

Разработка алгоритма выбора энергоэффективных решений в строительстве

С.Г.Шейна, Е.Н.Миненко

Ростовский государственный строительный университет, г.Ростов-на-Дону

Одним из наиболее эффективных способов разрешения проблемы энергосбережения является строительство домов с низким потреблением энергии (пассивных домов). Такой подход к решению проблемы энергосбережения в жилищном фонде принят в развитых странах мира давно. Еще в начале 80-х гг. специалисты Международной энергетической конференции ООН (МИРЭК) заявили о том, что современные здания обладают огромными резервами повышения энергоэффективности. В настоящее время западные страны далеко продвинулись в решении проблемы энергосбережения жилищного фонда. В частности, в Европейском Союзе принята и выполняется программа CERNEUS («Эффективные по себестоимости пассивные дома как европейский стандарт») [1].

В жилищном фонде России имеется огромный потенциал эффективного использования энергии. По данным статистики, фактические потери в жилых домах России старого фонда на 20–30 % превышают проектные значения, что обусловлено низким качеством строительства и эксплуатации. Потери энергии за счет низкой теплоизоляции, изношенности инженерных сетей и коммуникаций достигают 35–40 % [2,3].

Необходимость снижения энергопотребления в жилищном фонде не вызывает сомнений. Однако высокая стоимость энергоэффективных мероприятий и, как правило, длительный срок их окупаемости, выдвигает на первый план решение вопроса о выборе среди них таких мероприятий, которые бы обеспечивали наибольшую экономию энергии при сравнительно невысокой величине затрат. Путем анализа представленных на строительном рынке энергоэффективных технологий нами была разработана оптимизационная модель, которая представляет алгоритм принятия решения о выборе энергоэффективных мероприятий. Общая схема этой модели представлена на рис. 1.

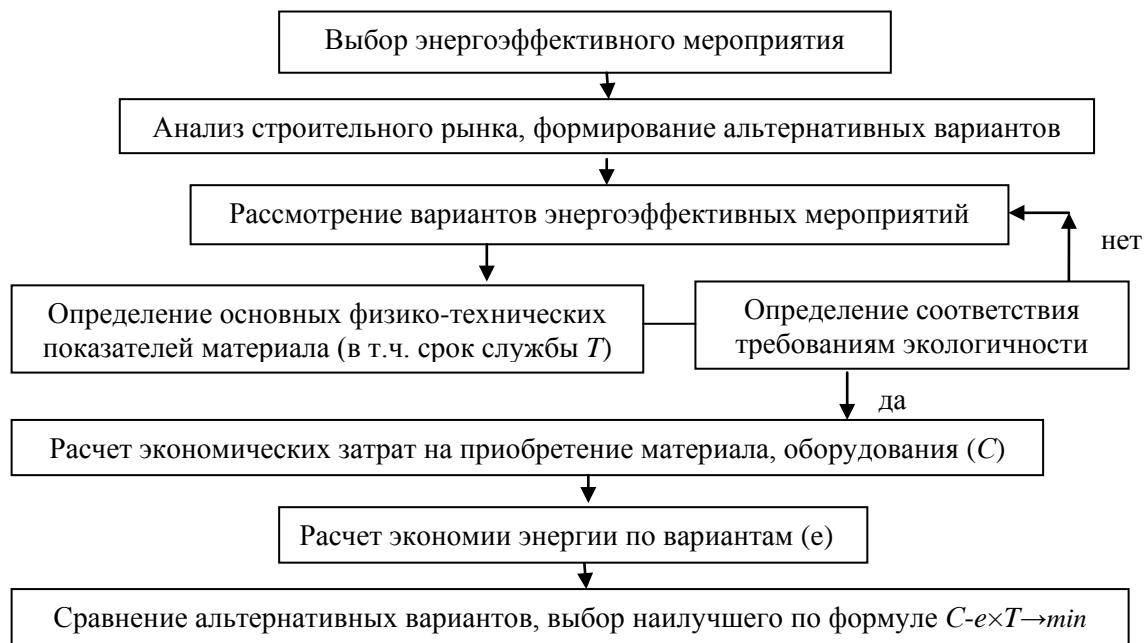


Рис.1 Алгоритм выбора энергоэффективных решений

Отсутствие в нашей стране необходимого опыта строительства и эксплуатации домов с низким энергопотреблением значительно усложняет выбор оптимальных энергоэффективных решений и делает его нецелесообразным на основе расчетов эксплуатационных затрат. Поэтому экономическая целесообразность применения каждого из энергосберегающих мероприятий рассчитывается нами путем определения затрат на их приобретение, установку и получаемой экономии энергии на основе сведений о сроке полезного ис-

