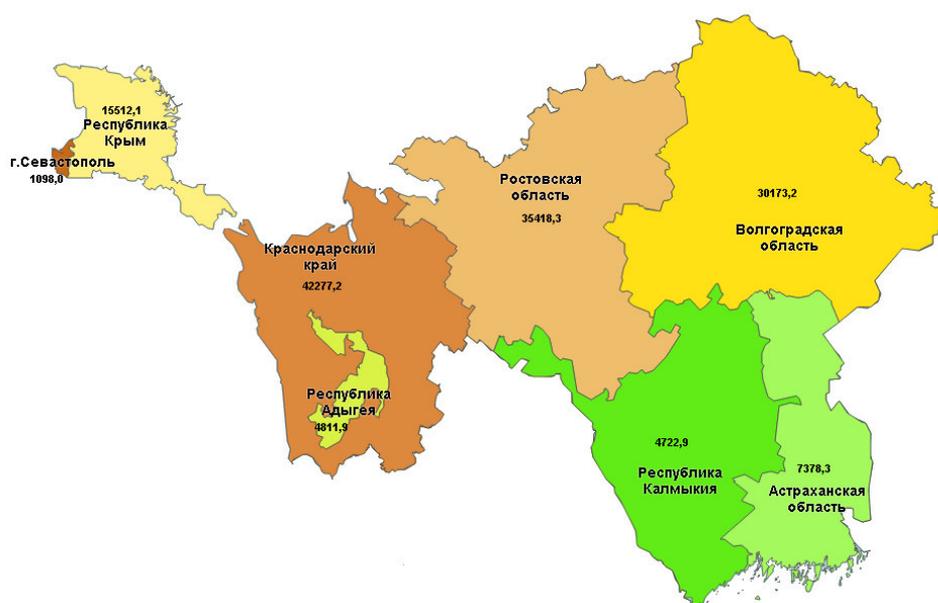


# ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЗАМЕНЫ КРОВЕЛЬНЫХ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ

на

## КРОВЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ PIR-КРОВЛЯ ЭКСПЕРТ



**ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ  
НА ТЕРРИТОРИИ ЮФО И АР КРЫМ**

## 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 покрытия здания – системы кровли PIR-Кровля Эксперт с применением теплоизоляции PIR и трехслойных сэндвич-панелей с сердечником из минеральной ваты на основе базальта, а также представлен расчет простой (бездисконтной) окупаемости сравниваемых конструктивных решений на примере объекта в г. Симферополь. Площадь поверхности покрытия составляет 4266 м<sup>2</sup>. Энергоресурс для отопления здания – электроэнергия.

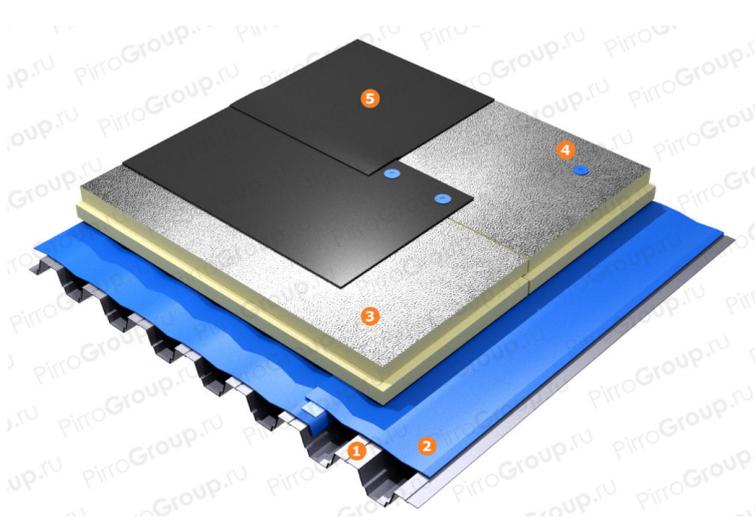
### 1. Объект анализа

**Исполнение 1: Сэндвич-панель кровельная с сердечником из минеральной ваты** плотностью не менее 120 кг/м<sup>3</sup> толщиной 120 мм.



