

Технико-экономическое обоснование мероприятий по утеплению ограждающих конструкций индивидуального жилого дома

Д.В. Немова¹, Н.И. Ватин², А.С. Горшков³, А.В. Кашабин⁴, П.П. Рымкевич⁵, Д.Н. Цейтин⁶

^{1-3,6}ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет», 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.

⁴ООО «УРСА Евразия», 196191, Россия, Санкт-Петербург, Ленинский пр., д. 168

⁵Военно-космическая академия им. А.Ф.Можайского, 197082, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13.

Информация о статье

УДК 699.86

Научная статья

Финансовая поддержка:

Efficient Energy Management SE 693

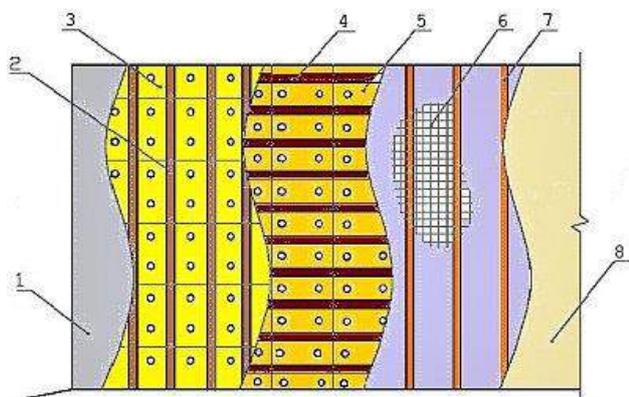
История

Подана в редакцию 17 июня 2014
Принята 12 августа 2014

Ключевые слова

ограждающие конструкции;
фасады;
мансардное покрытие;
изделия теплоизоляционные из
стеклянного штапельного волокна на
синтетическом связующем;
теплопотери;
реконструкция зданий;
утепление;
срок окупаемости;
энергосбережение;
энергоэффективность

АННОТАЦИЯ



Значительная доля энергетических затрат в Российской Федерации расходуется на отопление жилых зданий. Мероприятия, направленные на сокращение потерь тепла и повышение уровня тепловой защиты наружных ограждающих конструкций в целях повышения энергоэффективности зданий всего требовали особого внимания. До конца 80-х годов в СССР основное внимание уделялось минимизации капитальных затрат и недостаточно учитывались эксплуатационные затраты ввиду низкой стоимости топлива. Положение резко изменилось в результате перехода страны к рыночной экономике в начале 90-х годов и значительного роста цен на топливо внутри страны. Осознав, что доля эксплуатационных

1

Контактный автор:

+ 7 (921) 890 0267, darya.nemova@gmail.com (Немова Дарья Викторовна, инженер, ассистент)

2

+ 7 (921) 964 3762, vatin@mail.ru (Ватин Николай Иванович, д.т.н., профессор, директор инженерно-строительного института)

3

+ 7 (921) 388 4315, alsgor@yandex.ru (Горшков Александр Сергеевич, к.т.н., доцент)

4

+ 7 (812) 313 7273, kashabin@uralita.com (Кашабин Андрей Викторович, руководитель группы технической поддержки продаж)

5

+ 7 (911) 224 5913, rymkewitch@yandex.ru (Рымкевич Павел Павлович, к.ф.-м.н., профессор)

6

+ 7 (921) 909 5171, dm.inco@gmail.com (Цейтин Дмитрий Николаевич, ведущий инженер)

расходов на отопление зданий относительно велика и страна расточительно расходует свои энергетические ресурсы на поддержание требуемого микроклимата в зданиях, были приняты законодательные акты, в том числе закон «Об энергосбережении» (1996 г.), закон «О защите прав потребителя» (1996 г.), направленные на энергосбережение и эффективное использование энергии, Федеральный закон № 261 ФЗ «Об энергосбережении...». Выполнение новых требований требовало пересмотра существующего подхода к проектированию. В развитии строительного производства, в повышении его эффективности особая роль принадлежит проектировщикам. От них в значительной мере зависят технико-экономический уровень производства и повышение эффективности капиталовложений. Это обуславливает необходимость улучшать проектно-сметное дело, осуществлять строительство по наиболее прогрессивным и экономичным проектам; предусматривать в них передовые технологии, прогрессивные конструктивные решения, современные строительные материалы. Одна из основных задач проектировщиков заключается в повышении качества планировочных, архитектурных и строительных решений, снижении стоимости строительства зданий и сооружений, сокращении удельных капитальных вложений на единицу вводимой в действие мощности. В работе представлена методика расчета сроков окупаемости энергосберегающих мероприятий, направленных на повышение уровня тепловой защиты наружных ограждающих конструкций многоквартирного жилого дома, расположенного на территории Ленинградской области, с использованием изделий теплоизоляционных марки «URSA GEO» из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем производства ООО «УРСА Евразия». Приведены примеры расчета простой (бездисконтной) окупаемости дополнительного утепления наружных стен и мансардного покрытия дома и окупаемости, рассчитанной с учетом выплаты процентов по займу, роста тарифов на энергоносители и дисконтирования будущих денежных потоков.

Содержание

1. Введение	95
2. Литературный обзор	95
3. Цель исследования	96
4. Объект исследования	96
5. Исходные данные для расчета	96
6. Методика расчета	98
Методика расчета эксплуатационных затрат	98
Методика расчета сроков окупаемости энергосберегающих мероприятий по дополнительному утеплению фасадов	100
7. Расчет простой окупаемости	102
Сбор исходных данных для расчета простой окупаемости инвестиций	102
Расчет простой окупаемости для фасадов	102
Расчет простой окупаемости для мансардного покрытия	104
8. Расчет окупаемости с учетом процентов по кредиту, роста тарифов на энергоносители и дисконтирования будущих денежных потоков (далее по тексту - сложной окупаемости)	106
Сбор исходные данные для расчета сложной окупаемости	106
Расчет сложной окупаемости инвестиций для фасадов	106
Расчет сложной окупаемости инвестиций для мансардного покрытия	107
9. Заключение	108

1. Введение

Значительная доля энергетических затрат в Российской Федерации расходуется на отопление жилых зданий. Мероприятия, направленные на сокращение потерь тепла и повышение уровня тепловой защиты наружных ограждающих конструкций в целях повышения энергоэффективности зданий всего требовали особого внимания [1], необходимо рассматривать, в том числе с позиции их экономического обоснования. До конца 80-х годов в СССР основное внимание уделялось минимизации капитальных затрат и недостаточно учитывались эксплуатационные затраты ввиду низкой стоимости топлива. Положение резко изменилось в результате перехода страны к рыночной экономике в начале 90-х годов и значительного роста цен на топливо внутри страны. Осознав, что доля эксплуатационных расходов на отопление зданий относительно велика и страна расточительно расходует свои энергетические ресурсы на поддержание требуемого микроклимата в зданиях, были приняты законодательные акты, в том числе закон «Об энергосбережении» (1996 г.), закон «О защите прав потребителя» (1996 г.), направленные на энергосбережение и эффективное использование энергии, Федеральный закон № 261 ФЗ «Об энергосбережении...» [2].

Выполнение этих требований требовало пересмотра существующего подхода к проектированию, выбору проектных решений, который осуществляется в основном интуитивно, без опоры на научно-обоснованные системы поддержки и принятия решений, и чаще всего носит формально констатирующий характер. Решение этой задачи направлено на повышение эффективности капитального строительства, включая повышение эффективности инвестиционной политики, наиболее рациональное использование инвестиционных ресурсов, направление их в программы и проекты, дающие наибольшие экономические и социальные результаты, а также повышение эксплуатационной рентабельности инвестиционных проектов.

В развитии строительного производства, в повышении его эффективности особая роль принадлежит проектировщикам. От них в значительной мере зависят технико-экономический уровень производства и повышение эффективности капиталовложений. Это обуславливает необходимость улучшать проектно-сметное дело, осуществлять строительство по наиболее прогрессивным и экономичным проектам; предусматривать в них передовые технологии, прогрессивные конструктивные решения, современные строительные материалы. Одна из основных задач проектировщиков заключается в повышении качества планировочных, архитектурных и строительных решений, снижении стоимости строительства зданий и сооружений, сокращении удельных капитальных вложений на единицу вводимой в действие мощности.

2. Литературный обзор

Значительный вклад в решение теоретических и практических вопросов энергоэффективности и ограждающих конструкций внесли следующие ученые: Горшков А.С., Гагарин В.Г., Трутнева М.С., Самарин О.Д., Бутовский И.Н., Ефименко М.Н., Табунщиков Ю.А., Богуславский Л.Д., Савин В.К., Езерский В.А., Монастырев П.В., Клычников Р.Ю. и многие другие [1-37].

Мероприятия, направленные на сокращение потерь тепла и повышение уровня тепловой защиты наружных ограждающих конструкций всегда требовали экономического обоснования. Окупаемость таких мероприятий исследовали Богуславский Л.Д., Гагарин В.Г., Самарин О.Д. и др. [3-18].

Богуславский Л.Д. предложил модель, которая позволяла оценить «экономически целесообразное», «оптимальное» сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций. В его методах величины единовременных вложений на создание 1 кв. м. ограждающей конструкции и годовые затраты на компенсацию теплотерь через 1 кв. м. ограждающей конструкции выражаются в виде функций от термического сопротивления теплоизолирующего слоя, который является независимой переменной. В его модели находится значение этой переменной, при котором производная приведенных затрат (затраты на производство и эксплуатацию ограждающих конструкций) равна нулю, это значение сопротивления теплопередаче и считается «экономически целесообразным» [3].