пользования соответствующих материалов, оборудования [4]. Оптимизация выбора альтернативных энергоэффективных решений может быть описана следующей функцией:

$$F(x) = C_x - T_x \times e_x \rightarrow \min, \quad \text{где} \quad (1)$$

$F(x)$ – показатель эффективности применения x - мероприятия;

C – стоимость приобретения и установки энергоэффективного оборудования;

T – срок службы материала, оборудования;

e_x – получаемая экономия (при условии, что $e_x \rightarrow \max$ в своей группе).

Одним из наиболее распространенных и эффективных с экономической точки зрения являются мероприятия по теплоизоляции ограждающих конструкций (срок их окупаемости составляет в среднем 4-5 лет). Для них был разработан отдельный алгоритм выбора энергоэффективных решений (рис.2).

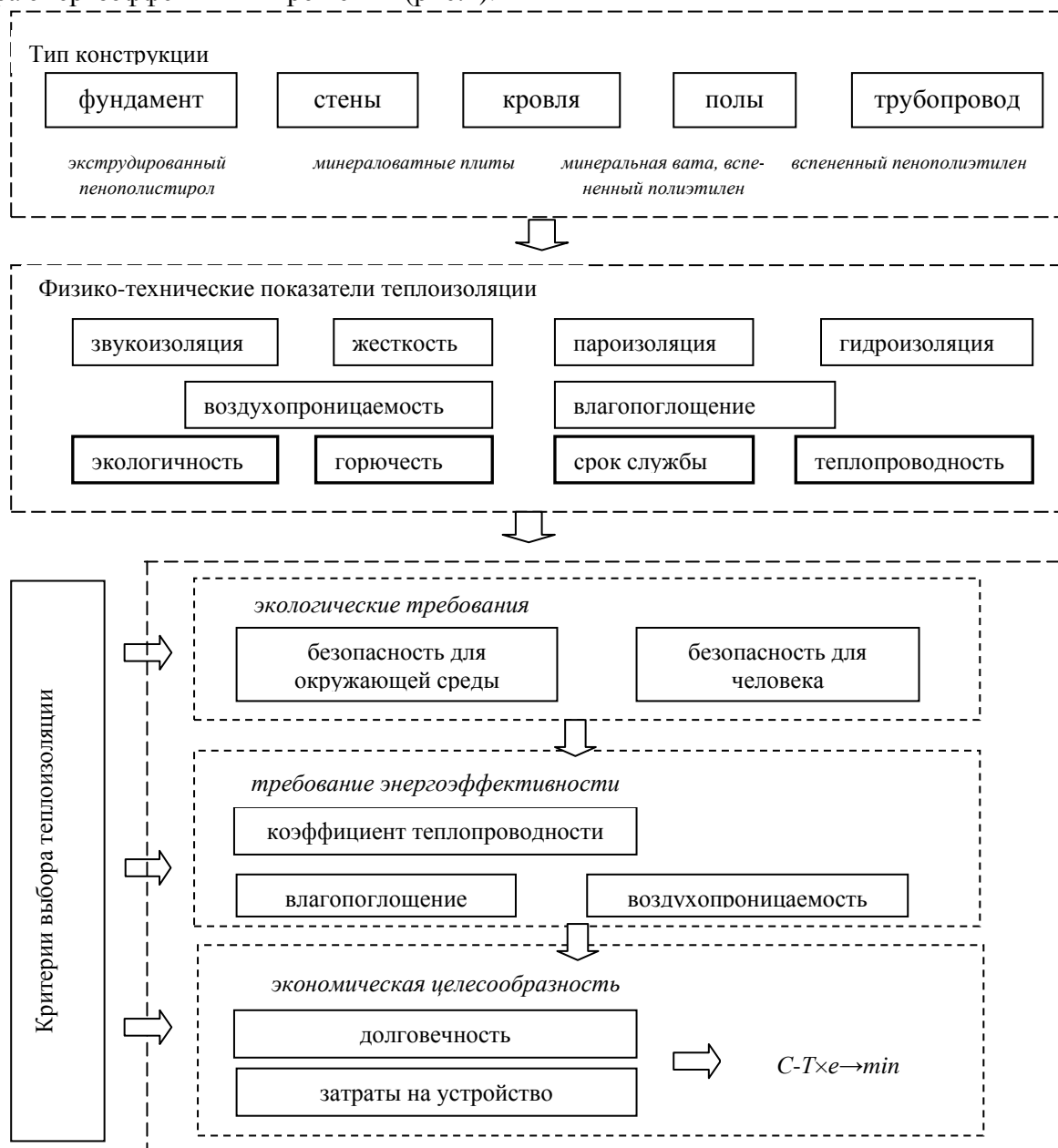


Рис. 2 Алгоритм выбора теплоизоляционного материала

В соответствии с предложенным алгоритмом выбор теплоизоляции осуществляют исходя из: характеристик объекта изоляции, требований норм энергоэффективности и соотношений себестоимости материалов и их долговечности. Применение современных теплоизоляционных материалов позволяет существенно снизить потребление конструкционных строительных материалов, нагрузку на основание, повысить термическое сопро-

тивление теплопередаче, долговечность конструкции, а также улучшить влажностный режим помещений.

Предъявляемые к современным домам высокие требования экологичности определили этот показатель основным при выборе теплоизоляции для стен дома. Исходя из этого требования, из рассмотрения были исключены стекловата, базальтовая вата, а минеральная вата и пенополистирол будут применены при утеплении стен на фасаде.

Рассмотрим решение задачи определения экономически эффективного теплоизоляционного материала в малоэтажном строительстве на основе предложенного алгоритма оптимизации выбора. Применительно к условиям г. Ростова-на-Дону для обеспечения нормативной величины сопротивления теплопередаче ($R=2,257 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$) требуется толщина кирпичной кладки из обычного керамического пустотного кирпича (теплопроводностью $\lambda=0,47 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$) толщиной в 1 м [5].

