

А.Л. Жолобов, Е.А. Жолобова

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕМОНТА И РЕКОНСТРУКЦИИ КРОВЕЛЬ ЗДАНИЙ



Ростов-на-Дону
2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.Л. Жолобов, Е.А. Жолобова

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕМОНТА И РЕКОНСТРУКЦИИ КРОВЕЛЬ ЗДАНИЙ

Ростов-на-Дону

ДГТУ

2018

УДК 693.76
Ж79

Рецензент

кандидат технических наук *А.К. Сысоев*
(ООО «Научно-производственное предприятие «ПОТОК»)

Жолобов, Александр Леонидович.

Ж79 Современные методы ремонта и реконструкции кровель зданий : учеб. пособие / А.Л. Жолобов, Е.А. Жолобова ; Донской гос. техн. ун-т. – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2018. – 140 с.

ISBN 978-5-7890-1471-4

Содержатся сведения о современных, в том числе разработанных в Донском государственном техническом университете методах ремонта и реконструкции кровель зданий любого назначения. Приведены данные, позволяющие из всего многообразия известных методов ремонта и реконструкции выбирать наиболее современные и эффективные с учетом производственных и эксплуатационных факторов.

Предназначено для студентов, изучающих дисциплины «Основы технологии возведения зданий», «Технология и организация в городском строительстве и хозяйстве», «Технология ремонта зданий и сооружений», а также «Спецкурс». Может быть полезно инженерно-техническим работникам проектных, строительных, ремонтно-строительных и эксплуатационных предприятий.

УДК 693.76

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Донского государственного технического университета

ISBN 978-5-7890-1471-4

© Жолобов А.Л.,
Жолобова Е.А., 2018
© ДГТУ, 2018

1. ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ КРОВЕЛЬ

1.1. Основные понятия о кровлях и видах ремонта

Кровлей называется верхний элемент покрытия (крыши), предохраняющий здание от проникновения атмосферных осадков. При этом покрытием является верхняя ограждающая конструкция здания для защиты помещений от внешних климатических факторов и воздействий.

В соответствии со сводом правил СП 17.13330.2011 [1] в состав кровли, кроме водоизоляционного слоя (слоев) из кровельных материалов, могут входить основание под кровлю, аксессуары для обеспечения вентиляции, примыканий и безопасной эксплуатации, в том числе снегозадержания. Основанием под кровлю может служить поверхность теплоизоляции, несущих плит и стяжки (для рулонных и мастичных кровель), либо стропильные конструкции, обрешетка, контробрешетка и сплошной настил (для кровель из штучных, волнистых или листовых материалов).

Жизненный цикл кровли и здания в целом определяется временем от ввода объекта в эксплуатацию до момента его разборки. Эксплуатация всякого объекта включает в себя техническое обслуживание и ремонт.

Под техническим обслуживанием кровли следует понимать комплекс работ по поддержанию ее в исправном состоянии (например, очистка от снега и льда, защитная окраска стальных деталей, периодические осмотры), а под ремонтом – комплекс строительных и ремонтно-строительных работ по устранению физического износа, не связанных с изменением основных технико-экономических показателей кровли.

Физический износ кровли – это величина, характеризующая степень ухудшения технических и связанных с ними

других ее эксплуатационных показателей на определенный момент времени.

Ремонт разделяется на два вида – текущий и капитальный. Текущий ремонт кровли выполняют с целью восстановления исправности и работоспособности, а капитальный – для восстановления ее ресурса с полной заменой при необходимости.

В процессе эксплуатации кровля, как и всякий другой элемент здания, кроме физического износа накапливает и моральный износ, характеризующий степень несоответствия ее основных параметров, определяющих эксплуатационные свойства кровли, современным требованиям. Устранить такое несоответствие можно при реконструкции кровли, когда вместо старой кровли устраивают более надежную новую кровлю, как правило, из более долговечных материалов с применением усовершенствованных конструктивных решений.

1.2. Агрессивные воздействия на кровли и их износостойкость

Кровли всех видов в процессе эксплуатации подвергаются сложным и опасным воздействиям, в том числе механическим, физическим, физико-химическим, химическим и биологическим. Наиболее уязвимыми к указанным видам воздействий являются рулонные и мастичные кровли. Особенно агрессивными для таких кровель являются свет, тепло, влага и холод.

Старение кровли по всей ее площади, как правило, происходит неравномерно и зависит от конструктивных особенностей покрытия на различных его участках. Участки рулонных и мастичных кровель, наиболее уязвимые для тех или иных агрессивных воздействий вместе с их классификацией указаны в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Классификация агрессивных воздействий на рулонные и мастичные кровли

| Агрессивные воздействия | | | Наиболее уязвимые участки кровли |
|--------------------------|---|--|--|
| Вид | Агрессивный фактор | Разрушающее действие | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Механическое воздействие | Ветер | Разрушение адгезионных связей между кровлей и ее основанием под действием ветрового напора | Карнизные участки кровли, участки кровли особенно с частичной приклейкой ковра к основанию |
| | Град | Пробивание вздувшихся слоев рулонной кровли | Расслоившиеся участки рулонной кровли без защитного слоя |
| | Человеческий фактор (нарушение правил эксплуатации кровель) | Смятие и продавливание кровли при ходьбе и транспортировке по ней строительных материалов и оборудования | Без защитного слоя из гравия и со слабым основанием в рулонных и мастичных кровлях |
| | | Прорубание и срезание слоев кровли при ее очистке | С наружным водостоком |
| | | Пробивание кровли при сбрасывании мусора с возвышающихся над ней частей здания | Над пристроенными помещениями |
| | | Прорубание кровли при установке и ремонте ограждений и антенн | Повсеместно |

Продолжение табл. 1.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------|---|---|---|
| Физическое воздействие | Дождевая и талая вода | Гидродинамическое давление на кровлю, создаваемое энергией падающей воды | В местах перепада высот кровель с неорганизованным водостоком |
| | | Эрозия неводостойких кровельных материалов | Мастичные кровли из недостаточно водостойких материалов |
| | | Гидростатическое давление воды при нарушении водоотвода с кровли | Участки кровли у засоренных водоприемных воронок или обледеневших карнизных свесов и водоотводящих лотков |
| | | Проникновение воды в поры материала с его набуханием | С отсутствующим необходимым уклоном для полного отвода воды с ее поверхности |
| Физическое воздействие | Понижение температуры наружного воздуха | Температурные деформации и раскрытие трещин в кровле и кровельном основании | В неутепленных покрытиях из сборных железобетонных плит |
| | | Охрупчивание органического вяжущего и растрескивание покровного слоя | Из материалов с температурой хрупкости выше расчетной температуры наружного воздуха |
| | | Образование льда при замерзании воды в порах материалов и полостях кровли и кровельного основания | Без необходимого уклона кровли для полного отвода воды с ее поверхности |
| | | Обледенение поверхности кровли при замерзании талой воды | Карнизные участки кровли и водоотводящие лотки в глухих парапетах |
| | | Выпадение конденсата водяного пара в основании кровли | Невентилируемые утепленные покрытия |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------------|--|---|---|
| | Солнечная радиация (ИК-лучи) и повышение температуры наружного воздуха | Размягчение материала, ослабление когезионной прочности мастики и битума | В местах примыкания к вертикальным выступающим поверхностям |
| | | Окисление (старение) материалов | Без защитного слоя из гравия |
| | | Высушивание и усадка материала | Без необходимого уклона кровли для полного отвода воды с ее поверхности |
| | | Плавление льда на поверхности кровли и в порах материала с его усадкой | Карнизные участки кровли |
| ФХВ* | Солнечная радиация (УФ-лучи) | Полимеризация материала кровельного слоя под действием ультрафиолетовых лучей | Участки кровли с отсутствующим защитным слоем из гравия |
| Химическое воздействие | Озон | Коррозионное разрушение синтетического каучука в составе кровельного вяжущего | Кровли из материалов, содержащих синтетический каучук |
| | Производственные выделения с агрессивными средами | Коррозионное разрушение материалов кровли на производственных зданиях и сооружениях | Кровли производственных зданий предприятий химической промышленности |
| Биологическое воздействие | Микроорганизмы | Гниение материалов кровли | Кровли из рулонных материалов с картонной основой |
| | Растения | Развитие корневой системы растений в кровле | Загрязненные участки кровли |
| | Птицы | Разрушение защитного покрытия кровли из фольги | Отремонтированные участки кровель, покрытые алюминиевой фольгой |

Примечание. * ФХВ – физико-химическое воздействие.

Существует определенная закономерность влияния ряда конструктивных параметров и материала кровли на снижение ее стойкости к некоторым агрессивным воздействиям. Прежде всего, следует отметить такие важные параметры конструкции кровли, как ее уклон, толщина, количество слоев и физический износ. Их влияние можно объяснить следующим образом:

– с уменьшением уклона кровли затрудняется обеспечение полного водоотвода с кровли из-за наличия неровностей ее поверхности. Кроме того, в случае неисправности водоотводящих устройств увеличивается гидростатическое давление на кровлю;

– при меньшем количестве армированных слоев кровли соответственно ниже прочность водоизоляционного ковра, а значит и сопротивляемость кровли механическим и физическим воздействиям. Более тонкий водоизоляционный ковер, кроме того, менее долговечен;

– с ростом физического износа кровли снижается эластичность и прочность кровельного материала, а значит сопротивляемость агрессивным механическим и физическим воздействиям.

Сопротивляемость рулонных и мастичных кровель агрессивным воздействиям напрямую зависит от физико-механических свойств материалов, в том числе от прочности на разрыв и растяжимости. Причем, чем выше значения параметров, характеризующих указанные свойства материала, тем более долговечным он считается. В многослойных рулонных и мастичных кровлях наибольшим воздействиям подвергается верхний слой. Не случайно его стараются делать из самого атмосферостойкого и прочного материала.

О надежности различных видов кровель и, в частности, об их износостойкости можно судить по усредненному сроку службы кровель до ремонта или замены, приведенному в ВСН 58-88(р) «Положение об организации и проведении ре-

конструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения» [2] и в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Минимальная продолжительность
эффективной эксплуатации кровель

| Виды кровель и их элементы | Жилые здания | Здания и объекты коммунального и социально-культурного назначения |
|--|--------------|---|
| Кровли: | | |
| – из оцинкованной стали | 15 | 15 |
| – из черной стали | 10 | 10 |
| – из рулонных материалов (в 3-4 слоя) | 10 | 10 |
| – из керамической черепицы | 60 | 60 |
| – из асбестоцементных (хризотилцементных) волнистых листов | 30 | 30 |
| – мастичные | 10 | 10 |
| Стропила и обрешетка: | | |
| – из сборных железобетонных элементов | 80 | 80 |
| – деревянные | 50 | 50 |

1.3. Дефекты и повреждения кровель

В соответствии с ВСН 58-88(р) [2] дефектом элемента здания является неисправность (изъян) этого элемента, вызванная нарушением правил, норм и технических условий при его изготовлении, монтаже или ремонте, а повреждением элемента здания – неисправность элемента или его составных частей, вызванная внешним воздействием (событием).

