

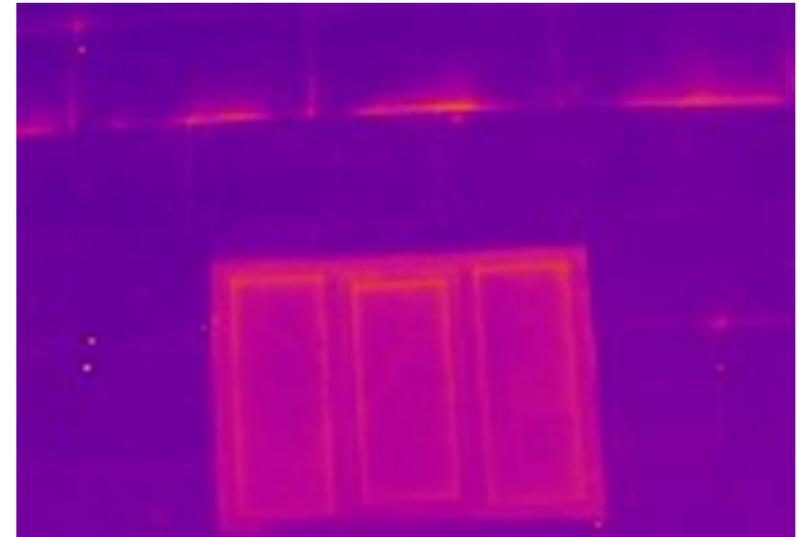


# Объединенный доклад «Системы изоляции на основе вспененного полиэтилена»

**Жуков А.Д., Тер-Закарян К.А., Бессонов И.В., Боброва Е.Ю.,  
Бесфамильная В. М., Колесова Д.А., Минаева А.М.**

# Концепция бесшовного соединения теплоизоляционных плит

Разработка всех систем изоляции фасадов и стен с применением несшитого пенополиэтилена (НПЭ) базируется на концепции «формирования непроницаемого бесшовного покрытия». Монтаж большинства видов теплоизоляционных изделий (плитных или рулонных) предполагает формирование того или иного стыка, который является мостиком холода, а также нерегулируемым путем фильтрации воздуха или паровоздушной смеси.



Теплоизоляция стен XPS-плитами: отчетливо видны «мостики» потерь тепла через стыки плит и через оконные

В теплоизоляционном слое возможна потеря тепла через «мостики холода» которые могут быть следующих видов: на стыке теплоизоляции и ограждающих конструкций; на стыке теплоизоляции и несущих конструкций (стропил, переводов); через элементы механического крепления на стыке теплоизоляционных плит (матов) между собой.

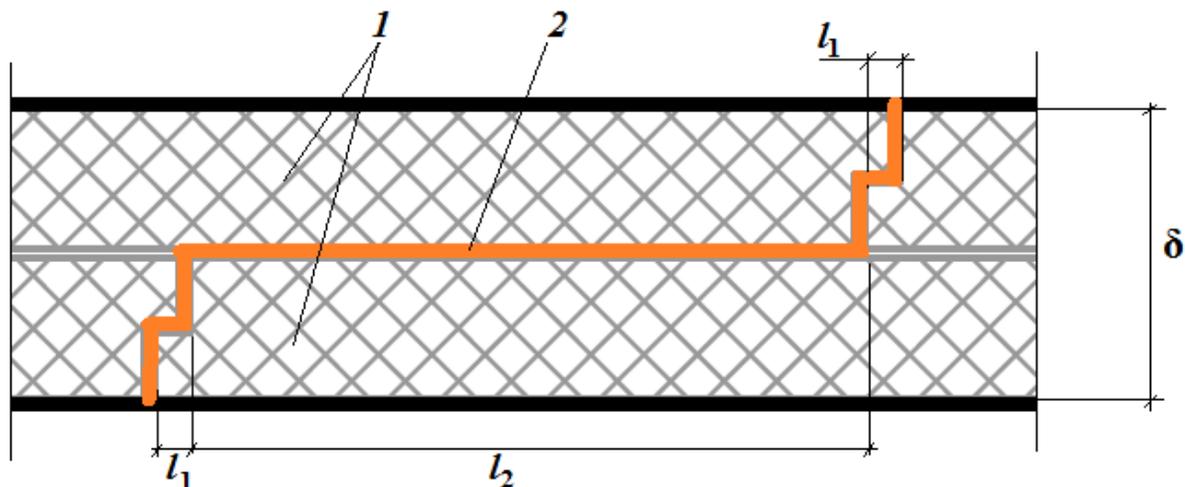


Схема потери тепла через стык теплоизоляционных плит:

1 – теплоизоляционные плиты; 2 – стык между плитами;  $l_1$  – соединение «в четверть»,  
 $l_2$  – сдвиг с нахлестом;  $\delta$  – толщина слоя теплоизоляции

При укладке плит в стык (любой конфигурации: внахлест в замок или в прямой стык) «мостик холода» имеет место в любом случае, но его длина различна, а следовательно и различны теплопотери.

**Цели расчета:** подтверждение наличия потоков тепла через стык теплоизоляционных плит, то есть «мостиков» холода; оценка величины потерь тепла через стык.

