

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ФАСАДОВ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ МИНЕРАЛОВАТНЫМИ ПЛИТАМИ

ГРИГОРЬЕВА НАТАЛИЯ АЛЕКСАНДРОВНА,

магистр экономических наук, ассистент кафедры «экономика, организация строительства и управление недвижимостью»,
Белорусский национальный технический университет (г. Минск, Беларусь)

Тепловая модернизация фасадов жилых зданий является современным подходом к повышению энергоэффективности существующего жилья, обеспечивающим комфортность и, соответственно, качество жизни населения. При выборе поставщика теплоизоляционного материала и толщины слоя утепления фасадов минераловатными плитами необходимо оценивать как технические характеристики снижения теплопроводности ограждающих конструкций, так и экономическую целесообразность сокращения затрат на отопление. Раскрываются результаты расчета срока окупаемости утеплителя для стен жилого здания (75 вариантов различных производителей) и толщины теплоизоляционного слоя.

Thermal modernization of the facades of residential buildings is a modern approach to improving the energy efficiency of existing housing, providing comfort and, accordingly, the quality of life of the population. When choosing a supplier of thermal insulation material and layer thickness, wall insulation with mineral-wool boards should be evaluated both from the point of view of technical characteristics of reducing the thermal conductivity of building envelopes, and from the point of view of economic feasibility of reducing heating costs. The article reveals the results of calculating the payback period using 75 insulation options for the walls of a residential building of various manufacturers and the thickness of the insulation layer.

В Директиве Президента Республики Беларусь от 14.06.2007 № 3 «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства» говорится, что «экономное расходование тепла, электроэнергии, природного газа, воды и других ресурсов не стало нормой жизни для каждой белорусской семьи, каждого человека» [1]. Жилой фонд Республики Беларусь составляет свыше 200 млн м² жилья и является одним из основных потребителей тепловой энергии [2]. Показатели его энергоэффективности достаточно низкие [3]. Таким образом, следует больше внимания уделить проектным решениям повышения энергоэффективности существующего жилого фонда, оценке их окупаемости.

Жилое здание теряет тепло через наружные стены – порядка 51 %, через оконные проемы – 32 %, через кровлю – 12,5 % и через полы – 4,5 % [4]. Для решения данной проблемы на общественное обсуждение вынесен проект Указа Президента Республики Беларусь «О повышении энергоэффективности многоквартирного жилищного фонда» [5]. Цель указа – создать предпосылки и условия для организации тепловой модернизации жилищно-

го фонда республики с привлечением широкого круга источников финансирования, снизив тем самым удельное теплотребление жилых зданий. Исходя из сказанного важной задачей является обоснование экономической эффективности тепловой модернизации фасадов жилых зданий. В данной статье рассматриваются результаты исследования вопросов экономической обоснованности применения минераловатных плит для утепления фасадов жилых зданий.

Проблемы и пути их решения

Утепление фасадов минераловатными плитами выполняется преимущественно по технологии «мокрый фасад». Такое утепление имеет ряд выгодных практических характеристик: низкую теплопроводность в комплексе с высокой пожаробезопасностью; высокую паропроницаемость наряду с механической прочностью; хорошие звукоизоляционные качества и высокую плотность; экологическую безопасность для населения [6–8].

Многие зарубежные и отечественные производители выпускают на рынок утеплители, отличающиеся по технологии производства, плотности, размерам, теплоизоляционным, паронепроницаемым и прочим свойствам. Так, производители оперируют несколькими коэффициентами теплопроводности. Они обозначаются как h_{10} , h_{25} , h_A и h_B . Первые два определяют теплопроводность сухого материала при температурах 10 и 25 °С соответственно. Но в реальности такие условия эксплуатации практически недостижимы, поэтому инженеры в расчетах используют h_A и h_B , которые соответствуют теплопроводности при 25 °С и влажности материала 2 % и 5 % [9]. В рамках данного исследования автором принимается сравнение по значению теплопроводности h_A как наиболее распространенное и общепринятое.

