

Крыши и плоские кровли из монолитного пенобетона.

Принципиальное устройство теплоизоляции современных плоских кровель.

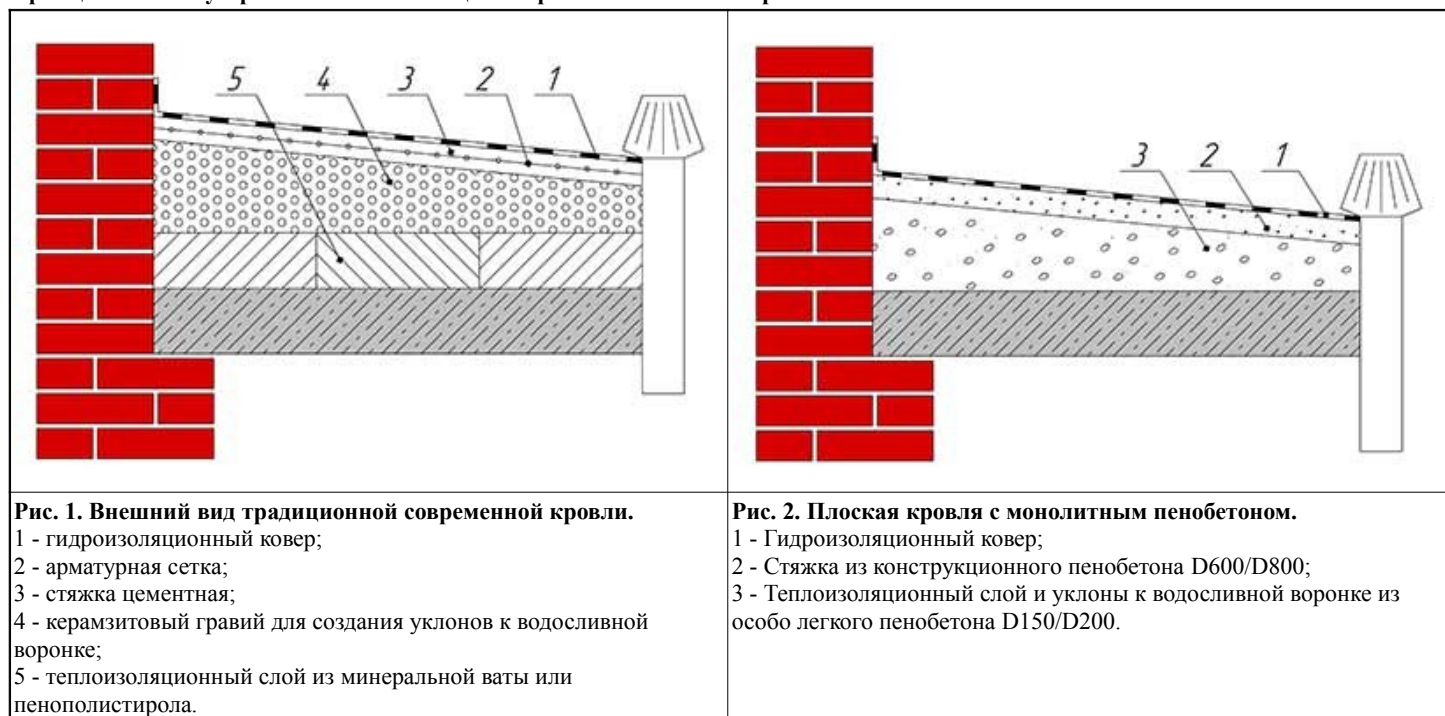


Рис. 1. Внешний вид традиционной современной кровли.

1 - гидроизоляционный ковер;
2 - арматурная сетка;
3 - стяжка цементная;
4 - керамзитовый гравий для создания уклонов к водосливной воронке;
5 - теплоизоляционный слой из минеральной ваты или пенополистирола.

Рис. 2. Плоская кровля с монолитным пенобетоном.

1 - Гидроизоляционный ковер;
2 - Стяжка из конструкционного пенобетона D600/D800;
3 - Теплоизоляционный слой и уклоны к водосливной воронке из особо легкого пенобетона D150/D200.

Табл. 1. Сравнительное тезисное обоснование выбора конструкции плоской кровли.