**Исполнение 2: Система кровельная PIR-Кровля Эксперт** послойной укладкой, в составе:

1. основание - стальной профилированный лист,
2. пароизоляция - полиэтиленовая пленка толщиной 200 мкм,
3. теплоизоляция - PIR-плита марки **PirroMembrane** в 1 слой,
4. телескопический крепеж,
5. гидроизоляция - полимерная мембрана PLASTFOIL на основе ПВХ.



## 2. Исходные данные для расчета

В качестве исходных климатических данных для проектирования приняты климатические условия г. Симферополь.

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 <sup>2</sup> °С при условиях эксплуатации		Прочность на сжатие верхнего слоя, кПа
	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/м <sup>2</sup> °С	А	Б	А	Б	
Сэндвич-панель	≥ 120	0,041	2	5	0,042	0,043	≥ 55
PIR-плита PiroMembrane	31	0,021	1	2	0,022	0,023	≥ 150

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

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

Показатель	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	t <sub>от</sub>	°С	2,6
Продолжительность отопительного периода	z <sub>от</sub>	сут/год	153
Расчетная температура внутреннего воздуха	t <sub>в</sub>	°С	20
Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	°С·сут/год	2662

## 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:

$$R_0^{mp} = a \cdot ГСОП + b$$

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

$$R_0^{mp} = a \cdot ГСОП + b = 0,00025 \cdot 2662 + 1,5 = 2,16_{м^2} \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

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

-для сэндвич-панели  $g=0,90$  (6 крепежных элементов на панель, пониженное термическое сопротивление по стыковым соединениям);

-для PIR-плиты  $g=0,90$  (при размере плит PIR 1200x2400 мм их крепят на 9 крепежных элементов, то есть 3,12 шт./м<sup>2</sup>).

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

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

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

При этом условием соблюдения поэлементных требований станет выполнение неравенства:

$$R_0^{усл} \cdot g \geq R_0^{тп}$$

### Определение требуемой минимальной толщины теплоизоляции.

Для расчетов принимаем заданную проектом сэндвич-панель с сердечником из минеральной ваты толщиной 120 мм и эквивалентную по значению термического сопротивления PIR-плиту PIRroMembrane толщиной 65 мм (см. бланк прикладываемого теплотехнического расчета).

### Определение сопротивления теплопередачи по назначенной толщине утеплителя.

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

Для кровельной сэндвич-панели 120 мм:

$$R_{пр(МВ)} = (1/8,7 + d_{МВ}/\lambda_{МВ}) + 1/23) \cdot g = (0,158 + 0,12/0,042) \cdot 0,9 = \mathbf{2,71 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}},$$

Для кровельной конструкции с PIR-плитой 65 мм:

$$R_{пр(PIR)} = (1/8,7 + d_{PIR}/\lambda_{PIR} + 1/23) \cdot g = (0,158 + 0,065/0,022) \cdot 0,9 = \mathbf{2,80 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}}.$$

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:

$$U = \frac{1}{R_{пр}}$$

для сэндвич-панели  
 $U_{МВ} = \mathbf{0,369 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})}$

для PIR-плиты  
 $U_{PIR} = \mathbf{0,357 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})}$

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:

$$Q_{\text{МВ}} = 0,024 \cdot U_{\text{МВ}} \cdot \text{ГСОП} = 0,024 \cdot 0,369 \cdot 2662 = 23,57 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Для варианта кровли с PIR-плитой:

$$Q_{\text{PIR}} = 0,024 \cdot U_{\text{PIR}} \cdot \text{ГСОП} = 0,024 \cdot 0,357 \cdot 2662 = 22,81 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

### 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 теплотери.

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 теплотерь через сэндвич-панели с минеральной ватой.

## 4. Проблематика применения сэндвич-панелей с сердечником из минеральной ваты

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 условий 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%:

$$Q_{\text{МВ(Ф)}} = (Q_{\text{МВ}} + Q_{\text{МВ30}})/2 = (23,57 + 23,57 \cdot 1,3)/2 = 27,11 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

### **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 теплопотерь необходимо умножить на стоимость тепловой или электрической энергии (в зависимости от принятой в здании системы отопления и используемых для отопления источников энергоснабжения):

$$\text{Э} = Q \cdot c_{\text{т}},$$

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

c<sub>т</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):

$$\mathcal{E}_{\text{МВ}} = Q_{\text{МВ}} C_{\text{T}} = 27,11 * 3,20 = \mathbf{87} \text{ руб. (с округлением до целого);}$$

для варианта с PIR-плитой:

$$\mathcal{E}_{\text{PIR}} = Q_{\text{PIR}} C_{\text{T}} = 22,81 * 3,20 = \mathbf{73} \text{ руб. (с округлением до целого).}$$

## 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. 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 12-15 лет.