По данным поставщиков [10; 11], на сентябрь 2019 г. было выбрано 15 видов минераловатного утеплителя, применяемых для теплоизоляции фасадов под легкую штукатурку (табл.). Цены с НДС для дальнейшего расчета применительно к жилым зданиям. Для анализа окупаемости затрат исследовано утепление минераловатными плитами толщиной от 50 до 250 мм.

Необходимо отметить повсеместное присутствие на рынке продукции отечественных производителей, таких как ОАО «Стеклозавод “Неман”» и торговая марка «Белтеп». Цены приняты в расчете на 1 м³ минераловатного утеплителя в виде плит либо рулонов. Теплопроводность каждого продукта подтверждается сертификатами качества и соответствия ГОСТ 4640-2011 «Вата минеральная. Технические условия».

В качестве объекта было принято утепление наружных стен жилого здания площадью 100 м². Сметный расчет стоимости работ тепловой модернизации выполнен на 1 сентября 2019 г. и учитывает стандартный набор работ утепления и последующей отделки стен:

- E26-112-1 Подготовка поверхности стен и откосов с лесов;
- E26-113-1 Огрунтовка поверхности стен с лесов;
- E26-116-1 Теплоизоляция наружных стен плитами минераловатными на клею на прямолинейных поверхностях с лесов;
- E26-117-1 Механическое крепление теплоизоляционных плит дюбелями при утеплении стен кирпичных, ячеистобетонных с лесов;

Таблица

Цены производителей минеральной ваты по состоянию на 01.09.2019, руб.

№ п/п	Вид утеплителя	Теплопроводность, h_A , Вт/(м · К)	Цена за 1 м ³ с НДС	Цена за 1 м ² с НДС для толщины:				
				50 мм	100 мм	150 мм	200 мм	250 мм
1	Технофас Эффект, 150 кг/м ³	0,040	166,81	8,34	16,68	25,02	33,36	41,70
2	Технофас Оптима, 135 кг/м ³	0,039	191,32	9,57	19,13	28,70	38,26	47,83
3	Технофас Коттедж, 105 кг/м ³	0,040	173,34	8,67	17,33	26,00	34,67	43,34
4	ИЗОМИН ФАСАД, 135-150 кг/м ³	0,039	160,31	8,02	16,03	24,05	32,06	40,08
5	ИЗОМИН ФАСАД 15, 110–120 кг/м ³	0,039	142,80	7,14	14,28	21,42	28,56	35,70
6	Белтеп Фасад, 110 кг/м ³	0,041	120,00	6,00	12,00	18,00	24,00	30,00
7	Белтеп Фасад Т, 85 кг/м ³	0,040	117,40	5,87	11,74	17,61	23,48	29,35
8	Белтеп Фасад 15, 150 кг/м ³	0,042	196,95	9,85	19,70	29,54	39,39	49,24
9	Белтеп Фасад 12, 135 кг/м ³	0,042	188,70	9,44	18,87	28,31	37,74	47,18
10	URSA TERRA 34 PN PRO, 20 кг/м ³	0,037	157,38	7,87	15,74	23,61	31,48	39,34
11	ROCKWOOL Рокфасад, 115 кг/м ³	0,040	139,74	6,99	13,97	20,96	27,95	34,94
12	PAROC Linio15, 120кг/м ³	0,037	235,21	11,76	23,52	35,28	47,04	58,80
13	PAROC Linio10, 90 кг/м ³	0,036	152,85	7,64	15,29	22,93	30,57	38,21
14	HOTROCK фасад, 110 кг/м ³	0,036	135,07	6,75	13,51	20,26	27,01	33,77
15	HOTROCK фасад ПРО, 115 кг/м ³	0,040	113,02	5,65	11,30	16,95	22,60	28,26

Источник: разработка автора на основе данных [10; 11]

- E26-120-1 Устройство армирующего слоя по плитам утеплителя минераловатным вручную на прямолинейных поверхностях с лесов;
- E26-121-1 Устройство выравнивающего слоя вручную на прямолинейных поверхностях с лесов;
- E26-126-1 Нанесение защитно-отделочных штукатурок на фасады вручную под фактуру на прямолинейных поверхностях с лесов;
- E26-127-1 Окраска оштукатуренных поверхностей фасадов вручную с лесов.