	Теплоизоляционные кровельные материалы	Минеральная вата	Пенопласты	Монолитный пенобетон
1	Вид материала	Минеральное волокно с органическим связующим (фенолоформальдегидные смолы)	Органический	Неорганический
2	Усадка в процессе эксплуатации	Уменьшаются геометрические размеры плит, кровля выходит из строя.		нет
3	Поведение при нагреве	Термодеструкция органического связующего	Термодеструкция	Эксплуатационная температура до 400 град.
4	Прочность при сжатии	Прочности при сжатии нет, есть нагрузка при 10% деформации. Такой показатель не отвечает реальной работе.		Достаточная прочность -от 0,3 МПа (в 10 раз выше, чем у минваты и пенопласта.)
5	Водопоглощение	высокое	Низкое	Выше чем у пенопласта, но значительно ниже, чем у ват. Намокает только наружный слой пенобетона толщиной до 10 мм. Пенобетон «самовысыхает» с течением времени за счет гидратации цемента.
6	Горючесть	Горит полимерное связующее минеральной ваты	Горюч, горит с выделением ядовитых газов	Абсолютно не горюч.
7	Конструкция кровельного пирога	Разнородная		Конструкция кровли однородная: теплоизоляция, уклоны и стяжка выполнены из одного материала.
8	Особенности устройства кровли	Трудоемкий процесс подрезки плит материала в местах примыканий к парапетам, коммуникациям и пр. В местах стыков плит возможны мостики холода.		Нетрудоемкая заливка любых рельефов. Мест стыков плит нет.
9	Долговечность кровли	В процессе эксплуатации идет деструкция пенополистирола и фенолоформальдегидного связующего минеральных ват.		В процессе эксплуатации пенобетон увеличивает свою прочность.
10	Нагрузка на здание	Высокая с учетом материалов для создания уклонов и стяжки		Низкая, так все элементы кровли выполнены из легкого пенобетона
11	Дефекты кровельного ковра	Под гидроизоляционным ковром создается избыточное давление с созданием воздушных пузырей.		Избыточное давление распределяется внутри порового пространства пенобетона, без образования пузырей.

Усадка при эксплуатации.

Пенопласты и минеральные ваты при эксплуатации, особенно под нагрузкой от вышележащих слоев кровли уменьшаются в размерах. При этом кровельный «пирог» сползает вниз, отрывая гидроизоляцию от парапетов.