Причинами возникновения в кровле дефектов, как правило, являются нарушение технологии, применение некачественных материалов и несоответствие проекту геометрических размеров кровли (толщины, уклона, величины нахлестки

и др.). Повреждения кровли являются следствием агрессивных воздействий на нее. Дефекты могут ускорить процесс разрушения кровли.

Перечень наиболее распространенных дефектов с указанием возможных причин их появления в различных видах кровель приведен в табл. 1.3.

Таблица 13

Наиболее распространенные дефекты кровель

| Вид кровли | Краткое описание возможных дефектов | Возможные причины дефектов * |
|----------------------|---|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Все виды кровли | Отклонения плоскости кровли от заданного уклона более чем на 0,2% | КО |
| | Не обеспечен полный отвод воды по всей поверхности кровли | КО |
| | Материалы не соответствует проекту и (или) техническим условиям | КМО |
| | Высота подъема кровли на примыканиях менее 250 мм | КО |
| Рулонные и мастичные | Недостаточное количество слоев в ковре | О |
| | Отсутствуют дополнительные слои кровли поверх основного водоизоляционного ковра в местах ее примыкания к выступающим поверхностям | КО |
| | Чаши водоприемной воронки внутреннего водостока выступают над поверхностью основания кровли | КО |
| | В местах установки водосточных воронок основной водоизоляционный ковер не усилен дополнительными слоями | КО |
| | Температурно-усадочные швы в стяжках не перекрыты полосами рулонного материала | КО |

Продолжение табл. 1.3

| 1 | 2 | 3 |
|--|--|------|
| | Отсутствует предусмотренный проектом защитный слой гравия | О |
| | Общая толщина защитного слоя не соответствует проекту | КМО |
| | Не предусмотрен защитный слой в местах перепадов высот на пониженных участках кровель (при наружном неорганизованном водостоке) | КО |
| Рулонные | Не соблюдена требуемая величина нахлестки материалов | КМО |
| | Вид наклейки рулонного ковра (сплошная, полосовая или точечная) не соответствует проекту | О |
| | Прочность приклейки рулонных материалов менее 0,1 МПа | КМОП |
| | Слой водоизоляционного ковра при высоте стен до 450 мм не заведены на их верхнюю грань | КО |
| | Конек кровли не перекрыт полотнищем рулонного материала на требуемую величину (на противоположном скате) | КО |
| Мастичные | Потеки и наплывы мастики на поверхности кровли | КМО |
| | Отклонение толщины кровли от проектной более 10% | КМОП |
| | Губчатое строение поверхностного слоя мастичной кровли | КМОП |
| | Кровельная мастика нанесена несплошными и неравномерными слоями или с наплывами | КМО |
| | Прочность сцепления водоизоляционного ковра с основанием менее 0,1 МПа | КМОП |
| Кровли из хризотилцементных волнистых листов | Крепление листов осуществлено неоцинкованными шурупами без предварительного высверливания отверстий в листах и не в местах, указанных в СП 17.13330.2011 [1] | КО |
| | В местах стыка четырех листов не произведена обрезка углов двух средних листов с образованием зазора по СП 71.13330.2017 [3] | КО |
| | У кровли с уклоном кровли в пределах 10–20 % под волнистыми листами отсутствует гидроизоляционная пленка | КО |
| | В кровле жилого здания применены листы не средволнового профиля | КО |

Окончание табл. 1.3

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|-----|
| | Величина нахлестки листов вдоль ската кровли не соответствует СП 71.13330.2017 [3] | КО |
| | Шаг брусков обрешетки составляет более 800 мм | КО |
| | В кровле здания длиной более 25 м отсутствуют компенсационные швы с шагом 12 м или 24 м по СП 17.13330.2011 [1] | КО |
| | На листах карнизного ряда не установлено по две противоветровые скобы | КО |
| Кровли из других волнистых и штучных материалов | Наличие видимых просветов в покрытии при осмотре кровли из чердачных помещений | КМО |
| | Величина нахлестки профлиста вдоль ската менее 250 мм | КО |
| | Крепление профлистов к прогонам выполнено самонарезающими винтами без уплотнительной шайбы | КО |
| | При уклонах кровли от 10 до 20 % под металлочерепицей отсутствует водоизоляционный слой | КО |
| Кровли из металлических листов | Фальцы кровли выполнены одинарными | КО |
| | Обрешетка кровли не содержит досок под лежащими фальцами стыкуемых картин | КО |
| | Крепление картин к основанию не соответствует требованиям СП 71.13330.2017 [3] | КО |
| | На сплошном настиле под стальной кровлей отсутствует объемная диффузионная мембрана (ОДМ) для отвода конденсата. | КО |
| | При уклоне кровли от 5 до 12% не выполнена герметизация фальцев предварительно сжатой уплотнительной лентой на длину фальца вдоль ската не менее 3 м от стены под карнизом | КО |
| Обрешетка в кровлях из штучных и волнистых материалов | Расстояние между элементами обрешетки больше предусмотренного проектом | КО |
| | Стыки обрешетки не расположены вразбежку | КО |
| | В местах расположения карнизных свесов и ендов не выполнен сплошной настил из досок | КО |

Примечание: К – низкая квалификация рабочих и ИТР; М – использование некачественных материалов; О – недобросовестность рабочих и ИТР; П – неблагоприятные условия производства работ.

Во многом износостойкость новых или только что отремонтированных кровель зависит от наличия в них дефектов, а остаточный срок службы старых кровель – от физического износа, определяемого в процентах по характеру и объему повреждений, например, в соответствии с ВСН 53-86(р) «Правила оценки физического износа жилых зданий» [4], из которых в табл. 1.4 и 1.5 приведены признаки физического износа рулонных и мастичных кровель.

Таблица 1.4

Признаки физического износа рулонных и мастичных кровель жилых зданий

| Физический износ, % | Признаки износа | |
|---------------------|--|--|
| | рулонной кровли | мастичной кровли |
| 0–20 | Одиночные мелкие повреждения и пробоины в кровле и местах примыкания к вертикальным поверхностям | Одиночные мелкие повреждения и пробоины в кровельном покрытии, верхний защитный слой и защитно-отделочное покрытие кровли отсутствует на площади до 10% |
| 21–40 | Вздутие поверхности, трещины, разрывы (местами) верхнего слоя кровли, требующие замены до 10% кровли; проникание влаги в местах примыканий к вертикальным поверхностям | Вздутия мастичного покрытия и повреждения (трещины, отслаивания в местах сопряжения с вертикальными конструкциями), требующие замены до 10% кровли |
| 41–60 | Разрушение верхнего и местами нижних слоев покрытия; вздутия, требующие замены от 10 до 25% кровельного покрытия; протечки кровли местами | Разрывы мастичного покрытия, вздутия покрытия, требующие замены от 10 до 20% площади кровли; разрушение кровельного покрытия в местах примыкания к вертикальным поверхностям; протечки местами |
| 61–80 | Массовые протечки, отслоения покрытия от основания, отсутствие частей покрытия, | Повреждения и просадки основания кровли, трещины в стыках панелей, массовые протечки, разрушение устройств примыкания и ограждающей решетки |

Таблица 1.5

Признаки физического износа кровель из стальных
и хризотилцементных (асбестоцементных) листов

| Физический износ, % | Признаки износа | |
|---------------------|---|---|
| | стальной кровли | кровли из хризотилцементных (асбестоцементных) листов |
| 0–20 | Ослабление крепления отдельных листов к обрешетке, отдельные протечки | Искривление местами металлических желобов; ослабление креплений отдельных асбестоцементных листов к обрешетке |
| 21–40 | Неплотности фальцев пробоины и нарушение примыканий к выступающим частям местами; просветы при осмотре со стороны чердака; повреждения настенных желобов | Протечки и просветы в отдельных местах, отставание и трещины коньковых плит; отрыв листов до 10% площади кровли |
| 41–60 | Ржавчина на поверхности кровли, свищи, пробоины; искривление и нарушение креплений ограждающей решетки; большое количество протечек | Отсутствие отдельных листов, отколы и трещины, протечки, ослабление креплений листов к обрешетке |
| 61–80 | Массовые протечки, сильная ржавчина на поверхности кровли и со стороны чердака, разрушение фальцев, большое количество заплат на кровле, разрушение ограждающей решетки | Массовое разрушение кровли, отсутствие части настенных большое количество заплат из рулонных материалов |

Перечень возможных повреждений различных видов приведен в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Возможные повреждения кровель

| Вид кровли | Краткое описание возможных повреждений |
|--|---|
| Все виды кровель | Свищи и пробоины |
| | Отсутствие фрагментов кровли или их отслоение |
| | Сквозные трещины |
| | Просадка кровельного основания |
| Рулонные и мастичные | Вмятины |
| | Расслоение водоизоляционного ковра |
| | Потеря водонепроницаемости (при отсутствии видимых повреждений) |
| | Овражистая поверхность покровного слоя |
| | Повреждение защитного слоя |
| Рулонные | Вздутие кровли |
| | Усадка полотнищ |
| | Отслоение покровного слоя |
| | Сползание рулонного материала |
| Мастичные | Оплывание мастики |
| Кровли из штучных и волнистых материалов | Ослабление креплений отдельных хризотилцементных листов к обрешетке |
| | Отсутствие части крепежных элементов |
| | Отколы и сколы |
| Кровли из металлических листов | Ржавчина на поверхности кровли |
| | Вмятины |
| | Неплотности фальцев |
| | Ослабление креплений листов к обрешетке |

Все рассмотренные факторы, в той или иной мере способствующие появлению повреждений кровель, связаны между собой в систему (рис. 1.1). На схеме показана сущность, отличия и взаимосвязь строительных дефектов и повреждений кровель.

