

КРОВЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

На рынке кровельных материалов России уже несколько лет как прижилось выражение «кровельный пирог». Однако многие либо не понимают, что за этим стоит, либо знают лишь основные варианты конструкций «пирога» без их разновидностей. Попробуем раскрыть эту тему несколько шире, обратившись к стандартам, принятым в Европе.

Использование и требования

Элементарная функция любой кровельной конструкции – защита от осадков в виде дождя, снега, талой воды и льда. Несущая конструкция кровли должна также выдерживать ветровые и снеговые нагрузки, а кроме того, и эксплуатационную нагрузку, возникающую при передвижении по ней людей во время проведения ремонтных работ. К задачам кровли относится и защита от огня.

Простое использование чердачного пространства требует защиты от проникающего через кровлю снега и грязи. При более требовательном использовании должна быть также обеспечена защита от жары и холода и шумового воздействия. В случае использования помещения в качестве жилого, необходимо решать задачу теплоизоляции и сохранения комфортной влажности внутри помещения. И, наконец, ко всему вышесказанному добавляются актуальные задачи пассивной выработки электроэнергии и соблюдения экологических требований. Таким образом, помимо климатических условий, выбор конструкции в большой степени определяется характером ее использования.

Конструктивные принципы

Сегодня существуют технические возможности для того, чтобы реагировать на самые разнообразные требования, предъявляемые к кровле, целым комплексом конструктивных решений, которые можно точно согласовать между собой. Конструктивные принципы заключаются в том, чтобы реализовать выполняемые кровлей задачи в каждом слое конструкции.

Современное состояние кровельной техники может быть определено следующей градацией:

- Однослойные конструкции, которые отводят поступающую влагу и сырость только через один слой кровельного покрытия.
- Двухслойные конструкции, которые подразумевают создание дополнительного защитного слоя с помощью подкровельной мембраны или нижней защитной кровли.
- Конструкции из трех и более слоев, в которых различные изоляционные слои разделены вентиляционными слоями.

- Кровельные сэндвич-панели / модульные конструкции, которые интегрируют в одном элементе все строительно-физические требования.

Этот подход – реагировать на разнообразные требования с помощью создания различных слоев – кажется логичным и целесообразным, но он связан с определенными дополнительными затратами при монтаже. Большее количество слоев увеличивает количество необходимых примыканий и, тем самым, количество источников возможных дефектов. Принцип модульной конструкции помогает решению этих проблем.

Рассмотрим проблематику вентилируемых и невентилируемых конструкций.

Термины и определения

Вентилируемые крыши – вентилируемая теплоизоляция (крыши с двухслойной вентиляцией)

Под вентилируемыми кровлями понимаются вентиляционные воздушные слои, которые расположены непосредственно над изоляцией. Более точно можно обозначить эти конструкции как «вентилируемая теплоизоляция».

Невентилируемые кровли – невентилируемая теплоизоляция (крыши с однослойной вентиляцией)

Непосредственно над теплоизоляцией вентилируемый воздушный слой отсутствует. Это означает, что на поверхность утеплителя уложена диффузионная мембрана или сплошной деревянный настил с диффузионной мембраной.

Временная кровля

Временная кровля (гидроизоляционный слой) монтируется перед укладкой кровельного материала и может продолжительное время защищать здание от атмосферных осадков до момента покрытия кровли. После этого она образует с кровельным материалом один конструктивный элемент.

Нижняя кровля

Под нижней кровлей понимается самостоятельный гидроизоляционный слой, который и без верхнего кровельного покрытия представляет собой водонепроницаемую кровлю.

Покрытие и изоляция

Под покрытием понимается укладка элементов со свободным нахлестом, под изоляцией – водонепроницаемое склеивание или сварка полотен. Таким образом, в контексте временной и нижней кровли можно еще более точно разграничить понятия «временной кровли» и «временной изоляции», так же как и понятия «нижней настила» и «нижней изоляции».

Вентилируемые – невентилируемые

Правила Немецкого союза кровельщиков рекомендуют выполнять мансардные помещения как «вентилируемые конструкции», т.е. с вентилируемой (сверху) теплоизоляцией. Однако замечено, что в кровельных пространствах, подверженных различным климатическим воздействиям, теплый влажный воздух перемещается от нагретой части кровли в более холодные области кровельной конструкции, находящиеся не с солнечной стороны, и там отдает влагу (до 100 г/м² за 24 ч). Это особенно проявляется в тех случаях, когда гидроизоляционный слой над воздушной прослойкой способен впитать лишь небольшое количество влаги (например, гладкие подкровельные пленки), так что накопленная конденсационная вода пропитывает находящуюся ниже теплоизоляцию.

