

А.Д. ЖУКОВ¹, канд. техн. наук (lj211@yandex.ru); К.А. ТЕР-ЗАКАРЯН², управляющий директор; И.В. БЕССОНОВ³, канд. техн. наук; В.С. СЕМЕНОВ¹, канд. техн. наук; А.В. СТАРОСТИН³, инженер

¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

² ООО «ТЕПОФОЛ» (140301, Московская обл., г. Егорьевск, ул. Профсоюзная, 34)

³ Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

Системы строительной изоляции с применением пенополиэтилена

Одним из достоинств вспененного полиэтилена является возможность формирования бесшовных изоляционных оболочек. Материал прикрепляют к основанию механически, листы соединяют в замок и сваривают горячим воздухом. Приведены результаты обследования строительных конструкций: каркасных коттеджей и бескаркасных складских сооружений, в которых пенополиэтилен выполняет функцию наружной или интерьерной изоляции, а также системы изоляции плавающего пола. Натурное обследование каркасного здания показало, что влажность соснового бруса находится в пределах нормативной; появления гнили не зафиксировано. Обоснована целесообразность утепления только наружным полотном пенополиэтилена расчетной толщины без заполнения каркаса, что при нормативном воздухообмене и соблюдении условий кондиционирования будет достаточным для поддержания микроклимата в помещении. Тепловизионная съемка бескаркасного хранилища, выполненного из гофрированного листа, продемонстрировала практически полное отсутствие мостиков холода по глади изоляционной оболочки. Отмечается, что внедрение современных технологий теплоизоляции (утепления) продовольственных складов и овощехранилищ не только решает вопрос энергоэффективного всепогодного их использования, но напрямую влияет на эффективность систем хранения плодовоовощной продукции в подобных сооружениях.

Ключевые слова: вспененный полиэтилен, системы изоляции, сварка замковых соединений, бесшовное полотно, каркасный коттедж, бескаркасное сооружение.

Для цитирования: Жуков А.Д., Тер-Закарян К.А., Бессонов И.В., Семенов В.С., Старостин А.В. Системы строительной изоляции с применением пенополиэтилена // *Строительные материалы*. 2018. № 9. С. 58–61. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-763-9-58-61>

A.D. ZHUKOV¹, Candidate of Sciences (Engineering) (lj211@yandex.ru); K.A. TER-ZAKARYAN², Managing Director; I.V. BESSONOV³, Candidate of Sciences (Engineering); V.S. SEMENOV¹, Candidate of Sciences (Engineering); A.V. STAROSTIN³, Engineer

¹ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (26, Yaroslavskoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

² ООО «ТЕПОФОЛ» (34, Profsoyuznaya Street, Egor'evsk, Moscow Region, 140301, Russian Federation)

³ Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (21, Lokomotivniy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

Systems of Construction Insulation with the Use of Foam Polyethylene

One of the advantages of foam polyethylene is the ability to form seamless insulation shells. Material is mechanically attached to the base, the sheets are locked and welded with hot air. The results of the survey of building structures: frame cottages and frameless storage facilities, in which the foam polyethylene performs the function of external or interior insulation, as well as the insulation system of floating floor, are presented. Full-scale inspection of the frame building showed that the humidity of pine balk is within the normative; the appearance of rot is not fixed. The expediency of insulation only by the outer sheet of the foam polyethylene of calculated thickness without filling the frame is justified, which in case of normative air exchange and compliance with the conditions of air conditioning will be sufficient to maintain the microclimate in the room. Thermo-vision survey of the frameless storage, made of corrugated sheet, demonstrated the almost complete absence of cold bridges on the smooth surface of the insulation shell. It is noted that the introduction of modern technologies of thermal insulation (heat insulation) of food warehouses and vegetable stores not only solves the issue of their energy-efficient all-season use, but directly affects the efficiency of storage systems of fruits and vegetables in such facilities.