Савин В.К. привел энергограмму зависимости расхода энергии на создание конструкции, затраты на эксплуатацию а также их суммарные затраты, представленные в безразмерно виде, от уровня теплозащиты ограждений. На его энергограмме присутствует точка, в которой суммарные затраты энергии при оптимальном уровне теплозащиты ограждения, имеют наименьшее оптимальное значение. И если выбрать эталонное ограждение, например, кирпичную стену, то путем расчетов можно определить

сначала оптимальное значение в размерном виде, а затем в безразмерном. Путем такой процедуры можно отобрать самые энергоэффективные материалы, конструкции и изделия и здания в целом [4]

Езерский В.А., Монастырев П.В., Клычников Р.Ю. в своих работах определили предельный срок службы здания, при котором его термомодернизация будет безубыточна. Согласно их модели оценить эффективность в энергозащит конкретного здания можно сравнив период их окупаемости (лет), определяемый с учетом дисконтирования доходов, с оставшимся сроком службы здания (лет) с момента реализации теплозащитных мероприятий. Равенство выше названных величин подразумевают, что мероприятия по термомодернизации как минимум окупятся [5].

Самарин О. Д., используя методики, разработанные специалистами, членами НП «АВОК», рассматривал эффективность вложений в энергосберегающие мероприятия. В своих работах он определил влияние изменения климата на окупаемость дополнительного утепления нестекляемых ограждений и выявил, что наблюдаемая в последнее время тенденция к потеплению климата дает дополнительные доводы к необоснованности чрезмерного повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкции [6].

Наиболее последовательный и разумный подход разработан Гагариным В.Г. Он предложил усовершенствованную математическая модель условий окупаемости затрат на повышение уровня тепловой защиты, которая учитывала еще и о дисконтирование экономии эксплуатационных затрат. Согласно его модели, важнейшим параметром, определяющим экономические условия повышения тепловой защиты ограждений в стране или регионе, является предельное значение для одновременных затрат. В своих работах В.Г. Гагарин сравнил значение процентных ставок, а также градусо-суток отопительного периода и цены на тепловую энергию в городах РФ и странах ЕС и СНГ и выявил, что условия для повышения тепловой защиты зданий в России менее благоприятны, чем в развитых странах [7-18].

3. Цель исследования

Целью настоящей работы является расчет сроков окупаемости энергосберегающих мероприятий, направленных на повышение уровня тепловой защиты фасадов (наружных стеновых конструкций) и кровельного покрытия эксплуатируемых зданий, построенных и введенных в эксплуатацию до 2000-го года.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассчитать срок окупаемости энергосберегающих мероприятий, направленных на повышение уровня тепловой защиты наружных ограждающих конструкций, рассчитан для двух расчетных случаев:
 - простая окупаемость;
 - сложная окупаемость с учетом выплаты процентов по кредиту, роста тарифов на тепловую энергию и дисконтирования будущих денежных потоков.

4. Объект исследования

В качестве объекта исследования принят многоквартирный индивидуальный жилой дом с наружными стенами из силикатного кирпича (ГОСТ 379) на цементно-песчаном растворе и скатной стропильной крышей, утепленной минераловатным утеплителем толщиной 50 мм с расположением утеплителя между деревянными стропилами сечением 50×250 мм.

5. Исходные данные для расчета

В качестве исходных климатических данных для проектирования выбраны климатические условия Ленинградской области.

Расчетные климатические и теплоэнергетические параметры для населенных пунктов, расположенных на территории Ленинградской области (п.г.т Свирица), приняты согласно СП 131.13330 [39] и представлены в таблице 1.

Геометрические характеристики фасадов и кровли рассматриваемого дома не представлены в связи с тем, что в работе рассчитываются эксплуатационные потери тепловой энергии и капитальные затраты по дополнительному утеплению, приведенные к 1 м² наружных ограждающих конструкций.

Исходя из данных, представленных в таблице 1, рассчитывается базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций R_0^{TP} . Значение R_0^{TP} (см. примечание к таблице 3 СП 50.13330 [40]) рассчитывается по формуле:

$$R_0^{TP} = a \cdot \text{ГСОП} + b, \quad (1)$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода (см. данные таблиц 1 и 2);

a, b – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным табл. 3 СП 50.13330 [40] для соответствующих групп зданий и конструкций: для наружных стен жилых зданий $a = 0,00035$, $b = 1,4$; для покрытий жилых зданий $a = 0,0005$, $b = 2,2$.

Таблица 1. Расчетные условия для жилых зданий, расположенных на территории Ленинградской области

Показатель	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
Расчетная температура наружного воздуха	$t_{н}$	°С	- 29
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	°С	- 2,9
Продолжительность отопительного периода	$Z_{от}$	сут/год	228
Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	°С · сут/год	5221
Расчетная температура внутреннего воздуха	$t_{в}$	°С	20

На основании полученных исходных данных рассчитаем по формуле (1) базовые значения требуемых сопротивлений теплопередаче наружных стен и покрытия жилого многоквартирного дома, расположенного на территории Ленинградской области.

Получим:

- для наружных стен:

$$R_0^{TP} = a \cdot \text{ГСОП} + b = 0,0035 \cdot 5221 + 1,4 = 3,23 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С/Вт)};$$

- для покрытия:

$$R_0^{TP} = a \cdot \text{ГСОП} + b = 0,005 \cdot 5221 + 2,2 = 4,81 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С/Вт)}.$$

В качестве материала для наружного утепления стен и покрытия рассматриваемого дома приняты изделия теплоизоляционные «URSA GEO» из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем (производитель: ООО «УРСА Евразия»), изготовленные согласно ТУ 5763-001-71451657-2004 (с изменениями 1÷7). Теплотехнические характеристики изделий представлены в таблице 2 (согласно данным Протокола сертификационных испытаний № 115 НИИСФ РААСН от 24 февраля 2012 г).

Таблица 2. Характеристики изделий теплоизоляционных «URSA GEO» из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем

Марка изделия	Характеристика материала в сухом состоянии		Расчетное массовое отношение влаги в материале, %, при условиях эксплуатации		Расчетные коэффициенты теплопроводности Вт/(м·°С), при условиях эксплуатации	
	Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	А	Б	А	Б
URSA GEO М-11	13	0,042	2	5	0,044	0,046
URSA GEO М-15	16	0,040	2	5	0,041	0,043
URSA GEO М-25	22	0,037	2	5	0,039	0,042
URSA GEO П-15	16	0,039	2	5	0,041	0,044

Марка изделия	Характеристика материала в сухом состоянии		Расчетное массовое отношение влаги в материале, %, при условиях эксплуатации		Расчетные коэффициенты теплопроводности Вт/(м·°C), при условиях эксплуатации	
	Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C)	А	Б	А	Б
URSA GEO П-20	23	0,036	2	5	0,038	0,040
URSA GEO П-30	31	0,034	2	5	0,036	0,039
URSA GEO П-35	37	0,033	2	5	0,035	0,038
URSA GEO П-45	47	0,033	2	5	0,035	0,037
URSA GEO П-60	52	0,033	2	5	0,035	0,037
URSA GEO П-75	69	0,032	2	5	0,034	0,037
URSA GEO Скатная крыша	21	0,038	2	5	0,040	0,042
URSA GEO Стандарт	9	0,046	2	5	0,048	0,053
URSA GEO Универсальные плиты	17	0,039	2	5	0,041	0,044
URSA GEO Фасад	30	0,034	2	5	0,036	0,039

6. Методика расчета

Методика расчета эксплуатационных затрат

Рассмотрим вариант дополнительного утепления наружных стен и покрытия существующего индивидуального жилого дома, построенного на территории Ленинградской области.

Для расчета теплотерь через наружные ограждающие конструкции зданий удобно пользоваться величиной, обратной приведенному сопротивлению теплопередаче, которая в международных стандартах называется коэффициентом теплопередачи ограждающих конструкций зданий и обозначается литерой U . Значение коэффициента теплопередачи рассчитывается по формуле:

$$U = \frac{1}{R_0}. \quad (2)$$

Удобство введения коэффициента теплопередачи определяется удобством его размерности: Вт/(м²·°C). Т.е. эта величина показывает, сколько Вт тепловой энергии проходит через наружное ограждение (стену, окно, покрытие...) площадью 1 м² при разности внутренней и наружной температур с разных сторон ограждающей конструкции 1 °C. Это значит, что при $U = 1/R_0 = 1/1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт} = 1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ через наружную ограждающую конструкцию площадью 1 м² и разности температур с разных ее сторон 1 °C мощность теплового излучения составляет 1 Вт, а при разности 20 °C будет составлять 20 Вт и т.д. Для расчета количества тепловой энергии (кВт·ч), проходящей через 1 м² наружной ограждающей конструкции (например, стены) эту величину (U) следует умножить на число часов отопительного периода и среднюю за отопительный период разность температур. Эти данные для каждого климатического района определены в СП 131.13330 [39]. Исходя из представленных выше рассуждений получим, что суммарные потери тепловой энергии через 1 м² наружной ограждающей конструкции при величине ее коэффициента теплопередачи $U = 1,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$:

$$Q_{\text{кВт·ч}} = \frac{U \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}} \cdot 24}{1000}, \quad (3)$$

где $t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха в помещениях жилого здания, принимаемая по ГОСТ 30494 [38] равной 20 °C;

$t_{от}$ – средняя за отопительный период температура наружного воздуха, принимаемая для климатических условий Ленинградской области по СП 131.13330 [39] равной $-2,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (см. данные табл. 1);

$z_{от}$ – количество суток отопительного периода, принимаемой для жилых зданий, расположенных на территории Ленинградской области – 228 суток (табл. 1);

24 – количество часов в сутках;

1000 – переводной коэффициент мощности теплового потока из Вт в кВт.