Вентилируемая изоляция

С того времени как был установлен описанный выше факт, проверенная временем вентилируемая конструкция оценивается более критично. Вентилируемая изоляция по-прежнему имеет право на существование благодаря следующим безусловным преимуществам:

- Летняя теплоизоляция может быть улучшена благодаря отведению нагретых воздушных масс по нижнему вентилируемому каналу.
- Поступающая влага, будь то просачивающаяся по причине обильных осадков вода, конденсат, возникающий при резком падении температуры на нижней части настила, или же просочившаяся сквозь пароизоляцию и изоляционный слой влага, из внутреннего простран-

ства конструкции может быть отведена за счет конвективного движения воздуха в нижнем зазоре.

- Вентилируемые конструкции вносят свой вклад в снижение негативных последствий ошибок и различного рода происшествий при проведении работ, особенно при укладке пароизоляции и выполнении ее примыканий.
- Дощатый настил, который зачастую размещается над воздушным слоем, улучшает шумоизоляцию крыши.

Однако следует назвать и недостатки вентилируемой изоляции:

- Большая потеря тепла из-за потока воздуха над минеральным утеплителем с открытыми порами, что требует большую толщину теплоизоляционного материала.
- В случае межстропильной изоляции зависимость высоты стропил от суммы высот изоляционного материала и воздушного слоя может привести к чрезмерному увеличению размера стропил.
- Воздушный зазор можно считать «влажным» из-за попадания в него влажного внешнего воздуха, особенно в летний период. Кроме этого, через открытый нижний зазор в конструкцию могут проникать вредные насекомые, поэтому необходимо применение химической защиты дерева.
- Обеспечение достаточной вентиляции над крупными проходными элементами (окна, трубы, dormеры), а также в области хребта и ендовы связано с большими трудозатратами.
- Необходимые для поддержания вентиляции нижнего зазора входные и выходные отверстия также предполагают большие трудозатраты.
- При интенсивной вентиляции нижнего зазора увеличивается риск конвективного проникновения теплого и, следовательно, влажного воздуха из внутреннего помещения в утеплитель, что может привести к повышенной конденсации пара.
- Через нижний вентиляционный зазор происходит постепенное засорение утеплителя пылью, копотью и пылью, что может способствовать повышенному влагонакоплению в теплоизоляционном слое.

Холодные (чердачные) крыши

Конструкции без теплоизоляции применяются в чердачных помещениях или строениях, не предназначенных для проживания (например, склады). Подкровельная пленка или подкровельный слой могут задерживать ветер, грязь и задуваемый снег. Нижняя кровля еще более функциональна, нежели подкровельная пленка. При ее использовании допустимо немного отклониться в меньшую сторону от нормативных показателей наклона кровли. В зимнем домостроении нижняя кровля выполняет ценную функцию, когда из-за погодных условий основное кровельное покрытие еще не может быть уложено. В некоторых климатических зонах гидроизоляционных

Основные принципы построения вентилируемых кровельных конструкций

	Кровельное покрытие	Кровельное покрытие с подкровельной пленкой	Кровельное покрытие с нижней кровлей
Без утеплителя			
Теплоизоляция над несущей конструкцией			
Теплоизоляция между стропильными ногами			
Теплоизоляция между стропилами и под несущей конструкцией			
Теплоизоляция под несущей конструкцией			

свойств деревянного настила вместе с лежащим на нем гидроизоляционным полотном уже достаточно. С помощью такой конструкции можно также удовлетворить требования в отношении простой звукоизоляции.

