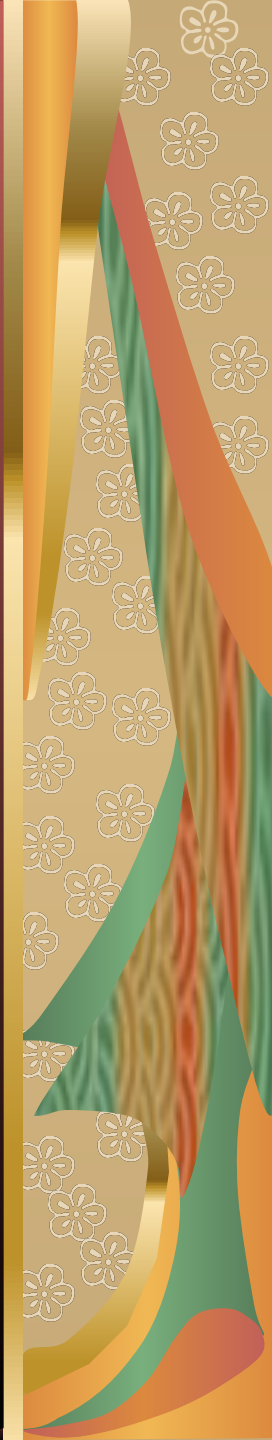


Энергоэффективное проектирование

Энергосберегающая
конструкция
кровель



Крыша с хорошими тепло- и гидроизоляционными свойствами

Конструкция крыши с хорошими **тепло- и гидроизоляционными свойствами** в значительной степени определяет тепловой комфорт в помещениях дома. Поэтому при строительстве энергосберегающего дома необходимо выбрать конструкцию покрытия, способную сохранить теплозащитные качества на длительное время.

Ограждающие конструкции крыш подвергаются в течение года различным атмосферным воздействиям:

- значительные колебания температуры наружного воздуха;
- осадки в виде дождя и снега;
- солнечная радиация;
- ветровые нагрузки.



