УДК 69.699.865

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УТЕПЛЕНИЯ И ОТДЕЛКИ НАРУЖНЫХ СТЕН ИЗДЕЛИЯМИ ИЗ ПЕНОСТЕКЛА И ЕЁ ОКУПАЕМОСТЬ

Шаленный В.Т., Степанцова В.В., Халилов А.Э.

Институт «Академия строительства и архитектуры»
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,
295943, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181,
e-mail: [1]v_shalennyj@mail.ru, [1]vasilinka311@mail.ru, [1]si.al.mz@yandex.ru

Аннотация. Настоящая работа является обобщением и продолжением комплекса научно-прикладных и квалификационных магистерских работ, направленных на ресурсосбегающее развитие строительно-коммунального сектора российской экономики. В частности, статья рассматривает вопросы совершенствования конструкций, технологии их устройства и экономику наружного утепления и отделки стен гражданских зданий с использованием изделий из пеностекла. Обосновано предложено усовершенствованную конструкцию стенового ограждения с утеплителем из блоков пеностекла штукатурного типа, представлена оценка сравнительной экономической эффективности по критерию простого срока окупаемости на конкретном гражданском объекте в г. Феодосия.

Предмет исследования: конструктивно-технологические системы наружного утепления и отделки стен гражданских зданий, технико-экономическая эффективность их реализации в нынешних экономических реалиях Республики Крым.

Материалы и методы: анализ состояния вопроса с обоснованием и детализацией сущности предложенной технологии, организационно-технологическое проектирование производства работ на конкретном объекте, локальные сметные расчеты конкурирующих технологий и оценка простого срока окупаемости энергосбережения по этим технологиям.

Результаты: усовершенствованная конструкция стенового ограждения с утеплителем из блоков пеностекла толщиной 100 мм, технология ее монтажа и отделки армированной штукатуркой типа «короед». Технико-экономические показатели предложенной системы по сравнению с наиболее распространенной системой штукатурного типа из пенополистирола и минеральной ваты примерно такой же толщины.

Выводы: Полученные результаты не вступают в резкое противоречие с ранее опубликованными и проанализированными нами работами авторитетных специалистов строительной отрасли. Не устраивающий инвесторов срок окупаемости инвестиций в утепление объекта изделиями из пеностекла практически такой же, как и для утепления повсеместно распространенными плитами из пенополистирола в сочетании с минераловатными противопожарными рассечками. Но с учетом таких неоспоримых преимуществ пеностекла как его долговечность, прочность и огнестойкость, предложенная конструктивно-технологическая система утепления и отделки может иметь свою рациональную область применения в строительстве. Пока же окупаемость вложений в энергосбережение может существенно улучшится только в случае сочетания этого мероприятия с другими, продлевающими жизненный цикл строительного объекта, а также приближения тарифов на тепло к уровню мировых цен, как это уже практически произошло по затратам на производство работ по утеплению и отделке.

Ключевые слова: конструктивно-технологические системы утепления и отделки, пеностекло, окупаемость инвестиций.

ВВЕДЕНИЕ

С момента первой постройки «пассивного дома» в 1991 году в Германии, идея строительства домов с низким энергопотреблением уже получила широкое распространение в мире. Стандарт на строительство пассивных домов был разработан в Западной Европе со средними широтами. В странах, находящихся за пределами 60° северной широты, была также предпринята попытка разработать концепцию здания, которое бы «отапливало само себя». Эффективная теплоизоляция, система вентиляции с рекуперацией тепла, рационально подобранная схема системы отопления и позволяют пассивному дому быть энергоэффективным и рентабельным. Как оказалось, в скандинавских странах, капитальные затраты на строительство пассивного дома не более чем на 10% выше, чем для обычного здания, а сроки окупаемости составляют 6 лет [1]. Хотелось бы стремиться к подобным результатам и в Российской Федерации, в полном соответствии с ФЗ №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности…».

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА, ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕЛИ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Столкнувшись в конце прошлого столетия с очередным обострением энергетического кризиса, развитые страны Европы до сих пор с переменным успехом решают проблемы экономии энергоресурсов при возведении, эксплуатации и модернизации строительных объектов. И в целом, проблема экономии энергоресурсов в строительно-коммунальной отрасли остается актуальной, находит отражение в научных исследованиях и публикациях множества специалистов и до настоящего времени. Состояние данного вопроса освещалось также и в наших статьях [2-4] и монографиях [5 и 6]. Регулярно публикуются работы исследователей различных школ и организаций РФ, например, [7-11].

Здесь акцентируем внимание лишь на некоторых относительно новых выводах и замеченных противоречиях, подтверждающих целесообразность дальнейших изысканий в обозначенном

направлении. Так продолжаются работы специалистов Санкт-Петербургского политехнического университета им. Петра Великого под руководством профессора Ватина Н.И. [12, 13]. Предложенная методика оценки прогнозируемых сроков окупаемости энергосберегающих мероприятий по утеплению наружных стен различными конструктивно-технологическими системами и с использованием различных материалов, к сожалению, дает не утешительные результаты. Например, при существующем и прогнозируемом уровне цен на энергоносители в Санкт-Петербурге, устройство прогрессивного, но дорогого, вентилируемого фасада и использованием теплоизоляционных изделий «URSA GEO» из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем, является экономически не целесообразным для заказчика.