Вышеуказанный набор работ сопровождается включенными в сметную стоимость материалами, рассчитанными в соответствии с нормами расхода ресурсов и стоимостью, установленной на 1 сентября 2019 г.:

- С101-11099 Шкурка шлифовальная на бумажной основе водостойкая;
- С101-138037 Шпатлевка бежевая, стартовая, для наружных и внутренних работ (НВ), полиминеральная (ПМ), однокомпонентная, сухая смесь (СС), цементная;
- С101-138065 Состав клеевой полиминеральный для наклеивания теплоизоляционных материалов и армирующей сетки (КС), однокомпонентный;
- С101-15500-4 Дюбель пластмассовый с металлическим сердечником 8 × 120;
- С101-23802-1 Грунтовка;

- С101-34006 Краска акриловая фасадная;
- С101-51509-2 Лента малярная, односторонняя, 50 мм × 50 мм;
- С101-86726-20 Сверла по бетону с SDS + хвостовиком (наконечник из твердосплавной стали) диаметром 8–10 мм, длиной 260 (265) мм;
- С104-10001 Стеклосетка ССШ-160(100);
- С412-9005 Вода.

Сметная стоимость работ по тепловой модернизации включает заработную плату рабочих, стоимость утеплителя и других материалов, затраты на эксплуатацию машин и механизмов, транспортные и заготовительно-складские расходы, а также общехозяйственные и общепроизводственные расходы, плановую прибыль, принятые по нормам для реконструкции жилого здания в г. Минске. Итоговая стоимость работ по тепловой модернизации 100 м² стены фасада составила 7 074,43 руб., из которых 30,63 % (2 166,90 руб.) – заработная плата рабочих. Общехозяйственные и общепроизводственные расходы, плановая прибыль составили 43,48 % (3 076,20 руб.). Материал «С104-423 Плиты теплоизоляционные из минеральной ваты» учтен в стоимости по 15 видам утеплителя и 5 вариантам толщины теплоизоляционного слоя (см. табл.). В зависимости от стоимости материала также корректировались транспортные и заготовительно-складские расходы.

На рис. 1 отображены результаты расчета стоимости работ по утеплению, соответствующие значениям теплопроводности изоляционного слоя.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

- значения сосредоточены в группах в зависимости от толщины слоя утеплителя;
- наивысшей стоимостью и самой низкой теплопроводностью обладают плиты толщиной 250 мм;
- при увеличении толщины утеплителя наблюдается полиномиальное увеличение стоимости тепловой модернизации.

В связи с вышесказанным важной научной задачей является обоснование точки оптимума: с технической стороны – наименьшая теплопроводность материала, с экономической стороны – стоимость работ по тепловой модернизации. Однофакторный регрессионный анализ зависимости изменения теплопроводности и затрат от толщины слоя утеплителя по 75 вариантам приведен на рис. 2, где демонстрируется разнонаправленность двух показателей.

Изменение теплопроводности в зависимости от вида утеплителя и толщины его слоя с коэффициентом достоверности аппроксимации равным единице описывается трендом в виде прямой. Графики