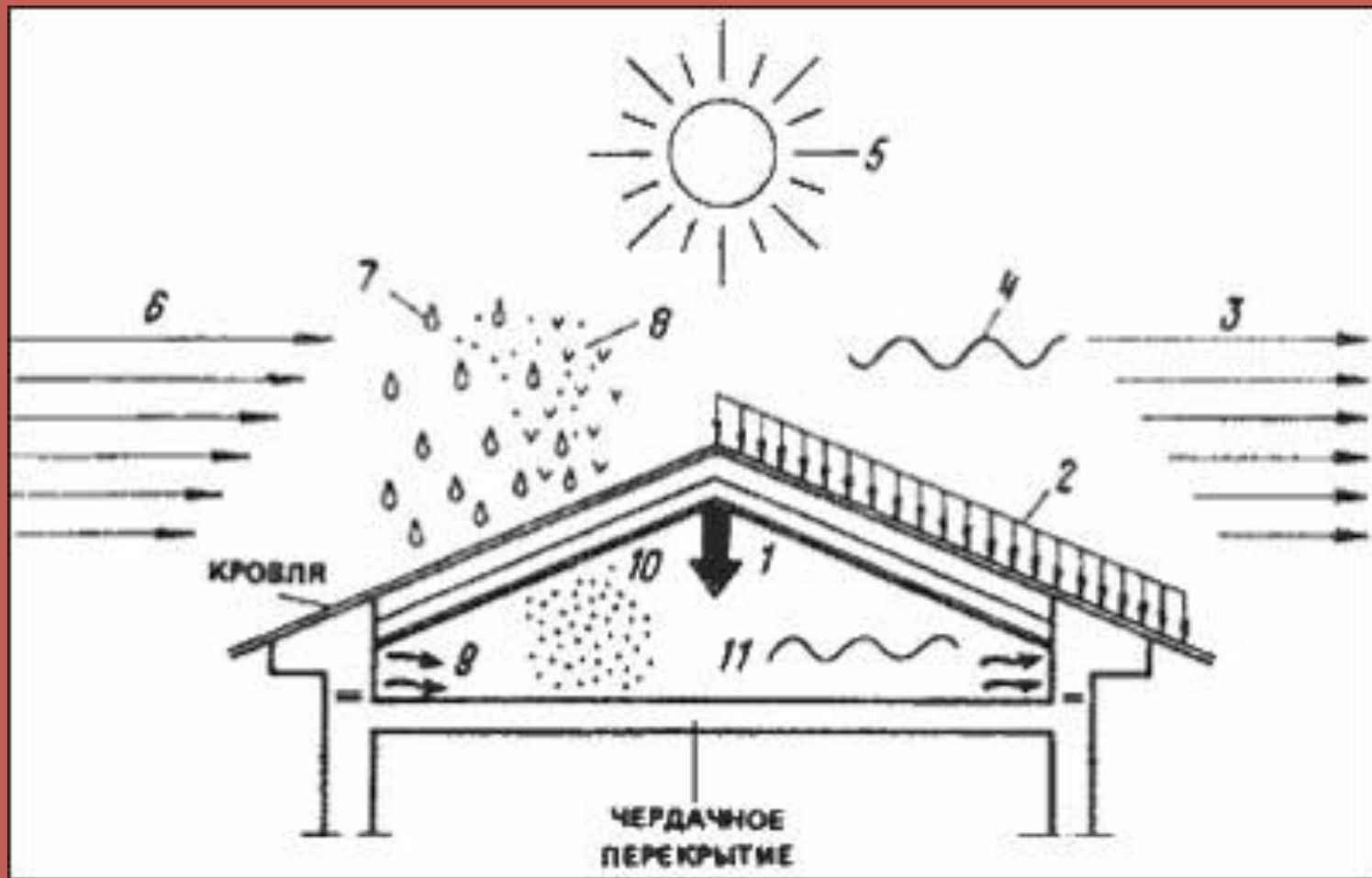


Рис. 1. Внешние воздействия на покрытие:



- 1 - постоянная нагрузка (собственный вес);
- 2 - временные нагрузки (снег, эксплуатационные нагрузки);
- 3 - ветер (отсос);
- 4 - температура наружного воздуха;
- 5 - солнечная радиация;
- 6 - ветер (давление);
- 7 - атмосферные осадки;
- 8 - химические агрессивные вещества, содержащиеся в воздухе;
- 9 - движение воздушных потоков в чердачном пространстве;
- 10 - влага, содержащаяся в воздухе чердачного пространства;
- 11 - температура воздуха чердачного пространства. В связи с этим все виды конструкций крыш должны обладать хорошими теплозащитными и гидро-, пароизоляционными свойствами, отвечать требованиям прочности, устойчивости, долговечности и огнестойкости.