Примечание: при более высокой (выше $20\text{ }^{\circ}\text{C}$) температуре внутреннего воздуха, поддерживаемой в течение отопительного периода в здании, суммарные потери тепловой энергии через 1 м^2 наружной ограждающей конструкции окажутся выше, соответствующим образом возрастут и эксплуатационные расходы.

Таким образом, используя формулу (3) мы можем рассчитать средние за отопительный период потери тепловой энергии через 1 м^2 ограждения, выраженные в кВт·ч. Эту же величину можно выразить в гигакалориях (Гкал), если разделить выражение (3) на 1163, т.к. $1\text{ Гкал}=1162,7\text{ кВт}\cdot\text{ч}$. Расчет потерь тепловой энергии в Гкал удобнее пользоваться при известной стоимости тепловой энергии (руб/Гкал), поступающей в здание от городской или районной ТЭЦ. Тогда формула (3) может быть записана в виде:

$$Q_{\text{Гкал}} = \frac{U \cdot (t_{в} - t_{от}) \cdot z_{от} \cdot 24}{1000 \cdot 1163} \quad (4)$$

Здесь обозначения те же, что и в формуле (3), 1163 – переводной коэффициент из кВт·ч в Гкал.

Если отопление здание производится электронагревательными устройствами, то при расчете потерь тепловой энергии следует пользоваться формулой (3), если за счет централизованного теплоснабжения – формулой (4).

Отметим, что выражение $(t_{в} - t_{от}) \cdot z_{от}$, в формулах (3) и (4) в СП 50.13330 [40] обозначает градусо-сутки отопительного периода (сокращенно - ГСОП). Для жилых домов, расположенных на территории Ленинградской области ГСОП=5221 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$ (табл. 1). Таким образом, формулы (3) и (4) можно привести к более удобному виду [4]:

$$Q_{\text{кВт}\cdot\text{ч}} = \frac{U \cdot \text{ГСОП} \cdot 24}{1000} = 0,024 \cdot U \cdot \text{ГСОП}; \quad (5)$$

$$Q_{\text{Гкал}} = \frac{U \cdot \text{ГСОП} \cdot 24}{1000 \cdot 1163} = \frac{0,024 \cdot U \cdot \text{ГСОП}}{1163} \quad (6)$$

Тогда для расчета стоимости эксплуатационных затрат (Э) через 1 м^2 площади наружной ограждающей конструкции за один отопительный период выражение в формуле (6) необходимо умножить на стоимость тепловой или электрической энергии (в зависимости от принятой в здании системы отопления и используемых для отопления источников энергоснабжения).

Следовательно, эксплуатационные затраты (Э) можно рассчитать по формуле [4]:

$$\text{Э} = Q \cdot c_{т}, \quad (7)$$

где Q - суммарные потери тепловой энергии через 1 м^2 наружной ограждающей конструкции рассматриваемого здания, рассчитываемые для зданий, отапливаемых централизованно (от городской или районной ТЭЦ) по формуле (6), для зданий, отапливаемых электрическими нагревателями – по формуле (5);

$c_{т}$ - величина тарифа, принимаемая:

- руб/Гкал – при централизованном отоплении от городской ТЭЦ;

- руб/кВт·ч – при электрическом теплоснабжении.

Перейдем непосредственно к оценке экономической эффективности дополнительного утепления и расчету сроков окупаемости дополнительного утепления наружных стен и покрытия существующего жилого дома. Для этого воспользуемся методом приведенных затрат.

Методика расчета сроков окупаемости энергосберегающих мероприятий по дополнительному утеплению фасадов

Применим для расчета сроков окупаемости утепления наружных стен рассматриваемого, типового для Санкт-Петербурга, здания метод приведенных затрат [19, 20].

Положим, что

$$П_1 = K_1 + Э_1 \cdot T; \quad (8)$$

$$П_2 = K_2 + Э_2 \cdot T, \quad (9)$$

где $П_1, П_2$ – затраты на капитализацию и эксплуатацию наружных ограждающих конструкций (например, стен), приведенные к 1 м^2 их площади, руб/ м^2 ;

K_1 – капитальные затраты на возведение 1 м^2 наружного ограждения дома (с учетом того, что мы рассматриваем существующее здание, $K_1=0$), руб/ м^2 ;

K_2 – капитальные затраты на дополнительное утепление, руб/ м^2 ;

$Э_1$ – эксплуатационные затраты, учитывающие потери тепловой энергии через 1 м^2 наружной ограждающей конструкции за один отопительный сезон до проведения утепления, руб/ $\text{м}^2 \cdot \text{год}$;

$Э_2$ – эксплуатационные затраты, учитывающие потери тепловой энергии через 1 м^2 наружной ограждающей конструкции за один отопительный сезон после проведения работ по их утеплению, руб/ $\text{м}^2 \cdot \text{год}$;

T – время, исчисляемое в годах.

Условием окупаемости для принятой модели будет равенство приведенных затрат $П_1$ и $П_2$, т.е.

$$П_1 = П_2, \quad (10)$$

Или с учетом уравнений (8), (9):

$$K_1 + Э_1 \cdot T = K_2 + Э_2 \cdot T. \quad (11)$$

Или с учетом того, что $K_1=0$:

$$Э_1 \cdot T = K_2 + Э_2 \cdot T. \quad (12)$$

Тогда из уравнения (12) можно рассчитать срок простой окупаемости [4]:

$$T = \frac{K_2}{Э_1 - Э_2} = \frac{\Delta K}{\Delta Э}, \quad (13)$$

где ΔK – разность капитальных затрат, приведенных к 1 м^2 наружной ограждающей конструкции (с учетом того, что в рассматриваемом примере $K_1=0$: $\Delta K=K_2-K_1=K_2$);

$\Delta Э$ – разность потерь тепловой энергии через 1 м^2 наружной ограждающей конструкции до проведения мероприятий по утеплению стен ($Э_1$) и после утепления ($Э_2$).

С учетом полученных ранее выражений (5) и (6) значение $\Delta Э$ можно определить по формуле [4]:

$$\begin{aligned} \Delta Э = Э_1 - Э_2 &= Q_1 \cdot c_T - Q_2 \cdot c_T = 0,024 \cdot U_1 \cdot \text{ГСОП} \cdot c_T - 0,024 \cdot U_2 \cdot \text{ГСОП} \cdot c_T \\ &= (U_1 - U_2) \cdot 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot c_T. \end{aligned} \quad (14)$$

Отметим, что срок окупаемости, рассчитанный по формуле (13) получен без учета:

- роста тарифов на тепловую энергию;
- процентов по кредиту (в случае использования заемных средств на проведение мероприятий по утеплению наружных стен здания);
- дисконтирования будущих денежных поступлений, достигнутых в результате реализации рассматриваемого энергосберегающего мероприятия и уменьшения потерь тепловой энергии на отопление.

По этой причине, рассчитанное по формуле (13) значение прогнозируемого срока окупаемости инвестиций можно рассматривать только как оценочное.

Если строительная компания или физическое лицо для выполнения работ по утеплению фасадов или мансардного покрытия существующего дома, использует собственные (не заемные) средства, то капитальные затраты будут равны сметной стоимости работ (ΔK). В случае, если для выполнения работ исполнителем используются заемные средства (предоставленный банком кредит), при аннуитетных ежемесячных платежах суммарные инвестиции в энергосбережение $\Delta \tilde{K}$ следует определять по формуле:

$$\Delta \tilde{K} = m \cdot A \cdot \Delta K, \quad (15)$$

где m – число периодов погашения кредита (например, если кредит взят на 1 год: $m=12$, если на 2 года: $m=24$ и т.д.);

A – коэффициент аннуитета;

ΔK – сметная стоимость работ (инвестиции без учета платежей по кредиту).

Коэффициент аннуитета A рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{p_{\text{кр}} \cdot (1 + p_{\text{кр}})^m}{(1 + p_{\text{кр}})^m - 1}, \quad (16)$$

где $p_{\text{кр}}$ – месячная процентная ставка банка по кредиту, выраженная в сотых долях в расчете на периодичность платежей (например, для случая 12 % годовых и ежемесячных платежах: $p_{\text{кр}}=0,12/12=0,01$);

m – то же, что и в формуле (15).

Кроме того, следует учесть, что тарифы на тепловую и электрическую энергию ежегодно возрастают. Это означает, что с каждым последующим годом (отопительным периодом), годовая экономия денежных средств $\sum_{(i)} \Delta \varepsilon_i$ будет увеличиваться.

Однако, при рассмотрении данной модели следует учитывать, что сэкономленные в последующие годы денежные средства должны быть рассчитаны исходя из фактической стоимости денег через n лет, т.е. будущие денежные потоки должны быть дисконтированы.

С учетом обозначенных выше дополнительных факторов, прогнозируемый срок окупаемости инвестиций в дополнительное утепление фасадов определяется выражением [5]:

$$T = \frac{\ln \left[1 + \frac{\Delta \tilde{K}}{\Delta \varepsilon} \cdot \frac{(r - i)}{(1 + i)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + r}{1 + i} \right]}, \quad (17)$$

где $\Delta \tilde{K}$ – то же, что в формуле (15), руб/м²;

$\Delta \varepsilon$ – то же, что в формуле (14), руб/м²;

r – средний ежегодный рост стоимости тарифов на тепловую энергию;

i – процентная ставка.

Уравнение (17) позволяет вычислить период окупаемости T рассматриваемого энергосберегающего мероприятия с учетом суммарных капитальных затрат на его реализацию $\Delta \tilde{K}$, платежей по кредиту ($p_{\text{кр}}$), роста стоимости тарифов на тепловую энергию (r), дисконтирования будущих денежных потоков (i), достигаемых за счет экономии средств в результате внедрения данного энергосберегающего мероприятия.

