однотрубной системе без термостатов и с пофасадным авторегулированием на вводе, а также в двухтрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;
- 0,85 в однотрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;
- 0,7 в системе без термостатов и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха;
- 0,5 в системе без термостатов и без авторегулирования на вводе с центральным регулированием в ЦТП или котельной.

В качестве энергосберегающего решения на объекте предлагается к применению горизонтальная двухтрубная система отопления с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе.

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

По результатам проведенного теоретического исследования определены следующие критерии выбора оптимального решения по энергосбережению:

1. Основным фактором, влияющим на энергоэффективность системы отопления, является уровень ее оснащения средствами авторегулирования.
2. Конструкция системы отопления при соответствующем оснащении средствами авторегулирования мало влияет на энергоэффективность.
3. При выборе конструкции системы следует в первую очередь руководствоваться конструктивными особенностями здания, затратами электроэнергии на прокачку теплоносителя, капитальными затратами, удобством эксплуатации и ремонта систем.

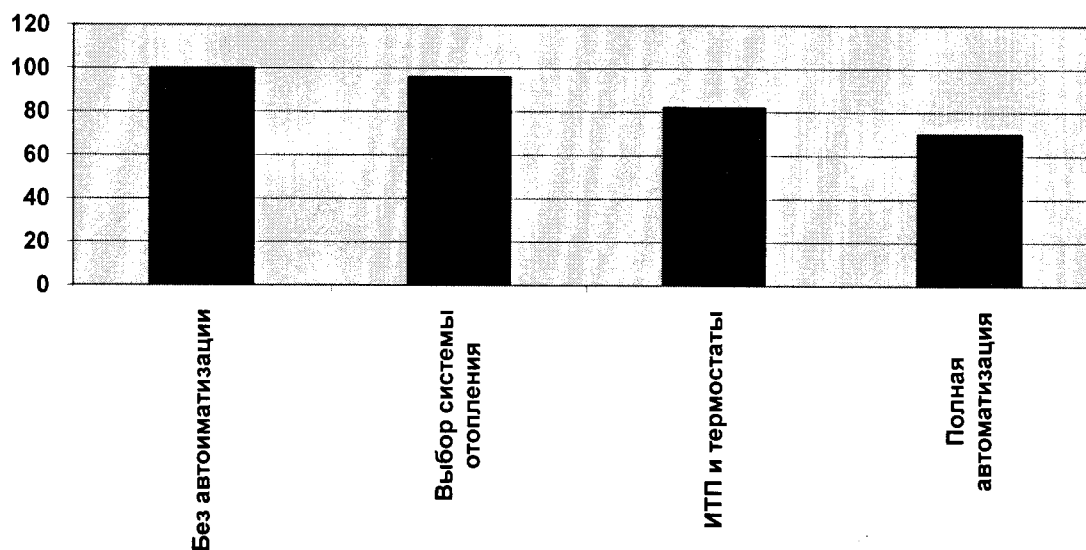


Рис.5.3.1

График зависимости "Решение - расход тепла (Вт)"



Рис.5.3.2

График зависимости "Решение - стоимость (тыс.руб.)"

5.4 Влияние теплосопротивления стен на теплотери и стоимость стен.

Потери тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции здания (трансмиссионные потери тепловой энергии) являются одной из основных составляющих в структуре затрат тепловой энергии на отопление. Чем выше уровень теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, тем меньшими через них оказываются потери тепловой энергии. В результате снизятся платежи жителей за тепловую энергию и будет сэкономлено больше первичных энергетических ресурсов [7].

В новом строительстве все большее распространение получают трехслойные конструкции стен из кирпича, легкогобетонных блоков и панелей или монолитного железобетона, в которых предусмотрено применение эффективных утеплителей в качестве среднего слоя между несущей или самонесущей стеной и защитно-декоративной облицовкой.

Рациональным и эффективным способом повышения теплозащиты эксплуатируемых зданий является дополнительное наружное утепление их ограждающих конструкций.

При новом строительстве используется как наружное утепление, так и применение эффективных утеплителей в качестве среднего слоя в трехслойных ограждающих конструкциях из кирпича и бетона.

Существующие варианты утепления зданий отличаются как конструктивными решениями, так и используемыми в конструкциях материалами.