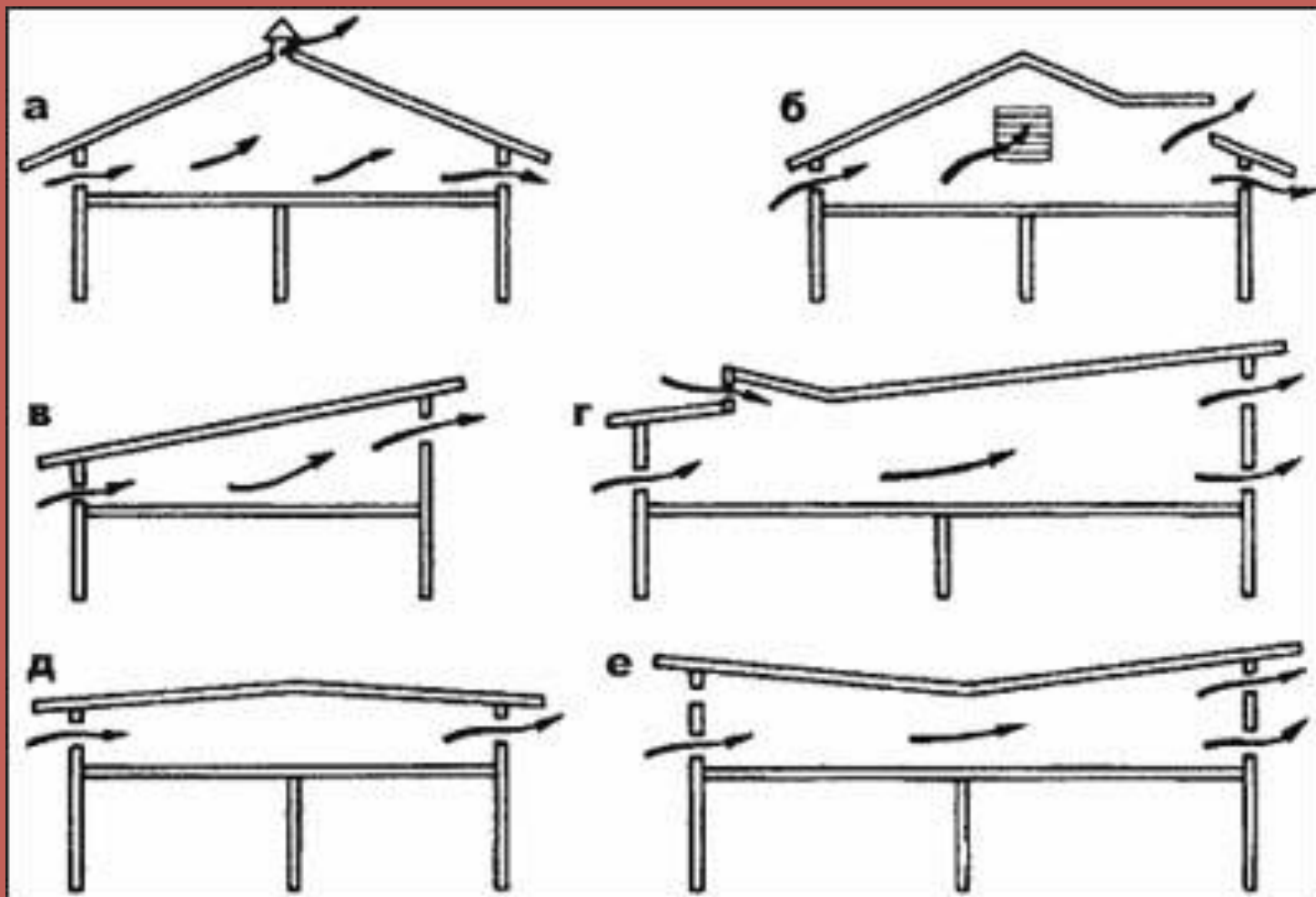
Конструкции крыш должны быть экономичными при строительстве и в эксплуатационных расходах. Наиболее широкое применение в строительстве получили следующие **конструктивные решения крыш**:

- чердачные крыши;
- совмещенные бесчердачные крыши.

Долговечность и теплозащитные свойства крыш в значительной степени определяются влажностными состояниями материалов крыш. Постоянным источником увлажнения является влага, поступающая в парообразном состоянии из воздуха помещений в холодный период года. Прохождение водяных паров через толщу утеплителя приводит к увлажнению материала и потере требуемых теплозащитных качеств конструкции. При устройстве достаточной внутренней пароизоляции и наличие свободного выхода влаги из конструкции увлажнения не происходит.



Рис. 2. Вентиляция чердачного пространства:



- а - двухскатная чердачная крыша с вытяжным и приточно-вытяжными отверстиями;
- б - двухскатная чердачная крыша со слуховым окном, решетками-жалюзи и приточно-вытяжными отверстиями;
- в - односкатная крыша с приточно-вытяжными отверстиями;
- г - односкатная крыша со слуховым окном и приточно-вытяжными отверстиями;
- д - двухскатная крыша с приточно-вытяжными отверстиями;
- е - крыша с внутренним водостоком и приточно-вытяжными отверстиями.