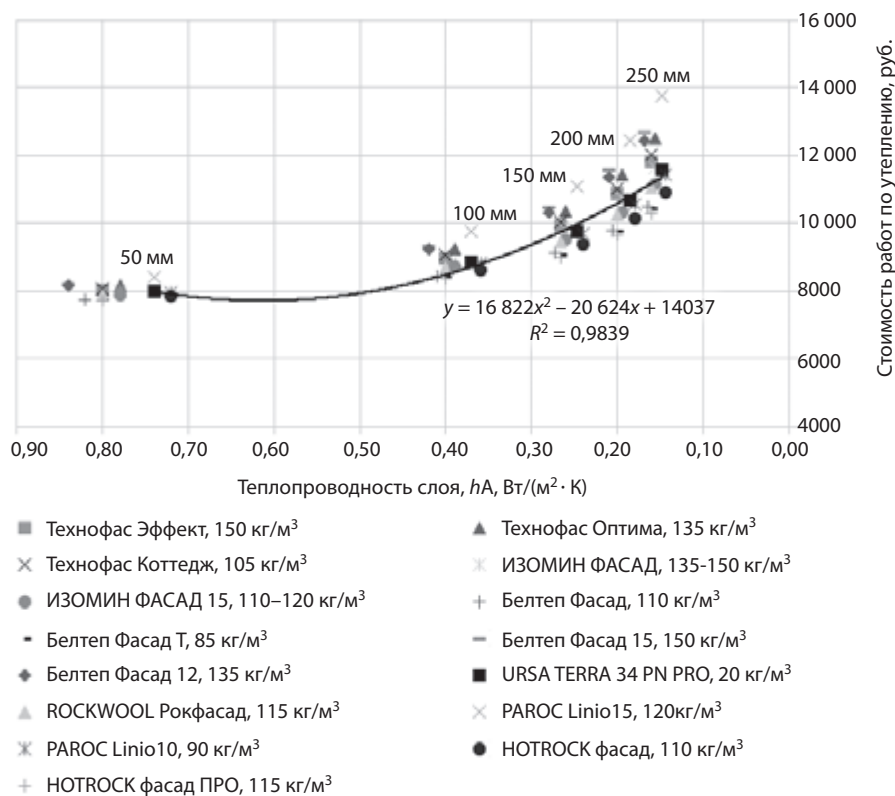


Рисунок 1. Распределение стоимости работ по утеплению фасадов здания по теплопроводности в зависимости от толщины слоя минеральной ваты

Источник: разработка автора

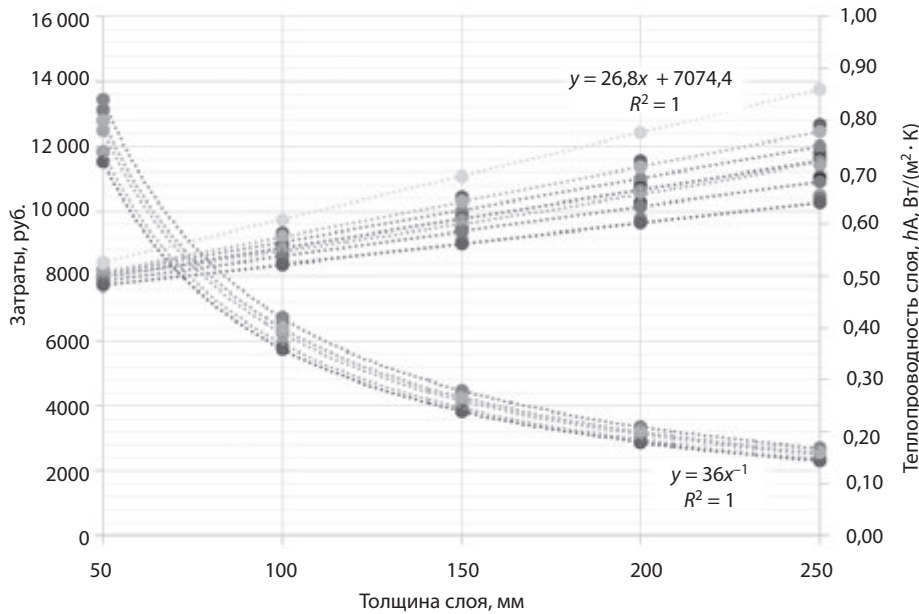


Рисунок 2. Точка оптимума толщины минеральной ваты в зависимости от теплопроводности и затрат на утепление жилых зданий

Источник: разработка автора

зависимости затрат от толщины слоя отображены трендом степенной функции.