**Подтверждение наличия удельных потоков тепла ( $q$ ) через стык плит:**

а). Прямой стык:  $(L_1 = \delta): q_1 \cdot \frac{\lambda}{\delta};$

б). Стык плит с фрезерованной кромкой  $(L_2 = \delta + l_1): \frac{\lambda}{\delta + l_1};$

в). Сдвиг плит по длине  $(L_3 = \delta + l_1 + l_2): \frac{\lambda}{\delta + l_1 + l_2};$

Соответственно:  $q_2 = \frac{\delta}{\delta + l_1} * q_1; \quad q_3 = \frac{\delta}{\delta + l_1 + l_2} * q_1;$

**Если принять  $l_1 = 20$  мм,  $l_2 = 60$  мм;  $\delta = 150$  мм, то получаем:**

- удельный поток тепла через стык с фрезерованной кромкой:

$$q_2 = \frac{150}{150+20} * q_1 = 0,88 * q_1$$

- удельный поток тепла через стык с «разбежкой» плит:

$$q_3 = \frac{150}{150+20+60} * q_1 = 0,65 * q_1;$$

*Расчёт подтвердил, что удельный поток тепла через стык существует в любом случае, но его величина становится меньше, в результате изменение формы кромки плиты или сдвига плит. Мостики холода – сохраняются вне зависимости от формы стыка.*

Вспененный полиэтилен является одним из немногих полимеров, который в настоящее время нашел столь широкое применение в различных отраслях промышленности и быта.

### Технические характеристики несшитого пенополиэтилена



Характеристика	Значение
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	от 16 до 25
Теплопроводность (при 25±°С), Вт/(м·К),	0,039
Теплопроводность НПЭ с двумя отражающими поверхностями (при 25±°С), Вт/(м·К)	0,028
Прочность при сжатии при 10% линейной деформации, кПа	16
Уровень звукоизоляции, дБ при толщине: 10 мм 20 мм	54 52
Водопоглощение за 24 часа, % от объема	не более 0,1
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	0,001
Температура применения, °С	от -60 до +80
Группа горючести	ГЗ-Г4

## Технология формирования бесшовного соединения

Полотнища (рулоны) пенополиэтилена закрепляются механически: к металлу покрытия приваривают штифты, на них «наносится» НПЭ-материал и все фиксируется несъемной прижимной шайбой. Фиксация теплоизоляции к другим видам поверхностей (дерево, кирпич, бетон) осуществляется при помощи простых крепёжных элементов (саморезы, строительные дюбеля, шайбы рондоль). Материал эластичен и деформируется вместе с металлическим основанием без нарушения сплошности.



Замковая система на стыке двух рулонов сваривается между собой посредством строительного фена. В результате сваривания двух листов при температуре 110–120 °С из теплоизоляционного материала рулонного формата.

**Данная технология разработана и  
запатентована российским  
производителем «Тепофол» (патент  
№2645190)**

Создание бесшовного покрытия (по гладкой стене) минимизирует количество мостиков холода, а также неплотностей между отдельными теплоизоляционными элементами, через которые возможна миграция тепла и паровоздушной смеси из помещения наружу. Это делает теплоизоляцию объекта энергоэффективной. Низкая паропроницаемость бесшовной изоляционной оболочки и низкое водопоглощение пенополиэтилена позволяют исключить применение дополнительной паро- и гидроизоляции, что упрощает монтаж и снижает эксплуатационные издержки.



## Испытания прочности шва

Испытания прочности при растяжении в продольном направлении проводили в соответствии с ГОСТ EN 1608-2011 «Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Метод определения прочности при растяжении параллельно лицевым поверхностям»



Испытания на прочность при растяжении в продольном направлении образцов вспененного полиэтилена

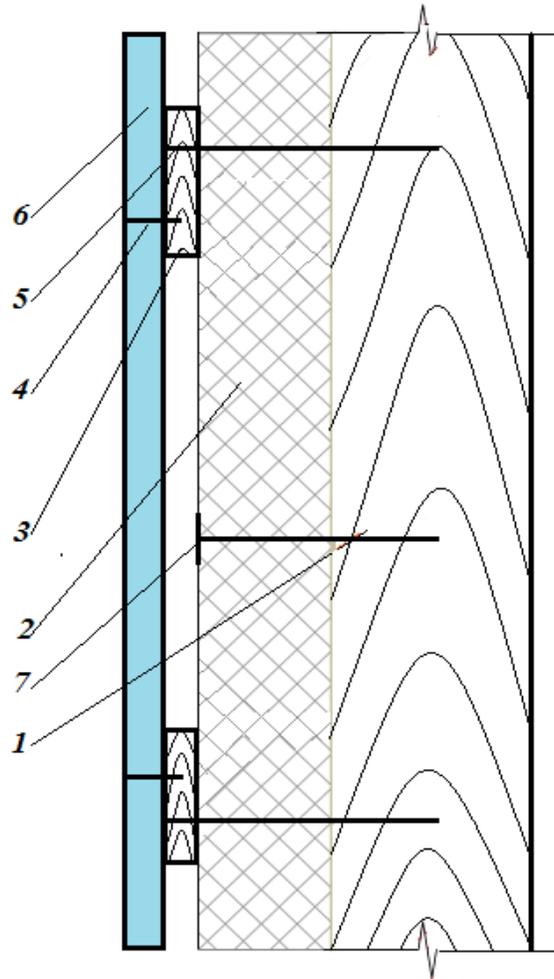
Установлено. Что прочность на разрыв при растяжении в продольном направлении для изделий с металлизированным покрытием составляет 80–92 кПа, без металлизированного покрытия — 80–87 кПа, а для сварного шва — 29–32 кПа.

