



PirroGroup

ООО «ПирроГрупп»

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ**

**ЗАМЕНЫ**

**КРОВЕЛЬНЫХ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ  
ИЗ МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ**

на

**КРОВЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ PIR-КРОВЛЯ ЭКСПЕРТ**

**С ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМИ PIR-ПЛИТАМИ МАРКИ  
PIRRO MEMBRANE**

## Аннотация

В жизненном цикле здания на стоимость строительства приходится пятая часть общих затрат, остальные расходы - это затраты на эксплуатацию. Безусловно, первостепенным критерием выбора материалов и конструктивных решений, закладываемых в проект или применяемых при строительстве, является стоимость начальных вложений. Также становится очевидным и тот факт, что уменьшение расходов на эксплуатацию становится ключевым условием в решении задач экономической эффективности вложений и энергоэффективности.

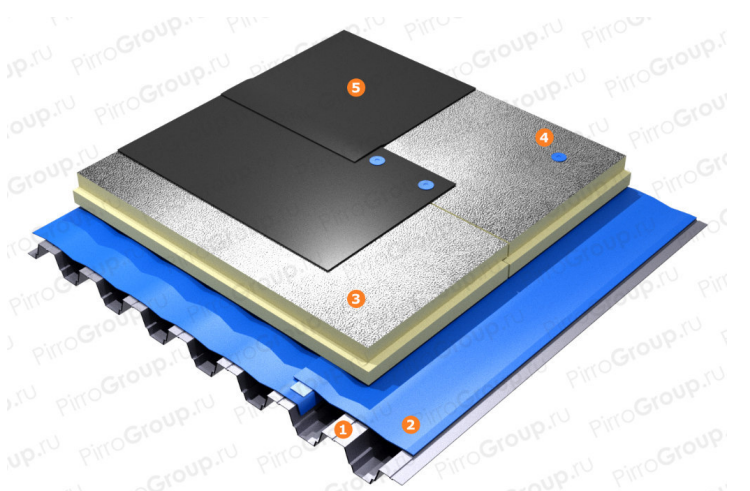
В обосновании приведен сравнительный анализ двух вариантов конструктивного исполнения кровли – системы кровли PIR-Кровля Эксперт с применением пенополиизоциануратной теплоизоляции PIR на основе пенополиуретана и трехслойных сэндвич-панелей с сердечником из минеральной ваты на основе базальта, а также представлен расчет простой (бездисконтной) окупаемости сравниваемых конструктивных решений.

В качестве примера рассмотрено бесчердачное покрытие здания технического центра и сервиса газовых электростанций, расположенное в городе Тюмень. Энергоресурс для отопления здания – электроэнергия.

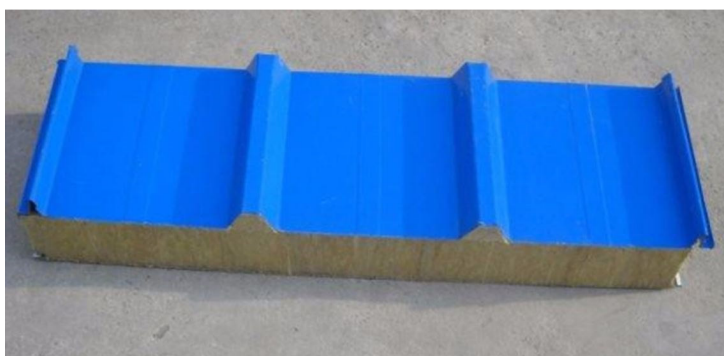
### 1. Объект анализа

**Вариант 1: Система кровельная PIR-Кровля Эксперт** послойной укладки, в составе:

1. основание - стального профилированного листа.
2. пароизоляция - полиэтиленовая пленки толщиной 200мкм,
3. теплоизоляция - **PIR-плита** марки **PirroMembrane** в 1 слой,
4. Телескопический крепеж,
5. Гидроизоляция - полимерная мембрана PLASTFOIL на основе ПВХ.



**Вариант 2: Сэндвич-панель кровельная** с сердечником из минеральной ваты плотностью не менее  $120 \text{ кг/м}^3$ .



## 2. Исходные данные для расчета

В качестве исходных климатических данных для проектирования выбраны климатические условия г. Тюмень.