Ведь расчетный срок простой (без дисконтной) окупаемости инвестиций, направленных на дополнительное утепление фасадов существующего многоквартирного жилого дома, составил 59,5 лет. Срок окупаемости, рассчитанный с учетом роста тарифов на энергоносители, выплаты процентов по кредиту и дисконтирования будущих денежных потоков (сложная окупаемость инвестиций) составил: 26,4 года – с учетом необходимости выплат процентов по кредиту (если строительная компания взяла кредит на реализацию данного энергосберегающего мероприятия); 24 года – без учета выплат процентов по кредиту (в случае использования застройщиком собственных (не заёмных) средств). К экономически трудно учитываемым, но очевидным преимуществам такого утепления следует отнести также повышение долговечности эксплуатации объекта да его эстетические качества.

Как результат исследования, в другой публикации [14], сообщается, что для крупнопанельных жилых домов старой серии 1-464-А9 в г. Курске, дополнительное утепление плитами из пенополистирола может окупиться за 16 лет, а срок его эксплуатации после модернизации может продлится еще на 30-50 лет. Отсюда делается вывод о целесообразности модернизационных мероприятий крупнопанельных домов по приведению их к действующим требованиям по теплотехнической защите зданий даже при таком длительном периоде окупаемости инвестиций.

Получая подобные результаты, другие исследователи, наоборот, утверждают, что «целесообразность утепления дома со стенами в два кирпича в Московском регионе является неоднозначной. Затраты на практике могут достигать значений на уровне 2–4 тыс. руб./м2, что делает мероприятие нерентабельным, а поэтому можно говорить «о преждевременности утепления кирпичного дома при отоплении газом, т. к. текущее значение стоимости данного энергоносителя ниже предельного, полученного в расчете, при котором утепление еще целесообразно» [15].

Обозначенными причинами и противоречивыми выводами можно объяснить и малое распространение других прогрессивных энергосберегающих, но дорогих, технологий устройства наружных стен. Здесь обратимся к последнему номеру журнала «ПГС» за истекший 2022 год под названием «25 лет универсальной вакуумно-порошковой теплоизоляционной панели». [16]. Там констатируется, что «сейчас вакуумно-порошковые панели производят в странах Европы, США, Китае и др. Их применяют в холодильниках, рефрижераторах, автомобилях, поездах, самолетах, в системах солнечного обогрева и др. К сожалению, в России, самой холодной и обширной стране на планете Земля, нет ни одного предприятия, которое бы производило эти изделия, теплозащитные свойства которых в 8-10 раз выше, чем у традиционных теплоизоляционных материалов».

Пока же в РФ находят применение относительно менее дорогостоящие штукатурные системы «мокрого фасада», а также рекомендуется устройство наружных стен из многослойных блоков [17]. Разновидностью таких блоков представляются и изделия из пеностекла, обладающие как неоспоримыми преимущества, так и недостатками [18], часть из которых возможно попытаться устранить.

Изделия из пеностекла в Российской Федерации производятся и имеют неоспоримые преимущества долговечности и огнестойкости, но с существенным недостатком высокой стоимости, прежде всего, из-за энергоемкости самого производства и транспортных расходов [19]. Как утверждают эти авторы, несмотря на кажущуюся высокую удельную стоимость пеностекольных материалов, их применение в строительстве позволяет на самом деле не только снизить затраты на материалы, но и существенно снизить нагрузку на несущие конструкции, тем самым повысить надежность возводимых зданий и сооружений.

И в Республике Беларусь изделия из пеностекла выпускают, технология их использования регламентируется как обычная отделочно-изоляционная система штукатурного типа [20]. Такая технология предусматривает так называемое «дюбелирование» выполненных каменной кладкой блоков пеностекла. Но пеностекло – хрупкий материал и может при этом повреждаться, поэтому ранее мы и предложили несколько вариантов крепления блоков пеностекла при помощи кронштейнов из углепластика или пластмассы на оцинкованных анкерах в утепляемой стене (Рис.1), [3]. Однако последующий критический анализ показал, что и последнее конструктивно-технологическое решение также не лишено отдельных недостатков, которые можно устранить при дальнейшем развитии технологии и организации работ.