*Формирование бесшовного стыка технологически возможно только для двух материалов – вспененного полиэтилена и напыляемого полиуретана.*

**Напыляемые (на сплошное основание) полиуретаны:** двухкомпонентные системы, вспенивающиеся при нанесении. Основой надежности данной системы является высокая адгезия к основанию. Если таковой адгезии достичь не удастся (по причинам несоответствия основания и грубейших нарушений технологии нанесения) то возможно возникновение ситуации:



# Система изоляции каркасного здания по внешнему контуру



## Каркасная система с теплоизоляцией по внешнему контуру:

- 1 – несущая конструкция: деревянный (показан) или металлический каркас;
- 2 – теплоизоляция (рулонный НПЭ);
- 3 – деревянный брусок (контррейка);
- 4 – крепление облицовки (саморезы);
- 5 – крепление бруска;
- 6 – облицовка;
- 7 – крепление теплоизоляции на несущей стене



Применение рулонного пенополиэтилена делает возможным изоляцию каркасной системы по внешнему контуру.

Рулоны НПЭ (длина рулона может изготавливаться любая в соответствии с техническими требованиями) разматываются по периметру здания и фиксируются к деревянным стойкам саморезами со шляпками. Рулоны 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 и 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**.

# Натурное обследование жилого дома



Внешний вид частного жилого дома в период проведения натурного обследования

Температура наружного воздуха составляла минус  $12\pm 2^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность 80%, содержание водяных паров (абсолютная влажность)  $1,7 \text{ г/м}^3$ . Температура воздуха в помещении составляла плюс  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность 20%, содержание водяных паров (абсолютная влажность)  $4,7 \text{ г/м}^3$ .

Жилой дом эксплуатировался круглогодично в течение пяти лет. Отопление - дизельный котел. 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.



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.



# Теплофизическое обследование жилого дома

Для оценки теплозащитных качеств наружной стены из деревянного каркаса с утеплением полотном вспененного полиэтилена проведено экспериментальное определение сопротивления теплопередаче в соответствии с ГОСТ 26254-84 «Здания и сооружения.

Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций», ГОСТ Р 56623-2015.

Контроль неразрушающий.

Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и ГОСТ 25380-2014

Датчики были установлены как на внутренней так и на наружной поверхности стены.

Результаты экспериментальных определений сопротивления наружной стены из деревянного каркаса с утеплением полотном вспененного полиэтилена марки ТЕПОФОЛ составили: термическое сопротивление  $2,96 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ , сопротивление теплопередаче  $3,12 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ .



Установка датчиков температуры и тепловых потоков

---

**В результате экспериментальных определений установлены следующие характеристики вспененного полиэтилена марки ТЕПОФОЛ:**

- плотность 18-20 кг/м<sup>3</sup>,
- диффузионное влагопоглощение без покрытия 0,44 кг/м<sup>2</sup>,
- диффузионное влагопоглощение с металлизированным покрытием 0,37 кг/м<sup>2</sup>,
- водопоглощение при частичном погружении в воду на 24 ч. 0,013 кг/м<sup>2</sup>,
- водопоглощение при полном погружении в воду на 28 сут. 0,96 % об.

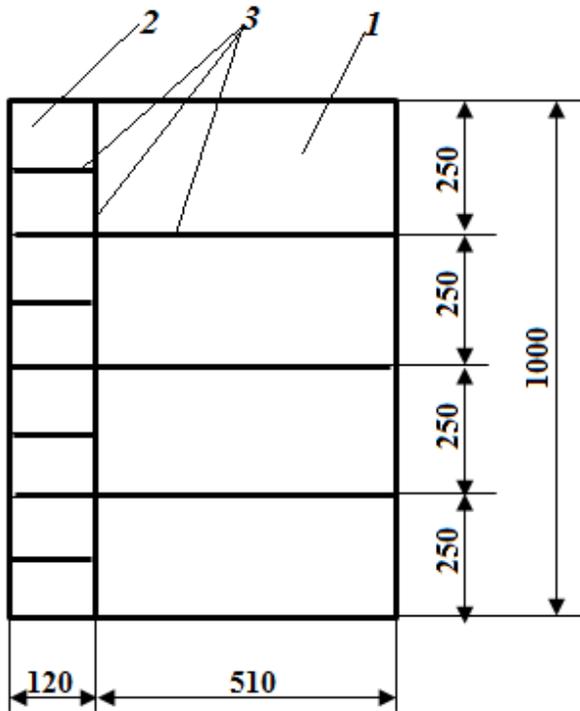
Для поддержания микроклимата в помещении, отвечающего требованиям ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» ***рекомендовано производить утепление лишь наружным полотном пенополиэтилена расчетной толщины без заполнения каркаса при нормативном воздухообмене и соблюдении условий кондиционирования.***