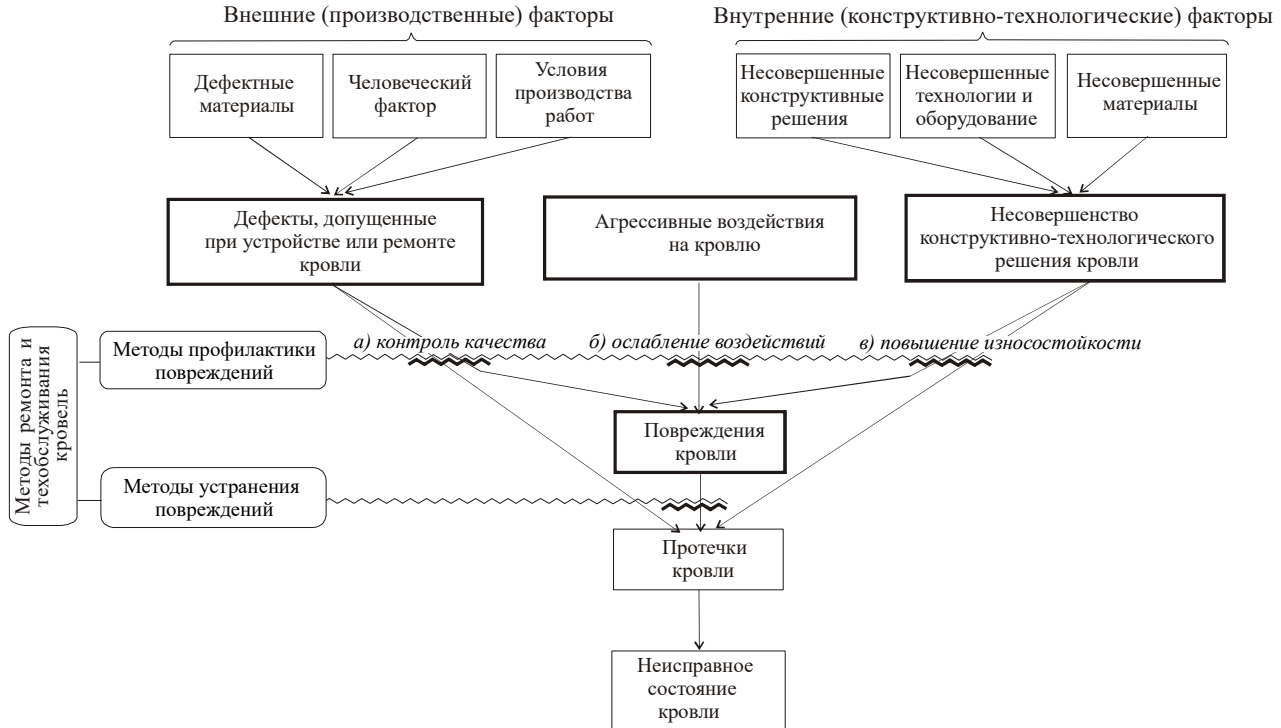


Рис. 1.1. Причинно-следственные связи в разрушении кровель

Особое положение на схеме (практически равное по значимости дефектам) занимают конструктивные недостатки кровли, а также несовершенство применяемых при устройстве кровель технологий, оборудования и материалов. Этим можно объяснить тот факт, что даже при отсутствии дефектов в строительной конструкции и минимальных агрессивных воздействиях, ее повреждение рано или поздно произойдет.

1.4. История развития методов ремонта и реконструкции кровель

В нашей стране, как и за рубежом, в целом накоплен достаточный большой опыт по ремонту кровель, имеющих дефекты и повреждения. Самые старые и простые методы локального ремонта кровель заключаются в окраске старой кровли или в нанесении на поврежденные места заплат из различных материалов, например:

- в рулонных кровлях – из рубероида или толя соответственно на битумной или дегтевой мастике;
- в кровле из стальных листов – из мешковины, пропитанной железным суриком;
- в медной кровле – из листовой меди с пропайкой мест сопряжения с ремонтируемой кровлей.

Дальнейшее развитие методов восстановления и ремонта рулонных кровель (так же, как и их устройства) происходило по мере разработки и выпуска новых кровельных материалов и совершенствования технологии кровельных работ. Технология применения этих материалов заимствована из нового строительства, не претерпев существенных изменений.

В последние десятилетия рулонные кровли чаще всего ремонтируют с использованием наплавливаемых кровельных материалов. Для их приклейки разработаны и применяют три способа – огневой, электроконтактный и холодный.

При огневом способе имеющийся на наплавливаемом кровельном материале утолщенный нижний слой мастики расплавляют пламенем специальных горелок по мере раскатыва-

ния и приклейки рулона. Наряду с достоинствами способа, он имеет ряд существенных недостатков (пожароопасность*, неравномерное качество приклейки, повышение температуры хрупкости битумной мастики), которые снижают долговечность водоизоляционного ковра и ограничивают возможность применения способа.

Некоторым преимуществом перед огневым способом приклейки наплавляемых кровельных материалов обладает электроконтактный способ с использованием специального приклеечного устройства, позволяющего производить расплавление мастики покровного слоя электронагревателями, установленными на раме устройства, что исключает возможность выгорания покровного слоя (как это происходит при воздействии открытого огня) и понижает пожароопасность способа.

Холодный способ наклейки наплавляемого материала, заключающийся в размягчении мастичного покровного слоя растворителем с последующей выдержкой и приклеиванием, хотя и обладает определенными достоинствами (незначительная трудоемкость способа, безопасные условия производства и др.), не получил достаточного распространения при ремонте кровель. Основными причинами этого является не возможность применения способа в следующих условиях:

- уклон кровли менее 10 %;
- температура окружающей среды ниже +5°C;
- утолщенный покровный слой используемого наплавляемого материала покрыт легкоплавкой полимерной пленкой, предохраняющей кровельный материал от слипания в рулоне;
- наличие неровностей поверхности ремонтируемой кровли.

* «Правила противопожарного режима в Российской Федерации» [5] запрещают выполнять на кровле работы, связанные с применением открытого огня при использовании горючих материалов, к которым относятся практически все наплавляемые кровельные материалы.

Для устранения мелких повреждений в рулонных кровлях давно применяют открытый огонь от паяльных ламп, под действием которого происходит разогрев битума и битумной мастики до жидкотекучего состояния и заполнение ими поверхностных трещин, выбоин, свищей. По себестоимости ремонта этот способ является самым эффективным, а вот по производительности и качеству приклейки – неконкурентоспособным из-за малой энергетической мощности паяльных ламп и недостатков, свойственных огневым способам.

На рубеже 80–90-х годов прошлого столетия для восстановления водонепроницаемости многослойных рулонных и мастичных кровель появились специальные электронагревательные установки, принцип действия которых основан на терморегенерации битумных кровельных материалов. В ту пору это были далеко несовершенные и лишь единичные экземпляры техники. Тем не менее, идея применения ресурсосберегающей технологии при ремонте указанных кровель нашла свое продолжение. Способы, основанные на применении инфракрасного излучения и кондуктивного теплопереноса, все чаще применяются на объектах капремонта. Подробная информация об особенностях этих способов приведена в гл. 3 данного учебного пособия.

Все способы, кроме предусматривающих замену поврежденной кровли, можно выполнять как при текущем (локальном), так и при капитальном (сплошном) ремонте, когда не только устраняются выявленные протечки кровли, но и принимаются меры по предупреждению их появления на других (менее поврежденных) участках кровли.

При капитальном ремонте зданий ремонт кровель в основном сводится к разборке поврежденного водоизоляционного ковра и устройству нового. Этот метод ремонта самый дорогой и материалоёмкий, а нередко и загрязняющий окружающую среду канцерогенными битумосодержащими отходами. Поэтому чаще при эксплуатации зданий ограничиваются устройством поверх сохраняемой старой кровли ремонтного слоя из рулонных или мастичных кровельных материалов, да-

же если эта кровля выполнена из неорганических материалов (например, кровельной стали или железобетонных плит).

В 70-е гг. прошлого столетия морально устаревшие неветилируемые кровли стали переоборудовать в вентилируемые, путем устройства поверх старой кровли стропильной системы и кровельного настила, сначала из асбестоцементных волнистых листов, а позже – из стальных профилированных листов. В последние годы для обеспечения возможности вентиляции подкровельного пространства все чаще применяют точечную или полосовую приклею или механическое крепление рулонных кровельных материалов.

Однако в процессе эксплуатации зданий ремонт кровель чаще всего сводится лишь к устранению локальных повреждений, вызвавших протечку, а при отсутствии необходимых средств или условий для этого – к другим еще более простым действиям по недопущению проникания атмосферных осадков через неисправную кровлю внутрь здания.

Следует отметить, что в последние десять лет произошел существенный прорыв в повышении эффективности ремонта, причем не только за счет применения более совершенных материалов, но и благодаря изобретению новых конкурентоспособных способов ремонта, обеспечивающих улучшение эксплуатационных характеристик отремонтированных кровель, в том числе повышение их долговечности, безотказности и ремонтпригодности. Их отбор произведен с учетом следующих принципов:

- перспективность широкого применения, обусловленная доступностью (в том числе ценовой) материалов и оборудования, их экологичностью, безопасностью производства работ по устройству и обслуживанию кровель;

- достоверность информации о методе, в том числе ее научной обоснованности и накопленного опыта практического применения;

- относительная новизна методов и недостаточно представленных в учебной литературе по строительству.

2. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ КРОВЕЛЬ

2.1. Диагностически ценные признаки и параметры, описывающие состояние кровель и качество их ремонта

Уровень совершенства всякой технологии во многом определяется возможностью обеспечения ею заданного качества продукции. Однако из-за конструктивных особенностей кровель, например, наличия нескольких слоев водоизоляционного ковра, скрывающих внутренние его дефекты, контроль их качества затруднен. И действительно внешний вид кровель часто бывает обманчив. Под прекрасно выполненным верхним слоем кровли могут скрываться многочисленные дефекты и повреждения внутренних слоев и кровельного основания. И, наоборот, под поврежденным верхним слоем нередко оказывается достаточно надежный монолитный водоизоляционный ковер.

К наиболее распространенным из трудно выявляемых дефектов и повреждений кровли можно отнести расслоение многослойного водоизоляционного ковра, недостаточное количество в нем слоев, нарушение герметичности кровли при наличии очень мелких трещин и свищей, а также некачественных сопряжениях смежных элементов кровель. Эти дефекты и повреждения сами по себе могут не приводить к протечкам кровли, но со временем, как показывает практика, обязательно проявят себя в виде различных повреждений, например, вздутий и разрывов водоизоляционного ковра, отслоения кровельных элементов, деструкции материала кровельного основания.

Знать фактическое состояние многослойной кровли на любой стадии ее эксплуатации важно для того, чтобы вовремя принять меры не только по устранению самих дефектов и повреждений, но и причин их появления.

Наиболее распространенным способом обнаружения скрытых дефектов кровли до истечения гарантийного срока ее эксплуатации является проведение периодических и неплановых осмотров. Однако не все дефекты такой кровли успевают проявить себя в течение указанного срока, а несвоевременное их выявление сопряжено с большими издержками на ремонт. В случае же возникновения протечки кровли велика вероятность повреждения имущества, находящегося в нижерасположенных помещениях.

Техническое состояние всякой конструкции (в том числе кровли) непрерывно или дискретно описывается совокупностью определяющих его параметров и признаков. Диагностически ценным считается признак, которым обладают конструкции одного состояния и ни одна из конструкций другого состояния.

К диагностически ценным признакам, позволяющим контролировать состояние ремонтируемой кровли (а по нему сам технологический процесс), принято относить ее водонепроницаемость, наличие у кровли полного водоотвода, отсутствия в ней трещин, а у многослойных рулонных кровель, кроме того, вздутий и расслоений.