Принимаем в расчёте долговечность\*:

- для сэндвич-панели с минватой долговечность  $T_{\text{МВ}} = 15$  лет эксплуатации,
- для PIR-плиты\*\*  $T_{\text{PIR}} = 30$  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:

$$П_{МВ} = K_{МВ} + Э_{МВ} \cdot T_{МВ}$$

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

где  $Э_{МВ}$ ,  $Э_{PIR}$  – эксплуатационные затраты, учитывающие потери тепловой энергии через 1 м<sup>2</sup> кровли за один отопительный сезон, руб/м<sup>2</sup>·год;

$T_{МВ}$ ,  $T_{PIR}$  – долговечность кровли.

Капитальные затраты  $K_{МВ}$  и  $K_{PIR}$  на устройство покрытия складываются из стоимости материалов и стоимости работ и представлены в табл.3 и табл.4.

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

Конструктивные слои покрытия	Ед. изм.	Норма расхода, ед.изм./м2	Стоимость, руб. за ед. изм.	Всего, руб.:
Сэндвич-панель толщина 120 мм	м.кв.	1,0	3700	3700
Крепеж панели (длина 160 мм)	шт.	2,8	35	98
Лента уплотнительная 50x1,5 мм	м.п.	0,6	16	10
			<b>Всего</b>	<b>3808</b>
Монтаж сэндвич-панели с применением средств механизации	м.кв.	-	-	810
			<b>Всего</b>	<b>810</b>
			<b>Итого К<sub>МВ</sub></b>	<b>4618</b>

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

Конструктивные слои покрытия	Ед. изм.	Норма расхода, ед.изм./м2	Стоимость, руб. за ед. изм.	Всего, руб.:
Профилированный лист Н60-750-0,7	м.кв.	1,01	840	848
Крепеж профлиста 5,5x25	шт.	1,5	9	14
Заклепка 4,8x6	шт.	3,5	4	14
Пароизоляционная пленка 200 мкм	м.кв.	1,1	45	50
PIR-плита марки PiroMembrane 65 мм	м.кв.	1,03	1135	1169
Крепеж плиты под толщину 65 мм	шт.	3,12	14	44
ПВХ-мембрана PLASTFOIL Eco 1,2 мм	м.кв.	1,15	805	926
Крепеж мембраны под толщину 65 мм	шт.	4	13,8	55
			<b>Всего</b>	<b>3120</b>
Укладка профлиста	м.кв.	-	-	160
Устройство пароизоляции	м.кв.	-	-	45
Монтаж PIR-плит	м.кв.	-	-	120
Укладка кровли из ПВХ мембраны	м.кв.	-	-	210
			<b>Всего</b>	<b>535</b>
			<b>Итого К<sub>PIR</sub></b>	<b>3655</b>

Рассчитаем приведенные затраты:

- для варианта сэндвич-панель с минватой:

$$П_{МВ} = K_{МВ} + Э_{МВ} \cdot T_{МВ} = 4618 + 87 \times 15 = 5923 \text{ руб. (на 15 лет).}$$

- для варианта с PIR-плитой:

$$П_{PIR} = K_{PIR} + Э_{PIR} \cdot T_{PIR} = 3655 + 73 \times 30 = 5845 \text{ руб. (на 30 лет).}$$

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:

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

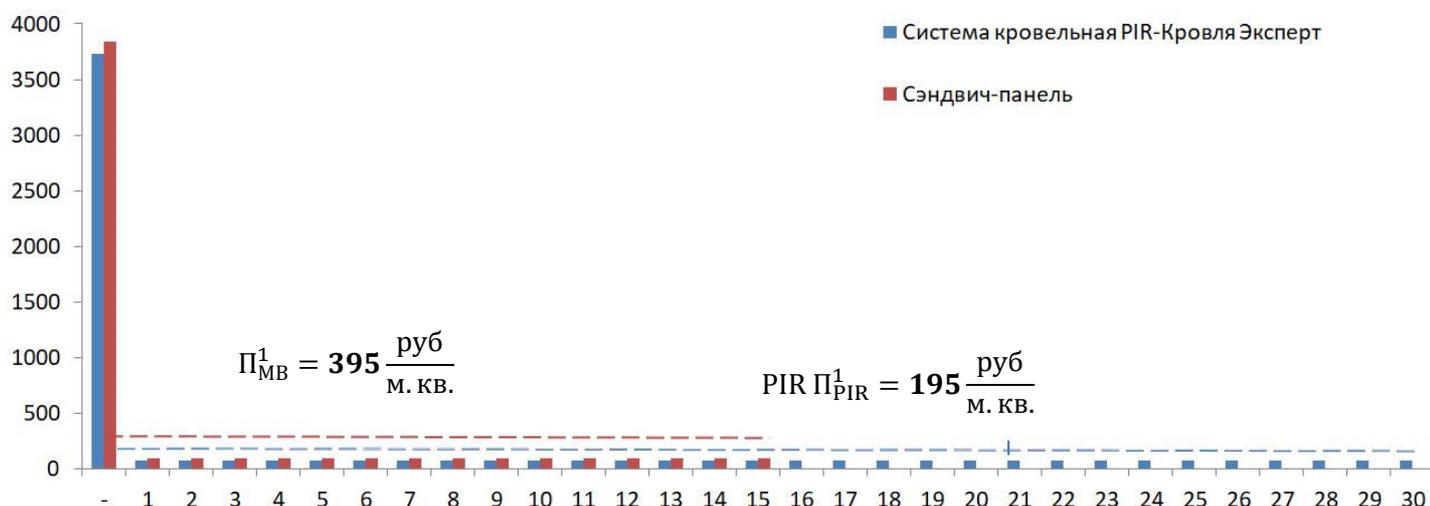
Тогда для решения с сэндвич-панель с минватой:

$$\Pi_{\text{МВ}}^1 = \frac{\Pi_{\text{МВ}}}{T_{\text{МВ}}} = \frac{5923}{15} = \mathbf{395 \text{ руб. на 1 м. кв. в год (с округлением до целого)}}$$

Тогда для решения на PIR-плите:

$$\Pi_{\text{PIR}}^1 = \frac{\Pi_{\text{PIR}}}{T_{\text{PIR}}} = \frac{5845}{30} = \mathbf{195 \text{ руб. на 1 м. кв. в год (с округлением до целого)}}$$

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:

1) начальные затраты на устройство крыши на системе PIR-Кровля Эксперт ниже, чем на кровельных сэндвич-панелях, на  $4618-3740=878$  руб./м<sup>2</sup>. На данном объекте для покрытия площадью 4266 м<sup>2</sup> экономия на устройстве покрытия составит  $4266 \text{ руб} * 878 \text{ руб/м}^2 = 3 \text{ млн } 745 \text{ тыс. руб.}$

2) совокупные затраты на строительство и расходы на отопление, приведенные к году эксплуатации для кровельной конструкции PIR-Кровля Эксперт составят **195 руб./м.кв.**, что на **200 руб./м.кв. меньше**, чем для сэндвич-панелей с минеральной ватой (**фактически в 2 раза**).

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 %;

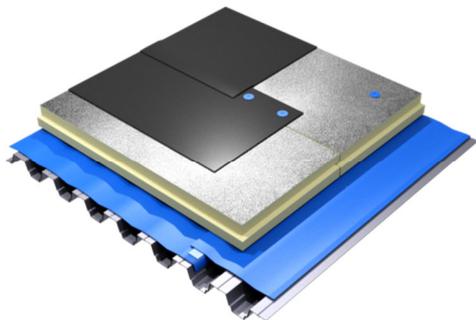
- **снижение затрат на использование грузовой техники** при монтажных работах: возникает для покрытий, имеющих в поперечнике несколько ендов (в случае с сэндвич-панелями необходимо вести монтаж «изнутри» здания, монтаж каркаса здания «привязан» к монтажу сэндвич-панелей).

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

## Система PIR-Кровля Эксперт

Система неэксплуатируемой крыши по профилированному стальному листу с утеплителем из жестких пенополиизоциануратных плит Pirro®Membrane и кровельным ковром из полимерной мембраны.

### ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ:



Несущим основанием в системе PIR-Кровля Эксперт является профилированный стальной лист, на который укладывается пароизоляция из полимерной пленки или битумосодержащего материала.