---

# Сравнительный экономический и теплотехнический расчет стен различной конструкции

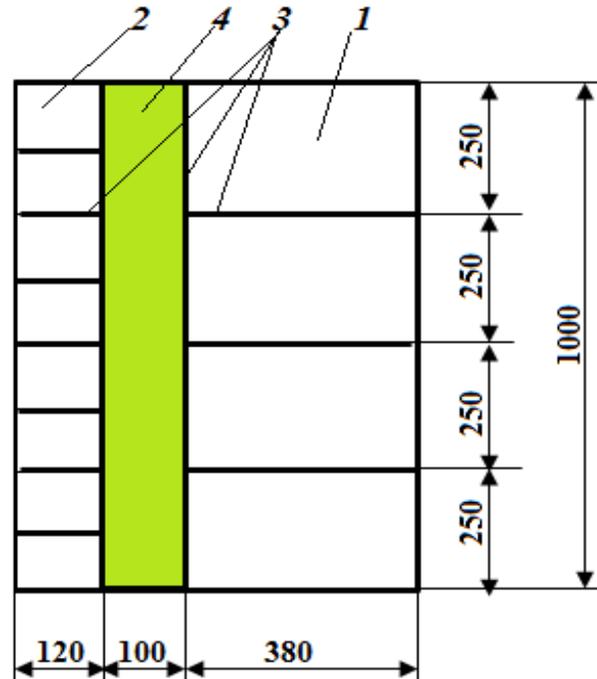
- 1.1. Цельнокирпичная стена (2,5 кирпича)
- 1.2. Стена из керамических камней (толщина 380 мм) с облицовкой кирпичом (120 мм)
- 1.3. Стена из керамических камней (толщина 380 мм) с утеплением (100 мм) и облицовкой кирпичом (120 мм)
- 2.1. Стена из газосиликатных блоков с облицовкой кирпичом (120 мм) и оштукатуриванием (изнутри – 10 мм)
- 2.2. Стена из газосиликатных блоков с утеплением и оштукатуриванием (снаружи – 20 мм, изнутри – 10 мм)
- 3.1. Стена из деревянного бруса (оцилиндрованное или стесанное бревно) толщиной 200 мм
- 3.2. Стена из деревянного бруса (оцилиндрованное или стесанное бревно) толщиной 300 мм
- 3.3. Каркасная стена с утеплением из металлизированного рулонного пенополиэтилена (толщина 100 мм)
- 3.4. Каркасная стена с утеплением из минераловатных плит (толщина 100 + 50 мм)

# Расчётные схемы



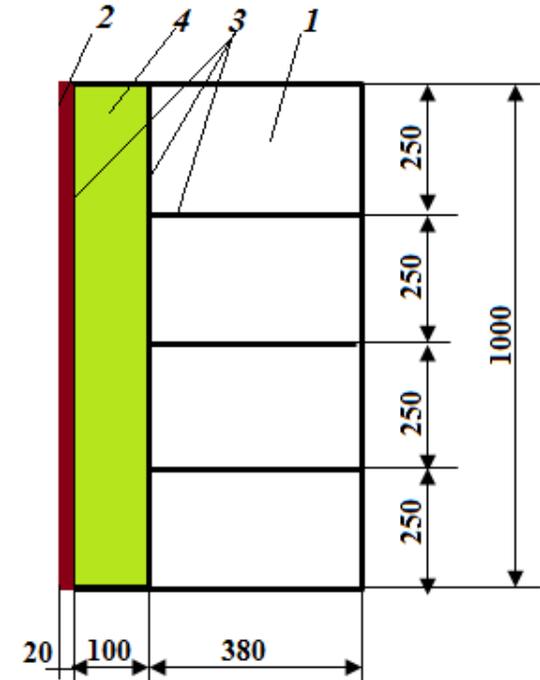
**Стена из керамических камней с облицовкой кирпичом:**

1 – керамический камень;  
2 – штукатурка наружная ( $\delta = 20$  мм); 3 – растворные швы



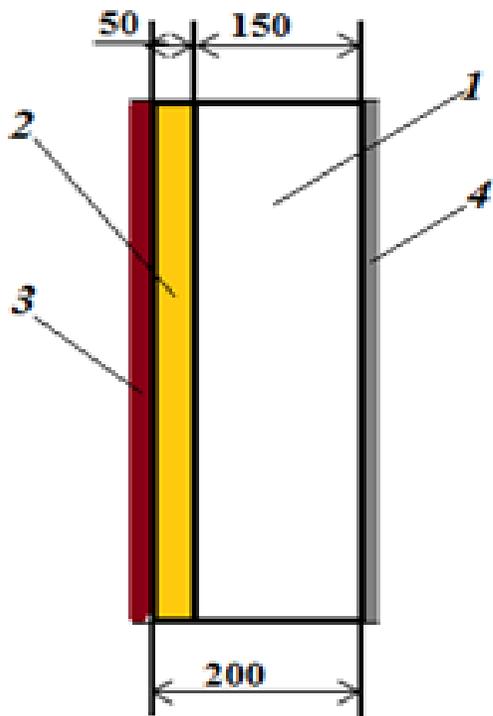
**Стена из керамических камней с утеплением и облицовкой кирпичом:**

1 – керамический камень;  
2 – облицовочный кирпич;  
3 – растворные швы;  
4 – минераловатная плита



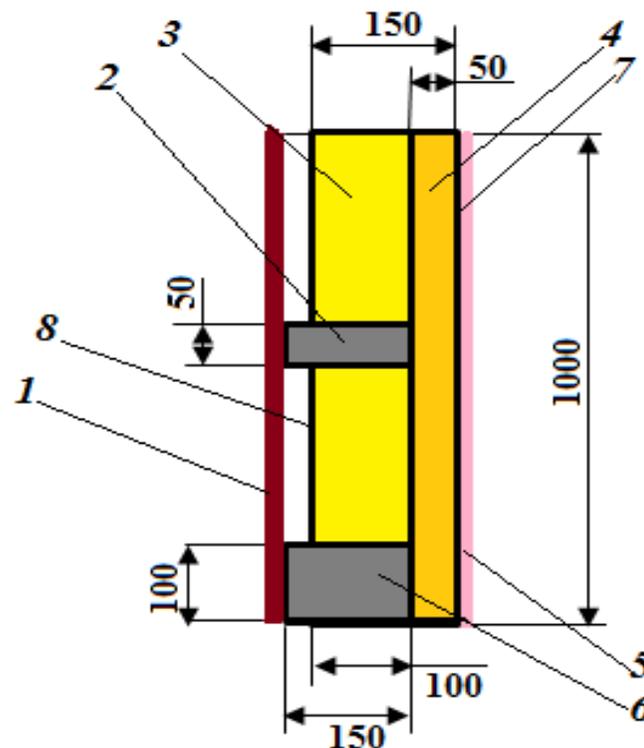
**Стена из ячеистобетонных блоков с утеплением и оштукатуриванием:**