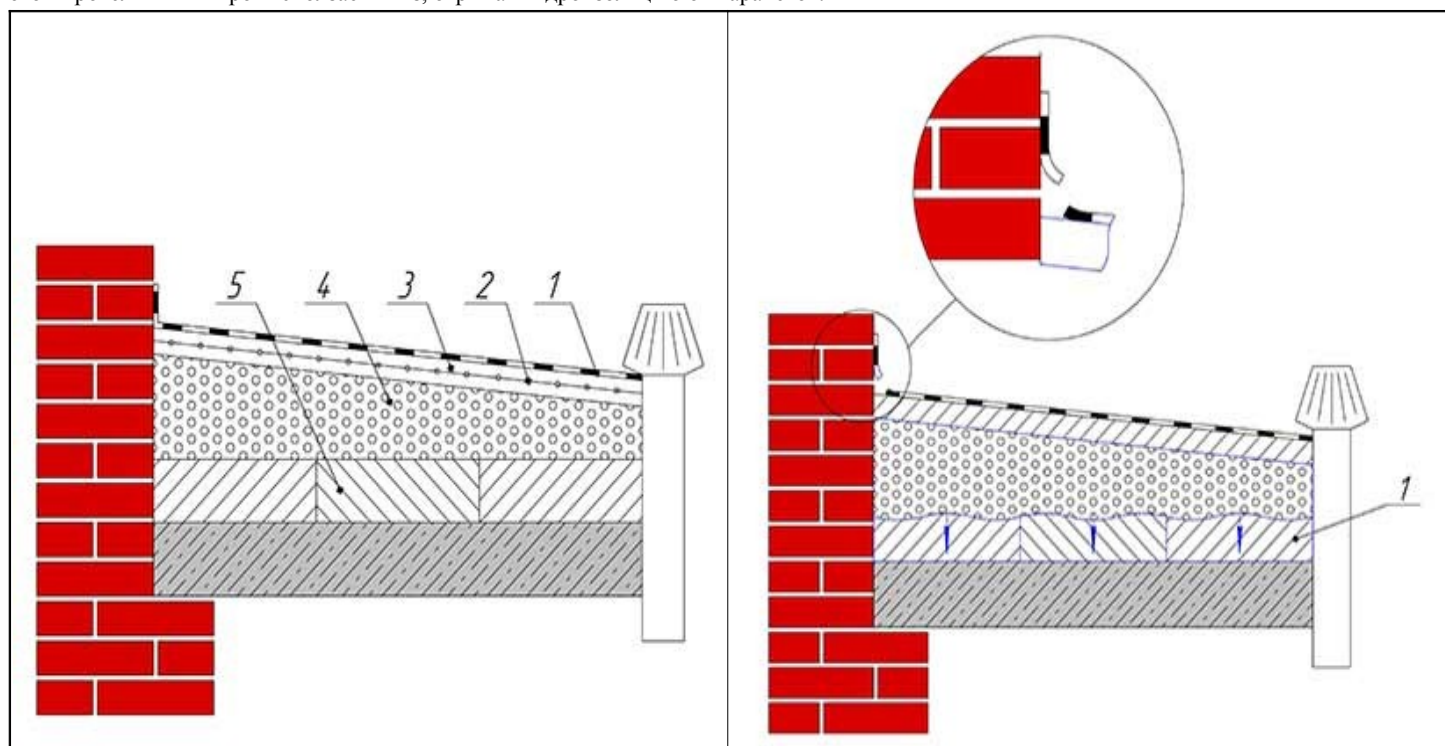


Рис. 3. Традиционная кровля с теплоизоляцией из минеральной ваты или пенополистирола в течение 2 лет после устройства.

1 - гидроизоляционный ковер;
2 - арматурная сетка;
3 - стяжка цементная;
4 - керамзитовый гравий для создания уклонов к водосливной воронке;
5 - теплоизоляционный слой из минеральной ваты или пенополистирола.

Рис.4. Та же кровля после 3-5 лет эксплуатации. Показано повреждение гидроизоляции на стыке с парапетом из-за проседания теплоизоляционного слоя.

1 - слой минеральной ваты или пенополистирола после усадки в процессе эксплуатации в течение 1-3 лет.

Кроме того, вследствие неравномерности снеговой нагрузки, механических нагрузок (люди ходят по кровлям по определенным путям, а не равномерно по всей кровле), вследствие неоднородности самого материала утеплителя и неравномерности толщины растворных стяжек в традиционных кровлях происходит образование углублений в плоскостях кровли, так называемых линз, где скапливается вода. Крыша со временем становится «бугристой». В местах образования «линз» стяжка, как правило, нарушена, и при малейшем нарушении герметичности верхнего слоя кровельного ковра вода из линз попадает в кровлю.

В кровлях из пенобетона образование «линз» и углублений невозможно даже в случае постоянного нахождения людей на кровле, так как пенобетон жесткий и прочный материал.

Прочность при сжатии

Минеральные ваты и пенопласты, в том числе экструзионные не обладают прочностью при сжатии. Они характеризуются значениями нагрузки при деформации. Этот показатель дает нам значение прочности, которое показывает уплотненный на 10% материал. Т.е. в несжатом состоянии ни минеральная вата, ни пенопласты не в состоянии сопротивляться нагрузке.

Прочность при 10% деформации минеральной ваты плотностью 100-150 кг/м³ и экструзионного пенопласта не превышает 300 кПа (0,3 МПа). Прочность пенобетона плотностью 200 кг/м³ начинается от 0,3 МПа (300 кПа). Т.е. пенобетон выдерживает такую же нагрузку, как минеральная вата или экструзионный пенопласт при сдавливании ее на 10%. Но при такой нагрузке пенобетон НЕ деформируется.

Водопоглощение пенобетона.

Большинство теплоизоляционных материалов применяемых на кровлях имеет большое водопоглощение. 60% теплоизоляционных кровельных материалов представлено различными видами минеральных ват, реальное водопоглощение которых составляет до 70% по объему (1500 % по массе). Данная цифра превышает водопоглощение пенобетона на один, и даже два порядка.

Государственные стандарты не нормируют водопоглощение минеральных ват, так как подразумевается, что работать этот материал должен только в условиях полного отсутствия возможностей поглощать воду. Естественно, что на практике, в условиях реальной стройплощадки это невозможно – как период производства работ, так и при эксплуатации. Также практика показывает, что замочшую минеральную вату высушить практически невозможно, особенно в условиях нижнего слоя кровельного пирога, которому нельзя устроить проветривание.