Следует отметить, что конструкция чердачного перекрытия по сравнению с совмещенной бесчердачной крышей находится в более благоприятных влажностных условиях. Влага, прошедшая через чердачное перекрытие, поступает в воздушное пространство чердачного помещения и через слуховые окна и приточно-вытяжные отверстия выходит наружу.

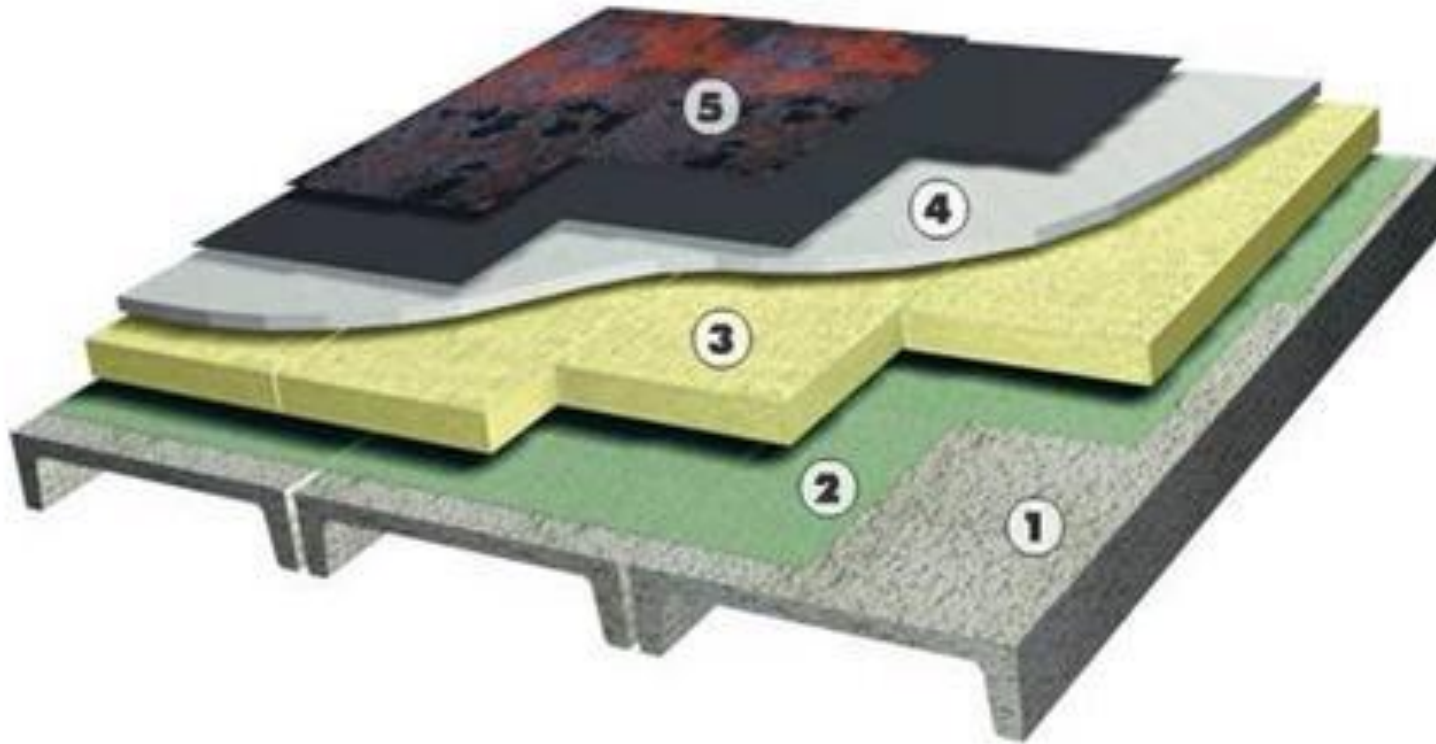


В бесчердачных покрытиях необходимо устройство внутреннего пароизоляционного слоя, предохраняющего утеплитель от увлажнения. Для удаления влаги, попавшей в толщу утеплителя, следует устраивать в ее верхней части вентилируемые воздушные прослойки в виде прямоугольных или цилиндрических каналов, по которым скопившаяся влага сможет уйти из совмещенного покрытия. Без этих вентиляционных каналов выход влаги значительно затруднен, и она скапливается под гидроизоляционным ковром в виде конденсата.