В качестве теплоизоляции используются теплоизоляционные плиты из жесткого пенополиизоцианурата марки PirroMembrane. Плиты PirroMembrane с термостойким сердечником из жесткого пенополиизоцианурата (PIR) и с облицовками из алюминиевой фольги имеют группу горючести Г1 по ГОСТ 30244-94.

Благодаря низкой теплопроводности PIR в сравнении с традиционными тяжелыми утеплителями толщина теплоизоляции конструкции существенно снижается, что обеспечивает существенное снижение общего веса конструкции. Таким образом, снижаются нагрузки на каркас здания, снижаются его металлоемкость и стоимость строительства, а также логистические затраты.

PIR-плиты PirroMembrane обладают высокой прочностью на сжатие и устойчивостью к воздействию пешеходных нагрузок, действующих на неэксплуатируемую кровлю (например, при сезонных осмотрах кровли, текущем обслуживании оборудования на крыше, снегоудалении, ремонте крыши и т.п.).

Благодаря большой площади плит PIR (стандартный размер 1200x2400 мм) и наличию профилеров по периметру верхний слой теплоизоляции образует ровное прочное основание для кровельного покрытия, а межремонтный срок службы кровли увеличивается.

Кровельный ковер выполняется из ПВХ-мембран т.м. PLASTFOIL, Protan, Sika, Fatra и других марок, а также битумно-полимерных материалов т.м. ИКОПАЛ с показателями пожарной опасности ПП1/В2 позволяет применять систему на крышах без ограничений по площади (группа пожарной опасности кровли КР0 по ГОСТ Р 56026) и исключить устройство 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.

Согласно Заклчению ВНИИПО, при использовании защитного слоя из цементно-стружечных плит, закрепленных по нижнему поясу профилированных листов или при использовании подвешенного потолка на скрытом стальном каркасе с зашивкой гипсоволокнистыми или гипсокартоновыми листами, конструкция будет иметь класс пожарной опасности К0(30) и предел огнестойкости RE 30.

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). Применение плит PirroSlope позволяет сократить сроки работ, что особенно актуально в холодное время года, так как исключаются влажные процессы. Для плоских оснований основной уклон создается укладкой клиновидных плит между двумя слоями плит PIR.

### ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ:

Система PIR-Кровля Эксперт предназначена для крыш промышленных зданий и производственных цехов, логистических комплексов и складов, общественных зданий и сооружений (спортивные объекты, бассейны, ледовые арены), сельскохозяйственных зданий и др. Применяется во всех климатических зонах.

Рекомендована для крыш с большим количеством размещенного на них технологического оборудования и интенсивностью пешеходной нагрузки на кровлю II и III типа по СП 17.13330.2017 с изм.2, когда необходимо регулярное обслуживание оборудования и текущие осмотры кровли.

Может применяться при капитальном ремонте крыш с полной или частичной заменой слоев конструкции.

### 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	Теплоизоляционные PIR-плиты PirroMembrane	ТУ 22.21.41-007-09151858-2019 изм.1	М.кв.	По расчету
3	Теплоизоляционные клиновидные плиты PirroSlope	ТУ 22.21.41-007-09151858-2019 изм.1	М.кв.	По расчету
4	Телескопический крепеж (кровельный тарельчатый дюбель + винт)	Стандарт производителя	Шт.	По расчету
5	Полимерная кровельная мембрана* или битумно-полимерный материал	Стандарт производителя	М.кв.	По расчету

\* В том числе полимерные мембраны следующих производителей:

«PLASTFOIL» - марки Classic / Polar / Eco / Lay; «PROTAN» - марки SE1,2 / SE1,5 / SE1,6 / G1,5 / GG2,0; «Sika» - марки Sikaplan VG-12/15/18 RUS P / VGW 12/15 RUS P (ПВХ); «CARLISLE» - марки ЭПДМ: Sure-Seal EPDM / Sure-Tough EPDM, марки ТПО: TPO Sure-Weld / TPO Sure-Weld FleeceBACK; «Bauder» - марки Thermofin (ТПО), Thermofol (ПВХ).

### ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ:

Согласно альбому 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 № ТК-1.01 на устройство крыши с применением системы PIR-Кровля Эксперт» и технической документации по применению полимерных мембран.