Изоляция над несущей конструкцией (утепление над стропилами)

У этой конструкции много преимуществ. Несущая конструкция видна из внутреннего помещения, она подвержена лишь небольшим колебаниям температуры и влажности. Теплоизоляционный слой проходит без прерываний по всей площади стропил, а толщина его может выбираться независимо от несущей конструкции. Еще одно преимущество этой конструкции состоит в том, что пароизоляция может быть уложена на одном уровне и непрерывно. Вентиляционное пространство создается контробрешеткой необходимой толщины. Однако при использовании минеральной ваты, как правило, требуется монтаж опорной конструкции для контробрешетки. Эти прогоны прерывают теплоизоляцию, и должны поэтому быть изготовлены из слабо проводящего тепло материала. Создание дополнительного прогонного слоя, выполняемого обычно из дерева, связано с определенными материальными затратами. При такой конструкции оптимально применение прочного утеплителя из полиуретана или пенополистирола. Общая высота конструкции крыши с утеплением над стропилами является наибольшей из всех существующих. Особые требования предъявляются к пароизоляционному слою: он обязательно должен быть нескольким

и выдерживать высокие сосредоточенные механические нагрузки, связанные с перемещением кровельщиков по пленке в ходе работ. Поэтому ведущие производители создают специальные продукты для таких крыш.

Изоляция между несущими элементами (утепление между стропилами)

Несмотря на то, что высота всей конструкции в этом случае может быть сокращена, полностью функциональной конструкция будет только тогда, когда высота стропильных ног будет значительно выше, чем необходимая толщина теплоизоляции. Это связано с тем, что стропильные ноги потенциально являются мостиками холода. Чем больше сечение стропил и меньше шаг их установки, тем выше тепловая неоднородность конструкции и больше потери тепла. При использовании двухслойной схемы вентиляции высота стропильных ног должна выбираться с учетом необходимой высоты вентиляционного зазора между утеплителем и гидроизоляционной пленкой. Необходимо также учитывать особенности укладки пленки – с провисом или натягом.

Данная конструкция остается наиболее распространенной, она подходит и для нового строительства, и для реконструкций. Недостаток ее заключается в том, что изоляционный слой полностью прерывается стропильными ногами, а также велик риск конвективного переноса влажного воздуха из мансарды в конструкцию крыши. Чем интенсивнее вентиляция в нижнем зазоре, тем выше риск увлажнения теплоизоляции проникающей из теплого помещения паровоздушной влагой.

Изоляция между и под несущей конструкцией

Эта конструкция весьма надежна и проста в устройстве. Как правило, она применяется при новом строительстве, когда высота стропильной конструкции недостаточна, а требуемая высота всей конструкции крыши должна быть как можно меньшей. Для крепления пароизоляции и внутреннего отделочного слоя необходима дополнительная подконструкция. Внутренний слой утеплителя обычно укладывается между каркасными брусками / профилями внутренней отделки, перекрывая стропильные ноги и значительно снижая риск образования мостиков холода.

Если в качестве внутреннего слоя применяются плиты из базальтовой ваты, то они служат также дополнительной пожаробезопасной изоляцией несущей стропильной конструкции.

Изоляция под несущей конструкцией

Если высота имеющейся несущей конструкции слишком мала, теплоизоляция должна быть расположена под несущей конструкцией. Утеплитель должен быть достаточно прочным и подходить для крепления пароизоляции и внутренней отделки, иначе он будет прерываться каркасной подконструкцией под отделку. Необходимо также принимать во внимание потерю объема внутреннего помещения, так как вся конструкция довольно высока. Одним из существенных недостатков такой конструкции является расположение всех несущих элементов во внешней среде с переменной температурой и влажностью.

Новые требования к вентиляционному сечению для вентилируемых кровельных конструкций (не требующих подтверждения расчетами) содержатся в новой норме DIN 4108, так же как и указание на максимальное сопротивление теплопередаче внутреннего слоя в 20% от всей конструкции (утеплителя, расположенного перед пароизоляционным слоем со стороны теплого помещения).

Невентилируемая изоляция (полная теплоизоляция стропил / однослойная схема вентиляции)

Недостатки вентилируемых конструкций соответствуют преимуществам невентилируемых утепленных конструкций:

- Отсутствует конвективный перенос тепла воздушным потоком над изоляционным слоем, являющийся причиной потери тепла.
- В случае применения межстропильной изоляции вся высота стропил может быть использована для теплоизоляционного слоя (т.е. увеличения его толщины, а значит, снижения затрат на эксплуатацию дома в целом).
- Так как теплоизоляция, покрытая диффузионной мембраной, не подвергается воздействию влаги извне, от химической защиты дерева можно отказаться.
- Отсутствуют конструктивные преграды для нормальной вентиляции крыш слож-

ной формы с ендовами, примыканиями, слуховыми и мансардными окнами.