Тепловая модернизация жилых зданий с экономической точки зрения рассматривается как инвестиционный проект, который необходимо оценивать комплексно, с учетом экономической целесообразности его осуществления [11; 12]. Утепление ограждающих конструкций обеспечивает уменьшение трансмиссионных тепловых потерь, что позволяет в доходной части проекта рассчитать экономию средств от снижения затрат на отопление жилых зданий. Тепловые потери зданий через ограждающие конструкции рассматриваются в предположении стационарного теплового режима для среднегодовых условий. Таким образом, экономия тепловой энергии в год может быть определена по формуле:

$$Q = \frac{0,86 \cdot S \cdot (t_{вн} - t_{н}) \cdot a \cdot 24}{1000\ 000} \cdot hA \cdot P,$$

где Q – экономия тепловой энергии в год, руб./год; 0,86 – переводной коэффициент из Вт в Ккал/час; S – площадь утепления, $100\ m^2$; $t_{вн}$ – средняя температура воздуха внутри здания, $^{\circ}C = 18$ (ТКП 45-2.04-43-2006 (02250)); $t_{н}$ – средняя температура наружного воздуха в период отопительного сезона, $^{\circ}C = -1,6$ (для Минска в соответствии с ТКП 45-2.04-43-2006 (02250)); hA – приведенная теплопроводность слоя минеральной ваты, $Вт/(м^2 \cdot К)$; a – продолжительность отопительного периода, суток = 202 дня (ТКП 45-2.04-43-2006 (02250)); 24 – количество часов в сутках;

1 000 000 – показатель, обеспечивающий перевод из Ккал в Гкал; P – тариф на тепловую энергию. На 15.09.2019 тариф на тепловую энергию для населения составляет 16,9259 руб. за 1 Гкал.

По результатам расчетов экономической эффективности тепловой модернизации фасадов жилых зданий минераловатными плитами наименьший простой срок окупаемости – 11 лет – имеет утеплитель HOTROCK фасад, $110\ кг/м^3$ с толщиной теплоизоляционного слоя 250 мм. Наибольшие сроки окупаемости имеют варианты с утеплением минеральной ватой толщиной 50 мм, что связано с относительно малой экономией и высокой стоимостью работ в структуре сметной стоимости работ на утепле-

ние. С ростом толщины слоя увеличивается стоимость материала, а стоимость работ по утеплению практически не меняется. В то же время экономия тепловой энергии увеличивается, что способствует повышению экономической эффективности тепловой модернизации фасада здания (рис. 3).

Представленные выше расчеты и выводы справедливы при проведении работ по тепловой модернизации фасадов и при одновременном использовании регуляторов тепла в жилом здании. В противном случае утепление фасадов может привести лишь к повышению температуры внутреннего воздуха в эксплуатируемых помещениях и не обеспечит заявленный энергосберегающий эффект.

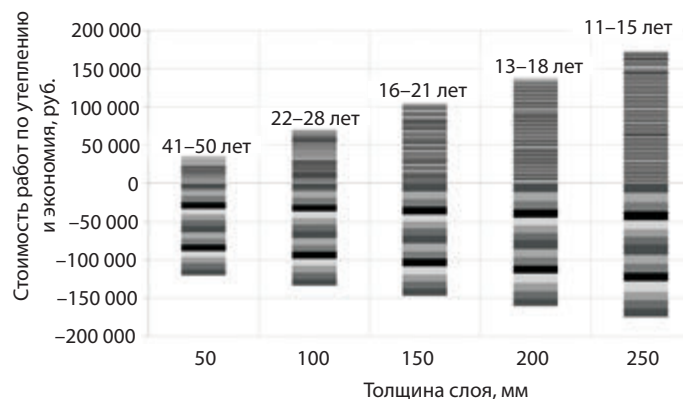


Рисунок 3. Сметная стоимость работ по тепловой модернизации фасада жилого здания, экономия расходов на отопление и простой срок окупаемости, в расчете на толщину теплоизоляционного слоя от 50 до 250 мм

Источник: разработка автора

Выводы

Автором была проведена оценка окупаемости затрат на тепловую модернизацию фасадов жилых зданий при использовании 75 вариантов минераловатных плит и выявлены следующие тенденции:

- 1) большое количество отечественных производителей представляет на рынке минераловатный утеплитель по конкурентным ценам;
- 2) характеристика теплопроводности является ключевой для оценки экономии средств на отопление зданий;
- 3) зависимость теплопроводности от вида утеплителя и толщины его слоя описывается линейной функцией;
- 4) зависимость затрат на утепление от толщины слоя минеральной ваты наилучшим образом описывается степенной функцией;
- 5) наиболее коротким сроком окупаемости обладают виды минераловатного утеплителя с толщиной слоя 250 мм;
- 6) при оценке экономической эффективности тепловой модернизации фасадов зданий необходимо учитывать технические особенности материалов, условия производства работ, конструктивные особенности здания, динамику цен на материалы и строительные работы, тарифы на отопление, а также дополнительные затраты на производство работ, инфляцию. Вместе с тем расчеты демонстрируют, что толщина изоляционного слоя, вид утеплителя оказывают непосредственное влияние на срок окупаемости и должны анализироваться при оценке эффективности тепловой модернизации жилых зданий.

Литература

1. Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства [Электронный ресурс] : Директива Президента Респ. Беларусь, 14 июня 2007 г., № 3 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «Юр-Спектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.
2. Григорьева, Н. А. Факторы экологичности и энергоэффективности в оценке экономической эффективности мероприятий по повышению энергоэффективности жилых зданий / Н. А. Григорьева // Труды БГТУ. Сер. 5, Экономика и управление. – Минск : БГТУ, 2017. – № 2 (202). – С. 80–85
3. Голубова, О. С. Экономические аспекты повышения энергоэффективности жилых зданий / О. С. Голубова, Н. А. Григорьева. – Минск : БНТУ, 2018. – 175 с.
4. Данилевский, Л. Н. Энергоэффективное жилищное строительство [Электронный ресурс] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.03 / Л. Н. Данилевский ; Гос. предприятие «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С. С.». – Минск : [б. и.], 2014.
5. О повышении энергоэффективности многоквартирного жилищного фонда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pravo.by/novosti/novosti-pravo-by/2018/september/30437/>. – Дата доступа: 15.09.2019.
6. Романова, А. А. Методика расчета прогнозируемых сроков окупаемости энергосберегающих мероприятий по утеплению зданий / А. А. Романова, П. П. Рымкевич, А. С. Горшков // ТТПС. – 2014. – № 4 (30). – С. 68–74.
7. Голубова, О. С. Повышение энергоэффективности жилых зданий и тарифы на энергоресурсы / О. С. Голубова // Архитектура и строительство Беларуси. – 2016. – № 2. – С. 14–18.
8. Лукинов, В. А. Реконструкция зданий старой застройки с применением инновационных энергосберегающих технологий / В. А. Лукинов, Л. А. Манухина, Ю. А. Малова // Недвижимость: экономика, управление. – 2016. – № 2. – С. 32–35.
9. Фиалко, И. Ф. Энергоэффективность систем утепления наружных стен зданий и сооружений с вентилируемыми воздушными прослойками / И. Ф. Фиалко, А. С. Стаценко // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2009. – № 3. – С. 82–87.
10. Прайс поставщика теплоизоляционных материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://profkomplekt.by/assets/files/Prajs_na-teploizolyaciyu-ot-20.08.2019g.pdf. – Дата доступа: 15.09.2019.
11. Технические характеристики теплоизоляционных материалов от производителей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tn.ru/catalogue/kam_vat/tehnofas_effekt/. – Дата доступа: 15.09.2019.
12. Григорьева, Н. А. Концепция оценки экономической эффективности мероприятий повышения энергоэффективности жилых зданий = Estimation of economic efficiency concept of energy efficiency measures for residential buildings / Н. А. Григорьева // Экономическая наука сегодня : сб. науч. ст. / Белорус. нац. техн. ун-т, Фак. технологий управления и гуманитаризации, Каф. «экономика и право» ; редкол.: С. Ю. Солодовников (пред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2013. – Вып. 6. – 2017. – С. 199–208.
13. Горшков, А. С. Об окупаемости инвестиций на утепление фасадов существующих зданий / А. С. Горшков // Энергосбережение. – 2014. – № 4. – С. 12–19.