Keywords: foamed polyethylene, insulation system, welding of lock connections, seamless sheet, frame cottage, frameless structure.

For citation: Zhukov A.D., Ter-Zakaryan K.A., Bessonov I.V., Semenov V.S., Starostin A.V. Systems of construction insulation with the use of foam polyethylene. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 9, pp. 58–61. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-763-9-58-61> (In Russian).

Системы изоляции зданий и сооружений предполагают применение эффективных теплоизоляционных изделий [1–6] на основе минеральной ваты, пенополистиролов, пенополиуретанов и др. Изделия из несшитого пенополиэтилена (НПЭ) длительное время применяли в качестве изоляции трубопроводов, отражающей изоляции, защиты от инфильтрации воздуха и др. Современные технологии и технические решения позволили расширить область применения НПЭ как строительной теплоизоляции [7, 8].

Новизна материала и запатентованной технологии Теплофол® (патент №2645190) по сравнению с известными решениями заключается в разработке рулонного материала на основе НПЭ толщиной от 20 до 150 мм с замковым соединением, а также технологии бесшовного соединения отдельных теплоизоляционных полотен. Рулоны несшитого вспененного полиэтилена (НПЭ)

закрепляются на каркасе механическим способом и соединяются в замок. В свою очередь, замковая система на стыке двух полотен сваривается между собой посредством строительного фена. В результате сваривания при температуре 110–120°C получается единое бесшовное полотно [9, 10, 11]. В статье излагаются результаты практического опыта применения подобных решений в системах наружной и интерьерной изоляции в каркасных и бескаркасных сооружениях.

Каркасные конструкции широко применяются при строительстве малоэтажных зданий. К преимуществам таких конструкций относят относительно небольшую массу, ремонтпригодность, возможность выполнения монтажных и строительных работ с применением средств только малой механизации. Относительно малая нагрузка на фундамент делает возможным применение малозаглубленных или свайных фундаментов, что



Рис. 1. Теплоизоляция коттеджа: а – разворачивание рулона НПЭ; б – закрепление теплоизоляции и шивка полотен НПЭ; в – формирование изоляционного контура и оконных проемов

также снижает стоимость сооружения. В качестве каркаса используют в основном изделия из древесины, пропитанные антипиренами и антисептиками.

В рассматриваемых системах теплоизоляционные материалы (средней плотностью 50–70 кг/м³) располагают между элементами каркаса, и не подвергаются механической нагрузке. Прочностные характеристики таких изделий невысоки, что предполагает защиту изоляционных слоев не только от механических нагрузок, но и от потоков воздуха и паровоздушной смеси. В противном случае возможен вынос волокон и связующего, что приводит к усадке и деформации этих изделий, т. е. нарушению сплошности изоляционного покрытия.

Применение рулонного пенополиэтилена делает возможным изоляцию каркасной системы по внешнему контуру (рис. 1). Рулоны НПЭ (длина рулона может изготавливаться любая в соответствии с техническими требованиями) разматываются по периметру здания и фиксируются к деревянным стойкам саморезами со шляпками. Полотна по поверхностям контакта соединяют встык и сваривают горячим воздухом. Пенополиэтилен по периметру проемов дополнительно механически закрепляют. Длина соединительного элемента равна длине изоляционного слоя из НПЭ плюс 10–20 мм в зависимости от типа несущей конструкции. Далее в изоляционной оболочке прорезают оконные и дверные проемы, устанавливают оконное оформление.

Пенополиэтилен паро- и влагонепроницаем, соответственно непроницаема бесшовная изоляционная оболочка, выполненная из этого материала. Учитывая то, что изоляционная оболочка располагается по внешнему контуру каркасной системы, наиболее важным вопросом становится влажностное состояние каркаса.