Диагностически ценными параметрами всех видов кровли являются ее уклон и величина нахлестки или ширина фальца в местах сопряжения смежных кровельных элементов, у кровель из штучных и волнистых материалов, а также металлических листов – их толщина. Диагностически ценными параметрами для рулонных и мастичных кровель являются количество слоев водоизоляционного ковра, адгезия и сплошность приклейки или нанесения кровельных материалов.

2.2. Современные методы и средства выявления скрытых протечек в кровлях

Надежность кровель во многом определяется качеством выполненных работ по их устройству и ремонту. Для его контроля в строительстве все чаще применяют неразрушающие методы, позволяющие выявлять большинство допущенных дефектов до ввода объекта в эксплуатацию. Эти же методы успешно можно применять и при обследовании кровель уже эксплуатируемых зданий для обнаружения имеющихся повреждений.

Наиболее опасными (из-за возможности причинения значительного материального ущерба) являются дефекты и повреждения, вызывающие протечки кровли, например, негерметичные швы между полотнищами рулонного материала, особенно в однослойных (мембранных) кровлях, и сквозные отверстия (например, разрывы и свищи) в водоизоляционном ковре. Если такие дефекты и повреждения малы размеру – протечки, ими вызванные, как правило, носят скрытый локальный характер и долгое время остаются незаметными. При этом атмосферные осадки в виде дождевой и талой воды постепенно проникают внутрь покрытия, увлажняя и размягчая (или разупрочняя) материал теплоизоляции, вызывая коррозию элементов несущего настила, и к моменту проявления протечки на потолочной поверхности покрытия могут довести конструкцию до предельного состояния, при котором дальнейшая эксплуатация покрытия или отдельных его участков будет недопустима.

Поэтому очень важно, как можно раньше обнаруживать и устранять все эти дефекты и повреждения, тем самым предотвращать возможный ущерб. Для их своевременного выявления в мировой строительной практике найдено и применяется не мало весьма эффективных решений [6]. К ним относятся группа методов, основанных на использовании проникаю-

щих сред, группа электрофизических методов, а также инфракрасный и радиоизотопный и методы.

Все эти методы позволяют достаточно быстро проверить работоспособность рулонной кровли, т.е. ее способность выполнять свою функцию по защите здания от атмосферных осадков, и выявлять причины имеющихся (или возможных) протечек.

Методы проникающих сред основаны на проверке непроницаемости кровли с помощью невязких жидких или легко обнаруживаемых газообразных сред, которые находят сквозные отверстия и каналы в кровле и беспрепятственно проникают сквозь кровлю сверху вниз, или наоборот. К таким методам относятся дымовой, газовый, вакуумный, а также оросительный и гидростатический методы, каждый из которых имеет определенную область применения, свои преимущества и недостатки.

Дымовой метод предназначен для испытания рулонных кровель с механическим креплением к воздухонепроницаемому основанию. Метод основан на закачивании под испытываемый участок водоизоляционного ковра дымовоздушной смеси от дымогенератора с помощью электрического компрессора или вентилятора через приклеенный к водоизоляционному ковру (над отверстием) патрубков, которая выходит в атмосферу через трещины и другие сквозные повреждения в кровле и визуально обнаруживается, указывая на места протечек. При повышении давления дымовоздушной смеси под кровлей, кроме герметичности можно проверить качество ее крепления к основанию. Недостатком метода является необходимость устройства отверстий в водоизоляционном ковре для закачивания под него дыма, а преимуществом – большая площадь кровли, которая может быть испытана за один раз.

Вакуумный метод применяют при проверке непроницаемости рулонных и мастичных кровель с помощью подключенной к вакуумному насосу прозрачной камеры разрежения,

которая устанавливается на поверхности кровли. Недостатком метода является значительная трудоемкость, а преимущество – возможность не только выявить точное месторасположение протечки в кровле, но дать количественную оценку ее проницаемости. В первом случае месторасположение отверстия в кровле указывают пузырьки, появляющиеся над дефектным участком, покрытым формирующей пену специальной жидкостью, а во втором – проницаемость кровли определяют по расходу воздуха, удаляемому из камеры разрежения. Пример устройства, предназначенного для осуществления вакуумного метода выявления скрытых протечек в рулонных кровлях, показан на рис. 2.1.

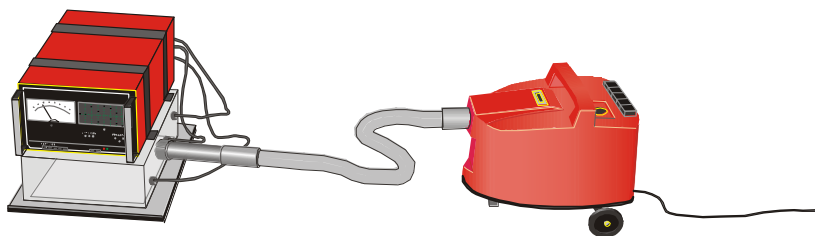


Рис. 2.1. Устройство (с камерой разрежения и вакуумным насосом) для проверки герметичности швов между полотнищами рулонного кровельного материала

Газовый метод. Область применения метода такая же, как у дымового метода. Вместо дымовоздушной смеси в имеющуюся вентилируемую прослойку под кровлей, подается легко обнаруживаемый с помощью специальных датчиков индикаторный газ (например, фреон). Данным методом можно установить факт нарушения непроницаемости кровли, но нельзя определить точное месторасположение возможной протечки. Метод отличается достаточно высокой производительностью.

Оросительный метод применим для любых видов кровель. Метод заключается в использовании переставляемой

оросительной системы или переносного разбрызгивателя соответственно в течение 30 и 15 минут на каждом проверяемом участке. После испытания водой протечки проявляются на потолочной поверхности покрытия. Небольшие протечки можно выявить с помощью влагомера, проверяя влажность материалов покрытия. Недостатки метода: большой расход воды и опасность замачивания нижерасположенных строительных конструкций, а преимущества – универсальность и простота осуществления.

Гидростатический метод – это традиционный метод проверки водонепроницаемости малоуклонных кровель с внутренним водостоком. Испытание осуществляют водой, заполняя ею кровлю с закупоренными водоотводящими устройствами. Если имеется протечка в кровле, то вода обязательно пройдет через нее. Если вода не будет обнаружена в конструкции под кровлей, и уровень воды не падает, кровлю считают водонепроницаемой. Метод осуществим только при положительной температуре наружного воздуха. Преимущество метода заключается в отсутствии необходимости использования специального диагностического оборудования. К недостаткам метода можно отнести опасность замачивания нижерасположенных строительных конструкций и не гарантированное совпадение мест протечек со скрытыми дефектами и повреждениями кровли.

Электрофизические методы основаны на проверке электроизоляционных свойств водоизоляционного ковра, которые резко ухудшаются в местах скрытых протечек кровли. К таким методам относятся метод разности потенциалов, а также высоковольтный и емкостной методы.

Метод разности потенциалов (низковольтный метод) предназначен для обнаружения скрытых протечек в кровлях, в которых водонепроницаемый ковер не является электрическим проводником, а основание выполнено из металла или железобетона. Поиск скрытых протечек осуществляют измерением

разности потенциалов в различных точках переменного электрического поля, создаваемого на поверхности кровли с помощью низковольтного импульсного генератора тока (напряжением до 40 В), один из выводов которого соединен с основанием кровли, а другой – с электропроводящим контуром (из гибкого неизолированного электрического провода), укладываемого на смоченную водой поверхность обследуемого участка кровли (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Поиск скрытых протечек в рулонной кровле низковольтным методом

Применение метода особенно эффективно на участках кровли, где протечки продолжались в течение продолжительного времени и ее основание оказалось обильно смоченным водой. Недостатком метода является невозможность его осуществления на участках кровли с выступающими над ее поверхностью заземленными элементами инженерного оборудования из электропроводных материалов.

Высоковольтный метод по области применения и физической сущности подобен низковольтному методу. Отличие



Рис. 2.3. Поиск скрытых протечек в рулонной кровле высоковольтным методом

заключается в том, что на поверхность кровли подается положительный высоковольтный заряд с безопасным по величине электрическим током (от аккумулятора или источника постоянного тока), причем не на электропроводящий контур, а на щеточный электрод со щетиной из медной проволоки (рис. 2.3).

Положительными сторонами метода являются достаточно высокая его производительность, а также возможность точно определять местонахождение скрытых протечек. Недостаток метода – невозможность его применения при обследова-

нии кровель в утепленных покрытиях и кровель с защитным слоем из гравия или с загрязненной поверхностью.

Емкостной метод применяют для определения местонахождения областей повышенного содержания влаги в толще покрытия на глубине до 50 мм, которые в большинстве случаев могут быть приняты как наличие протечки кровли.

Метод основан на создании переменного электрического поля и измерении его напряженности в верхних слоях покрытия с помощью переставных или сканирующих электронных влагомеров емкостного типа. Бóльшим значениям напряженности электрического поля соответствуют участки покрытия с увлажненным основанием под кровлей, а значит с поврежденным или дефектным водоизоляционным ковром. Емкостным методом можно достаточно легко определить грани-

цы сырых мест с точностью до нескольких сантиметров. Недостатком метода являются высокая стоимость электронных емкостных влагомеров (рис. 2.4).

Инфракрасный метод можно применять при поиске скрытых протечек в рулонных кровлях с любым основанием. Инфракрасный метод позволяет определить местонахождение скоплений влаги в верхних слоях покрытия поиском зон повышенных температур поверхности кровли, поскольку участки покрытия, содержащие влагу, имеют более высокую теплопроводность и теплоемкость, чем сухие участки. В теплое время года тепловая энергия от солнца лучше поглощается влажными участками покрытия и затем сохраняется в течение нескольких часов после заката, поэтому при осуществлении инфракрасного метода кровлю, как правило, сканируют ночью. Основными преимуществами инфракрасного метода являются достигаемая сплошность обследования кровли и высокая производительность, а недостатками – высокая стоимость инфракрасных камер, существенная зависимость метода от погоды, возможность его применения только в ночное время суток (как правило, до полуночи).

Радиоизотопный метод предпочтительнее других применять при проверке влагосодержания балластных и инверсионных кровель. Ограничено применение метода на кровлях из материалов, в состав которых входят углеводороды (в том числе битум). Метод основан на проверке присутствия водородных молекул (водяного пара) в верхних слоях покрытия.



Рис. 2.4. Поиск скрытых протечек в рулонной кровле сканирующим емкостным влагомером

Метод осуществляется с помощью радиоизотопного влагомера, который способен определять влажность материала по количеству медленных отраженных нейтронов (выпущенных из быстрого нейтронного источника), так как при увеличении влажности материала количество отраженных нейтронов увеличивается и показания радиоизотопного влагомера соответственно возрастают (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Радиоизотопный влагомер, используемый для выявления скрытых протечек в рулонных кровлях

Преимуществом метода является возможность его применения в широком диапазоне погодных условий и при любом уклоне кровли, а недостатком – его экологическая опасность.