Расчет расхода тепла на отопление для различных вариантов теплоизоляции был произведен для климатических условий г. Ростова-на-Дону применительно к 2-этажному жилому дому с отапливаемой площадью 135 м^2 (площадь стен без проемов – $416,08 \text{ м}^2$) в соответствии с положениями СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» по двум вариантам: без учета мероприятий по повышению энергоэффективности здания (стены толщиной 1 м выполненные из кирпича обычного керамического с теплоизоляцией), с учетом устройства теплоизоляции стен и применения сверхтеплого кирпича Термолукс (теплопроводность $0,24 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$). Применение сверхтеплого кирпича с повышенным сопротивлением теплопередаче обеспечивает высокие теплотехнические характеристики стеновых конструкций и позволяет уменьшить толщину стены до 380 мм, при этом расход кирпича снижается в 2,6 раз, увеличение стоимости 1 м^3 кирпичной кладки составляет 1,7 раза.

Результаты произведенных теплотехнических расчетов по указанным вариантам сравнили с полученными значениями расчета для базового варианта – стены не утепленные толщиной 1 м выполненные из кирпича обычного керамического. Это позволило получить значение величины экономии энергии на отопление (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ теплоизоляционных материалов

Тип материала, толщина (мм)	Коэффициент теплопроводности, Вт/м °С	Снижение расхода тепла и затрат на отопление, %	Снижение общего коэффициента тепловых потерь (K_m), %	Ежегодная экономия затрат на отопление, руб.
1 вариант – кладка из керамического кирпича ($0,47 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$) толщиной в 1000 мм				
Пенополистирол, 30 мм	0,052	↓ на 19	↓ на 13	5265,0
Экструдированный пенополистирол, 30 мм	0,029	↓ на 25	↓ на 20	7977,0
Минераловатные плиты, 50 мм	0,041	↓ на 28	↓ на 23	9131,8
2 вариант-кладка из сверхтеплого кирпича ($0,24 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$) толщиной 380 мм				
Пенополистирол, 50 мм	0,052	↓ на 23	↓ на 23	7517,8
Экструзионный пенополистирол, 50 мм	0,029	↓ на 33	↓ на 33	10774,0
Минераловатные плиты, 50 мм	0,041	↓ на 27	↓ на 27	8856,0
Эковата, 75 мм		↓ на 38	↓ на 38	12217,2

На основе полученных результатов рассчитаем показатель эффективности от использования представленных теплоизоляционных материалов по формуле 1 (таблица 2).