Целью натурного обследования стали: оценка влажностного состояния деревянного каркаса и утеплителя – пенополиэтилена, а также теплозащитные свойства наружной стены. Обследование жилого дома проведено в марте 2018 г., так как март является завершающим месяцем зимнего отопительного периода и считается месяцем наибольшего влагонакопления строительных материалов, эксплуатируемых в наружных ограждающих конструкциях. Жилой дом эксплуатировался круглогодично в течение пяти лет. Отопление осуществляется посред-

ством дизельного котла. Кондиционирование воздуха в обследуемом помещении осуществляется посредством приточно-вытяжной системы вентиляции с рекуперацией. Стена дома снаружи по полотну из пенополиэтилена обшита фанерой толщиной 10 мм с последующей облицовкой пластиковым сайдингом.

Температура наружного воздуха составляла $-12 \pm 2^\circ\text{C}$, относительная влажность 80%, содержание водяных паров (абсолютная влажность) 1,7 г/м³. Температура воздуха в помещении составляла $23 \pm 2^\circ\text{C}$, относительная влажность 20%, содержание водяных паров (абсолютная влажность) 4,7 г/м³. Каркасная конструкция наружных стен обследуемого дома состоит из соснового бруса 150×150 мм, пространство между которым заполнено разноразмерными кусками пенополиэтилена; снаружи каркас обернут состыкованным полотном вспененного полиэтилена марки Теплофол® толщиной 50 мм с металлизированным покрытием. Стыки полотна сварены строительным феном по технологии производителя.

Проведены замеры влажности сосновой вагонки (внутренняя отделка) экспресс-измерителем влажности и теплопроводности ИВТП-12 по ГОСТ 8.621–2006. Влажность в среднем составила около 14 мас. %. Для оценки влажностного состояния строительных материалов, составляющих наружную стену здания, отобраны пробы пенополиэтилена и фрагменты соснового бруса (рис. 2). Пробы помещены в герметичные пакеты и транспортированы в лабораторию для термогравиметрического определения влажности.

В процессе послойного демонтажа материалов наружной стены при визуальном осмотре выявлены зоны увлажнения внутренней поверхности пенополиэтиленового полотна, окутывающего каркас дома. Увлажнение обнаружено в зонах, где утеплитель в каркасе состоял из разрозненных кусков и уложен с заметным швами и неплотным примыканием. Плесени и гнили на деревянных элементах каркаса не обнаружено.

Для оценки теплозащитных качеств наружной стены из деревянного каркаса с утеплением полотном вспененного полиэтилена марки Теплофол® на выбранном участке стены проведено экспериментальное определение сопротивления теплопередаче в соответствии с ГОСТ 26254–84 «Здания и сооружения. Методы опреде-