Результаты выполнявшихся в Ростовском государственном строительном университете исследований подтверждают работоспособность, а также достаточную эффективность представленных методов и позволяют рекомендовать их (с учетом указанных преимуществ и ограничений по использованию) для массового применения при выявлении скрытых протечек в кровлях как строящихся, так и эксплуатируемых зданий.

Результаты выполнявшихся в Ростовском государственном строительном университете исследований подтверждают работоспособность, а также достаточную эффективность представленных методов и позволяют рекомендовать их (с учетом указанных преимуществ и ограничений по использованию) для массового применения при выявлении скрытых протечек в кровлях как строящихся, так и эксплуатируемых зданий.

2.3. Новые методы неразрушающего контроля качества кровель по диагностическим параметрам

В Донском государственном техническом университете разработаны и внедрены в производство три новых метода, позволяющие без нарушения водонепроницаемости кровли определять количество слоев в водоизоляционном ковре, а также прочность и сплошность приклейки в нем рулонных кровельных материалов.

Для возможности определения количества слоев в водоизоляционном ковре без его вскрытия сконструирован и запатентован дефектоскоп (рис. 2.6), состоящий из корпуса 1 с ручкой 2, на нижней поверхности которого прикреплен емкостной датчик 3 с рамкой 4, и блока с источником питания 5, а также генератора высокой частоты и стрелочного прибора 6, размещенных внутри корпуса [7]. Масса дефектоскопа составляет 1,3 кг. Его питание осуществляется от батарейки или аккумулятора напряжением 9 В.

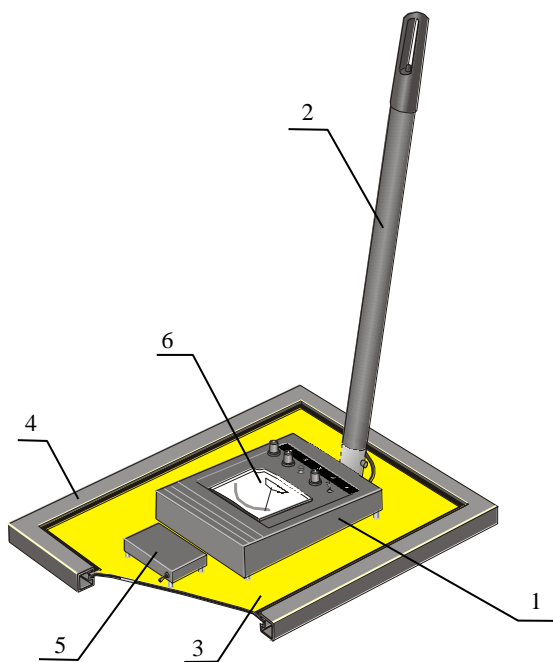


Рис. 2.6. Общий вид кровельного дефектоскопа (с укороченной ручкой)

Такой дефектоскоп хорошо «чувствует» под многослойным ковром кровельное основание из цементной стяжки или бетона и позволяет достаточно точно определить расстояние от указанного основания до поверхности кровли.

Зная толщину водоизоляционного ковра, можно с достаточной точностью определить из скольких слоев он состоит, если за среднюю толщину ковра принять толщину верхнего его слоя, которая легко определяется с помощью штангенциркуля в местах нахлестки смежных полотнищ кровельного материала.

Порядок работы с дефектоскопом следующий. На поверхности обследуемой кровли выполняют разметку контрольных точек, располагаемых с шагом 0,5–3,0 м. В каждой



Рис.2.7. Определение количества слоев в рулонной кровле с помощью кровельного дефектоскопа

контрольной точке поочередно устанавливают дефектоскоп и снимают показания стрелочного прибора, которые записывают в виде матрицы в журнал результатов обследования кровли (рис. 2.7).

Далее с помощью специально разработанной и зарегистрированной в Роспатенте компьютерной программы «Многослойные кровли: автоматизация учета технического состояния» [8] по результатам обследования кровли строится дефектограмма водоизоляционного ковра, на которой места с недостаточной толщиной (или количеством у него слоев) автоматически выделяются оттенками синего цвета. Впрочем, пользователь данной компьютерной программы может по своему усмотрению изменять цвет и тип заливки дефектограммы, отображение кон-

трольных точек и изолиний. На рис. 2.8 в качестве примера изображено главное окно программы с результатами обработ-

ки данных, полученных с помощью дефектоскопа при обследовании рулонной кровли до ремонта.

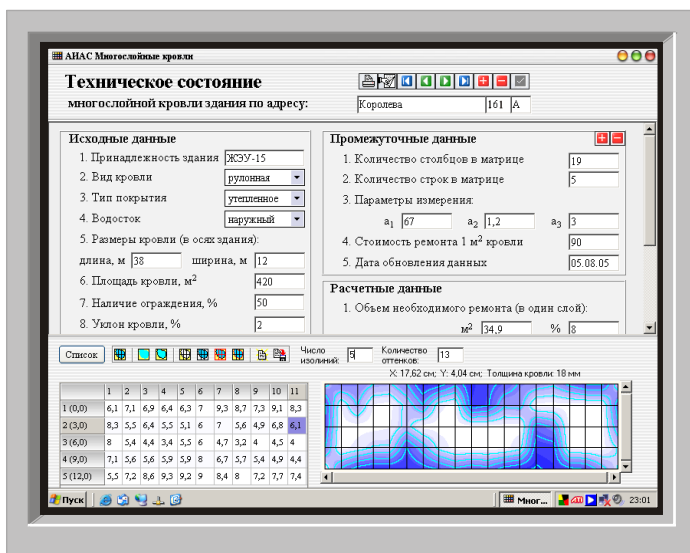


Рис. 2.8. Главное окно компьютерной программы «Многослойные кровли»

Компьютерная программа «Многослойные кровли: автоматизация учета технического состояния» представляет собой электронную картотеку, предназначенную для составления и хранения неограниченного количества электронных паспортов технического состояния многослойных кровель с дефектограммами водоизоляционного ковра, копиями любых отсканированных графических и текстовых документов (например, фотографий, чертежей узлов и актов обследования кровли, заявок от собственников помещений, квартиросъемщиков и арендаторов на ее ремонт).

Использование дефектограммы возможно в исполнительной или проектной документации на ремонт здания путем наложения дефектограммы на план обследованной кровли с помощью любого графического редактора (рис. 2.9).

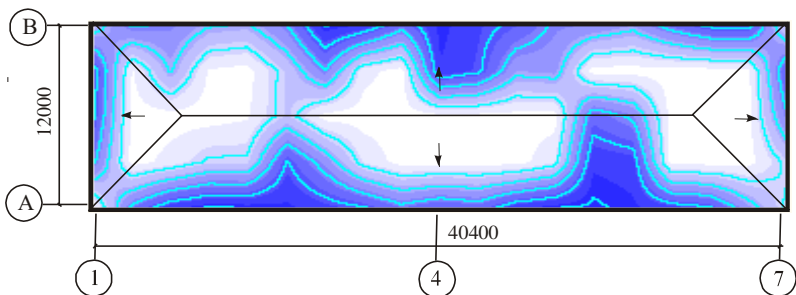


Рис. 2.9. Пример наложения дефектограммы водоизоляционного ковра на план кровли жилого здания

Применение кровельного дефектоскопа эффективно не только при проверке наличия всех предусмотренных проектом слоев водоизоляционного ковра, но и при оценке состояния кровли, подлежащей ремонту, так как дефектоскоп позволяет обнаруживать даже небольшие скопления воды (до 5 г на 1 дм²) на глубине до 50 мм, а по ним быстро находить скрытые повреждения кровли.

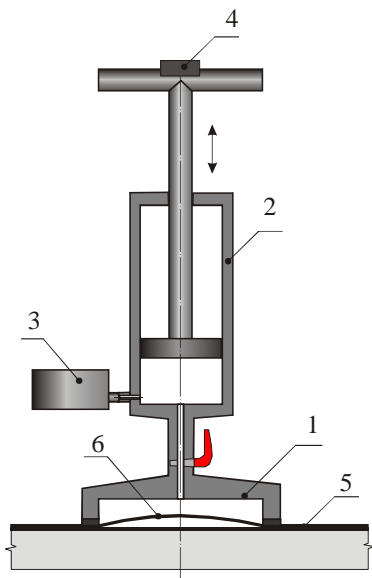


Рис. 2.10. Дорожный пористомер

Проверку прочности приклейки рулонных кровельных материалов в водоизоляционном ковре рекомендуется осуществлять с помощью дорожного пористомера, способного создавать разрежение над испытываемым участком кровли (рис. 2.10). При этом недостаточная величина отрывного напряжения, создаваемого пористомером (не более 0,07 МПа), сполна компенсируется увеличением продолжительности испытания (до 180 с).

Пористомер состоит из камеры разрежения 1, вакуумного ручного насоса 2, манометра 3 и таймера 4. Если поверхность кровли 5 по месту испытания вздулась 6, значит произошло отслоение рулонного материала, свидетельствующее о недостаточной прочности его приклейки. Если же вздутие не образовалось, то качество приклейки можно признать удовлетворительным (в случае, если на поверхности кровли нет видимых повреждений).

Проверка прочности приклейки кровельных материалов может осуществляться одним человеком (рис. 2.11). Устанавливать пористомер можно только на ровные предварительно очищенные от защитной посыпки участки кровли.

Для определения сплошности приклейки рулонных материалов к выравнивающей стяжке или плитам покрытия предложен метод, основанный на определении разности температур поверхности кровли на смежных ее участках. Дело в том, что в местах несплошной приклейки рулонного материала поверхность кровли в солнечную погоду на 4–6°С нагревается больше, чем в местах более качественной их приклейки. В холодную погоду поверхность указанных дефектных участков кровли наоборот имеет более низкую температуру (но только в утепленных покрытиях).

Предлагаемый метод определения сплошности приклейки рулонных кровельных материалов рекомендуется применять в солнечную погоду при температуре наружного воздуха не ниже +20°С и скорости ветра не более 3 м/с. Для осуществления метода необходим радиационный пирометр, имеющий угол визирования не менее 20°.



Рис. 2.11. Проверка прочности приклейки рулонных кровельных материалов с помощью пористомера

Рассмотрим последовательность выполнения измерений (рис. 2.12). Так, сначала включенный пирометр следует приблизить к поверхности кровли на расстояние 0,2–0,3 м и определить предельные значения ее температуры. При этом самое низкое значение температуры a_1 будет свидетельствовать о наличии достаточно хорошего теплоотвода от поверхности кровли в нижние слои покрытия в местах сплошной приклейки (позиция 1), а самое высокое a_2 – наоборот, плохому теплоотводу из-за наличия в местах некачественной приклейки материалов контактного термического сопротивления или даже воздушной прослойки (позиция 2). Если переместить пирометр от поверхности кровли на расстояние 1,0–1,2 м (позиция 3), он покажет среднее значение температуры поверхности кровли a_{cp} на отдельном ее участке (рис. 2.13).

