



ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НАРУЖНЫХ СТЕН МАЛОЭТАЖНОГО ДОМА

А. С. Горшков, канд. техн. наук, директор учебно-научного центра «Мониторинг и реабилитация природных систем» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; **П. А. Муравьев**, координатор проекта ПРООН-ГЭФ «Энергоэффективность зданий на Северо-Западе России» на территории Псковской области; **А. В. Таракин**, ведущий эксперт технического департамента ООО «АФ Консалт»

Ключевые слова: тепловая защита, сопротивление теплопередаче, трансмиссионные потери тепловой энергии, дополнительное утепление, энергосбережение, энергетическая эффективность, окупаемость инвестиций

В Псковской области, в городе Порхове ведется строительство жилого многоквартирного дома с дополнительным утеплением наружных стен (см. справку). Решение о повышении энергоэффективности данного дома было принято на основании расчета потерь тепловой энергии через наружные стены. Учитывались параметры отопительного периода, капитальные затраты на дополнительное утепление фасадов и расчетные значения эксплуатационных затрат на отопление до и после утепления. Была определена оптимальная толщина дополнительного слоя теплоизоляции, при которой дисконтированный срок окупаемости, рассчитанный с учетом роста тарифов на тепловую энергию и дисконтирования будущих денежных потоков, принимает минимальное значение.

Описание объекта

Исследуемое строение представляет собой 3-этажный многоквартирный жилой дом общей площадью 2 083 м². В доме 42 квартиры общей жилой площадью 1 647 м². Площадь фасадов здания составляет 1 163 м². Дом расположен в районе, где средняя температура наружного воздуха за отопительный период составляет –1,3 °С, продолжительность отопительного периода 208 сут., градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) равны 4 430 °С•сут.

Согласно исходному проекту наружные стены здания должны быть выполнены из газобетонных блоков марки по плотности D500 толщиной 375 мм с последующим их оштукатуриванием без дополнительного утепления. Диски плит перекрытий закрыты.

В результате проведения работ по термографированию фасадов снаружи и внутри здания выявлены многочисленные теплопроводные включения (рис. 1). Температура на внутренней поверхности светопрозрачной части стеклопакета оказалась близкой к температуре на внутренней поверхности наружной стены. Как уже было показано [4–6], стены, выполненные кладкой из газобетонных блоков, без дополнительного утепления не могут обеспечить требуемый уровень тепловой защиты для населенных пунктов с ГСОП ≤ 4 200 °С•сут.

Проектное значение сопротивления теплопередаче наружных стен $R_0^{пр}$ здания составляет 1,62 м²•К/Вт, что меньше как базового требуемого значения $R_0^{тр}$ – 2,95 м²•К/Вт, так и нормируемого (минимально допустимого) значения $R_0^{норм}$ (с учетом понижающего коэффициента 0,63) – 1,86 м²•К/Вт.

В связи с выявленным несоответствием решили дополнительно утеплить наружные стены рассматриваемого объекта жилищного строительства. На основании технико-

С 2007 года на территории Российской Федерации реализуется государственная программа переселения граждан из ветхого и аварийного жилья. В рамках данной программы в г. Порхове Псковской области ведется строительство жилого многоквартирного дома общей площадью 2 083 м².

В пределах выделенного финансирования проектной документацией предусмотрена реализация только тех энергосберегающих мероприятий, которые содержатся в действующем законодательстве. В настоящее время набор обязательных энергосберегающих мероприятий ограничен минимальными требованиями по тепловой защите согласно СП 50.13330.2012, которые часто не могут обеспечить достижение нормированного уровня энергопотребления и, как следствие, заявленного класса энергоэффективности [1–3].

С целью повышения энергетической эффективности строящегося в г. Порхове объекта жилищного строительства в рамках реализации проекта ПРООН-ГЭФ 00074315 «Энергоэффективность зданий на Северо-Западе России» (далее – Проект ПРООН-ГЭФ) была выделена техническая помощь в виде денежных средств.

экономического сравнения наиболее распространенных и доступных для выбранного района строительства вариантов фасадных решений для данного объекта приняли систему штукатурного фасада Weber.therm comfort (рис. 2) с использованием теплоизоляционных изделий из минеральной (стеклянной) ваты на синтетическом связующем.