Необходимый уровень теплозащиты наружных ограждений зданий определяется требованиями СНиП II-3-79* в зависимости от продолжительности отопительного периода (ГСОП) для каждого региона.

В современной практике наибольшее применение получили следующие типы конструктивных решений по утеплению зданий:

- трехслойные стены с утеплителем в качестве среднего слоя и наружной облицовкой из кирпича. Различают конструкции с вентилируемым зазором и без него;
- наружное утепление зданий со штукатурным покрытием;
- наружное утепление стен с вентилируемым зазором и облегченной защитно-декоративной облицовкой изделиями типа “сайдинг”, “ранила”, “этернит” и др.

Физико-технические свойства используемых теплоизоляционных материалов оказывают определяющее влияние на теплотехническую эффективность и эксплуатационную надежность конструкций, трудоемкость монтажа, возможность ремонта в процессе эксплуатации и в значительной степени определяют сравнительную технико-экономическую эффективность различных вариантов утепления зданий.

Теплоизоляционные материалы в конструкциях утепления зданий должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по СНиП 21-01-97, иметь

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

гигиенические сертификаты, не выделять токсичные вещества в процессе эксплуатации и при горении.

На долговечность и стабильность теплофизических и физико-механических свойств теплоизоляционных материалов в конструкциях утепления зданий влияют как конструктивные особенности, так и эксплуатационные факторы, включая:

- знакопеременный температурно-влажностный режим теплоизоляционных конструкций;
- возможность капиллярного и диффузионного увлажнения теплоизоляционного материала в конструкции;
- воздействие ветровых нагрузок и температурных деформаций элементов ограждающих конструкций;
- механические нагрузки от собственного веса материала в конструкциях стен и внешние нагрузки (люди, оборудование при монтаже и ремонте) в конструкциях крыш и перекрытий.

С учетом указанных факторов теплоизоляционные материалы для утепления зданий должны отвечать следующим общим требованиям:

- теплоизоляционный материал должен обеспечивать требуемое сопротивление теплопередаче при возможно минимальной толщине конструкции, что достигается применением материалов с расчетным коэффициентом теплопроводности 0,04–0,06 Вт/(м•К);
- паропроницаемость материала должна иметь значения, исключающие возможность накопления влаги в конструкции в процессе ее эксплуатации;
- плотность теплоизоляционных материалов для утепления зданий ограничивается допустимыми нагрузками на несущие конструкции и имеет значение не более 200–250 кг/м³;

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Эффективным материалом для утепления покрытий зданий является пока еще мало применяемое в отечественном строительстве пеностекло “Фомглас”, выпускаемое фирмой “Питтсбург Корнинг” (“Pittsburgh Corning”).

Преимуществом минераловатных материалов в строительных конструкциях является их негорючесть.

Теплоизоляционные материалы из стекловолна относятся к категории НГ или Г1 по ГОСТ 30244 в зависимости от их плотности и количества связующего. Теплоизоляционные изделия из стекловолна имеют хорошие деформативные характеристики и отличаются виброустойчивостью.

Повышенная упругость позволяет транспортировать маты из стекловолна в виде рулонов. В развернутом виде они возвращаются практически к исходной толщине.

Теплоизоляционные пенопласты относятся к горючим или трудногорючим материалам (группы Г1 – Г4) по ГОСТ 30244, что ограничивает область их применения и требует принятия специальных технических решений, обеспечивающих пожаробезопасность зданий.

В 1999–2000 гг. институтом “Теплопроект” разработаны “Рекомендации по применению теплоизоляционных материалов в конструкциях наружного утепления зданий первых массовых серий”, “Рекомендации по применению минераловатных цилиндров ЗАО “Минвата” в конструкциях промышленной тепловой изоляции”, “Рекомендации по применению материалов “URSA” в ограждающих конструкциях зданий”. Институтом разработана компьютерная программа для расчета температурно-влажностного режима ограждающих конструкций зданий и сооружений.

В таблице приводится ориентировочная классификация по назначению представленных на отечественном рынке волокнистых теплоизоляционных материалов для использования в ограждающих конструкциях зданий, разработанная на основе анализа физико-технических свойств и

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

эксплуатационных характеристик материалов с учетом рекомендаций производителей и специфики условий эксплуатации. Физико-технические характеристики указанных материалов приводятся в соответствующих государственных стандартах, технических условиях или рекламных проспектах.