Рис. 2. Место отбора проб и фрагментов соснового бруса в наружной стене здания

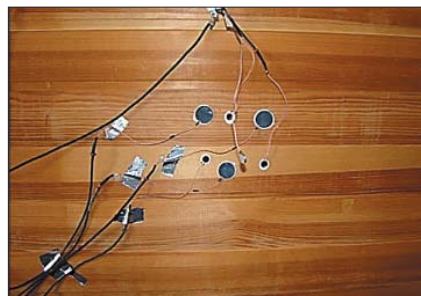


Рис. 3. Установка датчиков температуры и тепловых потоков



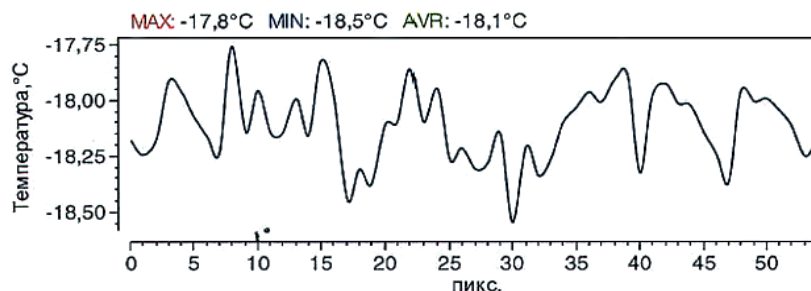
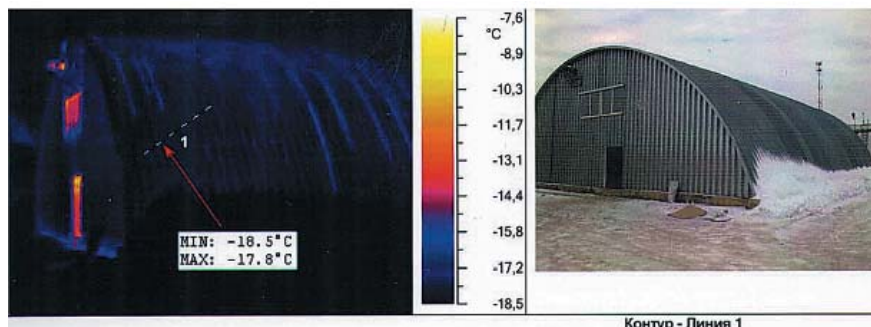


Рис. 5. Тепловизионная съемка утепленного ангара

Рис. 4. Устройство изоляционной оболочки ангара

ления сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций», ГОСТ Р 56623–2015 «Контроль неразрушающий. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций» и ГОСТ 25380–2014 «Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции». Датчики были установлены как на внутренней, так и на наружной поверхности стены (рис. 3). По результатам экспериментальных определений сопротивления наружной стены из деревянного каркаса с утеплением полотном вспененного полиэтилена марки Теплофол® вычислено сопротивление теплопередаче $3,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

Определенная влажность соснового бруса составила 7,7–7,8%; наружный слой вспененного полиэтилена имел влажность 13,9%; внутренние слои пенополиэтилена — 0,17–0,25%. Следует отметить, что увлажнение наружного слоя вспененного полиэтилена происходило не в массе, а с внутренней поверхности. Влага на поверхности образуется за счет конденсации и накапливается, не имея возможности свободно испаряться, поскольку слой закрыт фрагментами внутреннего утепления. Рекомендовано производить утепление лишь наружным полотном пенополиэтилена расчетной толщины без заполнения каркаса. Таким образом, при нормативном воздухообмене и соблюдении условий кондиционирования для поддержания микроклимата в помещении, отвечающего требованиям ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях», условия для систематического влагонакопления и отсыревания древесины будут отсутствовать.

Другой не менее интересной для строителя областью применения НПЭ являются системы «плавающего пола», в которых пенополиэтилен выполняет функцию как тепло-, так и звукоизоляции. Рулоны пенополиэти-

лена укладывают на основание и соединяют в замок с последующей сваркой феном. Для обеспечения эффективной звукоизоляции полотна заводят на стену и надежно фиксируют саморезами с шайбами к основанию. Этим полностью обеспечивается основная задача плавающего пола — создание изоляционной оболочки с минимальным количеством стыков и теплопроводящих элементов при отделении конструкции покрытия пола от его несущих элементов.

Теплоизоляция Теплофол® в настоящее время успешно применяется для утепления арочных и каркасных металлических ангаров различного назначения: производственных помещений, промышленно-складских комплексов, сельскохозяйственных хранилищ, складов, продовольственных баз и предприятий животноводческой отрасли. Формирование в овощехранилищах и складах оптимального температурно-влажностного режима включает специальные строительные и инженерные мероприятия (рис. 4).

Температура применения вспененного полиэтилена, которая колеблется в интервале от -60 до $+80^\circ\text{C}$, создает все необходимые условия для проведения всесезонного монтажа. Работы по теплоизоляции хранилища не зависят от внешней температуры воздуха и могут проводиться 365 дней в году. Более того, сам рулонный полиэтилен не подвержен разрушению под влиянием сезонных температурных колебаний, что делает его всепригодным и подходящим для регионов с экстремальными температурными режимами, включая суровые климатические условия использования.