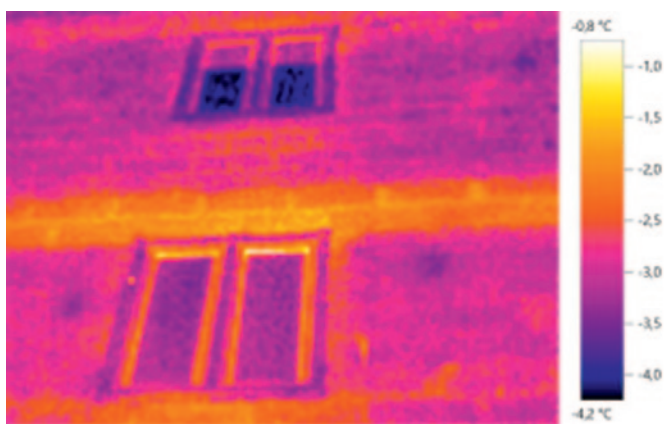


Рис. 1. Теплопроводные включения в уровне межэтажных перекрытий

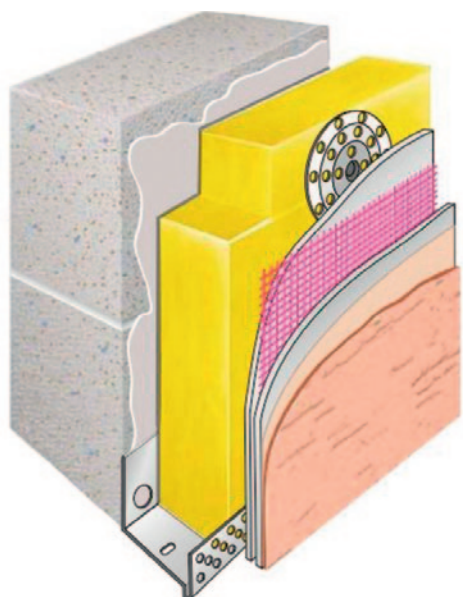


Рис. 2. Схематичное изображение фасадной системы Weber.therm comfort

РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ

Нумерация формулы в тексте	Формула
(1)	$T_A = \frac{\ln \left[1 + \frac{\Delta K}{\Delta \mathcal{E}} \cdot \frac{(r - i)}{(1 + i)} \right]}{\ln \left[\frac{(1 + r)}{(1 + i)} \right]}$
(2)	$T = f(\delta_{yt}) \rightarrow \min$
(3)	$R_0^{yt} = \left(R_0^{np} + \frac{\delta_{yt}}{\lambda_{yt}} \right) \cdot r_{m.o.}$

Обозначения в формулах

T_A – прогнозируемый дисконтированный срок окупаемости инвестиций, год

ΔK – разница капитальных затрат на возведение утепленного и базового вариантов наружных стен (фасадов) рассматриваемого здания, руб.

$\Delta \mathcal{E}$ – разность потерь тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции до и после утепления базового варианта наружных стен здания, руб./год

r – средний ежегодный рост стоимости тарифов на тепловую энергию

i – процентная ставка дисконтирования

T – срок окупаемости дополнительных инвестиций, год

R_0^{yt} – приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен с учетом дополнительного слоя теплоизоляции, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$

R_0^{np} – проектное значение сопротивления теплопередаче, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$

δ_{yt} – толщина дополнительного слоя теплоизоляции, м

λ_{yt} – теплопроводность слоя теплоизоляции, $Вт / (м \cdot ^\circ C)$; принимается для условий эксплуатации Б (δ_B)

$r_{m.o.}$ – коэффициент теплотехнической однородности дополнительного слоя теплоизоляции; для рассматриваемого конструктивного решения принят равным 0,8

Цели и методика исследования

Исследование строящегося многоквартирного жилого дома в г. Порхове (далее – Дом) включало следующие этапы:

- расчет потерь тепловой энергии через наружные стены Дома до и после утепления фасадов;
- оценку прогнозируемых сроков окупаемости энергосберегающих мероприятий, направленных на утепление наружных стен Дома, при различной толщине слоя теплоизоляции (от 50 до 350 мм).

Методика и пример расчета потерь тепловой энергии через наружные стены до и после утепления, а также прогнозируемого срока окупаемости энергосберегающих мероприятий по утеплению фасадов существующих зданий представлены в [7]. Для расчета прогнозируемого дисконтированного срока окупаемости инвестиций, направленных на дополнительное утепление фасадов, было получено выражение (1) (см. Формулы).