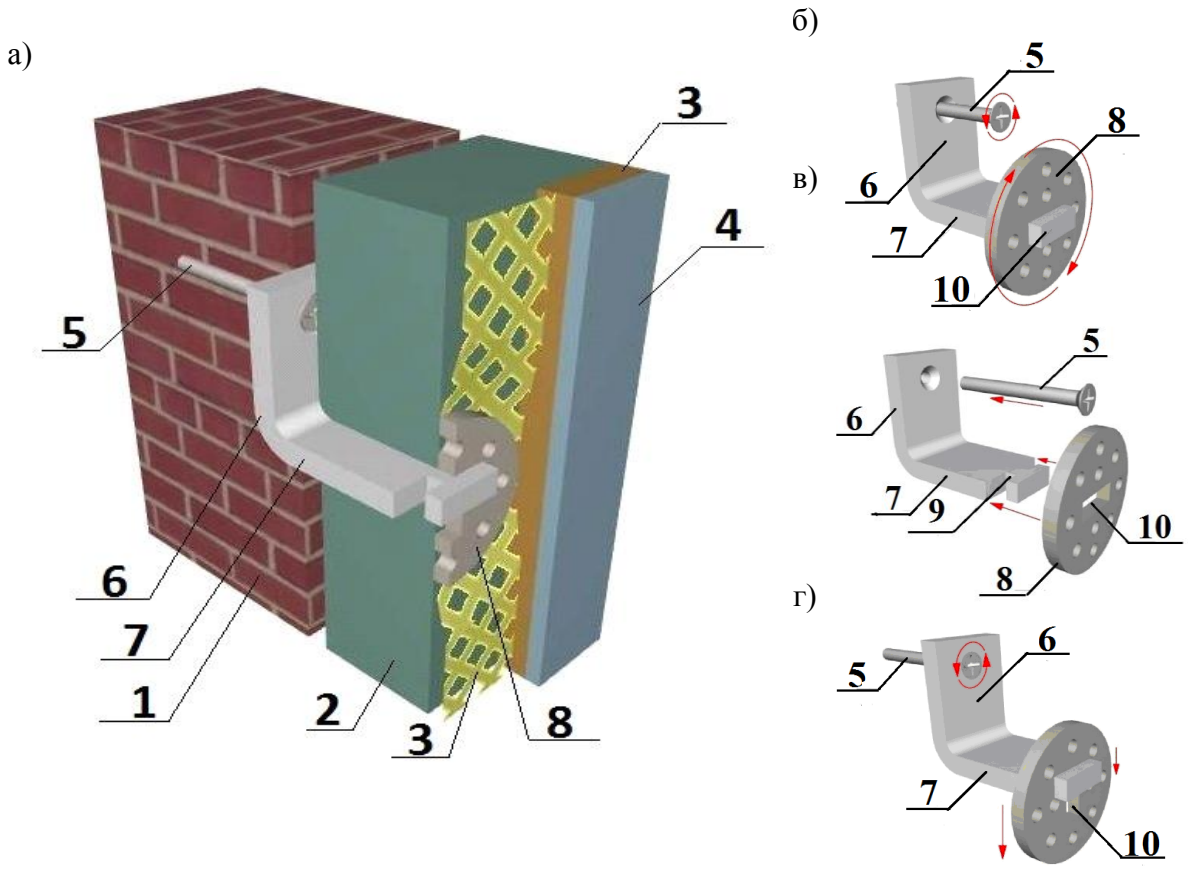


Рис.1. Конструктивно-технологическая система наружного утепления и отделки стен блоками пеностекла с разъёмными пластиковыми кронштейнами: а) – общий вид в разрезе; б) – г) – этапы сборки элементов крепления блоков на поверхности стеновой конструкции; 1 – стена, 2 – утеплитель, 3 – армирующий штукатурный слой, 4 – облицовка, 5 - дюбель, 6 – кронштейн, 7 – его горизонтальная часть, 8 – шайба, 9 – паз в кронштейне 6, 10 – отверстие в шайбе 8

Fig.1. Structural and technological system of external insulation and wall decoration with foam glass blocks with detachable plastic brackets: a) - general view in section; b) – d) – assembly stages of the elements of fastening blocks on the surface of the wall structure; 1 – wall, 2 – insulation, 3 – reinforcing plaster layer, 4 – facing, 5 - dowel, 6 – bracket, 7 – its horizontal part, 8 – washer, 9 – groove in bracket 6, 10 – hole in washer 8

Цель работы – дальнейшее совершенствование конструктивно-технологической системы наружного утепления и отделки стен блоками пеностекла для приспособления технологии к реалиям строительно-коммунального сектора российской экономики. **Задачи:**

- Анализ отечественного и зарубежного опыта энергосберегающей политики, использования для этого изделий из пеностекла в конструкциях утепления и отделки строительных объектов с определением целесообразности, цели, задач и возможных направлений дальнейшего развития выделенной технологии;
- Разработка и патентование конструкции стеновой изоляционной системы штукатурного типа, предполагающей исключение выявленных недостатков и приближение ее к практике строительства и реконструкции;
- Оценка прогнозируемой эффективности использования разработки в проекте строительства конкретного объекта – 10-этажного жилого дома по Черноморской набережной в г. Феодосия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Устраняемым недостатком стеновой конструкции-прототипа представляется повышенное требование к ровности конструкции подосновы (стены) и калиброванной толщины блоков утеплителя. Только при таком условии возможна предложенная система фиксации утеплителя и армирующей сетки без существенного зазора между ними. На практике же часто наблюдаются как неровности утепляемой стены, так и колебания толщины используемых блоков утеплителя. Поэтому в основу строительно - технологического совершенствования стеновой конструкции поставлена техническая задача приспособления ее к условиям возможных неровностей предварительно устроенной поверхности стены и толщины устраиваемого слоя утеплителя. Решение поставленной задачи осуществляется путем обеспечения возможности организации плоскости фиксации шайбы на уголке кронштейна на изменяющемся расстоянии от стены. Для чего предложено часть кронштейна выполнить с профилированной нарезкой, имеющей утолщения,

а отверстие в шайбе меньше этих утолщений. Причем предпочтительно чтобы упомянутые утолщения профиля нарезки были направлены к стене, как показано на Рис.2б.