Теплофизические показатели вариантов утеплителя представлены в таблице 1.

Расчетные климатические и теплоэнергетические параметры приняты согласно СП131.13330 и представлены в таблице 2.

Геометрические характеристики кровли рассматриваемого производственного здания не представлены в связи с тем, что в работе рассчитываются удельные эксплуатационные потери тепловой энергии и капитальные затраты по утеплению, приведенные к 1 м<sup>2</sup> кровли.

Таблица 1. Теплофизические и механические показатели вариантов утеплителя

Вариант утеплителя	Характеристика материала в сухом состоянии		Расчетное массовое отношение влаги в материале, %, при условиях эксплуатации		Расчетные коэффициенты теплопроводности, Вт/м°С при условиях эксплуатации		Прочность на сжатие верхнего слоя, кПа
	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Кэф-нт теплопроводности, Вт/м°С	А	Б	А	Б	
Сэндвич-панель	Не менее 120	0,043	2	5	0,045	0,047	≥55
PIR-плита PirroMembrane	31	0,021	1	2	0,022	0,023	≥130

Согласно назначения здания и местных климатических условий в расчете принимаются показатели для условий эксплуатации А.

Таблица 2. Расчетные условия для здания, расположенного на территории г. Тюмень

Показатель	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
Расчетная температура наружного воздуха	t <sub>n</sub>	°С	-35
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	t <sub>от</sub>	°С	-6,9
Продолжительность отопительного периода	z <sub>от</sub>	сут/год	223
Расчетная температура внутреннего воздуха	t <sub>в</sub>	°С	18
Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	°С·сут/год	5553

## 3. Методика расчета эксплуатационных затрат

Исходя из данных, представленных в таблице 1, рассчитывается базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций.

Значение  $R_0^{mp}$  (см. примечание к таблице 3 СП 50.13330) рассчитывается по формуле:

$$R_0^{mp} = a \cdot \text{ГСОП} + b$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода (см. данные таблиц 1 и 2);  
 $a, b$  – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным табл. 3 СП 50.13330 для соответствующих групп зданий и конструкций:

для покрытий общественных зданий  $a=0,00025$ ,  $b = 1,5$ ;

Используя данные таблицы 1, получаем

$$R_0^{mp} = a \cdot \text{ГСОП} + b = 0,00025 \cdot 5553 + 1,5 = 2,89_{\text{м}^2 \text{ °C/Вт}}$$

Рассматривая фрагмент кровли как неоднородную конструкцию с теплопроводными включениями в виде тарельчатых крепежных элементов, понижающих сопротивление теплопередаче, назначаем коэффициент неоднородности  $\gamma$ :

-для сэндвич-панели  $\gamma=0,90$  (средний расход крепежных элементов 5 шт./м<sup>2</sup>)

-для PIR-плиты  $\gamma=0,95$  (при размере применяемых в кровле плит 1200x2400 мм их крепят на 9 крепежных элементов\*, то есть 3,12шт./м<sup>2</sup>).

\* в обоих случаях количество назначено исходя из конструктивных соображений, при условии, что рассматриваемый фрагмент кровли одинаково нагружен (ветровые нагрузки и др. внешние условия).

Толщина слоя теплоизоляции определяется по формуле Е.6 СП50.13330 с учетом коэффициента теплотехнической неоднородности  $\gamma$ :

$$R_0^{усл} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_s R_s + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}},$$

Где  $\sum_s R_s$  - сумма термических сопротивлений всех входящих в конструкцию слоев.

При этом условием соблюдения поэлементных требований станет выполнение неравенства:

$$R_0^{усл} \geq R_0^{тп}$$

### Определение требуемой минимальной толщины

Используя данные, получаем требуемую минимальную толщину утеплителя.

Для PIR-плиты:

$$R_0^{усл} = 1/8,7 + (d_{\text{PIR}}/\lambda_{\text{PIR}}) \cdot \gamma + 1/23 \geq R_0^{mp}$$

$$d_{\text{PIR}} \geq (2,89 - 1/8,7 - 1/23) \cdot 0,022/0,95 = 0,63 \text{ м (с учетом тепловой неоднородности)}$$

Назначаем толщину плиты PIR  $d_{\text{PIR}} = 70 \text{ мм}$ .