Таблица 2 – Расчет показателя эффективности применения теплоизоляции

Вид теплоизоляции	Показатель эффективности, руб.
Пенополистирол, 50 мм	$65\ 532,6 - 7\ 517,8 \times 25 = -122\ 412,4$
Экструзионный пенополистирол, 50 мм	$92\ 560,0 - 10\ 774,0 \times 45 = -392\ 270,0$
Минераловатные плиты, 50 мм	$137\ 550,0 - 8\ 856,0 \times 55 = -349\ 530,0$
Эковата, 75 мм	$78\ 250,0 - 12\ 217,2 \times 50 = -532\ 610,0$

На основе анализа представленных результатов расчета расхода тепла на отопление можно сделать вывод о том, что наиболее эффективным является использование эковаты в сочетании с кирпичной кладкой из сверхтеплого кирпича «Термолюкс», поскольку значение показателя эффективности наименьшее. Такой вариант обеспечивает снижение затрат на отопление по сравнению с базовым вариантом (кирпичные стены из сверхтеплого кирпича без дополнительного утепления) на 38 %, при этом стоимость кирпичной кладки возрастает в 1,7 раза. Срок эксплуатации данного теплоизоляционного материала составляет более 50 лет, материал является экологически чистым.

Полученная модель оптимизации выбора энергоэффективных решений может быть использована на всех стадиях жизненного цикла строительного объекта его собственниками, управляющими компаниями и др. Произведенные на ее основе расчеты (для условий г. Ростова-на-Дону) показали, что наибольшую экономическую эффективность обеспечивает устройство теплоизоляции жилого дома, применение тепловых насосов, наименьшую ценность имеет установка солнечных батарей, что объясняется местными климатическими условиями [6].

Представленные в данной статье результаты расчетов основаны на данных о вторичном потреблении энергии и не учитывают первичное энергоресурсопотребление, т.е. те затраты, которое несет общество при производстве энергосберегающих материалов и оборудования, первичной энергии. Поскольку в нашей стране мы только учимся строить энергоэффективные дома, такой подход может считаться приемлемым на практике, если мы ставим своей целью получение дома с низким энергопотреблением. Для реализации проектов экодому необходимо учитывать использование экологически чистых материалов: древесины, ржаной соломы, термоконопля, эковаты.

Таким образом, жилищное строительство получает новый вектор устойчивого развития, благодаря возможности строительства доступного, комфортного жилья с высоким уровнем энергоэффективности за счет применения энергосберегающих технологий.

Литература:

1. Директива Европейского Союза «Энергетическая эффективность зданий» от 16 декабря 2002 № 2002/91//Официальный журнал Л1/65, 2003, С.25;
2. Чернышев Л.Н. Основы энергоресурсосбережения в жилищной и коммунальной сфере. М., 2008, С.34;
3. Шеина С.Г., Чулкова Е.В., Миненко Е.Н. Анализ эффективности проведения комплексной санации зданий на объектах жилищного фонда// «Строительство-2011»: материалы Международной научно-практической конференции. 2011.С.82-84.
4. Клычников Р.Ю., Езерский В.А., Монастырев П.В. Оптимизация параметров теплозащиты жилых зданий по экономическому критерию//Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 1. С.13 – 16;
5. Строительные нормы и правила «Тепловая защита зданий» от 23 февраля 2003 №23-02-2003.М.: ГУП ЦПП Госстроя России, 2004;
6. Шеина С.Г., П.В.Федяева, Чулкова Е.В. Исследование эффективности выполнения энергосберегающих мероприятий в жилых зданиях различной этажности// Жилищное строительство.2012. №6. С.70-72.