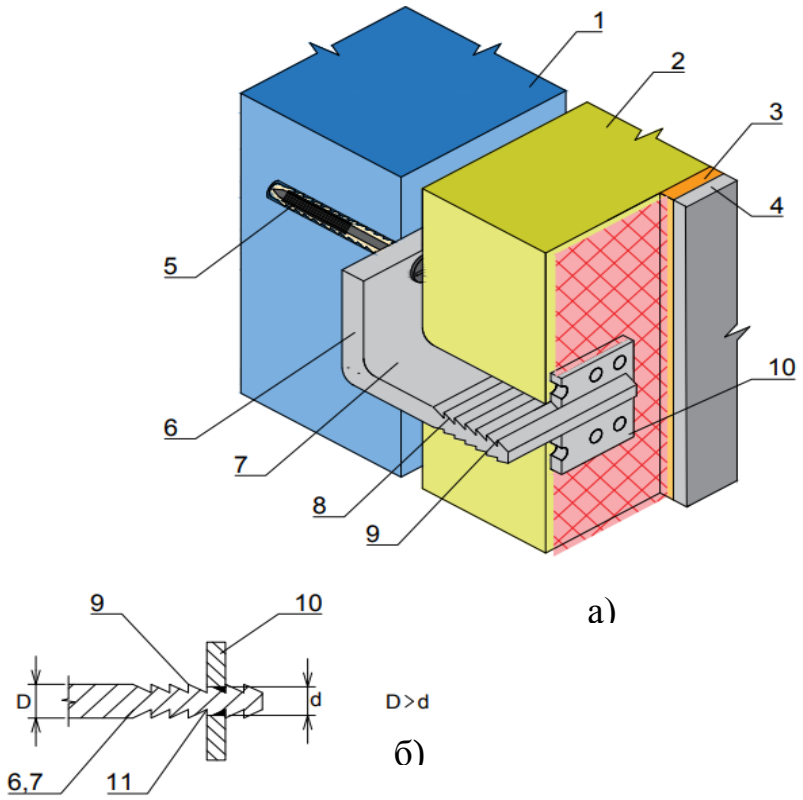


Рис.2. Конструктивно-технологическая система наружного утепления и отделки стен блоками пеностекла с разъёмными пластиковыми кронштейнами: а) – общий вид в разрезе; б) –деталь фиксации шайбы на кронштейне
Fig.2. Structural and technological system of external insulation and wall decoration with foam glass blocks with detachable plastic brackets: a) - general view in section; b) –detail of fixing the washer on the bracket

Патентуемая изоляционно-отделочная конструкция (заявка №2023100833 от 16.01.2023г.) представляет собой подлежащую наружному утеплению и отделке стену 1, слой теплоизоляции 2 из блоков пеностекла, армирующий слой 3 и последующий слой наружной штукатурки 4. Крепление к стене 1 теплоизоляции 2 и армирующего слоя 3 выполнено при помощи оцинкованного анкера 5 с пластиковым уголком 6 кронштейна 7. Его горизонтальная полка снабжена профилированной нарезкой 8 с утолщениями 9 в направлении к стене 1. На кронштейн 7 одета шайба 10, отверстие 11 в которой меньше утолщений 9 нарезки 8.

Производство работ по устройству изоляционно-отделочной конструкции стены заключается в ниже следующем. В стене 1 пробуривают отверстия под анкеры 5. Слой теплоизоляции 2, преимущественно в виде кладки из блоков пеностекла, доводят до уровня будущего расположения горизонтальной полки 7 кронштейна 6 с профилированной нарезкой 8. Оцинкованный анкер 5, вместе с кронштейном 7 фиксируют в пробуренной скважине стены 1. На растворе или клеевом составе выполняют следующий ряд теплоизоляции 2 на полке 7 кронштейна 6 с нарезкой 8. На выступающую из плоскости теплоизоляции 2 часть кронштейна 6 одевают сначала сетку армирующего слоя 3, а затем – шайбу 10. Отверстие 11 в шайбе 10 размером d меньше обращенных к стене утолщений 9 размером D нарезки 8 кронштейна 7, Рис. 2б. Прикладывая горизонтальные усилия к шайбе 10, последняя, деформируясь, перемещается к упору в слой теплоизоляции 2. Проскочив соответствующее утолщение 9 нарезки 8, шайба 10 обратно сдвигаться не сможет, таким образом фиксируя как собственное положение, так и слой теплоизоляции 2, вместе с сеткой армирующего слоя 3. Выступающую за шайбу 10 часть кронштейна 7 с нарезкой 8 срезают так, чтобы она не выходила за поверхность отделочного слоя впоследствии устраиваемой штукатурки 4.