Немного лучше обстоят дела с поглощением воды у полимерных вспененных пластмасс, включая максимально достижимое на сегодня качество экструзионного пенополистирола. Несмотря на низкие «бумажные цифры» по поглощению воды пенопластами, мы забываем о том, что сверху пенопласта находится материал для создания кровельных уклонов. В большинстве случаев это самый дешевый насыпной материал – керамзит, сверху которого выполнена цементная стяжка, либо смонтированы листовые материалы (асбоцементный лист,

цементно-стружечная плита и пр.). Кстати говоря, ровно такую же конструкцию кровли делают и по плитам минеральной ваты. Но в этом случае это не так важно, в связи с и без того огромным водопоглощением минеральных ват.

Слой насыпного керамзита имеет толщину от 50 до 400 мм и представляет собой полость под стяжкой, которая может впитать от 25 до 200 литров воды на квадратный метр! Причем в случае протечки через стяжку, протечка внутрь здания может находиться от нее на расстоянии десятков метров, находя себе свободный путь в слое керамзита. Обнаружить повреждение гидроизоляции кровли крайне затруднительно. (см. рис. 4.)

Совсем иначе ведет себя кровля с монолитным пенобетоном. Особо легкий пенобетон полностью закрыт от протечек воды слоем конструкционного «стяжного» пенобетона, который впитывает воды на глубину около 10 мм. В случае повреждения гидроизоляции массив пенобетона способен остановить продвижение влаги вглубь кровли. Также следует отметить замечательный факт самовысыхания пенобетона – попавшая внутрь массива пенобетона вода используется цементной матрицей материала для продолжения реакций гидратации, идущих с химическим связыванием свободной влаги. Реакция гидратации уплотняет структуру пенобетона и останавливает дальнейшее продвижение влаги. В случае серьезных повреждений кровельного ковра, кровля замокает локально – только в месте повреждения, а не под всей поверхностью стяжки, как при использовании керамзита для создания уклонов над пенопластом и минеральной ватой.

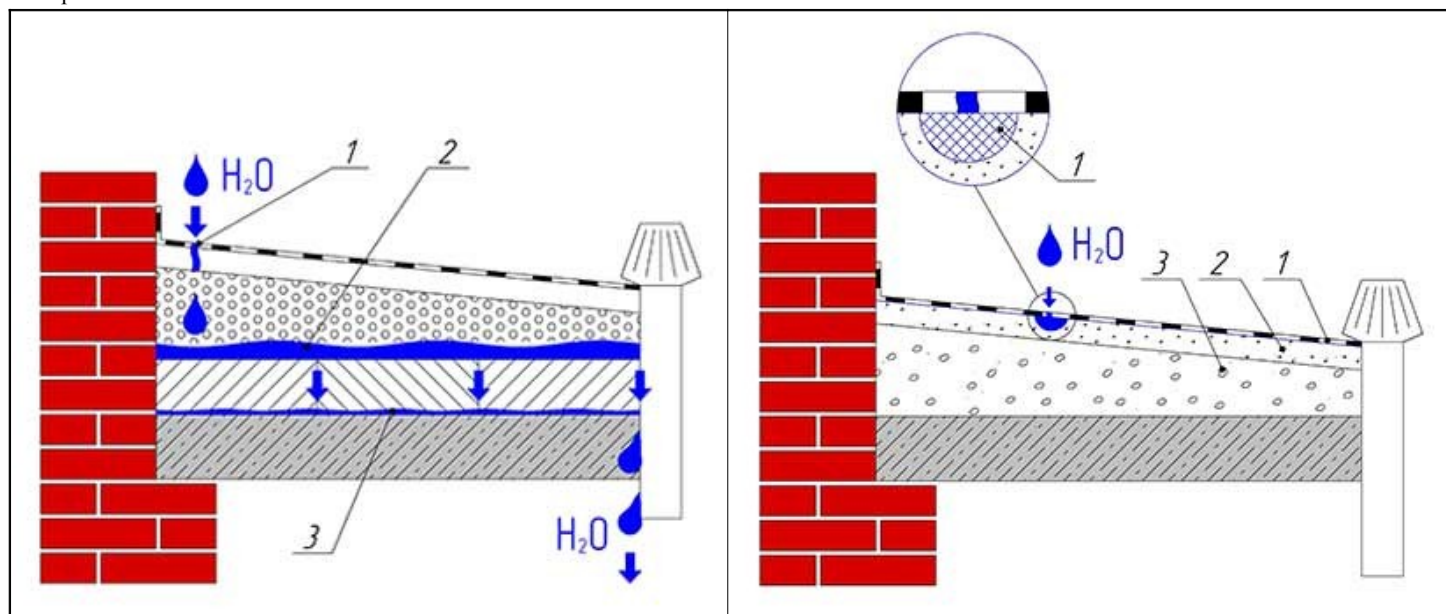


Рис. 5. Протечка воды в традиционную кровлю. Через поврежденную гидроизоляцию вода заполняет собой слой керамзитового гравия и пустоты под слоем теплоизоляции. Затем через неплотности в основании кровли вода попадает внутрь помещения.