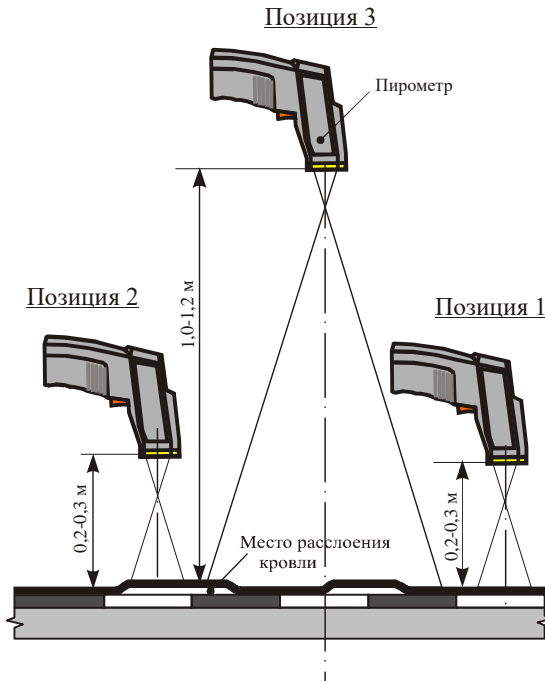


Рис. 2.12. Последовательность измерения температуры поверхности кровли

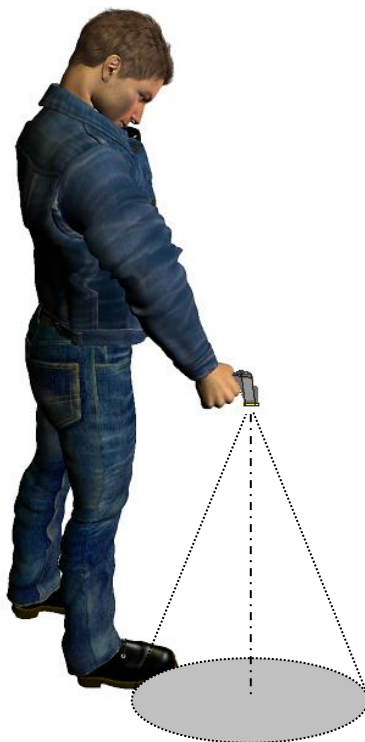


Рис. 2.13. Проверка с помощью пирометра сплошности приклейки рулонных кровельных материалов

Таким образом, сплошность приклейки рулонных кровельных материалов в процентах от площади проверяемого участка кровли (ограниченного углом визирования) можно определить из выражения

$$C = \frac{a_2 - a_{cp}}{a_2 - a_1} \cdot 100 .$$

В целом применение новых методов и средств проверки качества приклейки рулонных кровельных материалов будет способствовать повышению надежности рулонных кровель и сокращению затрат на их эксплуатацию.

3. МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ КРОВЕЛЬ

3.1. Восстановление водонепроницаемости и монолитности кровель из битумосодержащих материалов при ремонте

Несколько лет назад рулонная или мастичная кровля признавалась неремонтопригодной и подлежала замене, если имела такие трудноустраняемые повреждения, как отслоение и расслоение водоизоляционного ковра, сквозные трещины и свищи, а также поражение гнилью картонной основы.

В настоящее время все большее распространение получают научно обоснованные конкурентоспособные методы устранения указанных повреждений, по многим критериям (технологичности, экологичности, ресурсосбережению, себестоимости, пожаро- и травмобезопасности) превосходящие весьма дорогостоящие методы ремонта кровли с заменой водоизоляционного ковра. Эти методы основаны на применении терморегенерации (возобновлении свойств) содержащихся в кровле битумных материалов без замены существующего или устройства дополнительного водоизоляционного ковра.

Процесс терморегенерации битумных материалов в рулонной кровле осуществляется под воздействием теплового потока, направленного вглубь водоизоляционного ковра, в результате чего размягчается содержащийся в нем битум, который, растекаясь по поверхности выравнивающей стяжки и между полотнищами основы рулонного материала, заполняет имеющиеся поры и пустоты в конструкции кровли и основания. Часть размягченного битума впитывается в кровельный картон, стеклоткань или стеклохолст. Под действием приложенной нагрузки (давления) происходит склеивание отслоившихся кровельных материалов. При этом несколько уменьшается толщина битумных прослоек между полотнищами основы рулонного материала и образуется некоторое количество свободного битума. Таким образом, в результате термомеха-

нической обработки водонепроницаемость и монолитность кровли, имевшей до этого указанные повреждения, полностью восстанавливаются.

В связи с тем, что битумные кровельные материалы имеют низкую теплопроводность (менее 0,25 ккал/м·ч·°С), тепло в конструкции кровли медленно распространяется в глубину. При этом происходит резкий рост температуры поверхности и более плавное, затухающее по глубине, изменение температуры в нижних слоях кровли.

Если тепловая обработка непродолжительна (в течение 3–10 мин) и при температуре не выше 240°С, улучшаются основные физико-механические свойства битумных кровельных материалов (табл. 3.1). Например, водонепроницаемость кровельного материала с картонной основой повышается на 5–15%, а водопоглощение, наоборот, уменьшается на 5–10%. В случае, если материалы водоизоляционного ковра частично поражены гнилью, то микроорганизмы, поселившиеся в порах и капиллярах, погибают, а процесс гниения органических материалов прекращается или приостанавливается.

Таблица 3.1

**Изменение основных физико-механических свойств
битумных кровельных материалов,
подвергнутых изотермическому выдерживанию**

| Физико-механические свойства материалов | Единица измерения | Средние значения изменения физико-механических свойств материалов при температуре выдерживания | | |
|---|-------------------|--|------------------------------|-----------------------------|
| | | 180°С в течение 10 мин | 240°С в течение 10 мин | 300°С в течение 3 мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Пенетрация битума | 0,1мм | +3 (0) | 0 (0) | -3 (-5) |
| Температура размягчения битума | °С | 0 (0) | 0 (+5) | +5 (10) |
| Температура хрупкости битума | °С | 0 (0) | 0 (0) | +5 (+10) |
| Средняя величина разрывной нагрузки рубероида при растяжении в продольном и поперечном направлениях | Н | +2 (-2) | +2 (-5) | -15 (-15) |

Окончание табл. 3.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Водонепроницаемость рубероида под давлением | МПа | +0.05 – (+0,02) | +0.04 – (+0,02) | +0.02 – (+0,01) |
| Гибкость рубероида при изгибании по полуокружности стержня при температуре 25°C | мм | -5 (0) | 0 (0) | +5 (+5) |
| Масса покровного состава рубероида | г/м ² | -5 (-10) | -10 (-25) | -100 (-210) |
| Водопоглощение рубероида | г/м ² | -40 (-20) | -40 (-20) | -20 (-10) |
| Температуроустойчивость рубероида | °C | 0 (0) | 0(0) | 0(+5) |

Примечание. Средние значения изменения физико-механических свойств, приведенные в скобках, относятся к новым материалам, без скобок – к материалам, взятым из конструкции кровли.

Понижение водопоглощения и повышение водонепроницаемости рубероида при таком режиме тепловой обработки объясняется дополнительной пропиткой кровельного картона битумом покровной массы, так как известно, что даже в новом рубероиде пористость картона составляет 10–15 %. Увеличение температуры размягчения битума покровной массы сопряжено с изменением его фракционного состава, происходящим в результате частичного испарения легких летучих фракций битума.

Тепловая обработка образцов при температуре 240°C (в отличие от обработки при температуре 180°C) приводит к потере массы покровного состава и снижению величины разрывной нагрузки рубероида. Потеря массы покровного состава при тепловой обработке образцов рубероида также объясняется испарением легких летучих фракций битума, причем интенсивность испарения многократно возрастает при повышении температуры более 210°C.

Необходимым условием для применения указанных методов восстановления водонепроницаемости и монолитности рулонных кровель является наличие определенного коли-

чества свободного битума в прослойке смежных листов кровельного картона. Минимально допустимое количество битума в такой прослойке ($0,8 \text{ кг/м}^2$), обеспечивает при его размягчении заполнение всего объема пустот, трещин и свищей, имеющихся в конструкции кровли.

Из всех известных видов теплопередачи (инфракрасное излучение, конвективный теплообмен и кондуктивный перенос тепла) наиболее энергоэффективным для прогрева битумных материалов является облучение их инфракрасным потоком. Поглощенная электромагнитная энергия инфракрасного излучения при этом переходит в тепловую энергию внутри материала.

К основным преимуществам метода можно отнести малую тепловую инерцию электротермических установок инфракрасного излучения, а к недостаткам – повышенную пожаро- и травмоопасность, низкую эффективность при прогреве водоизоляционного ковра из рулонных материалов с картонной основой, быстрое окисление битума кровельного слоя, резкое снижение темпа прогрева ковра при сильном ветре, а также при загрязнении излучателей и отражателей нагревателя копотью.

Практически лишенным указанных недостатков является метод, основанный на кондуктивном переносе тепла к ремонтируемой кровле от источника тепловой энергии, конструктивно представляющего собой гибкий поверхностный электронагреватель (ГПЭН) [9], состоящий из нижнего греющего и верхнего теплоизолирующего элементов, соединенных между собой с образованием деформационного шва (рис. 3.1).

Недостатком такого нагревателя является наличие контактного термического сопротивления, возникающего из-за неровности в контактной зоне разогреваемого материала. Контактное термическое сопротивление зависит от гибкости нагревателя, шероховатости соприкасаемых поверхностей, давления с которым прижимают две поверхности друг к другу,

среды и температуры в зоне контакта. Такой ГПЭН подключается к электрической сети через понижающий трансформатор или выпрямитель.