1 – керамический камень;  
2 – фасадная штукатурка (20 мм); 3 – растворные швы;  
4 – минераловатная плита



**Каркасная стена с утеплением из металлизированного пенополиэтилена:**

- 1 – деревянный элемент каркаса;
- 2 – теплоизоляция;
- 3 – наружная облицовка (ПВХ-сайдинг);
- 4 – внутренняя облицовка



**Каркасная стена с утеплением минераловатными плитами:**

- 1 – наружная облицовка;
- 2 – монтажный брус;
- 3 – теплоизоляция между стойками каркаса;
- 4 – дополнительный слой теплоизоляции изнутри;
- 5 – интерьерная облицовка;
- 6 – обвязочный брус;
- 7 – пароизоляция;
- 8 – ветрозащита

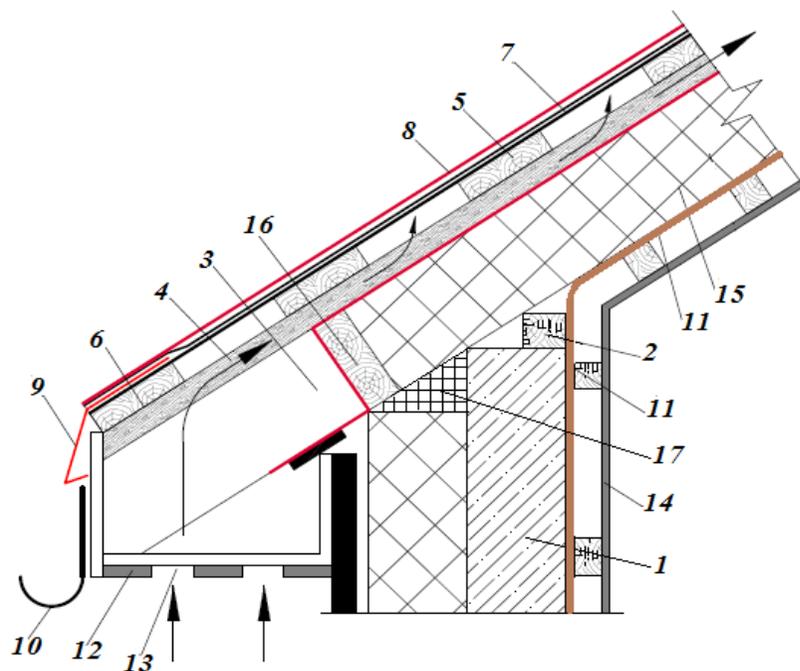
# Экономические и теплозащитные показатели СТЕНОВЫХ СИСТЕМ

№	Наименование системы	Стоимость 1 м <sup>2</sup>			Термическое сопротивление, м <sup>2</sup> С/Вт	
		По материалам	По работам	Всего	По глады стены	С учетом остекления 20 %
1.1	Цельнокирпичная стена (2,5 кирпича)	3542	1152	4694	2,24	1,65
1.2	Стена их керамических камней с облицовкой кирпичом	2384	1152	3536	3,76	1,83
1.3	Стена из керамических камней с утеплением и облицовкой кирпичом	2390	1700	4090	5,39	2,08
2.1	Газосиликатный блок с облицовкой кирпичом	1824	1784	3608	3,29	1,73
2.2	Газосиликатный блок с утеплителем и оштукатуриванием	2036	1964	4000	4,79	2,00
3.1	Стена из деревянного бруса 200 мм	1680	1100	2780	1,12	0,96
3.2	Стена из деревянного бруса 300 мм	2360	1500	3860	1,76	1,27
3.3	Каркас с утеплением пенополиэтиленом (толщина 100 мм)	890	750	1640	2,62	2,09
3.4	Каркас с утеплением минераловатными плитами (толщина 100 + 50 мм)	840	1050	1680	2,11	1,56

Применение рулонов из несшитого вспененного полиэтилена позволяет получить изоляционную оболочку скатной кровли без применения дополнительной ветрозащиты и пароизоляции.

**Схема устройства скатной кровли:**

1 – несущая стена; 2 – мауэрлат; 3 – стропильная нога; 4 – контробрешетка; 5 – разреженная обрешетка; 6 – сплошное основание; 7 – подкладочный ковер; 8 – гибкая черепица; 9 – планка карнизная; 10 — водосточная система; 11 – теплоизоляция (рулон НПЭ); 12 – подшивка сайдингом; 13 – отверстия для притока воздуха; 14 – два слоя гипсокартона; 15 – утеплитель (маты НПЭ); 16 – фиксирующая утеплитель доска; 17 – теплоизоляционный вкладыш



Маты из пенополиэтилена (НПЭ) укладывают между стропилами враспор, далее по всей поверхности с внутренней стороны укладывают рулонный фольгированный пенополиэтилен, который закрепляется саморезами с шайбами и затем сваривается горячим воздухом по линиям стыка. Таким образом, формируется сплошная изоляционная оболочка, не имеющая мостиков холода по глади поверхностей. Далее на саморезах монтируется внутренняя обрешетка, к которой крепятся листы внутренней отделки.