- 1 - повреждение слоя гидроизоляционного ковра;
- 2 - слой воды над теплоизоляцией;
- 3 - слой воды под теплоизоляцией.

Рис. 6. Протечка воды в пенобетонной кровле через гидроизоляцию локализуется в месте проникновения.

- 1 - слой гидроизоляции;
- 2 - стяжка из пенобетона плотностью D600/D800, предохраняющий теплоизоляционный пенобетон D150/D200 от протечек;
- 3 теплоизоляционный пенобетон D150/D200.

Горючесть

Пенопласты прекрасно горят – благодаря многочисленным пожарам об этом знают самые далекие от строительной индустрии граждане. Горение пенопластов сопровождается выделением ядовитых газов, что, впрочем, происходит не только при горении, но и при самом незначительном повышении температуры. Одна капля сварки при выполнении молниезащиты на кровле, и пожар более чем вероятен, еще на период строительства здания.

Минеральные ваты не горят, но тлеют. Тление обеспечивается фенолформальдегидным связующим. Естественно, что при горении также ничего хорошего в атмосферу не выделяется.

Пенобетон – это вспененный камень, а камни не горят. Наоборот, пенобетон может использоваться как защита от огня, например металлоконструкций.

Конструкция кровельного пирога.

Конструкция современной плоской кровли складывается из нескольких элементов. Как мы уже описывали в разделе «водопоглощение» это три слоя:

- слой теплоизоляции (минвата или пенопласт);
- слой, образующий уклоны кровли к водосливным воронкам (керамзитовый гравий);
- стяжка (цементно-песчаный раствор с арматурной сеткой или листовые материалы).

В случае использования монолитного пенобетона слой теплоизоляции и уклонообразующий слой выполняются из монолитного особо легкого пенобетона плотностью от 200 кг/м³, что значительно увеличивает теплозащиту кровли. Стяжка поверх этого слоя также устраивается из пенобетона, только более прочного и плотного, плотностью от 500 кг/м³.

Естественно, что однородные материалы благодаря сродству работают лучше как в теплотехническом, так и в конструкционном смысле. На кровле нет провалов, отслоений, пузырей и иных дефектов, столь частых для традиционных кровель.

Особенности устройства кровли

При выполнении слоя теплоизоляции из плитного материала всегда возникают трудности при выполнении теплоизоляции сложных архитектурных элементов на кровле, в местах прохождения коммуникаций (электропроводка, вентиляция, канализация и пр.), местах для монтажа оборудования зданий на кровле (кондиционеры и пр.). Точная прирезка плит трудоемка и практически сложно контролируется. Как правило, все эти места в будущем будут иметь проблемы с промерзанием и промоканием.

Монолитный пенобетон заполняет все пустоты кровли, образуя сплошную теплую оболочку здания, омоноличивая кровлю. Вышеописанных проблем традиционных кровель не возникает по определению.

Долговечность кровли

И пенополистирол, и минеральная вата (имеющая в своем составе полимерное связующее) как и любой иной полимерный материал в процессе эксплуатации подвержен деструкции. Особенно в условиях экстремальных кровельных условий связанных с перегревом и зачастую увлажнением.

Сотни книг и статей говорят нам о том, что любой полимер имеет ограниченный срок службы. Особенно это касается теплоизоляционных полимеров.

Пенобетон же, как и любой бетон в процессе эксплуатации только набирает прочность. Наши собственные исследования показывают, что пенобетон, имеющий в возрасте 28 суток прочность 0,3 МПа через год эксплуатации упрочниться до 0,5 – 0,7 МПа. Напомним, что упрочнение идет при связывании свободной влаги в материале за счет чего происходит самовысыхание пенобетона, даже в герметичных условиях.