Как пример, запроектированная изоляционно-отделочная система стены из тяжелого бетона толщиной 200 мм имеет слой теплоизоляции из блоков пеностекла толщиной 100 мм на растворе прикреплена к стене при помощи пластиковых кронштейнов длиной 150 мм и сечением 2 х 20 мм. Шайба крепления в исходном состоянии, до монтажа, имеет прямоугольное отверстие размером 21 х 1,5 мм, а глубина впадин в нарезке кронштейна – 0,25 мм. Таким образом, деформируясь под горизонтально приложенным усилием, шайба «скользит» по выступам нарезки кронштейна и фиксируется в нужном положении, соответствующем местным неровностям в профиле

стены и возможным отклонениям в толщине блочного или плитного утеплителя. Мы предполагаем, что подобный принцип фиксации утеплителя и армирующей сетки может быть применен и для других утепляюще-отделочных отделочных систем, например, с рулонным или плитным минераловатным утеплителем.

Проектирование технологии утепления и отделки наружных стен изделиями из пеностекла выполнено на примере 10-этажного жилого дома по Черноморской набережной в г. Феодосия. Конструктивная схема здания состоит из пространственного монолитного железобетонного каркаса, монолитных плит перекрытий, связанных со стенами жестко. Наружные и внутренние несущие стены здания номинальной толщиной 200 мм выполнены из монолитного железобетона. Перемычки оконных и дверных проемов – металлические из швеллера №20. Остекление оконных проемов из металлопластиковых изделий. Изначальным проектом предусматривалось утепление стен из пенополистирола с обрамлением оконных проемов минеральной ватой, финишная отделка - из декоративной штукатурки «короед».

Расчет стоимости строительно-монтажных работ по устройству конкурирующих систем теплоизоляции и отделки на объекте производился базисно-индексным методом с применением лицензированного программного комплекса «Гранд-Смета», с использованием нормативных сборников, утвержденных Постановлением Совета Министров Республики Крым № 483 от 25.09.2017г. «О введении в действие изменений в территориальные сметные нормативы Республики Крым». Локальные сметы составлены с применением накладных расходов, сметной прибыли и дополнительных начислений на условия труда, согласно Методик определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации: - с учетом непредвиденных работ и затрат в размере 2%; - при расчете применены индексы изменения сметной стоимости строительства по статьям затрат на 1 квартал 2023года для Республики Крым (Письмо Минстроя России от 30.01.2023 № 4125-ИФ/09). - налог на добавленную стоимость в размере 20%.

Расчет рыночной стоимости строительных материалов, использованных при производстве строительно-монтажных работ и отраженных в локальном сметном расчете. Стоимость аналогов установлена путем обзора цен предложения в сети Internet. Не учитывалась стоимость доставки при использовании объектов-аналогов, продаваемых в других регионах и городах РФ, в связи с тем, что географические границы рынка для потребительских товаров не являются ценообразующим признаком.

Экономия затрат на отопление в стоимостном выражении определялась по формуле:

$$\Delta Э = \Delta U \text{ x } \frac{24*ГСОП}{1163*1000} \text{ x } Ст., \text{ где:}$$

ΔU – разность потерь тепловой энергии через 1 м^2 наружной стены до проведения мероприятий по утеплению стен и после утепления;

ГСОП - градусо-сутки отопительного периода, для жилого здания в г. Феодосия ГСОП = 2755,2 ^{0}С сут. /год;

1163 – переводной коэффициент из квтч в Гкал;

24 – количество часов в сутках;

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

Ст. – величина тарифа, руб./Гкал; (для расчета принимаем 2699,29 руб./Гкал – для г. Феодосия).

В результате получены сметные затраты и технико-экономические показатели сравнительной эффективности проекта, представленные в таблице.

Таблица 1. Технико-экономические показатели сравнительной эффективности технологий утепления изделиями из пеностекла и пенополистирола с минеральной ватой

Table 1. Technical and economic indicators of the comparative effectiveness of insulation technologies with products made of foam glass and expanded polystyrene with mineral wool

№ п.п.	Наименование показателя	Ед. измерения	Значение по варианту конструкции утепления и отделки	
			Пенополистирол с минеральной ватой	Изделиями из пеностекла
1	Площадь утепляемого фасада	Кв. м	3590	3590
2	Толщина утеплителя	мм	100	100
3	Плотность утеплителя	кг/ м^3	30	160
4	Термическое сопротивление конструкции стены	м^2 ·°С/Вт	2,55	2,36
5	Теплопотери через кв. м стенового ограждения	кВт/м^2	38,35	39,06
6	Годовая экономия тепловой энергии на отопление	кВт/м^2	29,19	28,68
7	То же, в стоимостном выражении на объекте	тыс. руб.	0,3676	0,3369
8	Капитальные затраты на утепление и отделку кв. м	тыс. руб.	9,947	10,371
9	Простой срок окупаемости	лет	26,62	30,7