Мерой дисконтирования будущих денежных потоков можно выбрать средний уровень инфляции за определенный промежуток времени (например, за 5 или 10 последних лет), ставку рефинансирования Центрального Банка, доходность альтернативных вложений (например, открытие вклада в банке на депозитный счет), прочие факторы, влияющие на величину будущих денежных потоков.

7. Расчет простой окупаемости

Сбор исходных данных для расчета простой окупаемости инвестиций

Рассмотрим следующую модель.

Имеем существующий индивидуальный одноквартирный двухэтажный жилой дом, построенный из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 510 мм (2 кирпича).

Дом использовался для временного проживания в теплые периоды года (с мая по сентябрь). В 2014 году планируется его заселение для постоянного круглогодичного проживания. Требуется утеплить здание до соответствия его наружных ограждающих конструкций современным требованиям по тепловой защите [2].

Количество градусо-суток отопительного периода (ГСОП) для жилых домов, расположенных на территории Ленинградской области, составляет 5221 °С·сут (см. данные табл. 1). Отопление – индивидуальное, электрическое. В соответствии с приказом Комитета по тарифам и ценовой политике Ленинградской области N 167-п от 29 ноября 2012 г. стоимость электрической энергии для городского населения составляет 3,14 руб/кВт·ч, для сельского населения – 2,20 руб/кВт·ч.

Расчет простой окупаемости для фасадов

Сопrotивление теплопередаче наружных стен существующего дома: $R_{0(ст)}^{исх} = 0,74 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, что соответствует коэффициенту теплопередачи $U_{ст}^{исх} = 1,35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$. Утепление следует произвести в 2 слоя: первый слой устанавливается между вертикальными досками деревянной обрешетки, второй – между горизонтальными деревянными досками контробрешетки. Целесообразность представленного технического решения обусловлена необходимостью устранения сквозных мостиков холода. Слои теплоизоляции устанавливаются между планками, расположенными с шагом 590 мм («в свету») и крепятся к основанию кирпичной стены дюбелями (из расчета: 2 дюбеля на плиту размером 600×1200 мм). С наружной стороны утеплителя устанавливается ветрозащитная мембрана марки **URSA SEKO A**. Поверх обрешетки с наружной стороны крепятся несущие вертикальные стойки, на которые закрепляются панели сайдинга из ПВХ. Между отделочным слоем и теплоизоляцией устраивается вентилируемый наружным воздухом зазор шириной не менее 30 мм.

Требуемое сопротивление теплопередаче $R_{0(ст)}^{тp}$ для наружных стен жилого дома, расположенного на территории Ленинградской области составляет 3,23 м²·°C/Вт, что соответствует коэффициенту теплопередачи наружной стены $U_{ст}^{тp} = 0,31 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Рассчитаем требуемую толщину утеплителя $\delta_{тp}$, м. Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$\delta_{тp} = (R_0^{тp} - R_0^{исх}) \cdot \frac{\lambda_{ут}}{r}, \quad (18)$$

где $R_0^{тp}$ – требуемое (базовое) значение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен здания, м²·°C/Вт;

$R_0^{исх}$ – исходное (фактическое) значение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен здания до проведения мероприятий по их дополнительному утеплению, м²·°C/Вт;

$\lambda_{ут}$ – теплопроводность утеплителя, Вт/ м·°C; принимается для условий эксплуатации Б (λ_B);

r – коэффициент теплотехнической однородности дополнительного слоя утеплителя.

Коэффициент теплотехнической однородности r для рассматриваемой конструкции стены с учетом влияния деревянной обрешетки (продольной и поперечной), а также дюбелей для крепления теплоизоляции к основанию наружной стены примем равным 0,75.

Рассчитаем по формуле (18) требуемую толщину теплоизоляции для дополнительного утепления наружных стен. В качестве утеплителя для наружных стен примем теплоизоляционные изделия марки «**URSA GEO**» Универсальная плита. Получим:

$$\delta_{тp} = (R_0^{тp} - R_0^{исх}) \cdot \frac{\lambda_{ут}}{r} = (3,23 - 0,74) \cdot \frac{0,044}{0,75} = 0,146 \approx 0,15 \text{ (м)}.$$

Соответственно для дальнейших экономических расчетов примем, что требуемая толщина слоя теплоизоляции для стен существующего здания составляет 150 мм из которых 100 мм (внутренний слой теплоизоляции) – устанавливаются между горизонтальными планками, 50 мм (наружный слой теплоизоляции) – между вертикальными. Схематичное изображение рассматриваемой стеновой конструкции представлено на рисунке 1.

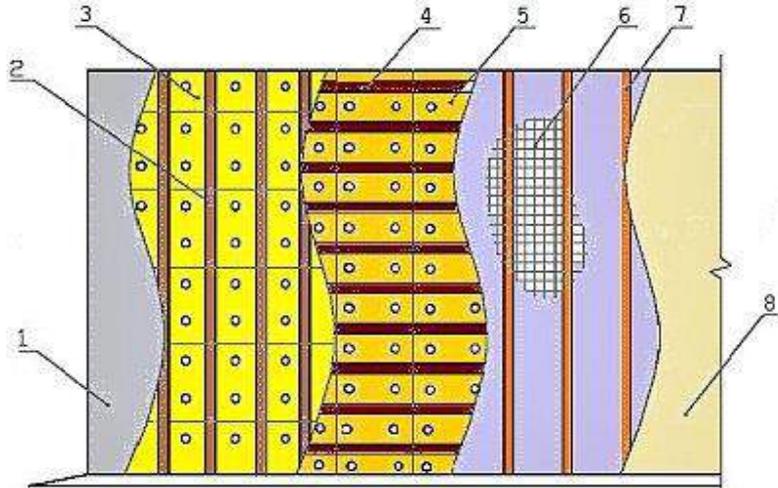


Рисунок 1 [41] – Схематичное изображение рассматриваемой конструкции наружной стены одноквартирного жилого дома:

1 – основание стены существующего здания; 2 – внутренняя вертикальная обрешетка сечением 50×100 мм (шаг - 590 мм «в свету»); 3 – изделия теплоизоляционные «URSA GEO» Универсальная плита толщиной 100 мм; 4 – горизонтальная контрообрешетка сечением 50×50 мм (шаг - 590 мм «в свету»); 5 – изделия теплоизоляционные «URSA GEO» Универсальная плита толщиной 50 мм; 6 – ветрозащитная мембрана марки «URSA SEKO A»; 7 – наружная вертикальная обрешетка сечением 50×30 мм; 8 – сайдинг.

Тогда для городского населения сокращение эксплуатационных затрат (потерь тепловой энергии через 1 м² в течение одного отопительного периода) после утепления наружных стен при отоплении зданий электричеством составит:

$$\Delta \text{Э} = (U_1 - U_2) \cdot 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot c_{\text{эл}} = (1,35 - 0,31) \cdot 0,024 \cdot 5221 \cdot 3,14 \approx 409,2 \left(\frac{\text{руб}}{\text{м}^2} \right).$$

Для населения, проживающего в сельской местности (2,20 руб/кВт·ч), уменьшение эксплуатационных затрат составит:

$$\Delta \text{Э} = (U_1 - U_2) \cdot 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot c_{\text{эл}} = (1,35 - 0,31) \cdot 0,024 \cdot 5221 \cdot 2,20 \approx 286,7 \left(\frac{\text{руб}}{\text{м}^2} \right).$$

Капитальные затраты на дополнительное утепление наружной стены существующего кирпичного дома изделиями марки «URSA GEO» Универсальная плита толщиной 120 мм с последующей отделкой наружных стен сайдингом из ПВХ ΔK составляют 1448,6 руб/м².

В этом случае срок простой окупаемости мероприятий по дополнительному утеплению наружных стен жилого одноквартирного дома, выполненных из силикатного кирпича толщиной 510 мм на цементно-песчаном растворе составит:

- для городского населения Ленинградской области:

$$T = \frac{\Delta K}{\Delta \text{Э}} = \frac{1448,6}{409,2} = 3,5 \text{ (лет)}.$$

- для сельского населения:

$$T = \frac{\Delta K}{\Delta \text{Э}} = \frac{1448,6}{286,7} = 5 \text{ (лет)}.$$

Расчет простой окупаемости для мансардного покрытия

Второй этаж – мансардный, отапливаемый. Здание со скатной крышей и стропильной системой. Шаг установки стропил – 590 мм (в свету), сечение – 50×250 мм. Между стропилами уложен минераловатный утеплитель толщиной 50 мм, с внутренней стороны чердачного покрытия установлен слой пароизоляции. Утеплитель находится в удовлетворительном состоянии, замены не требует. Внутренний отделочный слой – ГКЛ. Между контробрешеткой и утеплителем установлена антиконденсатная пленка, пространство между утеплителем и кровельным покрытием выполнено проветриваемым (вентилируемым). Кровля – металлическая, оцинкованная, требует замены в связи со значительным физическим износом (при расчете окупаемости инвестиций на дополнительное утепление мансардного покрытия затраты на демонтаж кровли и установку нового кровельного покрытия не учитываются, т.к. эти работы требуются вне зависимости от целесообразности проведения работ по дополнительному утеплению покрытия существующего дома). Сопротивление теплопередаче чердачного (мансардного) покрытия: $R_{0(\text{покр})}^{\text{исх}} = 1,16 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, что соответствует коэффициенту теплопередачи $U_{\text{покр}}^{\text{исх}} = 0,86 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Требуемое сопротивление теплопередаче $R_{0(\text{покр})}^{\text{тп}}$ для покрытия жилого дома, расположенного на территории Ленинградской области составляет $4,81 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, что соответствует коэффициенту теплопередачи наружной стены $U_{\text{покр}}^{\text{тп}} = 0,21 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Коэффициент теплотехнической однородности r для рассматриваемой конструкции покрытия с учетом влияния стропил и обрешетки примем равным 0,80.