Нагрузка на здание

Кровли из монолитного пенобетона легче традиционных кровель, что в некоторых случаях делает их устройство безальтернативной возможностью, особенно при ведении реконструкционных работ.

Табл.2. Вес традиционной кровли, утепленной пенополистиролом.

	Материал	Толщина, мм	Плотность, кг/м ³	Вес кг/м ²
Теплоизоляция кровли	Пенополистирол	150	35	5
Уклоны кровли	Керамзит	200 (Среднее значение от 50 до 350 мм)*	800	160
Стяжка под наклейку рулонного ковра	Цементно-песчаная с арматурной сеткой	50	2000	100
Общий вес 1 м ² кровли				265

Табл. 3. Вес кровли утепленной монолитным пенобетоном.

	Материал	Толщина, мм	Плотность, кг/м ³	Вес, кг/м ²
Теплоизоляция кровли	Монолитный пенобетон	150	200	30
Уклоны кровли	Монолитный пенобетон	175 (Среднее значение от 50 до 300 мм)*	200	35
Стяжка под наклейку рулонного ковра	Монолитный пенобетон	50	600	30
Общий вес 1 м ² кровли				95

Обратите внимание, что монолитный пенобетон допускает уклоны с меньшим градусом, чем традиционные кровли со стяжкой по керамзиту.

Дефекты кровельного ковра.

Наиболее частый дефект традиционной кровли – это наличие вздутий на кровельном ковре при его нагреве в летний период. Это происходит при нагреве водяных паров под слоем гидроизоляции. Пенобетонные кровли практически лишены дефектов данного типа, так как избыточное давление водяных паров равномерно распределяется в поровом пространстве пенобетона. Более подробно механизм этого явления рассмотрен в статье «Буферные пенобетонные стяжки при реконструкции плоских кровель» в журнале «Строительные материалы» за ноябрь 2012 года.

Приложение 1. Полистиролбетон, как утеплитель.

Использование полистиролбетона на кровлях чаще всего неоправданно по экономическим причинам, так как гранулы пенополистирола, которые являются заполнителем – чаще всего неоправданно дороги.

Вместе с тем, существуют дополнительные негативные обстоятельства, которые надо принимать во внимание, работая с этим материалом. Гранулы полистирола в процессе эксплуатации уменьшаются в размерах. В итоге, через год-два вместо полистиролбетона мы получаем крупнопористый бетон с пенополистирольной крошкой. В результате резко ухудшается прочность и теплопроводность полистиролбетона.

Буферные пенобетонные стяжки при реконструкции плоских кровель.

Реконструкция плоских кровель промышленных и гражданских зданий на территории Российской Федерации это один из наиболее частых и естественных видов строительных работ. Несмотря на появления современных кровельных материалов, явное улучшение культуры труда при устройстве наплавляемой гидроизоляции огромные денежные средства ежегодно тратятся на текущие и капитальные ремонты кровель такого типа. Протечки, вздутия, складки, трещины и прочие дефекты кровельного ковра приводят существенному удорожанию эксплуатации зданий.

В рамках текущего ремонта кровель, который проводится либо при появлении первых признаков протекания кровли, либо по результатам оценки состояния кровли, производят наклейку одного или двух слоев рулонных наплавляемых материалов. Долговечность подобного ремонта, как правило, невелика – всего 2 - 4 года и надо вновь производить наклейку следующих слоев гидроизоляции кровли. В результате подобного постоянного ремонта гидроизоляционный ковер кровли может иметь толщину более 200 мм.

Одной из основных причин столь малого срока безремонтной эксплуатации кровель служит насыщение водой различных элементов кровли, как в процессе непосредственного устройства кровли, так и в процессе их последующей эксплуатации. Избыток влаги появляется в элементах кровли при ведении работ в осенне-зимний период, во время осадков, также намокают элементы кровли при повреждениях кровельного ковра, при отсутствии, либо нарушении сплошности пароизоляционной мембраны. При попадании воды, либо водяного пара внутрь конструкций кровельного пирога происходит намокание теплоизоляционного слоя кровли, уложенного под слоем рулонной гидроизоляции. Этому способствуют также те строительные решения, которые наиболее популярны сегодня. Широко используется засыпка керамзитовым гравием, теплоизоляция кровель волокнистыми минераловатными плитами с высоким водопоглощением. Эти материалы могут насыщаться водой как в процессе строительства, во время выпадения осадков; так и во время эксплуатации, при разного рода повреждениях кровельного ковра. Тут надо заметить, что утеплители с высоким водопоглощением склонны к накапливанию воды под слоем гидроизоляции. При этом вода может концентрироваться не в месте протечки через гидроизоляцию, что существенно затрудняет поиск места повреждения кровли. При нагреве кровли за счет солнечной энергии (летом до 85 градусов С), влага из теплоизоляционного слоя испаряется с созданием избыточного давления под гидроизоляционной мембраной и, как следствие этого, возникают вздутия, пузыри, отрыва кровельного ковра. Эти повреждения формируют последующие нарушения гидроизоляционного слоя, ведущие к протечкам воды. Ремонт кровли, заключающийся в повторной наклейке гидроизоляции, не эффективен постольку, поскольку не устраняет причину возникновения дефектов кровли, заключающуюся в повышенном водосодержании теплоизоляционного слоя кровлю.