Для теплоизоляционных материалов из минерального и стеклянного волокна, применяемых в наружных ограждающих конструкциях зданий, особенно важным является показатель водостойкости. Учитывая возможность периодического увлажнения теплоизоляционных материалов в конструкции, показатель водостойкости в значительной степени определяет их долговечность.

Водостойкость стеклянных волокон существенно зависит от химического состава и диаметра волокна. Увеличение содержания щелочных окислов и уменьшение диаметра волокна приводит к снижению водостойкости материала.

Учитывая негативное влияние влаги на долговечность минеральных волокон и стеклянных волокон щелочного состава, при разработке конструкций с применением теплоизоляционных материалов из минерального и стекловолкна необходимо предусматривать технические решения, ограничивающие деструктивное воздействие влаги на материал в процессе эксплуатации. К таким решениям относятся гидрофобизация материалов в процессе производства и применение конструктивных решений, предотвращающих или ограничивающих возможность конденсации влаги в конструкции.

За счет гидрофобизации волокнистых материалов снижается их смачиваемость, т. е. уменьшается поверхность взаимодействия волокон с капельной влагой, что приводит к повышению водостойкости и, соответственно, долговечности материала.

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Предотвращение конденсации паров воды в конструкции достигается конструктивными решениями, а именно – соответствующим расположением слоев материалов с различной паропроницаемостью и введением при необходимости дополнительных паровых барьеров, снижающих диффузионный поток влаги и предотвращающих или ограничивающих конденсацию.

Для обеспечения долговременной стабильности свойств теплоизоляционные материалы из стекловолокна и минеральной ваты, применяемые в наружных ограждающих конструкциях зданий, должны быть гидрофобизированы в процессе производства.

При выборе марки утеплителя для конкретной конструкции следует учитывать, что гидрофобизированные материалы большей плотности характеризуются более высокой долговечностью (т. е. сроком эксплуатации без разрушения) при одновременно более высокой стоимости, обусловленной повышенными затратами при производстве. Поэтому при проектировании руководствуются как ценовыми показателями материалов, так и расчетным сроком службы здания.

Значения теплотехнических характеристик строительных, в том числе теплоизоляционных, материалов в конструкциях под воздействием эксплуатационных факторов изменяются во времени и могут существенно отличаться от значений, получаемых при лабораторных испытаниях и указанных в технических условиях.

Поэтому при проектировании используют расчетные значения коэффициента теплопроводности материалов, учитывающие изменение этого показателя при увлажнении в конструкции в эксплуатационных условиях.

Значения расчетного коэффициента теплопроводности волокнистых теплоизоляционных материалов, включенных в приложение 3 СНиП II-3-79*, для условий эксплуатации А превышает его значение в сухом состоянии в 1,1–1,15 раза, а для условий эксплуатации Б в 1,2–1,25 раза.

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Для новых в российской практике теплоизоляционных материалов значение расчетных коэффициентов теплопроводности при расчетной массовой влажности определяется при сертификационных испытаниях методом стационарного теплового потока по ГОСТ 7076-87 "Материалы и изделия строительные. Методы определения теплопроводности".

Следует отметить, что использование этого метода для испытания влажных теплоизоляционных материалов является некорректным, т. к. при измерениях возникают значительные погрешности, обусловленные протеканием нестационарных процессов фазовых превращений и влагопереноса в испытуемых образцах.

Кроме того, для материалов плотностью менее 50 кг/м^3 различие между теплопроводностью в сухом и увлажненном состоянии при расчетном массовом отношении влаги в условиях эксплуатации А и Б, соответственно, 2% и 5% часто не превышает погрешность измерений по ГОСТ 7076, составляющую 7%, что также исключает возможность применения этого метода для влажных теплоизоляционных материалов.

Наиболее перспективным и эффективным теплоизоляционным материалом в настоящее время является вакуумная изоляционная панель [15], которая состоит из пористого материала-наполнителя, который помещается в непроницаемую пленку-оболочку, воздух из которой откачивается до давления 1 мбар.