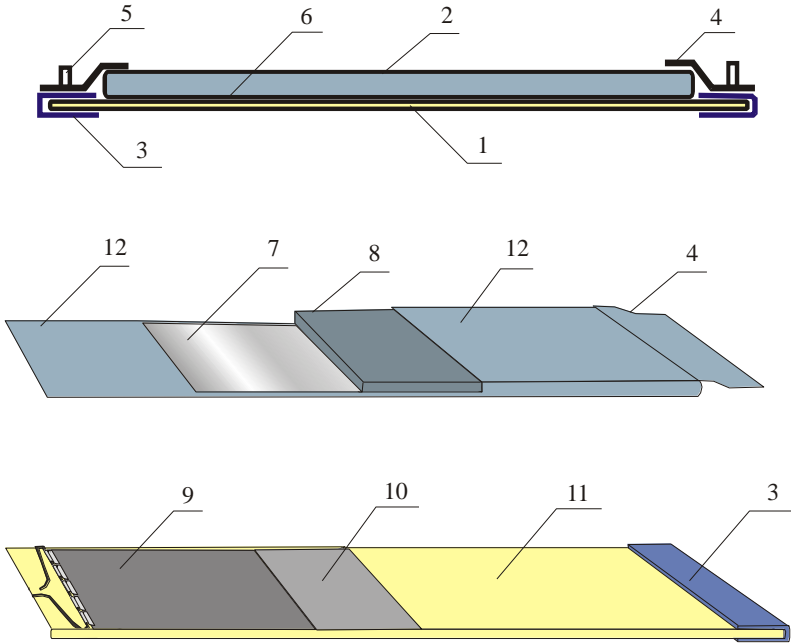


Рис. 3.1. Гибкий поверхностный электронагреватель:

1 – греющий элемент; *2* – теплоизолирующий элемент; *3* – усилитель жесткости; *4* – компенсатор; *5* – ручка; *6* – деформационный шов; *7* – теплоотводящий и светоотражающий слой; *8* – теплоизолирующий слой; *9* – электронагреватель из углеродной ткани; *10* – теплоаккумулирующий слой; *11* и *12* – изолирующая оболочка греющего и теплоизолирующего элементов

Сам процесс термомеханической обработки водоизоляционного ковра состоит из трех основных технологических операций [10]:

– прогрев водоизоляционного ковра до температуры 140–240°C на глубину не менее 10 мм;

– разравнивание (равномерное распределение) размягченной битумной мастики и битума на поверхности кровли;

– уплотнение водоизоляционного ковра. После остывания водоизоляционного ковра он приобретает требуемые эксплуатационные свойства, при этом новые материалы на выполнение термомеханической обработки не требуются.

Подключенный к источнику питания гибкий поверхностный электронагреватель с температурой нижней (греющей) поверхности 200–240°C, укладывают на поврежденный участок водоизоляционного ковра, как правило, располагая нагреватель длинной стороной поперек направления раскатки в ковре рулонных материалов. Разогрев восстанавливаемого участка кровли происходит в основном за счет кондуктивного переноса тепла тепловым потоком, направленным вглубь ковра. Из-за ослабления адгезионных связей между полотнищами рулонного материала происходит их некоторое смещение относительно друг друга, при котором устраняются внутренние напряжения в водоизоляционном ковре.

Прогрев водоизоляционного ковра под нагревателем в зависимости от погодных условий осуществляют в течение 8–15 минут до жидкотекучего состояния содержащегося в материале ковра битума, которое наступает при достижении температуры ковра 140–200°C, после чего ГПЭН необходимо перенести на другое место (рис. 3.2). Непременным условием производительной и безотказной работы ГПЭН является обеспечение плотного контакта всей греющей поверхности ГПЭН с ремонтируемой кровлей.

Во избежание термодеструкции кровельного материала не допускается повышать температуру водоизоляционного ковра в контактной зоне с нагревателем свыше 240°C.

Контроль степени прогрева водоизоляционного ковра может осуществляться визуально, путем поднятия края ГПЭН и осмотра поверхности ковра (по степени размягчения битумных материалов), или инструментально – с помощью пирометра.



Рис. 3.2. Изменение продолжительности разогрева водоизоляционного ковра в зависимости от погодных условий:

- 1 – разогрев при скорости ветра менее 1 м/с;
 2 – разогрев при скорости ветра 10 м/с

Размягченные в результате прогрева ковра битумные материалы равномерно распределяют ручным гребком по поверхности кровли. В первую очередь срезают характерные валики из битумной мастики и битума, используя имеющийся избыток битумной мастики и битума для восстановления изношенного покровного слоя рулонного материала, заполнения ими трещин и выбоин, устранения других дефектов в кровле. Толщина покровного слоя из битумной мастики и битума после их разравнивания должна быть не менее 0,3 мм и не превышать 1 мм.

Уплотнение прогретого водоизоляционного ковра следует производить с помощью специального прикаточного устройства [11], состоящего из рамы с ручкой и двух параллельно установленных на раме роликов, один из которых (передний) цилиндрической формы диаметром 150 мм (в нем сосредоточена основная масса катка), а другой (опорно-прикаточный) – веретенообразной формы – с максимальным диаметром 70 мм (рис. 3.3). Конструкцией прикаточного

устройства предусмотрена возможность его транспортирования по ступеням типового лестничного марша одним человеком.

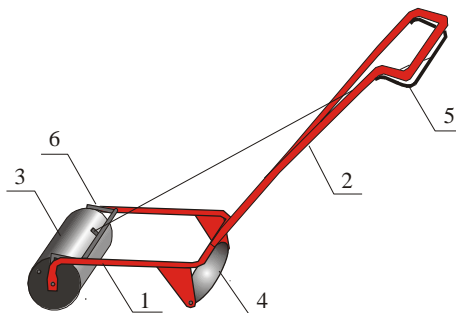


Рис. 3.3. Прикаточное устройство:

- 1 – рама; 2 – ручка; 3 – ролик цилиндрический (передний);
4 – ролик опорный (задний); 5 – ручка стопора; 6 – стопор

Первоначальное уплотнение ковра производят цилиндрическим роликом, в котором сосредоточена основная масса устройства. Если после уплотнения восстанавливаемого участка ковра на нем остаются места со вспучиваниями или отслоениями, то устройство накатывают на такое место опорно-прикаточным роликом. При этом максимальное давление этого ролика на кровлю достигается при нажатии на ручку прикаточного устройства с усилием 10–15 кг, направленным вертикально вниз.

При уплотнении водоизоляционного ковра прикаточное устройство рекомендуется перемещать со скоростью, м/с:

- при работе цилиндрическим роликом:
 - перемещая вперед (вдоль ската) – 0,3–0,5;
 - перемещая назад – 0,8–1,6;

– при работе опорно-прикаточного ролика (только при перемещении назад) – 0,3–0,5.

Для предотвращения налипания битумных и битумно-полимерных кровельных материалов на рабочие поверхности

прикаточного устройства их (а также поверхность ремонтируемой кровли) перед уплотнением водоизоляционного ковра следует смочить водой из лейки из расчета 0,2 л воды на 1 м² указанных поверхностей.

Допустимый промежуток времени между окончанием прогрева ковра и завершением его уплотнения – от 20 с (при скорости ветра 5 м/с и температуре атмосферного воздуха 0°С) до 50 с (в безветренную погоду при температуре 20°С).

При выполнении термомеханической обработки водоизоляционного ковра в скатных кровлях с наружным водосточком прикаточное устройство рекомендуется оснащать автоматическим стопором, предотвращающим самопроизвольное скатывание и падение прикаточного устройства с крыши здания. Применять прикаточное устройство при уклонах кровли более 10 % без стопора не допускается.

Выполнение основных технологических операций по ремонту водоизоляционного ковра с помощью комплекта переносного оборудования для термомеханической обработки кровель (сокращенно «ПОТОК») показано на рис. 3.4–3.6).



Рис. 3.4. Разогрев водоизоляционного ковра



Рис. 3.5. Выравнивание разогретого водоизоляционного ковра



Рис. 3.6. Прикатка разогретого водоизоляционного ковра

В один комплект такого оборудования входят: два гибких поверхностный электронагревателя (ГПЭН); понижающий трансформатор и прикаточное устройство. Основные технические характеристики комплекта ПОТОК приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Технические данные комплекта «ПОТОК»

| Параметры оборудования | Единица измерения | Значение параметра |
|---|---|---------------------------|
| Номинальное напряжение питающей сети переменного тока | В | 380/220 |
| Потребляемая мощность | кВт | не более 8,0 |
| Номинальное рабочее напряжение | В | 40–65 |
| Расход электроэнергии на ремонт 1 м ² кровли | кВт/ч | 0,5–1,0 |
| Суммарная площадь рабочей поверхности (у двух ГПЭН) | м ² | 2,0 |
| Давление прикатки: – переднего (цилиндрического) ролика – заднего (веретенообразного) ролика | МПа | 0–0,15 0–0,5 |
| Температура греющей поверхности ГПЭН | °С | 140–270 |
| Производительность при термомеханической обработке водоизоляционного ковра | м ² отремонтированной кровли в смену | 50–80 |
| Масса комплекта в том числе: – гибкий поверхностный электронагреватель (ГПЭН) – понижающий трансформатор – прикаточное устройство | кг | 115 10 30 50 |

При выполнении термомеханической обработки кровли необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Термомеханической обработке водоизоляционного ковра должны предшествовать следующие подготовительные работы:

- очистка поверхности кровли от загрязнений, а в зимнее время года, кроме того, от снега и льда;
- прокалывание или вскрытие с помощью крестообразного разреза вздутий водоизоляционного ковра;
- удаление скоплений воды на поверхности и в полостях кровли;
- выравнивание основания под кровлей, а в отдельных случаях и его ремонт.

2. Термомеханическую обработку водоизоляционного ковра следует выполнять, начиная с наиболее высоко расположенных участков кровли, например, от конька или парапета, постепенно перемещаясь вниз, в сторону карниза или ендовы, а при внутреннем водостоке в сторону водоприемной воронки.

3. Производить термомеханическую обработку водоизоляционного ковра разрешается только в кровлях на негорючем основании.

4. В зимнее время года термомеханической обработке должно предшествовать удаление с крыши снега и льда. Для облегчения очистки кровли ото льда, обледеневшие ее участки можно предварительно прогреть гибким поверхностным электронагревателем в течение 1–2 мин (до разрыхления структуры льда, но, не допуская образования луж воды под электронагревателем).

5. Термомеханической обработке водоизоляционного ковра подлежат кровли с физическим износом не более 80%. Допускается неоднократное выполнение термомеханической обработки водоизоляционного ковра кровли в период ее эксплуатации.

3.2. Новый метод устранения расслоения картонной основы в рулонных кровлях

Одним из наиболее трудно устранимых повреждений в многослойных кровлях является расслоение водоизоляционного ковра – особенно если расслоение произошло по кровельному картону, а в образовавшейся полости скопилась влага. Из-за отсутствия в полости расслоения битумной прослойки не удастся восстановить монолитность водоизоляционного ковра даже при его термомеханической обработкой.

Новый эффективный способ [12] устранения расслоений в кровле из битумных рулонных материалов при её ремонте заключается в инъектировании в полость расслоения че-

рез устраиваемые над ней в водоизоляционном ковре отверстия битумной эмульсии, создающей клеевую прослойку в месте расслоения кровли, и в уплотнении ремонтируемого участка. При этом через устраиваемые на расстоянии 0,5–0,8 м друг от друга отверстия сначала выдавливают (или откачивают) воду или воздух, имеющиеся в полости расслоения, а затем инъецируют битумную эмульсию, которую распределяют в полости по всей площади расслоения с помощью перемещаемого по поверхности кровли груза.

Выдавливание воды из полости расслоения через отверстия лучше осуществлять с помощью ручного прикаточного устройства катка (при давлении на поверхность кровли 0,4–0,5 МПа), перемещаемого по поверхности ремонтируемого участка кровли в направлении от границ расслоения к отверстиям. При этом под тяжестью перемещаемого прикаточного устройства происходит последовательное соприкосновение поверхностей расслоившихся материалов кровли с перемещением воды в сторону отверстий и удаление её через них.