Для минваты в составе сэндвич-панели:

$$R_0^{усл} = 1/8,7 + (d_{\text{МВ}}/\lambda_{\text{МВ}}) \cdot \gamma + 1/23 \geq R_0^{mp}$$

$$d_{\text{МВнс}} \geq (2,89 - 1/8,7 - 1/23) \cdot 0,045/0,90 = 0,136 \text{ м (с учетом тепловой неоднородности)}$$

Назначаем толщину минваты в составе сэндвич-панели  $d_{\text{МВ}} = 150 \text{ мм}$ .

### Определение сопротивления теплопередачи по назначенной толщине утеплителя

Определяем фактические значения приведенного сопротивления теплопередачи конструкции с учетом назначенной толщины утеплителя и коэффициента  $\gamma$  для каждого слоя:

Для кровельной сэндвич-панели 150 мм:

$$R_{\text{пр(МВ)}} = 1/8,7 + (d_{\text{МВ}}/\lambda_{\text{МВ}}) \cdot \gamma + 1/23 = 0,158 + (0,15/0,045) \cdot 0,9 = 3,15 \text{ м}^2 \text{ °C/Вт},$$

Для кровельной конструкции с PIR-плитой 70 мм:

$$R_{\text{пр(PIR)}} = 1/8,7 + (d_{\text{PIR}}/\lambda_{\text{PIR}}) \cdot r + 1/23 = 0,158 + (0,07/0,022) \cdot 0,95 = 3,18 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

Рассчитаем значение коэффициента теплопередачи  $U$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°C), который показывает, сколько Вт тепловой энергии проходит через покрытие площадью 1 м<sup>2</sup> при разности внутренней и наружной температур с разных сторон ограждающей конструкции 1 °C:

$$U = \frac{1}{R_{\text{пр}}}$$

Для минваты

$$U_{\text{МВ}} = 0,317 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}),$$

Для PIR-плиты

$$U_{\text{PIR}} = 0,314 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Для расчета количества тепловой энергии (кВт·ч), проходящей через 1 м<sup>2</sup> кровли, величину  $U$  следует умножить на число часов отопительного периода и среднюю за отопительный период разность температур. Эти данные выведены в табл.1. Суммарные годовые потери тепловой энергии через 1 м<sup>2</sup> кровли выражены формулой:

$$Q_{\text{кВт}\cdot\text{ч}} = \frac{U \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}} \cdot 24}{1000},$$

где  $t_{\text{в}}$  - температура внутреннего воздуха в помещениях здания, принимаемая по ГОСТ 30494 (назначена в табл.1)

$z_{\text{от}}$  – количество суток отопительного периода, принимаемой для зданий, расположенных на территории г. Тюмень – 223 суток;

24 – количество часов в сутках;

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

Данную формулу следует применять для объектов с отоплением от электрической сети.

Если к объекту подведена тепловая энергия от городской или районной ТЭЦ, то удобнее пользоваться формулой:

$$Q_{\text{Гкал}} = \frac{U \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}} \cdot 24}{1000 \cdot 1163} \quad \text{где}$$

1163 – переводной коэффициент из кВт·ч в Гкал.

выражение  $(t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}}$  - градусо-сутки отопительного периода, согласно СП 50.13330 (сокращенно - ГСОП, указано в табл. 1).

Таким образом, формулы тепловых потерь можно упростить:

$$Q_{\text{кВт}\cdot\text{ч}} = \frac{U \cdot \text{ГСОП} \cdot 24}{1000} = 0,024 \cdot U \cdot \text{ГСОП};$$

$$Q_{\text{Гкал}} = \frac{U \cdot \text{ГСОП} \cdot 24}{1000 \cdot 1163} = \frac{0,024 \cdot U \cdot \text{ГСОП}}{1163}.$$

Для варианта кровли с сэндвич-панелью:

$$Q_{\text{МВ}} = 0,024 \cdot U_{\text{МВ}} \cdot \text{ГСОП} = 0,024 \cdot 0,317 \cdot 5553 = 42,24 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Для варианта кровли с PIR-плитой:

$$Q_{\text{PIR}} = 0,024 \cdot U_{\text{PIR}} \cdot \text{ГСОП} = 0,024 \cdot 0,314 \cdot 5553 = 41,84 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

### Примечания

1. величина тепловых потерь напрямую зависит от термического сопротивления конструкции  $R_{\text{пр}}$ , которое в свою очередь определено назначенной толщиной теплоизоляции. То есть, чем толще по результатам расчета назначен слой утеплителя, тем ниже будут тепловые потери.
2. рассчитанные тепловые потери через конструкцию не учитывают изменение теплосберегающих свойств утеплителя со временем, возникающее при потере начальной

формы под внешними нагрузками (снеговая, эксплуатационная, потеря прочностных свойств со временем).