Вакуумная изоляционная панель имеет очень низкий коэффициент теплопроводности $\lambda = 0.006 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$.

В качестве материала-наполнителя используется нанопористый диоксид кремния SiO_2 , состоящий из частиц размером 5 - 20 нм, которые объединены в каркас с характерными размерами пор 20 - 150 нм. Основную роль в процессе передачи тепла играет газ, находящийся в порах. Чем меньше размеры пор материала и разветвленнее его структура, тем лучше его теплофизические свойства и, следовательно, ниже коэффициент

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

теплопроводности. Пленка-оболочка - материал, из которого формируются стенки вакуумной изоляционной панели. Она состоит из нескольких слоев, каждый слой представляет собой очень тонкую металлическую пленку (алюминий, нержавеющая сталь), на которую с обеих сторон нанесен слой пластика. Она имеет превосходные барьерные характеристики. Чтобы сформировать оболочку для материала-наполнителя, мембранные пленки завариваются по краям.

Если сравнить данный материал с другими теплоизоляционными материалами то его эффективность превышает ближайших конкурентов на 300% [13].

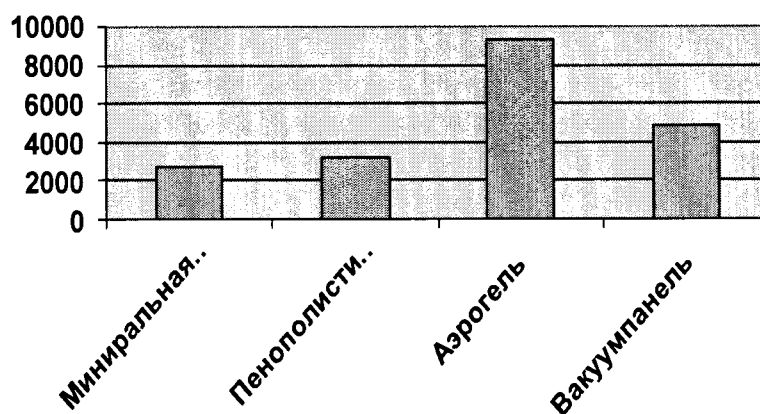


Рис.5.4.1 График зависимости «Энергосбережение – стоимость (руб/м2)»

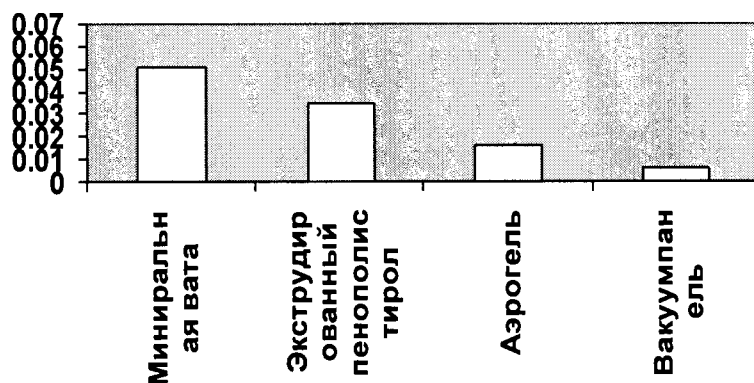


Рис.5.4.2 График зависимости «Решение – теплопроводность»

Характеристика и стоимость теплоизоляционных материалов

Тип теплоизоляционных материалов	Теплопроводность Вт/м*С	Стоимость за 1 м2
Минеральная вата	0,05	2678
Экструдированный пенополистирол	0,034	3250
Аэрогель	0,016	9300
Вакуумпанель	0,006	4850

В качестве энергосберегающего решения на объекте предлагается к применению вакуумпанель. Согласно проведенным исследованиям эффективность использования вакуумпанелей на 350 % выше использования минеральной ваты и на 361 % выше использования аэрогеля, из-за высокой цены последнего.

По результатам проведенного теоретического исследования определены следующие критерии выбора оптимального решения по энергосбережению в части подбора конструкции стен:

- 1.Основным критерий – приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций.
- 2.Иные критерии – капитальные затраты и их окупаемость.