Рассчитаем по формуле (18) требуемую толщину дополнительной теплоизоляции для мансардного покрытия. В качестве утеплителя примем теплоизоляционные изделия марки «**URSA GEO**» Скатная крыша. Получим:

$$\delta_{\text{тп}} = (R_0^{\text{тп}} - R_0^{\text{исх}}) \cdot \frac{\lambda_{\text{ут}}}{r} = (4,81 - 1,16) \cdot \frac{0,042}{0,8} = 0,192 \approx 0,2 \text{ (м)}.$$

Соответственно для дальнейших экономических расчетов примем, что требуемая толщина дополнительного утепления составляет 200 мм. Установим теплоизоляционные изделия марки «**URSA GEO**» Скатная крыша толщиной 200 мм между существующими стропилами дома. Для утепления стропил изнутри используем старый утеплитель толщиной 50 мм и разместим его между досками контробрешетки, установленными поперек стропил с шагом 590 мм (в свету). Таким образом, суммарная толщина утеплителя в составе покрытия составляет 250 мм. Старое пароизоляционное покрытие демонтируем. С внутренней стороны кровельного пирога разместим новое пароизоляционное покрытие марки **URSA SEKO В**. Схематичное изображение рассматриваемой конструкции покрытия представлено на рисунках 2 (в горизонтальной проекции), 3 (в наклонной проекции).

На рисунках 2, 3 приняты следующие обозначения:

1 – кровельное покрытие; 2 – обрешетка под покрытие; 3 – деревянная рейка; 4 – антиконденсатная пленка; 5 – вентиляционный зазор; 6 – стропильные доски сечением 50×250 мм, шаг – 590 мм («в свету»); 7 – изделия теплоизоляционные «**URSA GEO**» Скатная крыша толщиной 200 мм; 8 – изделия теплоизоляционные минераловатные толщиной 50 мм (устанавливаются между поперечными досками контробрешетки сечением 50×50 мм); 9 – пароизоляция марки «**URSA SEKO В**»; 10 – внутренняя обрешетка для крепления внутреннего отделочного слоя (листов ГКЛ)

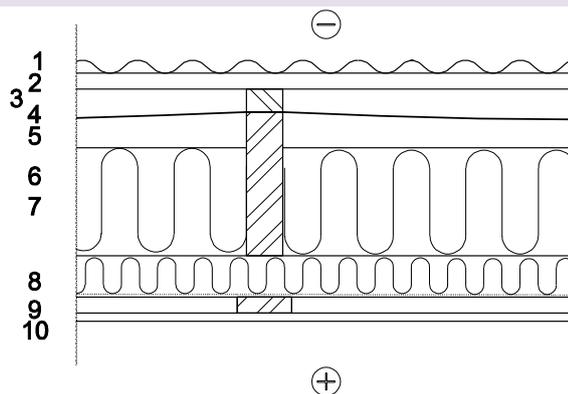


Рисунок 2. Схематичное изображение рассматриваемой конструкции мансардного покрытия индивидуального жилого дома в горизонтальной проекции

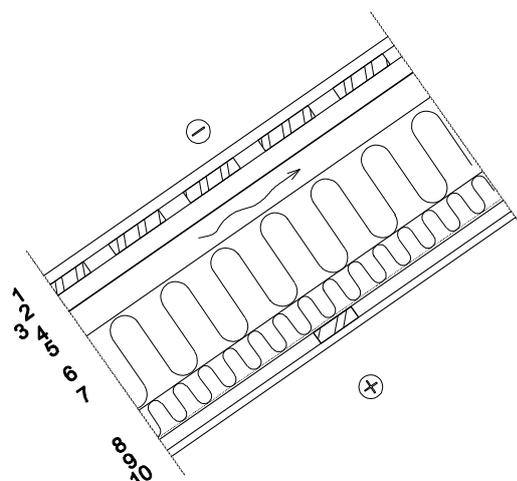


Рисунок 3. Схематичное изображение рассматриваемой конструкции мансардного покрытия индивидуального жилого дома

Сокращение эксплуатационных затрат (потерь тепловой энергии через 1 м^2 в течение одного отопительного периода) после утепления мансардного покрытия рассматриваемого объекта недвижимого имущества при отоплении здания электричеством, составит:

$$\Delta \text{Э} = (U_1 - U_2) \cdot 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot c_{\text{эл}} = (0,86 - 0,21) \cdot 0,024 \cdot 5221 \cdot 3,14 \approx 255,8 \left(\frac{\text{руб}}{\text{м}^2} \right).$$

Для населения, проживающего в сельской местности (2,20 руб/кВт·ч), уменьшение эксплуатационных затрат составит:

$$\Delta \text{Э} = (U_1 - U_2) \cdot 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot c_{\text{эл}} = (0,86 - 0,21) \cdot 0,024 \cdot 5221 \cdot 2,20 \approx 179,2 \left(\frac{\text{руб}}{\text{м}^2} \right).$$

Капитальные затраты на дополнительное утепление покрытия жилого многоквартирного дома изделиями марки «URSA GEO» Скатная крыша толщиной 150 мм ΔK составляют 1346,9 руб/м².

Тогда срок простой окупаемости мероприятий по дополнительному утеплению мансардного покрытия жилого многоквартирного дома, составит:

- для городского населения Ленинградской области:

$$T = \frac{\Delta K}{\Delta \text{Э}} = \frac{1346,9}{255,8} = 5,3 \text{ (лет)}.$$

- для сельского населения:

$$T = \frac{\Delta K}{\Delta \text{Э}} = \frac{1346,9}{179,2} = 7,5 \text{ (лет)}.$$

8. Расчет окупаемости с учетом процентов по кредиту, роста тарифов на энергоносители и дисконтирования будущих денежных потоков

(далее по тексту - сложной окупаемости)

Сбор исходные данные для расчета сложной окупаемости

Тарифы на тепловую и электрическую энергию в России возрастают с каждым годом. Это приводит к увеличению затрат на эксплуатацию зданий. В среднем величина относительного роста тарифов на тепловую и электрическую энергию в год Δc_T составляет 15 % ($r=0,15$).

Дисконтирование будущих денежных потоков произведем по ставке рефинансирования ЦБ РФ, которая составляет 8,25 %.

Примем, что для финансирования работ по утеплению существующего здания строительная компания взяла кредит под 14,5 % годовых на 3 года ($m=36$).

В этом случае коэффициент аннуитета составит:

$$A = \frac{p_{кр} \cdot (1 + p_{кр})^m}{(1 + p_{кр})^m - 1} = \frac{0,012 \cdot (1 + 0,012)^{36}}{(1 + 0,012)^{36} - 1} = 0,034.$$

Расчет сложной окупаемости инвестиций для фасадов

Суммарные инвестиции, направленных на утепление фасадов существующего жилого дома, с учетом платежей по кредиту $\Delta \tilde{K}$ составят (при аннуитетных ежемесячных платежах):

$$\Delta \tilde{K} = m \cdot A \cdot \Delta K = 36 \cdot 0,034 \cdot 1448,6 = 1773,1 \left(\frac{\text{руб}}{\text{м}^2} \right).$$

На основании полученных исходных данных произведем расчет прогнозируемого срока окупаемости инвестиций в утепление фасадов существующего жилого дома. Получим:

- для городского населения Ленинградской области:

$$T = \frac{\ln \left[1 + \frac{\Delta \tilde{K}}{\Delta \tilde{Э}} \cdot \frac{(r - i)}{(1 + i)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + r}{1 + i} \right]} = \frac{\ln \left[1 + \frac{\Delta \tilde{K}}{\Delta \tilde{Э}} \cdot \frac{(0,15 - 0,0825)}{(1 + 0,0825)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + 0,15}{1 + 0,0825} \right]} = \frac{\ln \left[1 + \frac{1773,1}{409,2} \cdot \frac{(0,15 - 0,0825)}{(1 + 0,0825)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + 0,15}{1 + 0,0825} \right]} = 4 \text{ (лет)}$$

в случае, если строительная компания будет использовать собственные средства (не заемные) на проведение работ по реновации фасадов с последующим их утеплением, срок окупаемости инвестиций составит:

$$T = \frac{\ln \left[1 + \frac{\Delta K}{\Delta \tilde{Э}} \cdot \frac{(r - i)}{(1 + i)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + r}{1 + i} \right]} = \frac{\ln \left[1 + \frac{1448,6}{409,2} \cdot \frac{(0,15 - 0,0825)}{(1 + 0,0825)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + 0,15}{1 + 0,0825} \right]} = 3,3 \text{ (лет)}.$$

- для сельского населения:

$$T = \frac{\ln \left[1 + \frac{\Delta \tilde{K}}{\Delta \tilde{Э}} \cdot \frac{(r - i)}{(1 + i)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + r}{1 + i} \right]} = \frac{\ln \left[1 + \frac{1773,1}{286,7} \cdot \frac{(0,15 - 0,0825)}{(1 + 0,0825)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + 0,15}{1 + 0,0825} \right]} = 5,4 \text{ (лет)}.$$

в случае использования собственных (не заемных) средств:

$$T = \frac{\ln \left[1 + \frac{\Delta K}{\Delta \tilde{Э}} \cdot \frac{(r - i)}{(1 + i)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + r}{1 + i} \right]} = \frac{\ln \left[1 + \frac{1448,6}{286,7} \cdot \frac{(0,15 - 0,0825)}{(1 + 0,0825)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + 0,15}{1 + 0,0825} \right]} = 4,5 \text{ (лет)}.$$