- Отпадает необходимость в трудозатратах на создание входных и выходных (вентиляционных) отверстий вдоль ендов и примыканий.

Однако необходимо организовать один вентиляционный воздушный слой под кровельным покрытием. Этот слой служит для отведения тепла, талой воды, а также влаги, просачивающейся через штучный кровельный материал в случае выпадения чрезмерно обильных осадков. Кроме того, он способствует высушиванию увлажненных элементов крыши (утеплителя, стропил, настила и обрешетки). Водоотводящий слой над изоляцией должен быть диффузионно открытым с максимальным показателем эквивалентной толщины сопротивления диффузии водяного пара $S_d \leq 0,2$ м, чтобы влага, которая может находиться в теплоизоляции и деревянных элементах крыши, могла быть свободно выведена за счет диффузии.

Однако у невентилируемых изоляционных слоев есть и недостатки:

- Как правило, отсутствует сплошной деревянный настил, что приводит к снижению защиты от внешнего шума.
- Нельзя исключать, что диффузионная проницаемость гидроизоляционной мембраны, находящейся над теплоизоляцией, со временем понизится из-за ее загрязнения (данное предположение не подтверждено для многослойных мембран с микропористой закрытой структурой, но вполне возможно при использовании однослойных мембран). Талая вода и слои льда, временно скопившиеся на поверхности мембраны, также повышают сопротивление диффузии. Если же пароизоляция под утеплителем имеет дефекты или повреждения, это может привести к типичному увлажнению теплоизоляции и повреждению всей конструкции.
- Высокая остаточная влажность утеплителя и стропил также может привести к временному образованию конденсата в толще конструкции, однако он будет выведен из крыши после первых и продолжительных оттепелей весной.
- Наконец, невентилируемая изоляция не может обойтись без пароизоляции с эквивалентной толщиной сопротивления диффузии воздушного слоя $S_d \geq 100$ м. Это означает, что все стыки и примыкания должны быть выполнены без погрешностей.

При реализации ручным способом в случае межстропильной изоляции на наклонной кровле этого можно добиться только при чрезвычайно тщательном исполнении и использовании системных аксессуаров – клеев, лент и уплотнительных паст.

Как правило, конструкции с утеплителем между несущей конструкцией с одним вентиляционным зазором выглядят следующим образом:



Теплоизоляция между стропильной конструкцией

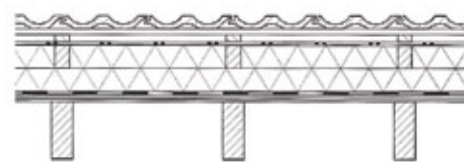
Создание и реализация слоев ручным способом обладает в случае межстропильной изоляции с невентилируемым теплоизоляционным слоем всеми перечисленными выше преимуществами и недостатками. В условиях труда, при которых приходится работать над головой и под наклонной поверхностью, легко допустить ошибки. К этому добавляется и та проблема, что герметичные стыки с имеющимися конструктивными элементами зачастую выполняются специалистами из других отраслей. Поэтому новая норма DIN 4108 требует определенного соотношения показателя эквивалентной диффузионной толщины воздушного слоя S_d для слоев вне и внутри теплоизоляции. Для определенных конструкций (например, невентилируемая кровля) норма предписывает показатель $S_d \geq 100$ м для внутреннего слоя.

Чтобы предотвратить потерю изолирующего эффекта в случае намокания утеплителя, можно рекомендовать выбор теплоизолирующего материала с водоотталкивающими свойствами. Непременными составными частями такой конструкции являются вентилируемый зазор и высокая диффузионная открытость уложенной на утеплитель ветрозащитной мембраны. В отношении теплосоппротивления под пароизоляционным слоем новая норма DIN предписывает максимальный показатель в 20% от значения всей конструкции.

Утепление над несущей конструкцией

Перечисленные выше проблемы говорят в пользу конструкции, в которой слой утеплителя расположен над несущей конструкцией.

Конструкция с утеплителем поверх стропильных ног с одним вентиляционным зазором выглядит следующим образом:



Этот вариант конструкции способствует оптимальной укладке пароизоляции и снижает риски ошибок при ее реализации. Кроме того, здесь действуют преимущества, перечисленные для вентилируемых изоляционных слоев. Остаются, однако, трудозатраты на закрепление основания настила и повышенная высота конструкции, которая, тем не менее, лишь в редких случаях накладывает какие-либо ограничения.