ВЫВОДЫ

Полученные результаты не вступают в резкое противоречие с ранее опубликованными и проанализированными нами работами авторитетных специалистов строительной отрасли. Не устраивающий инвесторов срок окупаемости инвестиций в утепление объекта изделиями из пеностекла практически такой же, как и для утепления повсеместно распространенными плитами из пенополистирола в сочетании с минераловатными противопожарными рассечками. Но с учетом таких неоспоримых преимуществ пеностекла как его долговечность, прочность и огнестойкость, предложенная конструктивно-технологическая система утепления и отделки может иметь свою рациональную область применения в строительстве. Пока же окупаемость вложений в энергосбережение может существенно улучшится только в случае сочетания этого мероприятия с другими, продлевающими жизненный цикл строительного объекта [2], а также приближения тарифов на тепло к уровню мировых цен, как это уже практически произошло по затратам на производство работ по утеплению и отделке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джигит, Т., Дюрр, Д., Туунанен, Я., Луома, М. Пассивные дома в Финляндии // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2013. – № 8(13). – С. 12-19. DOI: 10.18720/CUBS.13.2
2. Шаленный В.Т., Мороз В.В. Возможность сокращения сроков окупаемости инвестиций в энергосбережение путем учета и совершенствования и других ресурсосберегающих мероприятий при реконструкции //Строительство и реконструкция. – 2016. – №6(67). – С.108-115.
3. Шаленный, В.Т. Ресурсосберегающее развитие конструктивно-технологических решений утепления и отделки наружных стен блоками из пеностекла /В.Т. Шаленный, О. Древетняк // Строительство и техногенная безопасность. – 2018. – № 10(62). – С. 89-96. – EDN VKAIQA.
4. Шаленный, В.Т. Повышение конкурентоспособности утепления наружных стен пеностеклом путём развития их конструктивно-технологических решений //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2019. – №3-4. – С.33-36.
5. Романенко, Т.Н. Утепление ограждающих конструкций / Т.Н. Романенко, С.И. Федоркин, В.Т. Шаленный. – Vienna: “East West” Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH, 2016. – 365 с. – ISBN 978-3-903115-58-3. – EDN XFVFMN.
6. Шаленный, В.Т. Интенсификация и эргономика строительного производства / В.Т. Шаленный. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "КноРус", 2021. – 340с. – ISBN 978-5-4365-8243-6. – EDN INGYRA.
7. Авдеева, А.О. Конструктивно-технологические решения возведения штукатурных фасадов зданий / А.О. Авдеева // Colloquium-Journal. – 2019. – № 9-1(33). – С. 12-13. – EDN AGYIQE.
8. Гагарин, В.Г. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» / В.Г. Гагарин, В.В. Козлов //Жилищное строительство. – 2011. – №8. – С.2-6.
9. Горшков, А.С. История, эволюция и развитие нормативных требований к ограждающим конструкциям [Текст] / А.С. Горшков, В.И. Ливчак // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. -№3(30) – С.3-30.
10. Дворецкий, А.Т. Низкоэнергетические здания: окна, фасады, солнцезащита, энергоэффективность: монография / А.Т. Дворецкий, А.В. Спиридонов, И.Л. Шубин. – М.: Директ-Медиа, 2022. – 232с.
11. Езерский, В.А. Оптимизация параметров тепловой защиты зданий по экономическому критерию / В.А. Езерский, П.В. Монастырев, Р.Ю. Клычников //Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – №3. – С.13-16.
12. Вилинская, А.О., Немова, Д.В., Давыдова, Е.И., Гнам, П.А. Повышение класса энергоэффективности общественного здания // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – № 9(36). – С. 7-17. DOI: 10.18720/CUBS.36.1.
13. Немова, Д.В., Горшков, А.С., Ватин, Н.И., Кашабин, А.В., Цейтин Д.Н., Рымкевич, П.П. Технико-экономическое обоснование по утеплению наружных стен многоквартирного жилого здания с устройством вентилируемого фасада // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 11(26). С. 70-84. DOI: 10.18720/CUBS.26.6.
14. Вяткина, А. А. Анализ окупаемости работ по утеплению фасадов жилых домов для повышения их энергоэффективности при капитальном ремонте / А. А. Вяткина // Безопасность строительного фонда России проблемы и решения: материалы Международных академических чтений, Курск, 15 ноября 2019 года. – Курск: Курский государственный университет, 2019. – С. 240-245. – EDN XVDBSU.
15. Окунев, А. Ю. Оптимизация утепления наружных стен на примере частных жилых домов / А.Ю. Окунев // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – Т. 21. – № 1. – С. 126-139. – DOI 10.31675/1607-1859-2019-21-1-126-139. – EDN VUHEQK.
16. Кокоев, М. Н. 25 лет универсальной вакуумно-порошковой теплоизоляционной панели // Промышленное и гражданское строительство. – 2022. – №12. С.22-28. doi: 10.33622/0869-7019.2022.12.22-28.
17. Богданов, В.Ф. Технико-экономическая эффективность многослойных наружных стен / В.Ф. Богданов, Д.Н. Тарасов, И.П. Федосеева, В.П. Чумаков //Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы III Международной (IX Всероссийской) конференции НАСКР–2016. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та. – 2016. – С. 343-348.