Расчет сложной окупаемости инвестиций для мансардного покрытия

Суммарные инвестиции, направленных на утепление фасадов существующего жилого дома, с учетом платежей по кредиту $\Delta\tilde{K}$ составят (при аннуитетных ежемесячных платежах):

$$\Delta\tilde{K} = m \cdot A \cdot \Delta K = 36 \cdot 0,034 \cdot 1346,9 = 1648,6 \left(\frac{\text{руб}}{\text{м}^2} \right).$$

С учетом известного значения инвестиций, затраченных на дополнительное утепление мансардного покрытия дома, произведем расчет прогнозируемого срока окупаемости инвестиций. Получим:

- для городского населения Ленинградской области:

$$T = \frac{\ln \left[1 + \frac{\Delta\tilde{K}}{\Delta\tilde{Э}} \cdot \frac{(r-i)}{(1+i)} \right]}{\ln \left[\frac{1+r}{1+i} \right]} = \frac{\ln \left[1 + \frac{1648,6}{255,8} \cdot \frac{(0,15 - 0,0825)}{(1 + 0,0825)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + 0,15}{1 + 0,0825} \right]} = 5,6 \text{ (лет)}.$$

в случае использования собственных (не заемных) средств:

$$T = \frac{\ln \left[1 + \frac{\Delta K}{\Delta\tilde{Э}} \cdot \frac{(r-i)}{(1+i)} \right]}{\ln \left[\frac{1+r}{1+i} \right]} = \frac{\ln \left[1 + \frac{1346,9}{255,8} \cdot \frac{(0,15 - 0,0825)}{(1 + 0,0825)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + 0,15}{1 + 0,0825} \right]} = 4,7 \text{ (лет)}.$$

- для сельского населения:

$$T = \frac{\ln \left[1 + \frac{\Delta\tilde{K}}{\Delta\tilde{Э}} \cdot \frac{(r-i)}{(1+i)} \right]}{\ln \left[\frac{1+r}{1+i} \right]} = \frac{\ln \left[1 + \frac{1648,6}{179,2} \cdot \frac{(0,15 - 0,0825)}{(1 + 0,0825)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + 0,15}{1 + 0,0825} \right]} = 7,5 \text{ (лет)}.$$

в случае использования собственных (не заемных) средств:

$$T = \frac{\ln \left[1 + \frac{\Delta K}{\Delta\tilde{Э}} \cdot \frac{(r-i)}{(1+i)} \right]}{\ln \left[\frac{1+r}{1+i} \right]} = \frac{\ln \left[1 + \frac{1346,9}{179,2} \cdot \frac{(0,15 - 0,0825)}{(1 + 0,0825)} \right]}{\ln \left[\frac{1 + 0,15}{1 + 0,0825} \right]} = 6,4 \text{ (лет)}.$$

Примечания:

Представленные выше расчеты и выводы справедливы при проведении работ по реновации (утеплению) фасадов и мансардного покрытия дома, оборудованного системой авторегулирования температуры внутреннего воздуха. В противном случае дополнительное утепление может привести лишь к повышению температуры внутреннего воздуха и не обеспечит заявленный (рассчитанный) энергосберегающий эффект (т.е. фактическое снижение эксплуатационных расходов $\Delta\tilde{Э}$ может оказаться меньше расчетных значений).

Следует отметить, что уменьшение эксплуатационных расходов в здании приводит к уменьшению стоимости его владения, а, следовательно, к повышению его капитализации и рыночной стоимости жилья. В рамках представленного расчета оценка влияния капитализации утепленного и реконструированного дома на срок окупаемости вложенных инвестиций не произведена.

9. Заключение

В работе представлена методика расчета сроков простой окупаемости и сложной окупаемости энергосберегающих мероприятий, направленных на дополнительное утепление фасадов и мансардного покрытия существующего многоквартирного жилого дома с индивидуальным электрическим отоплением, расположенного на территории Ленинградской области и реконструированного с целью круглогодичного проживания в нем.

В качестве материала для утепления фасадов приняты теплоизоляционные изделия марки «**URSA GEO**» **Универсальная плита** с расчетной теплопроводностью $\lambda_B = 0,044$ Вт/(м·°С). Конструктивное решение – дополнительное утепление снаружи существующих каменных стен теплоизоляцией в 2 слоя суммарной толщиной 150 мм с последующей установкой ветрозащитного покрытия «**URSA SEKO A**» и наружной отделкой стен сайдингом из ПВХ.

В качестве материала для утепления мансардного покрытия дома приняты теплоизоляционные изделия марки «**URSA GEO**» **Скатная крыша** с расчетной теплопроводностью $\lambda_B = 0,042$ Вт/(м·°С). Конструктивное решение – установка между стропилами утеплителя толщиной 200 мм, плюс утепление стропил изнутри дома с использованием старой минераловатной теплоизоляции толщиной 50 мм, находящейся в удовлетворительном состоянии, установка изнутри пароизоляции марки «**URSA SEKO A**» и внутреннего отделочного слоя из ГКЛ.

Толщина теплоизоляции выбрана исходя из условия обеспечения требуемого уровня тепловой защиты наружных стен и покрытия здания (согласно нормативных требований свода правил СП 50.13330 [40]) применительно для климатических условий населенных пунктов, расположенных на территории Ленинградской области:

- 3,23 м²·°С/Вт – для наружных стен;
- 4,81 м²·°С/Вт – для мансардного покрытия.

Все расчеты выполнены применительно для двух групп населения, проживающих в населенных пунктах, расположенных на территории Ленинградской области:

- городского;
- сельского.

Получены следующие результаты.

Простая окупаемость.

Срок простой окупаемости инвестиций, направленных на дополнительное утепление фасадов существующего индивидуального многоквартирного жилого дома, составил:

- для дома, расположенного в городской местности на территории Ленинградской области – не более 3,5 лет;
- для дома, расположенного в сельской местности на территории Ленинградской области – не более 5 лет.

Срок простой окупаемости инвестиций, направленных на дополнительное утепление мансардного покрытия рассматриваемого индивидуального жилого дома, составил:

- для дома, расположенного в городской местности на территории Ленинградской области – не более 5,3 лет;
- для дома, расположенного в сельской местности на территории Ленинградской области – не более 7,5 лет.

Окупаемость с учетом роста тарифов на энергоносители, выплаты процентов по кредиту и дисконтирования будущих денежных потоков (сложная окупаемость инвестиций)

Срок сложной окупаемости инвестиций, направленных на дополнительное утепление фасадов существующего многоквартирного жилого дома, составил:

- для дома, расположенного в городской местности на территории Ленинградской области – не более 4 лет при использовании строительной компанией заемных средств на реализацию энергосберегающих мероприятий и не более 3,3 лет при использовании собственных (не земных) средств;
- для дома, расположенного в сельской местности на территории Ленинградской области – не более 5,4 лет при использовании строительной компанией заемных средств и не более 4,5 лет при использовании собственных (не земных) средств.

Срок сложной окупаемости инвестиций, направленных на дополнительное утепление мансардного покрытия рассматриваемого жилого дома, составил:

- для дома, расположенного в городской местности на территории Ленинградской области – не более 5,6 лет при использовании строительной компанией заемных средств на реализацию энергосберегающих мероприятий и не более 4,7 лет при использовании собственных (не земных) средств;
- для дома, расположенного в сельской местности на территории Ленинградской области – не более 7,5 лет при использовании строительной компанией заемных средств и не более 6,4 лет при использовании собственных (не земных) средств.

Таким образом, окупаемость инвестиций, направленных на утепление фасадов и мансардного покрытия рассматриваемого индивидуального жилого дома, не превышает 7,5 лет.

Литература

1. Сокольский В. А. Принципы Экономичности и их выражение в современном строительстве. С.-Петербург. 1910. 538 С.
2. Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные...»
3. Богуславский Л. Д. Снижение расхода энергии при работе систем отопления и вентиляции. Москва, Стройиздат. 1985. 336 С.
4. Савин В.К. Упрощенная модель минимизации расхода суммарной энергии, идущей на строительство и эксплуатацию зданий. // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 1. С. 80-84.
5. Езерский В.А., Монастырев П.В., Клычников Р.Ю. Методика определения предельного срока службы здания, обеспечивающего безубыточность его термомодернизации. // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 357-362.
6. Самарин О.Д. О влиянии изменения климата на окупаемость дополнительного утепления нецветопрзрачных ограждений // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 561-563.
7. Гагарин В.Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций здания // Труды 1 Всероссийской научно-технической конференции 26-27 июня 2008 года. Строительная теплотехника: актуальные вопросы нормирования
8. Гагарин В. Г., Козлов В. В., Крышов С. И., Пономарев О. И. Теплозащита наружных стен зданий с облицовкой из кирпичной кладки // АВОК, 2009. – №5.
9. Гагарин В.Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий. // Сборник «Труды I Всероссийской научно-технической конференции». 2008. С. 24-62.
10. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. // Строительные материалы. 2010. № 12. С. 4-12.
11. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий. // Строительные материалы. 2010. № 3. С. 8-16.
12. Гагарин В.Г., Козлов В.В. О комплексном показателе тепловой защиты оболочки здания. АВОК: вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2010. № 4. С. 52-61.
13. Гагарин В.Г., Козлов В.В. О нормировании теплопотерь через оболочку здания. // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 279-286.
14. Гагарин В.Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий. // АВОК: вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2009. № 1-3.
15. Гагарин В.Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий - Ч. 2. // АВОК: вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2009. № 2. С. 14.
16. Гагарин В.Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий. // Строительные материалы. 2008. № 8. С. 41-47.
17. Гагарин В.Г. Об окупаемости затрат на повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий. // Новости теплоснабжения. 2002. № 1. С. 3.
18. Гагарин В.Г. Экономические аспекты повышения теплозащиты ограждающих конструкций зданий в условиях рыночной экономики. // Светопрозрачные конструкции. 2002. № 3. С. 2.
19. Горшков А.С., Рымкевич П.П., Немова Д.В., Ватин Н.И. Методика расчета окупаемости инвестиций по реновации фасадов существующих зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 2 (17). С. 82-106.
20. Горшков А.С., Рымкевич П.П. Окупаемость инвестиций в реновацию фасадов зданий с учетом технологических и экономических факторов // Энергонадзор-информ. 2013. №4. С. 32-35
21. Passive House model for quantitative and qualitative analyses and its intelligent system / Kaklauskas, A.a , Rute, J.a , Zavadskas, E.K.a , Daniunas, A.a , Pruskus, V.a , Bivainis, J.a , Gudauskas, R.b , Plakys, V.a. (2012) Energy and Buildings. Vol. 50. Pp. 7-18.