2. Заключение

В выпускной квалификационной работе было проведено теоретическое исследование влияния различных факторов на энергосбережение жилого дома, проведен экономический анализ, а также предложены критерии выбора оптимального решения по энергосбережению.

Выводы:

По результатам проведенного теоретического исследования определены следующие критерии выбора оптимального решения по энергосбережению:

1. В части подбора конструкций стен: основной критерий - приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции. Иные критерии - капитальными затратами и их окупаемостью. Предлагается к применению вакуумпанель. Согласно проведенным исследованием эффективность использования вакуумпанелей на 350 % выше использования минеральной ваты, на 361 % выше использования аэрогеля, из-за высокой цены последнего.

2. В части подбора оконных ограждающих конструкций: основной критерий - приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции.

Наибольшим значением обладают вакуумные стеклопакеты.

Энергосбережение в 4,5 раза выше использования стандартного с $R=0.55$.

3. В части в части устройства системы вентиляции: основной критерий - количество инфильтрационного воздуха, поступающего в помещение и его температура. Иные критерии - конструктивные особенности здания, капитальными затратами и их окупаемостью, удобство эксплуатации и ремонта систем, удобствами индивидуального регулирования количества и температуры воздуха, удобствами оплаты за потребленные ресурсы и капитальный ремонт. Наиболее эффективным является устройство механической вентиляции с рекуперацией. Энергосбережение составляет около 1,3 млн. в год. Дополнительные затраты 3,0 млн. Срок окупаемости - 8,0 лет.

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

4. В части в части устройства системы отопления: основной критерий - уровень ее оснащения средствами авторегулирования. Иные критерии - конструктивными особенностями здания, затраты электроэнергии на прокачку теплоносителя, капитальные затраты, удобство эксплуатации и ремонта систем. Наиболее эффективным для нашего объекта является двухтрубная система отопления с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе. Предлагается к применению горизонтальная двухтрубная система отопления с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе. Дополнительные затраты 3,6 млн. Срок окупаемости - 8,5 лет.

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

6. Список литературы

1. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"
2. Грановский В.Л.. Энергоэффективные здания – Комплексное решение для систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. – Энергосбережение. – 2014. - №2.
3. Ахмяров Т.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л.. Энергоэффективные вентилируемые светопрозрачные ограждающие конструкции. – Энергосбережение. – 2014. - №8.
4. СТО НОСТРОЙ 2.23.61-2012. Окна. Часть 1. Технические требования к конструкциям и проектированию – М.: Национальное объединение строителей, 2013. – 37с.
5. Матросов Ю.А.. Энергосбережение в зданиях. Проблемы и пути решения. - М. : НИИСФ, 2008.
6. Шойхет Б.М.. Эффективные утеплители в ограждающих конструкциях зданий – Энергосбережение. – 2000. - №3.
7. Богословский В.Н. Тепловой режим зданий.- М.,Стройиздат, 1979 г.
8. Зингер Н. М. Развитие теплофикации в России. / А. И. Белевич, Н. М. Зингер. - Электрические станции , 1999 № 10.
9. Лапин Ю.Н. Сидорин А.М. Климат и энергоэффективное жилище. // Архитектура и строительство России. 2002. №1.
- 10.Иванов Г.С. Методика оптимизации уровня теплозащиты зданий. // Окна и двери. 2001, №1-2, стр. 5-8.
- 11.Наумов А.Л., Капко Д.В. Лучшие отечественные и зарубежные энергоэффективные инженерные системы – АВОК. – 2014. - №5.

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

- 12.СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий – М.: Минрегион России, 2012.
– 82с.
- 13.Каталог технических решений и практических рекомендаций по энергосбережению и повышению энергетической эффективности зданий и сооружений , Выпуск 1-й, Акиев Р.С.,Бурцев С.И., Бусахин А.В. и др., М.: НОСТРОЙ, 2014. – 139с.
- 14.Распоряжение Правительства России N1830-р от 01.12.2009г. "Об утверждении плана мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в Российской Федерации"
- 15.Постановление Правительства России N18 от 25.01.2011г. "Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов"
- 16.Табунщиков Ю.А.. Энергоэффективные здания и инновационные инженерные системы – АВОК. – 2014. - №1.

					АС-392-08.04.01-2016-567-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54