Бесшовное утепление овощехранилищ ангарного типа с применением рулонного материала Теплофол® с теплоотражающим покрытием обеспечивает эффективную систему изоляции овощехранилища благодаря формированию единой герметичной оболочки сооружения (рис. 5). Такой эффект достигается за счет тепловой сварки замковых соединений, расположенных на стыках полотен. При подобном монолитном утеплении получаемая сплошная изоляционная оболочка не имеет мостиков холода по глади поверхностей, препятствует проникновению влаги внутрь помещения и образованию конденсата. В этом случае эффективность теплоизоляционного контура значительно повышается, внутренняя температура сохраняется на заданном уровне, расходы на внутренний обогрев сокращаются.

Внедрение современных технологий теплоизоляции (утепления) продовольственных складов и овощехранилищ не только решает вопрос энергоэффективного все-сезонного их использования, но напрямую влияет на эффективность систем хранения плодоовощной продукции в подобных сооружениях.

Утепленные ангары также могут эксплуатироваться в качестве гаражей под хранение автотранспорта сельскохозяйственного назначения. Температура, поддерживаемая внутри помещения благодаря данной технологии утепления, облегчает запуск транспортных средств, делая его быстрым, легким и удобным. Это особенно важно и востребовано в регионах, для которых характерен большой ход суточных температур, вызванный перепадом дневных и ночных температурных значений.

Исследования подтвердили, что утеплитель Теплофол® и технологии бесшовного замкового соединения соответствуют современным требованиям и техническому уровню для утепления объектов из металло-

конструкций производственного и складского назначения (арочных, каркасных и каркасно-тентовых ангаров). Учитывая горючесть материала, считаем обязательным рекомендовать применение защитных экранов и облицовок из негорючих материалов.

Различные аспекты применения пенополиэтилена в строительных системах изучались в процессе реализации договоров с НИУ МГСУ (кафедра «СМиМ»): «Исследование физико-механических характеристик вспененного полиэтилена Теплофол® в системах наружной и внутренней изоляции», а также НИИСФ РААСН (лаборатория «Стройфизика-ТЕСТ»): «Определение эксплуатационных характеристик теплоизоляционного материала из вспененного полиэтилена марки Теплофол®». Исследования касались типовых проектных решений, определения эксплуатационных характеристик материала, а также проведения натурального обследования жилого частного дома, утепленного вспененным полиэтиленом.

Список литературы

1. Жук П.М., Жуков А.Д. Нормативная правовая база экологической оценки строительных материалов: перспективы совершенствования // *Экология и промышленность России*. 2018. № 4. С. 52–57.
2. Gimenez I., Faroog M.-K., El Mahi A., Kondrotas A., Assarag M. Experimental analysis of mechanical behaviour and damage development mechanisms of PVC foams in static tests // *Materials Science (Mediagotyra)*. 2004. № 10 (1). Pp. 34–39.
3. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Симонов В.А. Тенденции развития норм по тепловой защите зданий в России // *Вестник инженерной школы ДВФУ*. 2012. № 2 (11). С. 39–44.
4. Умнякова Н.П., Цыганков В.М., Кузьмин В.А. Экспериментальные теплотехнические исследования для рационального проектирования стеновых конструкций с отражательной теплоизоляцией // *Жилищное строительство*. 2018. № 1–2. С. 38–42.
5. Гнип И.Я., Кершулис В.И., Вайткус С.Я. Доверительные интервалы прогноза деформаций ползучести пенопласта из полистирола // *Строительные материалы*. 2005. № 3. С. 47–49.
6. Gnip I.J., Keršulis V.J., Vaitkus S.J. Analytical description of the creep of expanded polystyrene under compressive loading // *Mechanics of Composite materials*. 2005. № 41 (4). Pp. 357–364.
7. Семенов В.С., Тер-Закарян К.А., Жуков А.Д., Сазонова Ю.В. Особенности реализации изоляционных систем в условиях Крайнего Севера // *Строительные материалы*. 2018. № 4. С. 65–69.
8. Семенов В.С., Розовская Т.А., Губский А.Ю. Перспективы применения вторичных полиэфирных волокон для производства тепло- и звукоизоляционных материалов // *Строительные материалы*. 2016. № 6. С. 21–24.
9. Патент РФ № 2645190. Замковая технология теплоизоляционного материала для бесшовной сварки соединительных замков / Тер-Закарян К.А. Заявл. 26.09.2016. Оpubл. 16.02.2018. Бюл. № 5.
10. Жуков А.Д., Тер-Закарян К.А., Тучаев Д.У., Петровский Е.С. Энергоэффективное утепление продовольственных складов и овощехранилищ // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2018. № 1. С. 65–67.
11. Wang Y., Huang Z., Heng L. Cost-effectiveness assessment of insulated exterior walls of residential buildings in cold climate // *International Journal of Project Management*. 2007. Vol. 25. Iss. 2. Pp. 143–149. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.09.007>.