22. Reconstruction of administrative buildings of the 70's: The possibility of energy modernization / Nemova D., Murgul V., Pukhkal V., Golik A., Chizhov E., Vatin N. (2014) Journal of applied engineering science. Vol. 12. Issue 1. Pp. 37-44
23. The energy-efficient heat insulation thickness for systems of hinged ventilated facades / Vatin N.I., Gorshkov A.S., Nemova D.V., Staritsyna A.A., Tarasova D.S. (2014) Advanced Materials Research. 2014. Vol. 941-944. Pp. 905-920.
24. Increase of energy efficiency for educational institution building / Vatin N.I., Nemova D.V., Staritsyna A.A., Tarasova D.S. (2014) Advanced Materials Research. 2014. Vol. 953-954. Pp 854-870
25. Increase of energy efficiency of the building of kindergarten / Vatin N.I., Nemova D.V., Kazimirova A.S., Gureev K.N. (2014) Advanced Materials Research. Vols. 953-954. Pp. 1537-1544.
26. Ehringer H., Hoyaux G., Zegers P. (1983) Energy Conservation in Buildings Heating, Ventilation and Insulation. Springer. 512 p.
27. Govan F.A. (1983) Thermal Insulation, Materials, and Systems for Energy Conservation in the '80s. Astm Intl. 890 p.
28. Eastop D.R. (1990) Croft. Longman. Energy Efficiency. D. 1990. 400 p.
29. Bryant R. C. (1983) Managing Energy for Buildings. Government Inst. 1983. 807 p.
30. Richard R. (2007) Simple Solutions to Energy Calculations, Fourth Edition. Vaillencourt. Fairmont Press. 2007. 225 p.
31. Study on energy saving effect of heat-reflective insulation coating on envelopes in the hot summer and cold winter zone / Guoa W., Qiaoa X., Huang Y., Fanga M., Hanb X. (2012) Energy and Buildings, Volume In Press, Corrected Proof. 2012
32. Borodinecs A., Gaujena B. (2012) The implementation of building envelopes with controlled thermal resistance 10th International Conference on Healthy Buildings. Pp. 1715-1722
33. Na Na Kanga, Sung Heui Choa, Jeong Tai Kimb (2012) The energy-saving effects of apartment residents' awareness and behavior. Energy and Buildings. Vol. 46. 2012. Pp. 112–122.
34. Xinhong Zhaoa, Congyu Mab, Pingdao Gub. (2012) Energy Saving Methods and Results Analysis in the Hotel. Energy Procedia. Vol. 14. Pp. 1523–1527.
35. Tayfun Uygunođlua, Ali Keçebaşb. (2011) LCC analysis for energy-saving in residential buildings with different types of construction masonry blocks. Energy and Buildings. Vol. 43. Issue 9. Pp. 2077–2085.
36. Reichla J., Kollmann A. (2011) The baseline in bottom-up energy efficiency and saving calculations – A concept for its formalisation and a discussion of relevant options. Applied Energy. Vol. 88. Issue 2. Pp. 422–431.
37. Entropa A.G., Brouwersb H.J.H., Reindersc A.H.M.E. (2010) Evaluation of energy performance indicators and financial aspects of energy saving techniques in residential real estate. Energy and Buildings. Vol. 42. Issue 5. Pp. 618–629.
38. ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
39. СП 131.13330.2012 Строительная климатология (Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*).
40. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий (Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003).
41. <http://domekonom.su/2012/09/stena-uteplennaja-ventfasad.html> [Электронный ресурс]. Дата обращения: 08.07.14

Technical and economic assessment on actions for heat insulation of external envelopes of an individual house

Nemova D.V.¹, Vatin N.I.², Gorshkov A.S.³, Kashabin A.V.⁴, Rymkevich P.P.⁵, Tseitin D.N.⁶

^{1-3,6} Saint-Petersburg Polytechnical University, 29 Polytechnicheskaya st., St. Petersburg, 195251, Russia.

⁴URSA, 168 Leninsky Ave., St. Petersburg, 196191, Russia

⁵Military Space Academy named after A.F. Mozhaysky, Professor, 13 Zhdanovskaya st., St. Petersburg, 197082, Russia.

ARTICLE INFO

Original research article

Efficient Energy Management SE 693

Article history

Received 17 June 2014

Accepted 12 August 2014

Keywords

external envelopes;
facades;
mansard covering;
products heat-insulating from glass
staple fiber on synthetic binding;
losses of thermal energy;
reconstruction of buildings;
heat insulation;
a payback period;
energy saving;
energy efficiency

ABSTRACT

The considerable share of power expenses in the Russian Federation is spent for heating of apartment buildings. The actions directed on reduction of losses of heat and increase of level of thermal protection of external protecting designs for increase of energy efficiency of buildings of everything demanded special attention. Until the end of the 80th years in the USSR the main attention was paid to minimization of capital expenditure and operational expenses in view of the low cost of fuel were insufficiently considered. Situation sharply changed as a result of country transition to market economy in the early nineties and significant increase in fuel prices within the country. Having realized that the share of operational costs on heating of buildings concerning a bike and the country prodigally spends the energy resources for maintenance of a demanded microclimate in buildings, acts, including the law "About Energy Saving" (1996), the law "About Protection of the Rights of the Consumer" (1996) were adopted directed on energy saving and effective use of energy, the Federal law No. 261 of Federal Law "About energy saving...". Implementation of new requirements demanded revision of existing approach to design. In development of construction production, in increase of its efficiency the special role belongs to designers. The technical and economic level of production and increase of efficiency of capital investments considerably depend on them. It causes need to improve design and budget business, to carry out construction according to the most progressive and economic projects; to provide in them advanced technologies, progressive constructive decisions, modern construction materials. One of the main objectives of designers consists in improvement of quality of planning, architectural and construction concepts, depreciation of construction of buildings and constructions, reduction of specific capital investments on unit of the put into operation power. In work the method of calculation of payback periods of the energy saving actions directed on increase of level of thermal protection of external protecting designs of an one-apartment house, located in the territory of the Leningrad region, with use of products heat-insulating the URSA GEO brands from glass shtapelny fiber on synthetic JSC URSA Evraziya binding production is presented. Examples of calculation of simple payback of additional warming of external walls and mansard covering of the house and the payback calculated taking into account payment of percent on a loan, growth of tariffs for energy carriers and discounting of future cash flows are given.

¹ Corresponding author:

+ 7 (921) 890 0267, darya.nemova@gmail.com (Darya Victorovna Nemova, Engineer, Assistant)

² + 7 (921) 964 3762, vatin@mail.ru (Nikolay Ivanovich Vatin, D.Sc., Professor, Director of Civil Engineering Institute)

³ + 7 (921) 388 4315, alsgor@yandex.ru (Alexander Sergeevich Gorshkov, Ph. D., Associate Professor)

⁴ + 7 (812) 313 7273, kashabin@uralita.com (Andrey Victorovich Kashabin, Leader of technical support group)

⁵ + 7 (911) 224 5913, rymkewitch@yandex.ru (Pavel Pavlovich Rymkevich, D.Sc, Professor)

⁶ + 7 (921) 909 5171, dm.inco@gmail.com (Dmitriy Nikolaevich Tseitin, Leading Engineer)