В связи с этим для корректности дальнейшего расчета следует принять корректировку величины теплопотерь через сэндвич-панели с минеральной ватой.

#### 4. Проблематика применения сэндвич-панелей с минеральной ватой

Применение сэндвич-панелей с сердечником из минеральной ваты в качестве кровельного покрытия включает в себе техническую проблему, связанную с сезонными колебаниями температур – в процессе эксплуатации панели в ней возникают значительные перепады напряжений в верхнем и нижнем листе обшивки и их деформации.

Данная проблема проявляется в виде протечек в летний период, мостиков холода (выпадению конденсата) на внутренней поверхности панели в зимний период. Причиной этих явлений является сочетание свойств материала и условиями его работы в сэндвич-панели, а также условия монтажа самой сэндвич-панели.

Во-первых, структура минеральной ваты – пористая, не препятствующая движению водяного пара через массив утеплителя. Водяной пар без труда заполняет весь объем воздушных пор. Материал «держит форму» и обладает определенной жесткостью только за счет скрепления минеральных волокон друг с другом связующим из фенолформальдегидной смолы.

Во-вторых, обшивки сэндвич-панелей из листового металла являются барьером для выхода водяного пара из сэндвич-панели, а применение панелей в малоуклонных кровлях конструктивно способствует попаданию влаги внутрь панелей через стыки и повреждения в верхней обшивке.

В-третьих, не всегда выдерживаются требования к ровности основания под сэндвич-панели, а также присутствует человеческий фактор: стыки обшивок смежных панелей не являются плотными, а добиться полной герметичности стыков в условиях строительной площадки тоже невозможно.

Наличие парообразной влаги внутри сэндвич-панели приводит к следующему:

##### Физико-механические аспекты

- конденсат в местах скрепления волокон медленно воздействует на связующее, растворяя его; в результате увлажнения происходит уменьшение прочностных свойств материала, наблюдается явление ползучести сердечника.

- в процессе циклических температурных переходов через точку замерзания воды также происходит механическое воздействие на связи между волокнами, результатом которого является их ослабление.

##### Теплофизические аспекты

- водопоглощение материала со временем увеличивается, с учетом старения гидрофобизатора и потери его свойств

- увлажненная минеральная вата теряет свои начальные теплоизолирующие свойства: термическое сопротивление сэндвич-панели падает, а тепловые потери пропорционально возрастают.

Данные выводы следует распространить на усредненные затраты на теплопотери

Для корреляции теплопотерь принимаем в расчете среднее значение теплопотерь за весь расчетный период эксплуатации при изменении теплопроводных свойств минваты до 30%:

$$Q_{\text{МВ(Ф)}} = (Q_{\text{МВ}} + Q_{\text{МВ30}})/2 = (42,24 + 42,24 \cdot 1,3)/2 = 48,57 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

## 5. Методика расчета эксплуатационных затрат

Под эксплуатационными затратами в данной статье принимаем затраты на отопление здания. Для расчета стоимости эксплуатационных затрат (Э) через 1 м<sup>2</sup> площади кровли за один отопительный период величину теплотерь необходимо умножить на стоимость тепловой или электрической энергии (в зависимости от принятой в здании системы отопления и используемых для отопления источников энергоснабжения):

$$\text{Э} = Q \cdot c_T,$$

где Q - суммарные потери тепловой энергии через 1 м<sup>2</sup> кровли;

C<sub>T</sub>- величина тарифа, принимаемая:

- руб/Гкал – при централизованном отоплении от городской ТЭЦ;

- руб/кВт·ч – при электрическом теплоснабжении

В нашем расчете с принятой схемой электрического отопления примем среднюю величину тарифов для потребителей (производственных предприятий). По состоянию на 06.2015 года она составляет 3,20 руб/кВт·ч.