Существующие варианты реконструкции плоских кровель

Радикально исправить положение может только решение о капитальном ремонте кровли, при котором кровельный пирог целиком демонтируется. Но капитальный ремонт кровли представляет собой комплекс дорогостоящих строительных работ, включающий большой объем финансовых вложений в демонтаж и вывоз строительного мусора. Кроме того, во время капитального ремонта кровли создается опасность причинения существенного финансового ущерба внутренней отделке и оборудования здания, так как при выпадении осадков при снятой кровельной гидроизоляции вероятно попадание воды внутрь здания.

В некоторой степени найти решение этой проблемы возможно при устройстве так называемых «дышащих» кровель. В этом случае в нижнем слое водоизоляционного ковра, за счет его частичного закрепления к основанию, создается сеть каналов по которой идет последующий сброс избыточного давления под гидроизоляционной мембраной. Это решение имеет несколько существенных минусов:

- Высокая трудоемкость устройства элементов кровли. Сложные в исполнении узлы вывода паровоздушной смеси.
- При повреждении кровли в одном месте влага по систему подкровельных каналов распространяется по поверхности всей кровли. Найти место протечки при этом практически невозможно, зачастую приходится демонтировать весь кровельный ковер.
- При устройстве дышащей кровли поверх старого гидроизоляционного ковра не устраняются места застоя воды, практически всегда имеющие место на старых кровлях. Особенно при повышенной толщине гидроизоляционного ковра.

Ремонт рулонной кровли без применения пенобетона

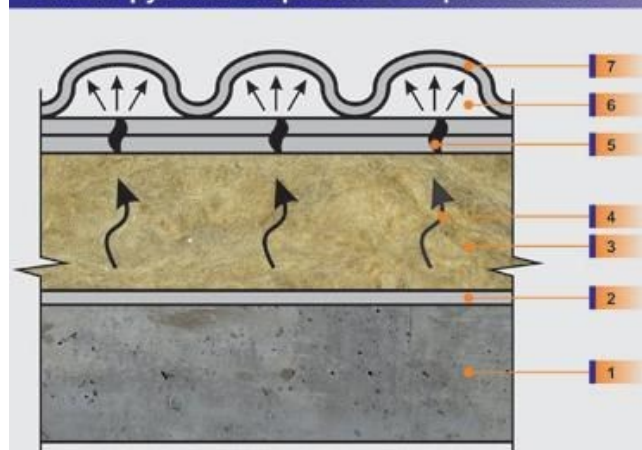


Рис. 7. Разрез плоской кровли после обычной реконструкции (наклейка нового гидроизоляционного ковра).

1. Основание кровли, как правило, железобетонная плита.
2. Слой пароизоляции.
3. Слой старой, увлажненной из-за протечек теплоизоляции (минеральная вата, пенополистирол, керамзит, легкий бетон и т.п.)
4. Путь миграции паровоздушной смеси в теплоизоляционном слое при нагреве кровли.
5. Повреждения старого гидроизоляционного ковра.
6. Избыточное давление, создаваемое мигрирующими водяными парами.
7. Вздутия на поверхности новой кровельного ковра, уложенного

при реконструкции кровли.

Буферные слои плоской кровли из монолитного пенобетона.

Эффективным решением при реконструкции плоских кровель является применение монолитного **неавтоклавного пенобетона**. При этом на поверхности старого гидроизоляционного ковра устраиваются стяжки из пенобетона. Далее на поверхность пенобетонной стяжки наплавляется новый кровельный ковер. Полностью технология реконструкции плоских кровель представляет собой ряд следующих этапов.