18. Степанцова, В.В. Достоинства и недостатки использования пеностекла в наружном утеплении стен зданий / В.В. Степанцова // Инновационное развитие строительства и архитектуры: взгляд в будущее: сборник тезисов участников Международного студенческого строительного форума – 2022, Симферополь, 17-19 ноября 2022 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2022. – С. 216-219. – EDN KWMTWF.

19. Шелковникова, Т. И. Стратегический анализ и оценка рыночных перспектив материалов и изделий из пеностекла / Т. И. Шелковникова, Е. В. Баранов, Е. А. Пряженцева // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2018. – № 6. – С. 15-20. – DOI 10.12737/article_5b115a5f648ca5.27747964. – EDN FILDPU.

20. Болотин, В.Н. Виват, пеностекло! По материалам АО «Гомельстекло» / В.Н. Болотин // Стекло мира. – 2011. – № 1. – С. 28-30.

21. Минько, Н.И. Перспективы развития технологии и производства и применения пеностекла / Н.И. Минько, О.В. Пучка, М.Н. Степанова // Стекло мира. – 2011. – № 1. – С. 61-62. – EDN QZDNLB.

22. Минько, Н.И., Пучка, О.В., Евтушенко, Е.И., Нарцев, В.М., Сергеев, С.В. Пеностекло – современный эффективный неорганический теплоизоляционный материал // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6. – С.849-854.

REFERENCES

1. Dzhigit, T., Durr, D., Tuunanen, Ya., Luoma, M. Passive houses in Finland // Construction of unique buildings and structures. 2013. No. 8(13). pp. 12-19. DOI: 10.18720/CUBS.13.2

2. Shalenny V.T., Moroz V.V. The possibility of reducing the payback period of investments in energy saving by taking into account and improving other resource-saving measures during reconstruction // Construction and reconstruction. – 2016. – № 6(67). – Pp.108-115.

3. Shalenny, V.T. Resource-saving development of structural and technological solutions for insulation and finishing of exterior walls with foam glass blocks / V.T. Shalenny, O. Drevetnyak // Construction and technogenic safety. – 2018. – № 10(62). – Pp. 89-96. – EDN VKAIQA.

4. Shalenny, V.T. Improving the competitiveness of insulation of external walls with foam glass by developing their structural and technological solutions //Construction materials, equipment, technologies of the XXI century. – 2019. – №3-4. – Pp.33-36.

5. . Romanenko, T.N. Insulation of enclosing structures / T.N. Romanenko, S.I. Fedorkin, V.T. Shalenny. – Vienna: “East West” Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH, 2016. – 365 p. – ISBN 978-3-903115-58-3. – EDN XFVFM.

6. Shalenny, V.T. Intensification and ergonomics of construction production / V.T. Shalenny. – Moscow: Limited Liability Company "Knorus Publishing House", 2021. – 340 p. – ISBN 978-5-4365-8243-6. – EDN INGYRA.

7. Avdeeva, A.O. Constructive and technological solutions for the construction of plaster facades of buildings / A.O. Avdeeva //Colloquium-Journal. – 2019. – № 9-1(33). – Pp. 12-13. – EDN AGYIQE.

8. Gagarin, V.G. Requirements for thermal protection and energy efficiency in the project of the updated SNIP "Thermal protection of buildings" / V.G. Gagarin, V.V. Kozlov //Housing construction. – 2011. - No.8. – Pp.2-6.

9. Gorshkov, A.S. History, evolution and development of regulatory requirements to enclosing structures [Text] / A.S. Gorshkov, V.I. Livchak // Construction of unique buildings and structures. – 2015. – №3(30). – Pp.3-30.

10. Dvoretsky, A.T. Low–energy buildings: windows, facades, sun protection, energy efficiency: monograph / A.T. Dvoretsky, A.V. Spiridonov, I.L. Shubin. – M.: Direct-Media, 2022, 232 p.

11. Ezersky, V.A. Optimization of parameters of thermal protection of buildings by economic criterion / V.A. Ezersky, P. V. Monastyrev, R.Y. Klychnikov //Industrial and civil construction. 2010. – No. 3. – Pp.13-16.

12. Vilinskaya, A.O., Nemova, D.V., Davydova, E.I., Gnam, P.A. Improving the energy efficiency class of a public building // Construction of unique buildings and structures. 2015. No. 9(36). Pp. 7-17. DOI: 10.18720/CUBS.36.1.

13. Nemova, D.V., Gorshkov, A.S., Vatin, N.I., Kashabin, A.V., Tseitin, D.N., Rymkevich, P.P. Feasibility study on insulation of exterior walls of an apartment building with a ventilated facade // Construction of unique buildings and structures. 2014. No. 11(26). PP. 70-84. DOI: 10.18720/CUBS.26.6.