Тогда величина эксплуатационных годовых затрат на 1 м<sup>2</sup> составит:

Для варианта с сэндвич-панелью (наполнитель минвата):

$$\text{Э}_{\text{МВ}} = Q_{\text{МВ}} C_{\text{T}} = 48,57 \cdot 3,20 = \mathbf{156} \text{ руб. (с округлением до целого);}$$

Для варианта с PIR-плитой:

$$\text{Э}_{\text{PIR}} = Q_{\text{PIR}} C_{\text{T}} = 41,84 \cdot 3,20 = \mathbf{134} \text{ руб. (с округлением до целого)}$$

## 6. Долговечность сравниваемых конструктивных решений

Процессы, указанные в разделе 4, определяют прочность сердечника из минеральной ваты, и, соответственно, прочность самой панели, так как одни обшивки сами по себе несущую функцию не выполняют. Под их влиянием и на фоне знакопеременных нагрузок происходит отслаивание утеплителя от стального листа и расслоение собственно утеплителя. Несущая способность сэндвич-панели понижается, а прогибы в пролетах увеличиваются. В местах крепления панели происходит деформация металла и потеря герметичности отверстий.

К кровлям из сэндвич-панелей с минеральной ватой, подверженным деструктивным явлениям, следует отнести кровли с длиной скатов, превышающих длину сэндвич-панели (как правило, более 12-ти метров) с поперечными стыками сэндвич-панелей, кровли с уклоном поверхности менее 15%, кровли, имеющие ендовы и внутренний водосброс, а также кровли. Признаком потенциально недолговечной кровли из сэндвич-панелей из минеральной ватой является редкая сетка прогонов (более 1500 мм).

Основываясь на экспертных оценках срока службы отечественных кровель из сэндвич-панелей с минераловатным сердечником, можно рассчитывать на средний срок эксплуатации таких кровель не более 10-13 лет.

Принимаем в расчёте долговечность\*:

- для сэндвич-панели с минватой долговечность T<sub>МВ</sub> =13 лет эксплуатации,

- для PIR-плиты\*\* T<sub>PIR</sub> =30 лет эксплуатации.

\* - здесь под долговечностью будем понимать срок эксплуатации до замены сэндвич-панели (или полной замены слоя поэлементной конструкции конструкции) в связи с отказом кровли (потерей ремонтпригодного состояния).

\*\* - на основе исследований, произведенных немецким институтом FIW Munich в области исследований и испытаний тепловой изоляции по заказу ассоциации производителей полиуретана в Европе PU EUROPE (PU Europe – Factsheet 16 «Durability of polyurethane insulation products»).

## 7. Анализ структуры затрат при выборе конструктивного решения

Выбор конструктивного решения проводим на основе метода приведенных затрат. Затраты на капитализацию и эксплуатацию кровельного пирога за расчетный период эксплуатации, приведенные к 1 м<sup>2</sup> их площади, руб/м<sup>2</sup>, складываются из начальных затрат на строительство К и эксплуатационных затрат Э:

$$П_{MB} = K_{MB} + Э_{MB} \cdot T_{MB} \qquad П_{PIR} = K_{PIR} + Э_{PIR} \cdot T_{PIR}$$

где Э<sub>MB</sub>, Э<sub>PIR</sub> – эксплуатационные затраты, учитывающие потери тепловой энергии через 1 м<sup>2</sup> кровли за один отопительный сезон, руб/м<sup>2</sup>·год;

T<sub>MB</sub>, T<sub>PIR</sub> – долговечность кровли.

Капитальные затраты K<sub>MB</sub> и K<sub>PIR</sub> на устройство кровли складываются из стоимости материалов и стоимости работ. Стоимости материалов для устройства кровли представлены в табл.3 и табл.4. Стоимости работ по устройству кровли – в табл.5 и табл.6.