- Оценка состояния плоской кровли: определение зон застоя воды, наличия повреждений кровельного ковра и пр.;
- Подготовка основания для устройства буферной пенобетонной стяжки. Срезка складок, отслоений, пузырей - до основания, уборка мусора, отслоившейся посыпки, удаление воздушных полостей;
- Приемка скрытых работ;
- Устройство буферных пенобетонных стяжек толщиной 40 - 100 мм;
- При необходимости устройство вертикальных переходов (выкружек) также из монолитного пенобетона;
- Огрунтовка основания битумным грунтовками, согласно рекомендаций поставщика гидроизоляционного покрытия кровли;
- Устройство кровельного гидроизоляционного ковра в два слоя;
- Установка кровельных вентиляторов (флюгарок) из расчета 1 штука на 150 - 200 м.кв.;

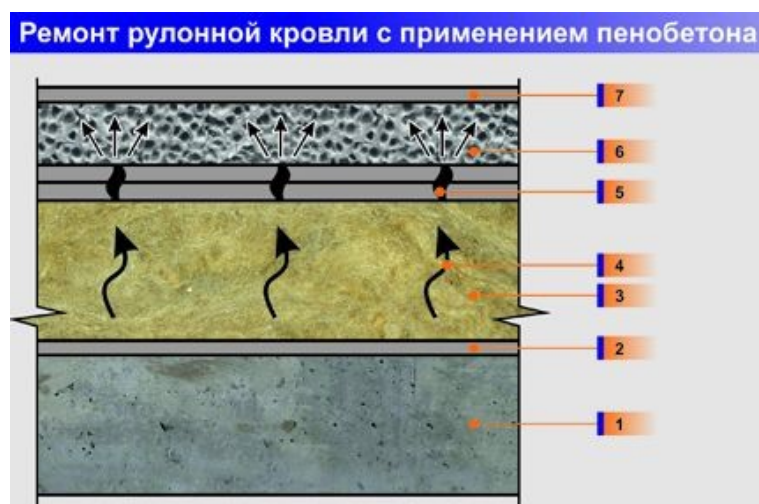


Рис. 8. Разрез плоской кровли при реконструкции с использованием монолитного пенобетона.

1. Основание - железобетонная плита.
2. Пароизоляция.
3. Старый теплоизоляционный слой.
4. Пути миграции паровоздушной смеси в теплоизоляционном слое кровли.
5. Повреждения старого гидроизоляционного ковра.
6. Распределение мигрирующих водяных паров в поровом пространстве пенобетонного слоя.
7. Слой новой гидроизоляции, уложенной при реконструкции.

При такой конструкции кровли слой **монолитного пенобетона** служит буферным пространством для паров воды. Повышенное давление, создаваемое испаряющейся из теплоизоляционного слоя кровли водой, равномерно распределяется внутри обширного порового пространства пенобетона, не приводя к повреждениям кровельного гидроизоляционного ковра. Именно это эффект объясняет, почему слои рулонной гидроизоляции на кровлях из пенобетона лежат без ремонта более десяти лет при полном отсутствии вздутий и иных повреждений. Сходный механизм имеет и эффект морозостойкости ячеистых бетонов – только при замерзании в поровое пространство пенобетона отжимается не пар, а растут кристаллы льда, не повреждая сам материал.

Отдельной строкой следует отметить эффект, названный нами "самовысыханием" пенобетона. Физико-химическое связывание воды при твердении портландцемента гидратными новообразованиями обеспечивает уменьшение водосодержания неавтоклавного пенобетона даже внутри герметически замкнутых пространств. Это происходит при укладке монолитного пенобетона в буферные теплоизоляционные стяжки, колодцевую кладку, заполнение прочих строительных полостей неавтоклавным пенобетоном. При поглощении воды интенсифицируются процессы твердения пенобетона, таким образом, высыхая, пенобетон повышает свои прочностные характеристики. Общеизвестным является факт возможности длительного твердения цементных бетонов вообще, и цементных пенобетонов в частности. Это позволяет пенобетонной стяжке даже при последующих попаданиях воды, в результате повреждений гидроизоляционного покрытия, самостоятельно высыхать в ходе гидратации цементной матрицы пенобетона. Надо отметить, что практика работ с монолитным пенобетоном при устройстве плоских кровель убедительно показывает, что в кровлях с использованием неавтоклавного пенобетона пароизоляционный слой не является необходимым. Это также можно объяснить эффектом «самовысыхания».