References

1. Sokolskiy V. A. (1910) *Printsipy Ekonomichnosti i ikh vyrazheniye v sovremennom stroitelstve* [The principles of Profitability and their expression in modern construction]. S.-Peterburg. 1910. 538 p. (rus)
2. *Federalnyy zakon № 261-FZ «Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti i o vnesenii izmeneniy v otdelnyye...»* [The federal law No. 261-FZ "About energy saving and about increase of power efficiency and about modification of the separate..."] (rus)
3. Boguslavskiy L. D. (1985) *Snizheniye raskhoda energii pri rabote sistem otopleniya i ventilyatsii* [Decrease in power consumption during the work of systems of heating and ventilation]. Moskva, Stroyizdat. 1985. 336 p. (rus)
4. Savin V.K. (2010) *Uproshchennaya model minimizatsii raskhoda summarnoy energii, idushchey na stroitelstvo i ekspluatatsiyu zdaniy* [The simplified model of minimization of an expense of the total energy going for construction and operation of buildings]. *Academia. Arkhitektura i stroitelstvo*. 2010. Vol. 1. Pp. 80-84. (rus)
5. Yezerskiy V.A., Monastirev P.V., Klychnikov R.Yu. (2010) *Metodika opredeleniya predelnogo sroka sluzhby zdaniya, obespechivayushchego bezubytchnost yego termomodernizatsii* [Technique of definition of a deadline of service of the building providing profitability of its thermomodernization]. *Academia. Arkhitektura i stroitelstvo*. 2010. Vol. 3. Pp. 357-362. (rus)
6. Samarin O.D. (2009) *O vliyaniy izmeneniya klimata na okupayemost dopolnitelnogo utepleniya nesvetoprozrachnykh ograzhdeniy* [About influence of climate change on payback of additional warming of not translucent envelopes]. *Academia. Arkhitektura i stroitelstvo*. 2009. Vol. 5. Pp. 561-563. (rus)
7. Gagarin V.G. *Ekonomicheskyy analiz povysheniya urovnya teplozashchity ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniya* [The economic analysis of increase of level of a heat-shielding of protecting designs of the building]. *Trudy 1 Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii 26-27 iyunya 2008 goda. Stroitel'naya teplotekhnika: aktualnyye voprosy normirovaniya*. Pp. 12-43 (rus)
8. *Teplozashchita naruzhnykh sten zdaniy s oblitovkoy iz kirpichnoy kladki* [Heat-shielding of external walls of buildings with facing from a bricklaying] / Gagarin V. G., Kozlov V. V., Kryshov S. I., Ponomarev O. I. AVOK, (2009). Vol. 5. Pp. 3-14. (rus)
9. Gagarin V.G. (2008) *Ekonomicheskyy analiz povysheniya urovnya teplozashchity ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniy* [The economic analysis of increase of level of a heat-shielding of protecting designs of buildings]. *Sbornik «Trudy I Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii»*. Pp. 24-62. (rus)
10. Gagarin V.G., Kozlov V.V. (2010) *Teoreticheskiye predposylki rascheta privedennogo soprotivleniya teploperedache ograzhdayushchikh konstruksiy* [Theoretical prerequisites of calculation of the specified resistance to a heat transfer of envelopes]. *Stroitelnyye materialy*. 2010. Vol. 12. Pp. 4-12. (rus)
11. Gagarin V.G. (2010) *Makroekonomicheskkiye aspekty obosnovaniya energosberegayushchikh meropriyatiy pri povyshenii teplozashchity ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniy* [Macroeconomic aspects of justification of energy saving actions at increase of a heat-shielding of protecting designs of buildings]. *Stroitelnyye materialy*. 2010. Vol. 3. Pp. 8-16. (rus)
12. Gagarin V.G., Kozlov V.V. (2010) *O kompleksnom pokazatele teplovoy zashchity obolochki zdaniya* [About a complex indicator of thermal protection of a cover of the building]. *AVOK: ventilyatsiya, otopleniye, konditsionirovaniye vozdukh, teplosnabzheniye i stroitel'naya teplofizika*. Vol. 4. Pp. 52-61. (rus)
13. Gagarin V.G., Kozlov V.V. (2010) *O normirovanii teplopoter cherez obolochku zdaniya* [About rationing of heatlosses through a building cover]. *Academia. Arkhitektura i stroitelstvo*. 2010. Vol. 3. Pp. 279-286. (rus)
14. Gagarin V.G. (2009) *Metody ekonomicheskogo analiza povysheniya urovnya teplozashchity ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniy* [Methods of the economic analysis of increase of level of a heat-shielding of envelopes of buildings]. *AVOK: ventilyatsiya, otopleniye, konditsionirovaniye vozdukh, teplosnabzheniye i stroitel'naya teplofizika*. Vols. 1-3. (rus)
15. Gagarin V.G. (2009) *Metody ekonomicheskogo analiza povysheniya urovnya teplozashchity ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniy - Ch. 2* [Methods of the economic analysis of increase of level of a heat-shielding of envelopes of buildings - Part. 2] *AVOK: ventilyatsiya, otopleniye, konditsionirovaniye vozdukh, teplosnabzheniye i stroitel'naya teplofizika*. Vol. 2. Pp. 14. (rus)
16. Gagarin V.G. (2008) *Ekonomicheskyy analiz povysheniya urovnya teplozashchity ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniy* [The economic analysis of increase of level of a heat-shielding of envelopes of buildings]. *Stroitelnyye materialy*. 2008. Vol. 8. Pp. 41-47. (rus)
17. Gagarin V.G. (2002) *Ob okupayemosti zatrat na povysheniye teplozashchity ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniy* [About an economic return on increase of a heat-shielding of envelopes of buildings]. *Novosti teplosnabzheniya*. 2002. Vol. 1. Pp. 3. (rus)

18. Gagarin V.G. (2002) *Ekonomicheskiye aspekty povysheniya teplozashchity ogradhayushchikh konstruksiy zdaniy v usloviyakh rynochnoy ekonomiki* [Economic aspects of increase of a heat-shielding of protecting designs of buildings in the conditions of market economy]. *Svetoprozrachnyye konstruksii*. 2002. Vol. 3. Pp. 2. (rus)
19. *Metodika rascheta okupayemosti investitsiy po renovatsii fasadov sushchestvuyushchikh zdaniy* [Method of calculating the payback period of investment for renovation of building facades] / Gorshkov A.S., Rymkevich P.P., Nemova D.V., Vatin N.I. (2014) *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2014. Vol. 17. Issue 2. (17). Pp. 82-106. (rus)
20. Gorshkov A.S., Rymkevich P.P. (2013) *Okupayemost investitsiy v renovatsiyu fasadov zdaniy s uchetom tekhnologicheskikh i ekonomicheskikh faktorov* [Return on investment in renovation of facades of buildings taking into account technology and economic factors] *Energonadzor-inform*. Vol. 4. Pp. 32-35 (rus)
21. Passive House model for quantitative and qualitative analyses and its intelligent system / Kaklauskas, A.a , Rute, J.a , Zavadskas, E.K.a , Daniunas, A.a , Pruskus, V.a , Bivainis, J.a , Gudauskas, R.b , Plakys, V.a. (2012) *Energy and Buildings*. Vol. 50. Pp. 7-18.
22. Reconstruction of administrative buildings of the 70's: The possibility of energy modernization / Nemova D., Murgul V., Pukhkal V., Golik A., Chizhov E., Vatin N. (2014) *Journal of applied engineering science*. Vol. 12. Issue 1. Pp. 37-44
23. The energy-efficient heat insulation thickness for systems of hinged ventilated facades / Vatin N.I., Gorshkov A.S., Nemova D.V., Staritsyna A.A., Tarasova D.S. (2014) *Advanced Materials Research*. 2014. Vol. 941-944. Pp. 905-920.
24. Increase of energy efficiency for educational institution building / Vatin N.I., Nemova D.V., Staritsyna A.A., Tarasova D.S. (2014) *Advanced Materials Research*. 2014. Vol. 953-954. Pp 854-870
25. Increase of energy efficiency of the building of kindergarten / Vatin N.I., Nemova D.V., Kazimirova A.S., Gureev K.N. (2014) *Advanced Materials Research*. Vols. 953-954. Pp. 1537-1544.
26. Ehringer H., Hoyaux G., Zegers P. (1983) *Energy Conservation in Buildings Heating, Ventilation and Insulation*. Springer. 512 p.
27. Govan F.A. (1983) *Thermal Insulation, Materials, and Systems for Energy Conservation in the '80s*. Astm Intl. 890 p.
28. Eastop D.R. (1990) *Croft. Longman. Energy Efficiency*. D. 1990. 400 p.
29. Bryant R. C. (1983) *Managing Energy for Buildings*. Government Inst. 1983. 807 p.
30. Richard R. (2007) *Simple Solutions to Energy Calculations, Fourth Edition*. Vaillencourt. Fairmont Press. 2007. 225 p.
31. Study on energy saving effect of heat-reflective insulation coating on envelopes in the hot summer and cold winter zone / Guoa W., Qiaoa X., Huanga Y., Fanga M., Hanb X. (2012) *Energy and Buildings*, Volume In Press, Corrected Proof. 2012
32. Borodinecs A., Gaujena B. (2012) The implementation of building envelopes with controlled thermal resistance 10th International Conference on Healthy Buildings. Pp. 1715-1722
33. Na Na Kanga, Sung Heui Choa, Jeong Tai Kimb (2012) The energy-saving effects of apartment residents' awareness and behavior. *Energy and Buildings*. Vol. 46. 2012. Pp. 112–122.
34. Xinhong Zhaoa, Congyu Mab, Pingdao Gub. (2012) Energy Saving Methods and Results Analysis in the Hotel. *Energy Procedia*. Vol. 14. Pp. 1523–1527.
35. Tayfun Uygunođlua, Ali Keçebaşb. (2011) LCC analysis for energy-saving in residential buildings with different types of construction masonry blocks. *Energy and Buildings*. Vol. 43. Issue 9. Pp. 2077–2085.
36. Reichla J., Kollmann A. (2011) The baseline in bottom-up energy efficiency and saving calculations – A concept for its formalisation and a discussion of relevant options. *Applied Energy*. Vol. 88. Issue 2. Pp. 422–431.
37. Entropa A.G., Brouwersb H.J.H., Reindersc A.H.M.E. (2010) Evaluation of energy performance indicators and financial aspects of energy saving techniques in residential real estate. *Energy and Buildings*. Vol. 42. Issue 5. Pp. 618–629.
38. GOST 30494-96 *Zdaniya zhilyye i obshchestvennyye. Parametry mikroklimata v pomeshcheniyakh* [State Standard Specification 30494-96. Buildings inhabited and public. Microclimate parameters in rooms]. (rus)
39. SP 131.13330.2012 *Stroitel'naya klimatologiya* [Set of rules 131.13330.2012 Construction climatology] (Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-01-99*). (rus)

40. SP 50.13330.2012 *Тепловая защита зданий* [Set of rules 50.13330.2012 Thermal protection of buildings] (*Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-02-2003*). (rus)
41. <http://domekonom.su/2012/09/stena-uteplennaja-ventfasad.html> [web source]. Date of reference: 08.07.14