References

1. Zhuk P.M., Zhukov A.D. Normative legal base of environmental assessment of building materials: prospects for improvement. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2018. No. 4, pp. 52–57. (In Russian).
2. Gimenez I., Faroog M.-K., El Mahi A., Kondrotas A., Assarag M. Experimental analysis of mechanical behaviour and damage development mechanisms of PVC foams in static tests. *Materials Science (Med iagotyra)*. 2004. No. 10 (1), pp. 34–39.
3. Fedyuk R.S., Mochalov A.V., Simonov V.A. Trends in the development of norms for thermal protection of buildings in Russia. *Vestnik inzhenernyi shkoly DVFU*. 2012. No. 2 (11), pp. 39–44. (In Russian).
4. Umnyakova N.P., Tsygankov V.M., Kuzmin V.A. Experimental Heat Engineering Studies for Rational Design of Wall Structures with Reflecting Heat Insulation. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2018. No. 1–2, pp. 38–42. (In Russian).
5. Gnip I.Ya., Kershulis V.I., Vaitkus S.Y. Confidential intervals of the forecast of deformations of creep of polyfoam from polystyrene. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2005. No. 3. pp. 47–49. (In Russian).
6. Gnip I.J., Keršulis V.J., Vaitkus S.J. Analytical description of the creep of expanded polystyrene under compressive loading. *Mechanics of Composite materials*. 2005. No. 41 (4), pp. 357–364.
7. Semenov V.S., Ter-Zakaryan K.A., Zhukov A.D., Sazonova Yu.V. Features of Realization of Insulation Systems under Conditions of the Far North. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 4, pp. 65–69. (In Russian).
8. Semenov V.S., Rozovskaya T.A., Gubsky A.Yu. Prospects of Using Recycled Polyester Fibers for Manufacturing Heat- and Sound Insulation Materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2016. No. 6, pp. 21–24. (In Russian).
9. Patent RF 2645190. Zamkovaya tekhnologiya teploizolyatsionnogo materiala dlya besshovnoi svarki soedinitel'nykh zamkov [Castle technology of heat-insulating material for seamless welding of connecting locks]. Declared 26.09.2016. Published 16.02.2018. Bulletin No. 5. (In Russian)
10. Zhukov A.D., Ter-Zakaryan K.A., Tuchaev D.U., Petrovsky E.S. Energy-efficient warming of food stores and vegetable stores. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*. 2018. No. 1, pp. 65–67. (In Russian).
11. Wang Y., Huang Z., Heng L. Cost-effectiveness assessment of insulated exterior wall of residential buildings in cold climate. *International Journal of Project Management*. 2007. Vol. 25. Iss. 2, pp. 143–149. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.09.007>.