Скопившаяся под гидроизоляционным ковром влага при отрицательных температурах замерзает и превращается в лед, который периодически оттаивает при положительных температурах. Такое попеременное замораживание и оттаивание влаги в материале приводит к нарушению сцепления между гидроизоляционным ковром и цементнопесчаной стяжкой. Вследствие этих процессов разрушается кровля в совмещенном бесчердачном покрытии. Кроме того, повышение влажности теплоизоляционных материалов приводит к увеличению его коэффициента теплопроводности и снижению теплозащитных свойств совмещенного покрытия.

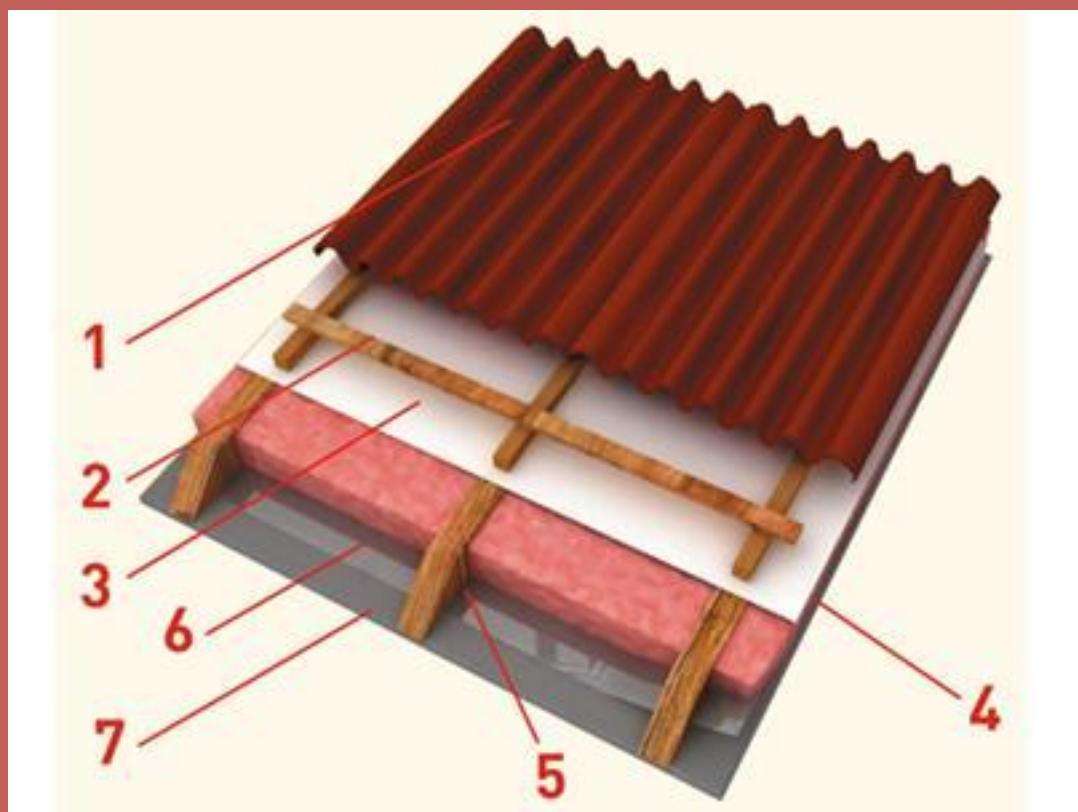


Существуют два основных типа кровель: плоские (рис. 1)



Структура плоской кровли: 1 – плиты покрытия; 2 – слой пароизоляции; 3 – слой утеплителя; 4 – железобетонная стяжка; 5 – слой гидроизоляции (рулонной или наплавляемой)

скатные (рис. 2).