Теплоизоляция мансарды рулонами НПЭ позволяет исключить применения дополнительных материалов, поскольку один слой теплоизоляционного материала НПЭ заменяет традиционный многослойный кровельный пирог.

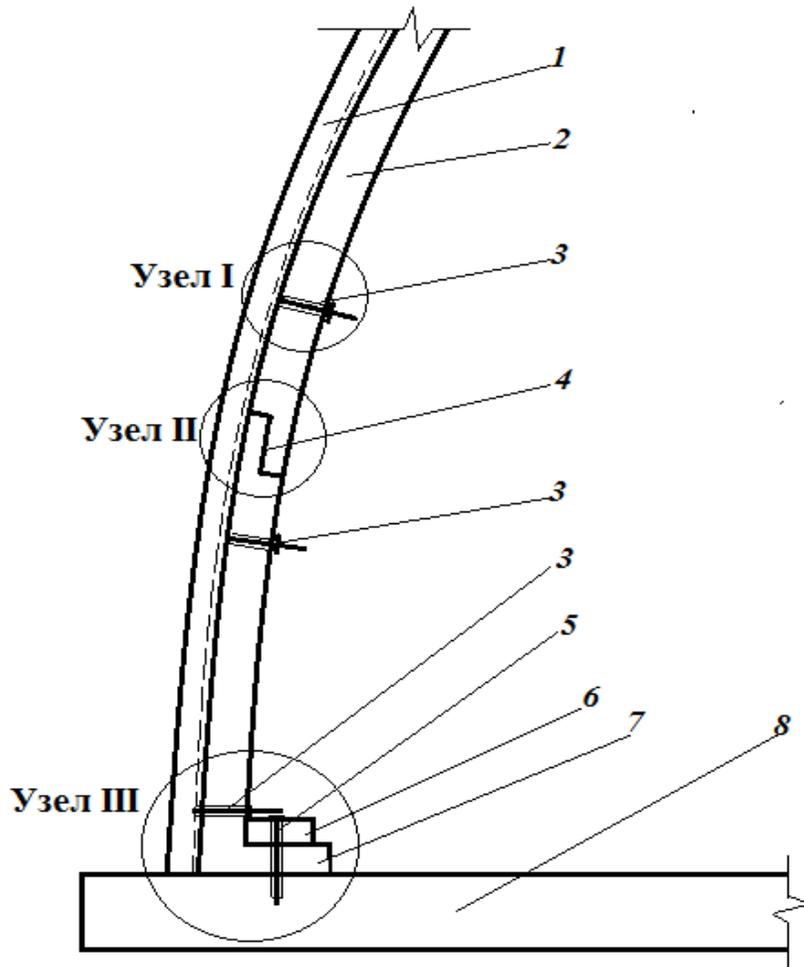
***Обустраивать отдельную гидро- и пароизоляцию в этом случае уже не требуется.***

Применение рулонного фольгированного пенополиэтилена в комбинации с матами НПЭ и создание технологии сварки отдельных листов горячим воздухом позволяют получать практически бесшовную изоляционную оболочку, что позволяет снизить потери тепла по кровельной поверхности, защищать элементы несущей конструкции от воздействия холода и влаги, а также формировать комфортный микроклимат помещений.



# Схема изоляции бескаркасного ангара

(стена – из профилированного металла, железобетонное основание, прижимная рейка)



I – узел механического крепления теплоизоляции (рулонов НПЭ);  
II – узел замкового соединения;  
III – узел механического крепления теплоизоляции к Ж.Б. основанию и стене;  
1 – стена ангара из профилированного оцинкованного металла (толщина проф.листа 1,2 мм);  
2 – теплоизоляция (НПЭ рулонный металлизированный);  
3 – механическое крепление;  
4 – замковое соединение и сварной шов (фен);  
5 – крепление прижимной рейки (дюбель – гвоздь); 6 – прижимная рейка;  
7 – НПЭ в замковой части, заведенный на пол; 8 – железобетонное основание

Температура применения вспененного полиэтилена, которая колеблется в интервале от -60 до +80 °С, создаёт все необходимые условия для проведения всесезонного монтажа. Рулонный полиэтилен не подвержен разрушению под влиянием сезонных температурных колебаний, что делает подходящим для регионов с экстремальными температурными режимами.