14. Vyatkina, A.A. Analysis of the payback of work on the insulation of facades of residential buildings to increase their energy efficiency during major repairs / A. A. Vyatkina // Safety of the Russian Construction Fund problems and solutions: Materials of International Academic Readings, Kursk, November 15, 2019. – Kursk: Kursk State University, 2019. – Pp. 240-245. – EDN XVDBSU.

15. Okunev, A. Yu. Optimization of insulation of external walls on the example of private residential buildings / A. Yu. Okunev //Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. – 2019. – VOL. 21. – No. 1. – PP. 126-139. – DOI 10.31675/1607-1859-2019-21-1-126-139. – EDN VUHEQK.

16. Kokoev, M.N. 25 years of universal vacuum-powder thermal insulation panel // Industrial and civil construction. – 2022. – No.12. pp.22-28. doi: 10.33622/0869-7019.2022.12.22-28.

17. Bogdanov, V.F. Technical and economic efficiency of multilayer exterior walls / V.F. Bogdanov, D.N. Tarasov, I.P. Fedoseeva, V.P. Chumakov // New in architecture, design of building structures and reconstruction: materials of the III International (IX All–Russian) Conference of NASKR-2016. – Cheboksary Chuvash Publishing House. un-ta. – 2016. – Pp. 343-348.

18. Stepantsova, V.V. Advantages and disadvantages of using foam glass in the external insulation of walls of buildings / V. V. Stepantsova // Innovative development of construction and architecture: a Look into the future: a collection of abstracts of participants of the International Student Construction Forum – 2022, Simferopol, November 17-19, 2022. – Simferopol: Limited Liability Company "Publishing House Printing House "Arial", 2022. – Pp. 216-219. – EDN KWMTWF.

19. Shelkovnikova, T.I. Strategic analysis and evaluation of market prospects of materials and products made of foam glass / T.I. Shelkovnikova, E.V. Baranov, E.A. Pryazhentseva // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. – 2018. – No. 6. – Pp. 15-20. – DOI 10.12737/article_5b115a5f648ca5.27747964. – EDN FILDPU.

20. Bolotin, V.N. Vivat, foam glass! Based on the materials of JSC "Gomelsteklo" / V.N. Bolotin // Glass of the world. – 2011. –No. 1. – pp. 28-30.

21. Minko, N. I. Prospects for the development of technology and production and application of foam glass / N.I. Minko, O. V. Puchka, M. N. Stepanova // Glass of the world. - 2011. – No. 1. – Pp. 61-62. – EDN QZDNLB. Minko, N.I., Pucha, O.V., Yevtushenko, E.I., Nartsev, V.M., Sergeev, S.V. Foam glass is a modern effective inorganic thermal insulation material // Fundamental Research No 6, 2013, Pp. 849-854.

IMPROVED STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEM OF INSULATION AND FINISHING OF EXTERIOR WALLS WITH FOAM GLASS PRODUCTS AND ITS PAYBACK

Shalenny V.T., Stepanova V.V., Khalilov A.E.

Institute "Academy of Construction and Architecture"
V.I. Vernadsky Crimean Federal University,
181, Kievskaya str., Simferopol, 295050, Russian Federation

Abstract. This work is a generalization and continuation of the complex of scientific and applied and qualifying master's works aimed at resource-saving development of the construction and communal sector of the Russian economy. In particular, the article examines the issues of improving structures, the technology of their device and the economics of external insulation and wall decoration of civil buildings using foam glass products. The improved design of a wall fence with insulation made of plaster-type foam glass blocks is substantiated, an assessment of comparative economic efficiency by the criterion of a simple payback period at a specific civil facility in Feodosia is presented.

Subject of research: structural and technological systems of external insulation and wall decoration of civil buildings, technical and economic efficiency of their implementation in the current economic realities of the Republic of Crimea.

Materials and methods: analysis of the state of the issue with justification and detailing of the essence of the proposed technology, organizational and technological design of work at a specific facility, local estimates of competing technologies and evaluation of the simple payback period of energy saving for these technologies.

Results. the improved design of the wall fence with insulation made of foam glass blocks with a thickness of 100 mm, the technology of its installation and finishing with reinforced plaster of the "bark beetle" type. Technical and economic indicators of the proposed system in comparison with the most common plaster type system made of expanded polystyrene and mineral wool of approximately the same thickness.

Conclusions: The results obtained do not come into sharp contradiction with the previously published and analyzed works of reputable specialists in the construction industry. Investors are not satisfied with the payback period for investments in the insulation of the object with foam glass products is almost the same as for insulation with ubiquitous styrofoam plates in combination with mineral wool fire cuts. But taking into account such indisputable advantages of foam glass as its durability, strength and fire resistance, the proposed structural and technological system of insulation and finishing can have its own rational scope of application in construction. In the meantime, the payback of investments in energy saving can significantly improve only if this event is combined with others that prolong the life cycle of a construction object, as well as the approximation of heat tariffs to the level of world prices, as has already practically happened in terms of the costs of insulation and finishing works.

Key words: structural and technological systems of insulation and finishing, foam glass, return on investment.