1 – черепица или другой кровельный материал; 2 – шаговая (поперечная) обрешетка; 3 – ветро- и влагозащитная мембрана; 4 – слой утеплителя; 5 – стропила; 6 – слой пароизоляции; 7 – слой внутренней отделки.



Утепление кровли



- Последние 25 лет в США и в западноевропейских странах, для изоляции крыш широко применяется **пенополиуретан**. ППУ отлично герметизирует, что значительно упрощает процесс утепления плоской крыши, т.к. метод напыления пенополиуретаном не требует использования других материалов. При реконструкции данный метод позволяет избежать демонтажа крыши.
-
- Плотность сырья, регулируемая вспенивающим агентом, в значительной мере влияет на механические свойства твердых пенопластов. Нижеприведенная таблица демонстрирует ряд механических свойств ППУ, используемого при напылении на крыши.



Механические свойства пенополиуретана для напыления на крыши

Механические свойства	Норма
Плотность, кг/куб.м	60-150
Теплопроводность, Вт/(мК):	
измеренное значение	не более 0,023
расчетное значение	0,030
Замкнутость ячеек, %	не менее 90
Прочность адгезии, кг/кв.см	не менее 2
Стабильность формы, %:	
при воздействии холода	не более 2
при воздействии тепла	не более 5



Пенополиуретан

- Температурный диапазон применения ППУ, напыляемого на плоские крыши, составляет от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$, а степень водопоглощения – около 2 % по объему. Требование к водопоглощению ППУ таково, что вода не должна проникать вглубь в результате 8-часового контакта с материалом. Коэффициент сопротивления диффузии водяного пара для ППУ составляет около 50.
- обладает низким коэффициентом теплопроводности. Расчетное значение ППУ, применяемого для утепления и изоляции крыш, без диффузионно-плотных слоев – $0,03\text{ Вт/(мК)}$; измеренное значение при температуре $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ – не более $0,020\text{ Вт/(мК)}$. На наружной поверхности слоя твердого ППУ образуется корка, которая приобретает коричневый цвет в результате воздействия ультрафиолетовых лучей. Такое изменение не означает влияния солнечных лучей на механические свойства пенополиуретана. Однако для получения лучшей стойкости к погодным условиям следует защищать наружную поверхность ППУ от воздействия ультрафиолетовых лучей. Таким образом, при покрытии крыш ППУ засыпается гравием группы зернистости от 16 до 32 мм толщиной не менее 5 см либо окрашивается.



Скопившаяся под гидроизоляционным ковром влага при отрицательных температурах замерзает и превращается в лед, который периодически оттаивает при положительных температурах. Такое попеременное замораживание и оттаивание влаги в материале приводит к нарушению сцепления между гидроизоляционным ковром и цементнопесчаной стяжкой. Вследствие этих процессов разрушается кровля в совмещенном бесчердачном покрытии. Кроме того, повышение влажности теплоизоляционных материалов приводит к увеличению его коэффициента теплопроводности и снижению теплозащитных свойств совмещенного покрытия.

При теплоизоляции плоских крыш нет необходимости в защите от пара на холодной стороне, поэтому защиту от пара наносят под слой теплоизоляции, т.к. пар не проникает в пеноматериал и не образуется конденсат. ППУ содержит не менее 90 % закрытых ячеек, поэтому его паропроницаемость практически равна нулю.



Вышеперечисленные качества ППУ дают возможность использовать этот материал для тепло- и гидроизоляции кровель любой сложности формы, а также тех, которые рассчитаны только на малые нагрузки. Напыление ППУ может производиться, как на новые, так и на старые конструкции из рубероида, шифера или металла, не требуя при этом подготовительных работ и демонтажа старого покрытия. Кроме этого, данное покрытие отличается от других долгим сроком эксплуатации и не требует ремонта и обновления на протяжении всего срока службы здания. Помимо всех технических свойств, ППУ является пожаробезопасным, так как его компоненты не поддерживают горение.