Табл.3 Стоимость материалов и работ на 1 м. кв. кровли из сэндвич-панели с сердечником из минеральной ваты

Конструктивные слои кровли	Ед. изм.	Норма расхода на 1м.кв.	Стоимость, руб. за ед.изм.	Всего, руб.:
Сэндвич-панель толщина 150 мм	м. кв.	1,08	1650	1782
Крепеж панели (длина 180 мм)	шт.	5	20	100
			Всего	<b>1882</b>
Монтаж сэндвич-панели с применением средств механизации	м. кв.	-	-	550
			Всего	<b>550</b>
			<b>Итого* K<sub>MB</sub></b>	<b>2432</b>

Табл.4 Стоимость материалов и работ на 1 м. кв. кровельной системы PIR-Кровля Эксперт

Конструктивные слои кровли	Ед. изм.	Норма расхода на 1м.кв.	Стоимость, руб. за ед.изм.	Всего, руб.:
Профилированный лист Н75-750-0,8	м.кв.	1,1	600	660
Пароизоляционная пленка 200 мкм	м.кв.	1,1	30	33
PIR-плита марки PiroMembrane 70 мм	м.кв.	1,05	792	831,6
Крепеж плиты под толщину 70 мм	шт.	3,12	14	43,68
ПВХ-мембрана PLASTFOIL	м.кв.	1,15	380	437
Крепеж мембраны под толщину 70 мм	шт.	4	14	56
			Всего	<b>2061</b>
Укладка профлиста				150
Устройство пароизоляции				45
Монтаж PIR-плит				110
Укладка кровли из ПВХ мембраны				195
			Всего	<b>500</b>
			<b>Итого* K<sub>PIR</sub></b>	<b>2561</b>



\* - с округлением до целого

Тогда приведенные затраты составят:

Для варианта сэндвич-панель с минватой:

$$\Pi_{\text{МВ}} = K_{\text{МВ}} + \text{Э}_{\text{МВ}} \cdot T_{\text{МВ}} = 2432 + 156 \times 13 = 4460 \text{ руб. (на 13 лет)}$$

Для варианта с PIR-плитой:

$$\Pi_{\text{PIR}} = K_{\text{PIR}} + \text{Э}_{\text{PIR}} \cdot T_{\text{PIR}} = 2561 + 134 \times 30 = 6581 \text{ руб. (на 30 лет)}$$

Для инвесторов и эксплуатирующих организаций наиболее интересным будет являться сравнение удельных показателей приведенных капитальных затрат на метр квадратный конструкции к году эксплуатации, который можно рассчитать по формуле:

$$\Pi^1 = \frac{\Pi}{T}, \text{ руб.}$$

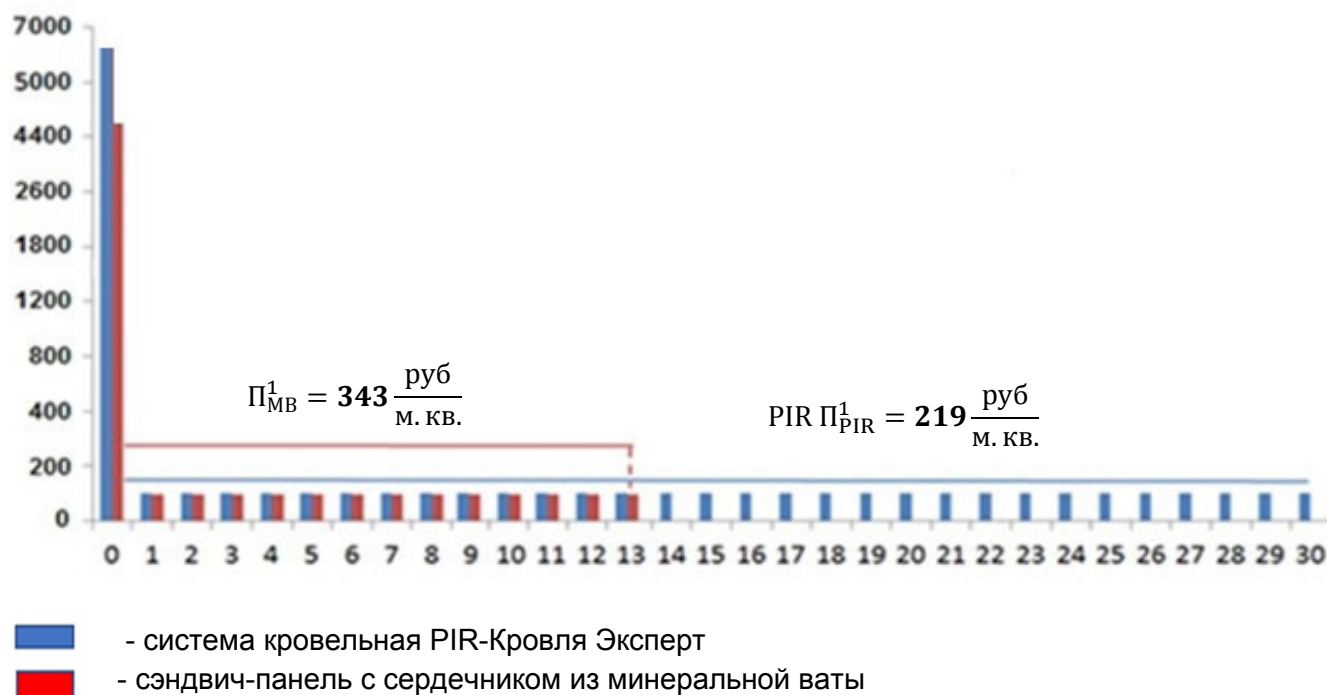
Тогда для решения с сэндвич панель с минватой:

$$\Pi_{\text{МВ}}^1 = \frac{\Pi_{\text{МВ}}}{T_{\text{МВ}}} = \frac{4460}{13} = 343 \text{ руб. на 1 м. кв. в год (с округлением до целого)}$$

Тогда для решения на PIR-плите:

$$\Pi_{\text{PIR}}^1 = \frac{\Pi_{\text{PIR}}}{T_{\text{PIR}}} = \frac{5921}{30} = 219 \text{ руб. на 1 м. кв. в год (с округлением до целого)}$$

Наглядно динамику распределения приведенных затрат на строительство и эксплуатацию конструкции при сравнении вариантов утепления PIR-плитами и минеральной ватой можно увидеть на графике:



## 8. Выводы и дополнительные преимущества

Как видно из расчетов и графика, совокупные затраты на строительство и расходы на отопление, приведенные к году эксплуатации для кровельной конструкции **с применением PIR-плит PiroMembrane составят 219руб./м.кв., что на 124 руб./м.кв. меньше, чем для сэндвич-панели с минеральной ватой (на 36%).**

К дополнительным преимуществам, неучтенным в ТЭО, следует отнести:

- **ремонтпригодность системы PIR-Кровля Эксперт.** Отсутствие стыковых соединений упрощает решение задач модернизации покрытия (врезки светопрозрачных фонарей, люков и т.п.), размещение и установку технологического оборудования.

- **низкий вес системы PIR-Кровля Эксперт.** Вес минераловатного сердечника конструкциях крыш с сэндвич-панелями составляет до 55% от общего веса конструкции покрытия (включая вес несущих элементов), В системе кровли PIR-Кровля Эксперт на долю утеплителя PIR приходится до 11%. Это позволяет сократить нагрузки на каркас здания и снизить металлоемкость проектируемых несущих конструкций;

- **снижение логистических затрат** на доставку конструкций. Общая кубатура перевозимого груза для устройства покрытия из сэндвич-панелей больше кубатуры груза для сборки системы PIR-Кровля Эксперт на 30-40%;

- **снижение затрат на использование грузовой техники** при монтажных работах. Возникает для покрытий с длиной ската (длиной применяемых сэндвич-панелей) более X метров.

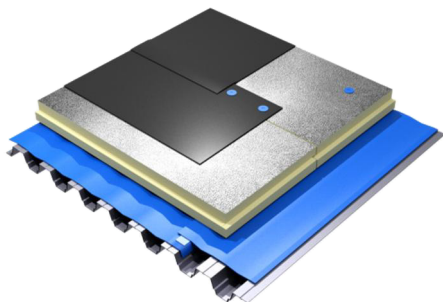
Приложение: технический лист №2.01 Система кровельная PIR-Кровля Эксперт.

**Технический лист №2.01**

02.2018

**Система PIR-Кровля Эксперт**

Система неэксплуатируемой крыши по профилированному стальному листу с кровельным ковром из полимерной мембраны и теплоизоляционными плитами из пенополиизоцианурата (PIR).

**ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ:**


В качестве несущего основания Системы PIR-Кровля Эксперт применяют профилированный стальной лист, на который укладывается пароизоляция из полимерной пленки или битумосодержащего материала. Швы пароизоляционных материалов должны быть склеены. Необходимость применения пароизоляции определяется проектом. В Системе ПИР-Кровля Эксперт в качестве слоя теплоизоляции применены термоизоляционные плиты на основе жесткого пенополиизоцианурата (PIR), имеющие группу горючести Г1 марки PirroMembrane.

Низкая теплопроводность PIR-плит PIRRO обеспечивает уменьшение толщины системы и значительное снижение ее общего веса, в отличие от традиционных утеплителей. Таким образом, снижаются нагрузки на каркас здания и его стоимость.

Система ПИР-Кровля Эксперт обеспечивает повышенный межремонтный срок службы кровли благодаря высокой прочности и стойкости PIR-плит к сосредоточенным нагрузкам.

Кровельный ковер выполняется из полимерных мембран\* производства PLASTFOIL, Protan, Sika, CARLISLE SYNTEC SYSTEMS, Bauder, Fatra, ICOPAL, RENOLIT с показателями пожарной опасности Г1/Г2/ПП1, что позволяет изготавливать крыши без устройства противопожарных разделительных поясов. Низкая группа горючести PIR плит PirroMembrane обеспечивает системе PIR-Кровля Эксперт класс пожарной опасности К0(15) по ГОСТ 30403-96 и предел огнестойкости RE 15 по ГОСТ 30247.0-94 и ГОСТ 30247.1-94.

Системой PIR-Кровля Эксперт предусмотрено механическое крепление теплоизоляции и кровельного ковра к основанию, что увеличивает скорость монтажа. Для создания разуклонки в ендовах покрытия и у парапетов применяются клиновидные плиты PirroSlope (ТЛ №1.09). Плиты PirroSlope укладываются поверх основного слоя теплоизоляции и позволяют сократить сроки работ, что особенно актуально в холодное время года.

**ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ:**

Система PIR-Кровля Эксперт предназначена для крыш промышленных зданий (производственные цеха, складские комплексы и др.), общественных зданий и сооружений (торгово-офисные центры, спортивные сооружения, торгово-развлекательные комплексы и др.), складских комплексов и сельскохозяйственных зданий с большим количеством размещенного на них технологического оборудования, которое нуждается в регулярном обслуживании. Применяется во всех климатических зонах.

**СОСТАВ СИСТЕМЫ:**

№	Наименование слоя	Стандарт	Ед.изм.	Расход
1	Пленка пароизоляционная или битумосодержащий пароизоляционный материал	ГОСТ 30547-97 или стандарт производителя	М.кв.	1,10
			М.кв.	1,15
2	PIR-плиты термоизоляционные PirroMembrane	ТУ 5768-001-09151858-2015	М.кв.	По расчету
3	Телескопический крепеж	Стандарт производителя	Шт.	По расчету
4	Полимерная мембрана	Стандарт производителя	М.кв.	1,15

\* В систему входят полимерные мембраны указанных производителей следующих марок:  
 «PLASTFOIL» - марки Classic / Polar / Eco / Lay (ПВХ);  
 «Protan» - марки SE1,2 / SE1,5 / SE1,6 / G1,5 / GG2,0 (ПВХ);

«Sika» - марки Sikaplan VG / VG RU / VGW / VGW RU / VGWT / S, Sarnafil S 327 / G 410 (ПВХ);  
«CARLISLE SYNTEC SYSTEMS» - марки Sure-Seal/Sure, Tough/FleeceBACK (ЭПДМ), Sure-Weld/Sure-Weld  
EXTRA/FleeceBACK (ТПО);  
«Bauder» - марки Thermofin/Thermoplan (ТПО), Thermofol M/U (ПВХ);  
«Fatra» - марки Fatrafol 810/Fatrafol 810/V (ПВХ);  
«ICOPAL» - марки Monarplan FM (ПВХ);  
«RENOLIT» - марки Alkorplan F 35X76 CIS / F 35276 CIS.

#### **ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ:**

Согласно альбома технических решений «Плоские кровли с теплоизоляцией из плит PIRRO® на основе пенополиизоцианурата (PIR) с мягкими облицовками производства компании ПирроГрупп (Россия) с применением полимерных мембран», «ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ на устройство крыши с применением системы PIR-Кровля Эксперт» и руководства по применению в кровлях полимерной мембраны соответствующего производителя.