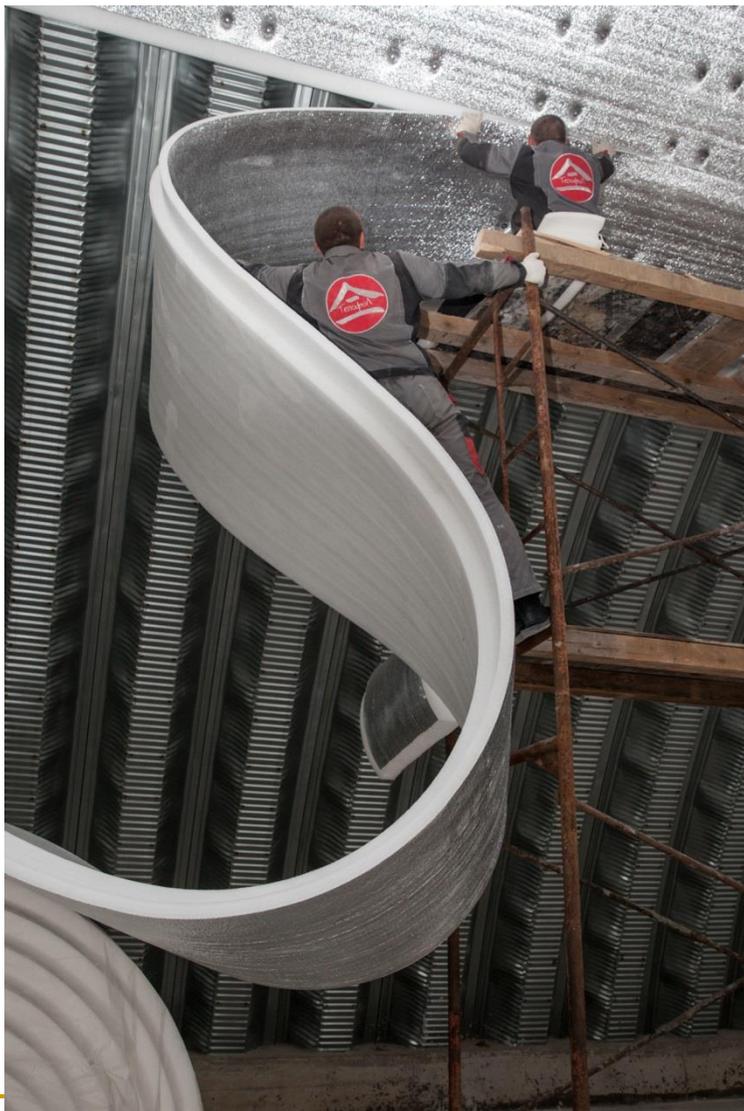


Прижимная шайба и крепежный штифт

Бесшовное утепление овощехранилищ ангарного типа с применением рулонного материала Теплофол с теплоотражающим покрытием обеспечивает эффективную систему изоляции овощехранилища благодаря формированию единой герметичной оболочки сооружения.

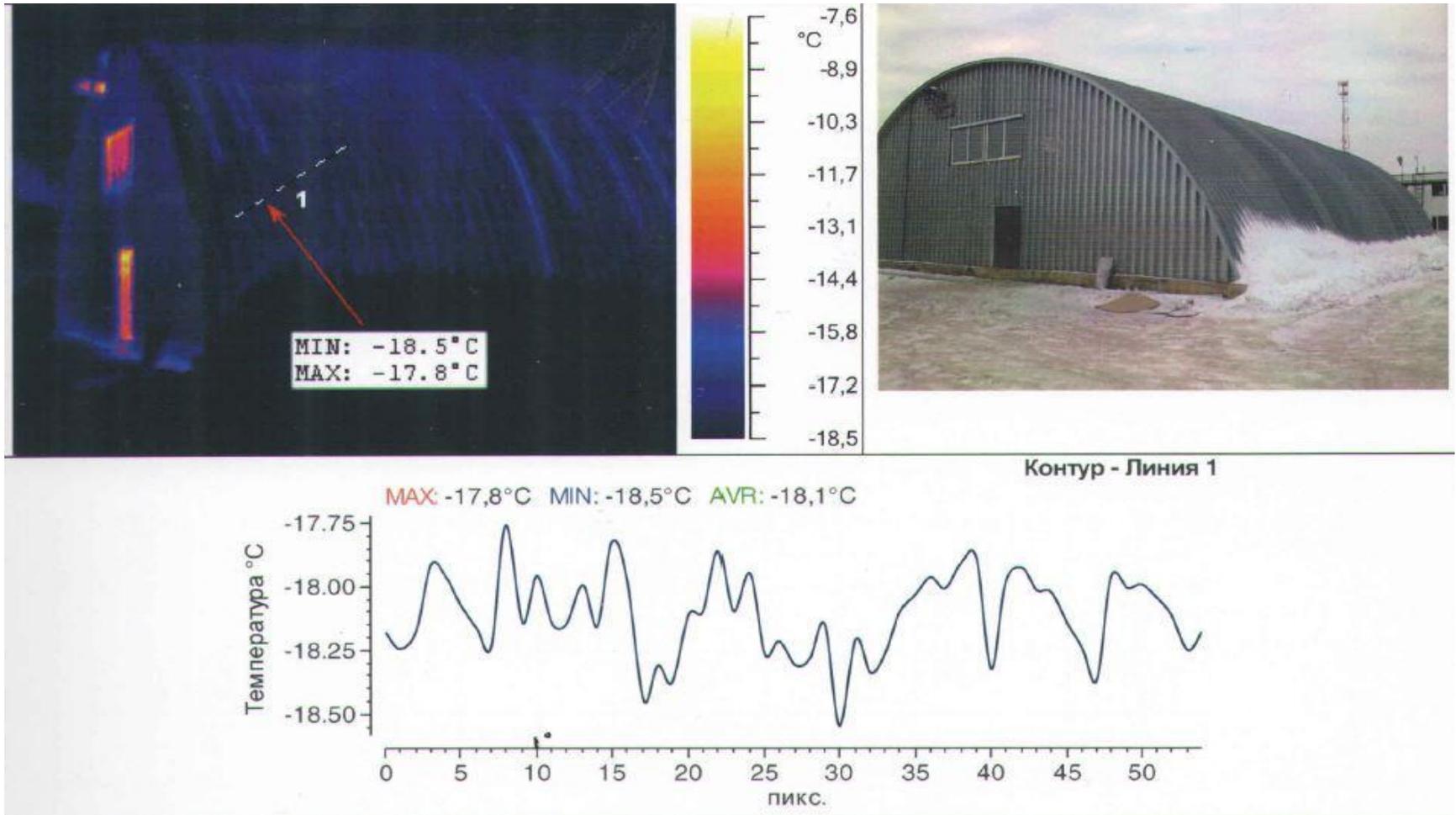
Эффект достигается за счёт тепловой сварки между собой замковых соединений, расположенных на стыках рулонов. При подобном монолитном утеплении получаемая сплошная изоляционная оболочка не имеет мостиков холода по глади поверхностей, препятствует проникновению влаги внутрь помещения и образованию конденсата. Эффективность теплоизоляционного контура значительно повышается, внутренняя температура сохраняется на заданном уровне, расходы на внутренний обогрев сокращаются.