Оптимальным вариантом дополнительного утепления фасадов будет считаться тот, для которого время окупаемости дополнительных инвестиций будет минимальным, т.е. выполняется основное условие (2) (см. Формулы).

Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен с учетом дополнительного слоя теплоизоляции R_0^{yt} рассчитаем по формуле (3). Толщина дополнительного слоя теплоизоляции δ_{yt} для принятого конструктивного решения по утеплению фасадов может составлять от 50 до 350 мм (имеет 19 вариантов дополнительного утепления, см. табл.). Теплопроводность теплоизоляционных изделий из минеральной (стеклянной) ваты, согласно представленным производителем протоколам испытаний, принята равной 0,043 Вт/(м·°C).

Результаты исследования и выводы

Комплексные технико-экономические показатели рассматриваемого энергосберегающего мероприятия представлены в таблице. Капитальные затраты (см. табл.) включают стоимость теплоизоляции, материалов штукатурного слоя фасадной системы¹ и работ по монтажу, в том числе затраты на расходные материалы и работы по установке строительных лесов и прочее.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

- для обеспечения базового значения требуемого сопротивления теплопередаче 2,95 $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ необходима минимальная толщина слоя теплоизоляции 90 мм;

¹ Стоимость материалов штукатурного слоя системы Weber.therm, включая крепеж, толщиной до 200 мм принята равной 458,5 руб./м²; стоимость материалов штукатурного слоя системы Weber.therm, включая крепеж, толщиной 200 мм и более – 498,0 руб./м²; стоимость работ по монтажу, включая сопутствующие материалы и расходы, – 1 380,0 руб./м².

■ для обеспечения нормируемого (минимально допустимого) сопротивления теплопередаче $1,86 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ достаточно толщины слоя теплоизоляции 50 мм.

Однако в связи с высокой стоимостью тепловой энергии на отопление, равной 1838,5 руб./Гкал, и высоким ростом тарифов на тепловую энергию, составляющим примерно 15% в год, указанные толщины могут оказаться неоптимальными.

При расчете дисконтированного срока окупаемости энергосберегающих мероприятий затраты на монтаж теплоизоляции и штукатурного покрытия приняты без учета процентных ставок по кредиту². Средняя величина относительного роста тарифов на тепловую энергию r принята равной 0,15 (15% в год). Ставка дисконтирования i принята равной ключевой ставке Центрального банка РФ – 0,11 (11% на момент выполнения расчетов).

Наиболее полно условию (2) удовлетворяют толщины 190 и 200 мм (рис. 3): при данных толщинах прогнозируемый срок окупаемости дополнительных инвестиций, направленных на утепление фасадов рассматриваемого здания, самый короткий.



Минимальный срок окупаемости инвестиций в утепление фасадов соответствует толщине слоя теплоизоляции, равной 200 мм. Значит, толщина слоя теплоизоляции $\delta_{\text{изол}} = 200 \text{ мм}$ наиболее полно соответствует условию (2). Сопротивление теплопередаче $5,02 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, соответствующее толщине дополнительного слоя теплоизоляции

² В рамках данного исследования утепление фасадов было произведено за счет средств, предоставленных Глобальным экологическим форумом через Программу развития ООН (ПРООН-ГЭФ) при участии проекта ПРООН-ГЭФ 00074315 «Энергоэффективность зданий на Северо-Западе России».

aqua THERM

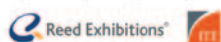
NOVOSIBIRSK

4-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
бытового и промышленного оборудования для отопления,
водоснабжения, инженерно-сантехнических систем,
вентиляции, кондиционирования, бассейнов, саун и спа

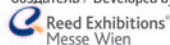
4th INTERNATIONAL EXHIBITION
for domestic and industrial heating, water supply, engineering
and plumbing systems, ventilation, air-conditioning and
equipment for pools, saunas and spas

14–17 февраля / February 2017
МВН «Новосибирск Экспоцентр» • Россия
Novosibirsk ExpoCentre • Russia
www.aquatherm-novosibirsk.ru

Организаторы / Organised by:



Создатель / Developed by:



Специализированные разделы /
Specialised sections:



Специальный проект /
Special project



Таблица Техничко-экономические показатели утепления наружных стен дома

Толщина слоя теплоизоляции $\delta_{\text{ит}}$, м	Сопротивление теплопередаче наружных стен с учетом их дополнительного утепления $R_0^{\text{ит}}$, м ² •°С/Вт	Капитальные затраты на утепление фасадов ΔK , руб.	Годовая разница эксплуатационных затрат до и после утепления $\Delta \text{Э}$, руб./год	Срок окупаемости дополнительных инвестиций T , лет
50	2,23	2 370 306,65	32 999,14	36,1
60	2,41	2 423 794,07	39 544,65	32,9
70	2,60	2 478 025,66	45 470,57	30,7
80	2,78	2 531 268,90	50 337,41	29,2
90	2,97	2 562 384,62	54 834,64	27,9
100	3,16	2 614 488,35	58 791,06	27,0
110	3,34	2 666 592,07	62 124,03	26,4
120	3,53	2 718 707,42	65 273,42	25,9
130	3,72	2 767 264,70	68 101,09	25,5
140	3,90	2 820 554,44	70 525,79	25,2
150	4,09	2 870 297,75	72 853,65	25,0
160	4,27	2 920 041,05	74 867,90	24,8
170	4,46	2 969 784,35	76 817,68	24,7
180	4,65	3 026 620,54	78 608,11	24,6
190	4,83	3 076 363,84	80 174,38	24,5
200	5,02	3 126 107,15	81 705,80	24,5
250	5,95	3 427 845,96	87 790,72	24,8
300	6,88	3 683 655,36	92 230,59	25,2
350	7,81	3 939 464,76	95 613,08	25,7

Примечание. Стоимость материалов рыночная, для оптовой категории клиентов. Стоимость работ соответствует средней по рынку. Стоимость материалов и работ может быть снижена путем проведения торгов по каждому конкретному объекту.

200 мм, для выбранного конструктивного решения применительно к заданным климатическим характеристикам района строительства объекта (г. Порхов Псковской области) является экономически целесообразным, поскольку соответствует минимуму приведенных затрат.

Если при расчете окупаемости инвестиций не учитывать затраты на проведение работ по оштукатуриванию наружных стен, а также стоимость отделочных материалов, прогнозируемый срок окупаемости снижается примерно в 2 раза.

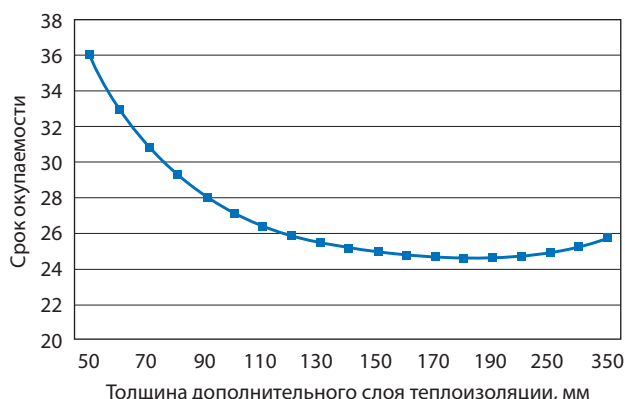


Рис. 3. График зависимости дисконтированного срока окупаемости инвестиций на утепление фасадов от толщины дополнительного слоя теплоизоляции

Литература

1. Ливчак В. И. Повышать ли уровень теплозащиты зданий? Ответ – «да» // АВОК. 2009. № 7.
2. Ливчак В. И. Европейская тенденция повышения теплозащиты зданий: как она реализуется в России? // АВОК. 2011. № 6.
3. Горшков А. С., Рымкевич П. П., Немова Д. В. Экономим или нет? Российские энергосберегающие требования // Энергосбережение. 2014. № 2.
4. Горшков А. С., Ватин Н. И., Пестряков И. И., Корниенко С. В. Соответствие стен из автоклавного газобетона современным требованиям по тепловой защите зданий // Энергосбережение. 2016. № 2.
5. Горшков А. С., Ватин Н. И., Пестряков И. И., Корниенко С. В. Соответствие стен из автоклавного газобетона современным требованиям по тепловой защите зданий // Энергосбережение. 2016. № 3.
6. Горшков А. С., Рымкевич П. П., Ватин Н. И. К вопросу о теплотехнической однородности двухслойной стеновой конструкции // Энергосбережение. 2014. № 7.
7. Горшков А. С. Об окупаемости инвестиций на утепление фасадов существующих зданий // Энергосбережение. 2014. № 4. ■