Применение аппаратуры высокого давления при устройстве теплоизоляции из ППУ увеличивает производительность до 500 м², а при устройстве кровельной гидроизоляции – до 1000 м² за рабочую смену. Благодаря использованию современных полимерных материалов, производительность возрастает на 200-300 м² готовой кровли за рабочую смену. Срок эксплуатации материалов достигает 50 лет.



Виды теплоизоляции при обустройстве кровли.

Классическая схема теплоизоляции кровли в виде пирога: пароизоляция, теплоизоляция, ветровлагозащита получила массовое применение в загородном строительстве.

Пароизоляция — необходимо для воспрепятствования попадания пара в область нахождения теплоизоляции. Зачем это нужно. Предположим, пароизоляции нет. Немного теории. Во время жизнедеятельности человек производит огромное количество пара, это пар с тела человека, это чайник, это любая готовка, стирка, глажка, купание, туалет, не говоря о саунах и бассейнах в подвале дома. Весь этот пар стремится по законам физики выйти наружу – на улицу (т.е. в область с более низкой влажностью в морозы). Немного углубляясь в физику надо отметить, обладая весьма малыми размерами и высокой кинетической энергией, молекула воды (пара), способна проходить насквозь любой материал (за редкими исключениями: металл, стекло и сама вода, даже пароизоляционные пленки, изготовленные из специального полиэтилена, пропускают 22 мг пара через 1м² в сутки). Причем, стремление пара выйти через кровлю обусловлено большим скоплением молекул пара с большей кинетической энергией в под кровельном пространстве (теплый воздух перемещается вверх).



Таким, образом, весь пар исходящий из дома двигается сквозь минвату, или щели на стыках плит полистирола и/или поверхности кровли. Температура резко падает (на 30-50^oC), т.к. до теплоизоляции температура та, которая в доме, т.е. + 20-25^oC, а после теплоизоляции та, которая на улице, т.е. -20-25^oC, молекула пара соответственно теряет кинетическую энергию и образует сначала иней, затем пласт льда, который заполняет все щели, а в случае минваты – ее саму (как открытопористый материал).

Причем, если процесс образование инея длится относительно долго (часть молекул все-таки пролетают насквозь - на улицу), то процесс образования льда наступает лавинообразно (молекулы воды не могут проходить сквозь лед и полностью оседают). По мере нарастания льда ухудшаются теплоизоляционные характеристики утеплителя (в случае минваты – просто исчезают, а сама она приходит в негодность). Процесс весьма похож на образование инея и льда на усах во время дыхания на морозе, но с более четкими границами и значительно масштабнее. С наступлением оттепели лед тает, вот и потекло все на отделку. Таким образом, пароизоляция необходима, чтобы работал теплоизоляционный материал.



- **Теплоизоляция** – материал с низкой теплопроводностью, необходимый для снижения теплопотерь в доме. Чем толще теплоизоляция, и чем ниже ее теплопроводность, тем лучше. Использование теплоизоляционных плит с низким паропропусканием, способно простить некоторые огрехи. Самым низким паропропусканием среди утеплителей обладает экструдированный пенополистирол.
- **Ветровлагозащита** — пленочный материал несет на себе три функции защиты теплоизоляции: две из них сосредоточены в названии (ветер и влага снижают характеристики утеплителя), третья отвод пара, который все же прошел через пароизоляционную мембрану, именно поэтому ее суть – перфорированный полиэтилен – дырочки настолько маленькие, что ветер и дождь не способны пройти сквозь них, зато пар проходит в 50 раз лучше, чем сквозь пароизоляционную пленку (именно эта разница обеспечивает равномерный уход пара при разнице температур в 50оС).