# Системы изоляции бескаркасных помещений

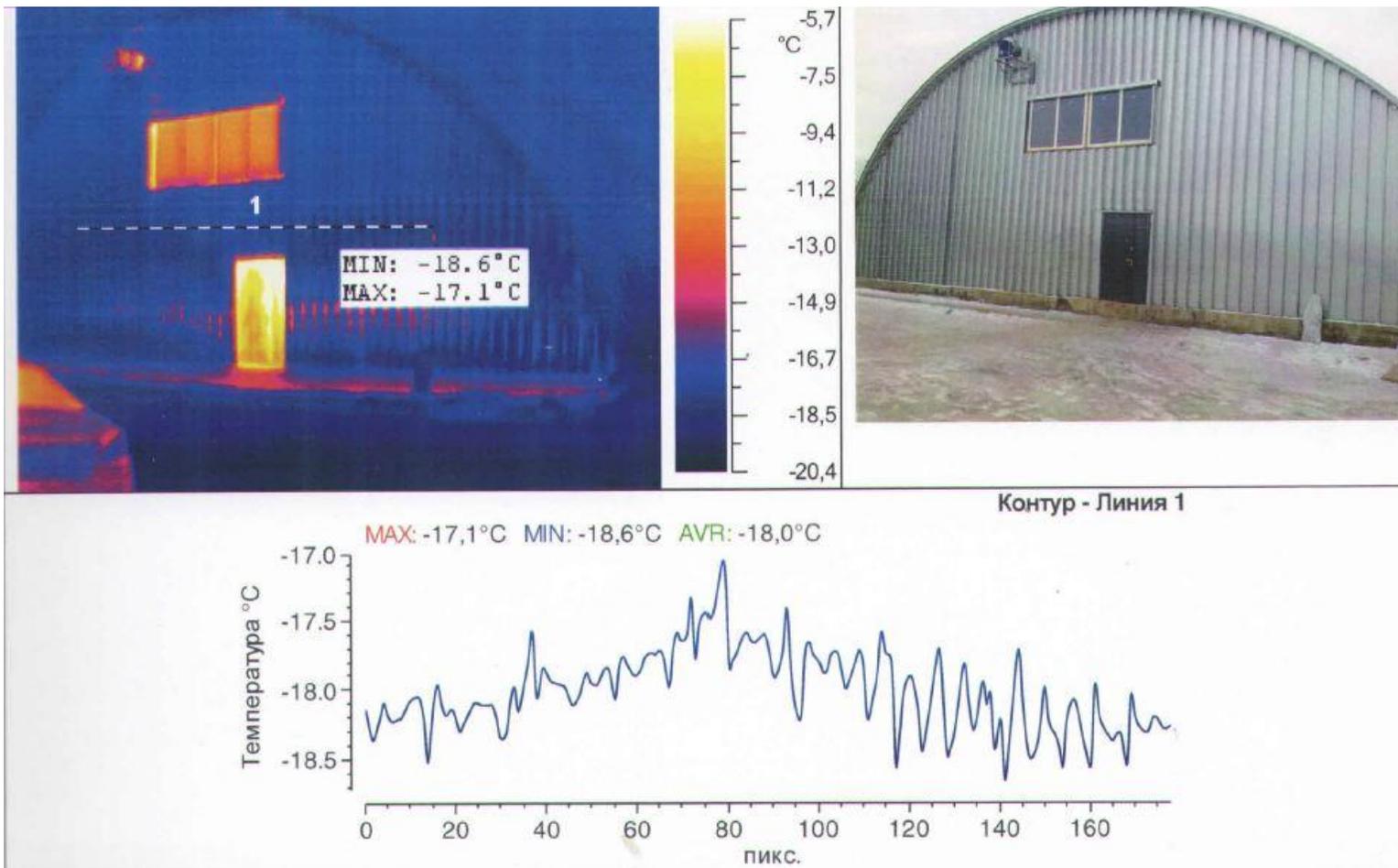




Строительство ангара в соответствии со всеми требованиями, предъявляемыми к оборудованию подобных сооружений, связано со значительными расходами на возведение и внутреннее обустройство.



Тепловизионная съемка утепленного ангара



Применение утеплителя из вспененного полиэтилена не требует создания сложного «теплоизоляционного пирога»: рулонный материал выполняет все защитные функции по формированию единого ветро-, тепло-, паро-, влаго- и шумозащитного барьера.

---

# Спасибо за внимание

**Жуков Алексей Дмитриевич**, доцент, к.т.н., доцент кафедры Строительного материаловедения НИУ МГСУ, ведущий научный сотрудник НИИСФ РААСН, заместитель руководителя НОЦ комплексной модернизации инфраструктуры ЖКХ НИУ ВШЭ, член-корреспондент Российской инженерной академии (РИА)

e-mail: [lj211@yandex.ru](mailto:lj211@yandex.ru)

---