Для создания клеевой прослойки в месте расслоения кровли можно использовать водно-битумную эмульсию, содержащую 40–60 % битума. Применение эмульсии обеспечивает смачивание мокрых поверхностей расслоившегося материала, вытесняя воду.

Для инъецирования битумной эмульсии в полости многослойной кровли можно применить специальную воронку, снабженную на нижнем ее конце уширением в виде носика, предназначенного для зацепа и подъема верхней отслоившейся части водоизоляционного ковра, в результате чего полость становится шире и в нее свободно стекает из воронки необходимое количество эмульсии (рис. 3.7). Для возможности проникания нижней части воронки в полость расслоения отверстие в кровле должно быть овальной формы.

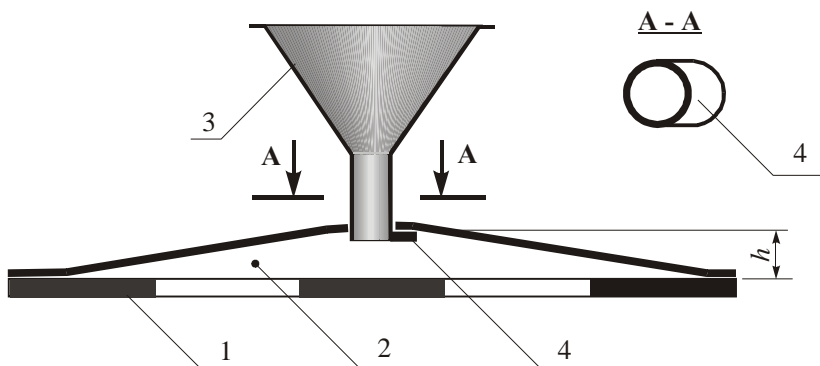


Рис. 3.7. Применение специальной воронки для инъецирования битумной эмульсии в полость расслоения:
 1 – расслоившийся водоизоляционный ковер; 2 – полость расслоения;
 3 – специальная воронка (с носиком); 4 – носик

Оптимальный диаметр устраиваемых над полостью расслоения отверстий зависит от вязкости применяемой эмульсии, а их количество – от площади расслоения. При этом следует учитывать непостоянство значения первого параметра, которое напрямую зависит от температуры эмульсии и окружающей среды. В любом случае диаметр отверстия рекомендуется применять не менее 6 и не более 20 мм. Распределение битумной эмульсии в полости по всей площади расслоения, как и выдавливание из полости воды, рекомендуется осуществлять с помощью прикаточного устройства в обратном направлении и с меньшим давлением – от 0,1 до 0,3 МПа. Под действием груза происходит соприкосновение и смачивание битумной эмульсией поверхностей расслоения, перемещение эмульсии в наиболее удалённые от отверстий участки расслоения с заполнением пор, трещин и других дефектов и повреждений (рис. 3.8).

Перед прикаткой ремонтируемый участок необходимо разогреть поверхностным нагревателем. При этом в процессе разогрева происходит понижение вязкости битумной эмульсии, и она лучше растекается по поверхности расслоения. При

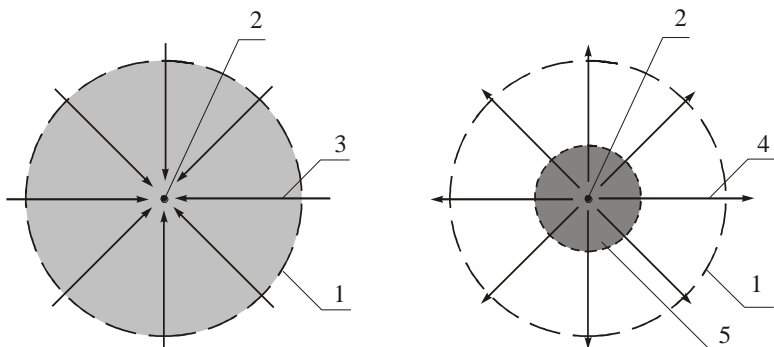


Рис. 3.8. Схемы перемещения прикаточного устройства при выдавливании из полости расслоения воды (а) и распределения в ней битумной эмульсии (б): 1 – граница полости расслоения; 2 – отверстие в кровле; 3 и 4 – направления перемещения прикаточного устройства; 5 – граница растекания инъецированной битумной эмульсии (до применения прикаточного устройства)

достижении температуры 100°C вода в полости расслоения, в том числе содержащаяся в битумной эмульсии, вскипает и в виде пара выходит через отверстия в атмосферу.

3.3. Эффективные методы выравнивания поверхности ремонтируемой кровли

Долговечность многослойной кровли напрямую зависит от ее уклона. Не случайно СП 17.13330.2011 [1] предусматривает увеличение количества слоев водоизоляционного ковра в рулонных и мастичных кровлях из битумных и битумно-полимерных материалов по мере уменьшения уклона кровли. Нарушение полного водоотвода кровли, которое часто происходит в результате просадки (прогиба) отдельных ее участков вместе с кровельным основанием или выпучивания (выгиба) выравнивающей стяжки вследствие ее температурного расширения при больших площадях покрытия, вызывает ускоренное старение кровельных материалов и поэтому должно устраняться при ремонте кровли.

Применяемые в практике ремонтно-строительного производства методы выравнивания поверхности кровли без ее снятия в основном заключаются в нанесении на просевшие участки кровли слоя асфальтобетонной смеси или цементного раствора с последующим перекрытием этого слоя дополнительным водоизоляционным ковром. Указанные материалы выравнивающего слоя по деформативным свойствам значительно отличаются от материалов водоизоляционного ковра и, как показывает опыт эксплуатации отремонтированных таким образом кровель, они склонны к расслаиванию и разрывам водоизоляционного ковра. Кроме того, указанные методы выравнивания поверхности кровли существенно утяжеляют ее, способствуя дополнительному смятию теплоизоляционного слоя, и, как следствие, повторной ее просадке и к ухудшению теплозащитных свойств покрытия.

Значительно реже поверхность кровли выравнивают, увеличивая в местах ее просадки толщину ремонтного слоя. Из-за большой стоимости используемых для выравнивания кровельных материалов данный метод экономически может быть оправдан только при незначительной просадке кровельного основания, не превышающей 6 мм. При правильном выборе материалов главным преимуществом этого метода может стать равнопрочность устраиваемых слоев водоизоляционного ковра и равенство их деформативных свойств.

В единичных случаях для обеспечения полного водоотвода с кровли в случае значительных просадок несущих конструкций здания (например, из-за деформации грунтов в основании фундаментов) в покрытии устанавливают дополнительные водоприемные воронки, естественно увеличивая при этом протяженность весьма дорогостоящей ливневой канализации.

Наиболее эффективным методом выравнивания поверхности кровли в местах просадки основания можно считать метод, основанный на использовании переработанных отходов от разборки рулонных кровель.

Выпуклые (выгнутые вверх) участки рулонной и мастичной кровли, препятствующие полному отводу с нее воды, в утепленном покрытии можно осаживать с помощью площадных вибраторов или трамбовок. При этом динамические воздействия на кровлю и через нее на выравнивающую стяжку и теплоизоляцию, вызывают уменьшение трения между зернами засыпной теплоизоляции и уменьшают их сопротивление сдвигу, что временно ухудшает несущую способность теплоизоляционного слоя, и он деформируется. При этом сам водоизоляционный ковер и выравнивающая стяжка не повреждаются.

Метод эффективен при соблюдении следующих условий:

- теплоизоляция в покрытии выполнена из засыпных утеплителей;

- линейные размеры рабочей поверхности вибраторов или трамбовок, механически воздействующей на кровлю превышают толщину теплоизоляции, но при этом они не менее 100 мм;

- осаживание производится при температурах выше температуры хрупкости, содержащегося в ремонтируемой кровли битума;

- величина выпуклости кровли не превышает 30 мм;

- работы по осаживанию кровли производятся не над жилыми помещениями в эксплуатируемых зданиях.

Осаживание кровли на сжимаемых, например, минераловатных утеплителях не может быть рекомендовано, так как, во-первых, трудно рассчитать длительность динамического воздействия на кровлю, чтобы добиться нужной величины ее осадки, а, во-вторых, динамические воздействия могут вызвать выдавливание влаги из находящихся в водонасыщенном состоянии минераловатных плит и нежелательное замачивание нижерасположенных конструкций здания.

3.4. Современные методы устройства ремонтного слоя на кровлях из битумосодержащих материалов

В большинстве случаев ремонт кровель из битумосодержащих материалов заключается в нанесении ремонтного слоя. Однако применение не всех из известных методов приклейки рулонных материалов, предназначенных для устройства новых кровель, целесообразно нанесении ремонтного слоя, так как на поверхности ремонтируемой кровли могут оказаться крупнозернистая защитная посыпка, неровности в местах нахлестки полотнищ, избыточное количество битума или битумной мастики, затрудняющие получение качественного соединения ремонтного слоя и ремонтируемой конструкции (кровли).

Экспериментальным путем установлено, что наибольшее влияние на снижение адгезии оказывает крупнозернистая посыпка (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Влияние поверхностного слоя ремонтируемой кровли на снижение качества и выбор метода приклейки материалов ремонтного слоя

| Методы приклейки рулонных кровельных материалов | Наличие в верхнем слое кровли | | |
|---|----------------------------------|---|--|
| | крупнозернистой защитной посыпки | неровностей в местах нахлестки полотнищ | избыточного количества битума или битумной мастики |
| С помощью горелки | + | – | – |
| С использованием растворителя | + | + | + |
| С применением инфракрасных излучателей | – | – | – |
| На горячей мастике | + | – | + |
| На холодной мастике | + | + | + |

Примечание. Знаком «+» отмечены методы приклейки, непригодные для ремонта кровли с указанной поверхностью без предварительной ее подготовки, а знаком «–» – рекомендуемые

Применение инфракрасных излучателей способно существенно ослабить этот фактор, так как при разогреве поверхности ремонтируемой кровли происходит втапливание зерен посыпки в размягченный материал покровного слоя.

Обеспечение плотного контакта материала ремонтного слоя при наличии неровностей в местах нахлестки полотнищ рулонного материала ремонтируемой кровли не возможно без разогрева приклеиваемого материала для придания ему максимальной гибкости, поэтому холодные методы приклейки (на холодных битумных мастиках или с использованием растворителей) здесь оказываются бесполезными. Для обеспечения сплошности приклейки рулонных материалов к ремонтируемой кровле лучше всего применять прикаточное устройство с рабочей поверхностью двойкой кривизны (преимущественно веретенообразной формы).

Наличие избыточного количества битума в поверхностном слое ремонтируемой кровли приводит к утолщению адгезионного слоя, что снижает прочность приклейки ремонтного слоя особенно при касательных напряжениях. В этом случае нежелательно применять клеевые мастики, утолщающие адгезионный слой еще на 2–3 мм.

При устройстве ремонтного слоя следует учитывать наличие еще одного фактора, ухудшающего прочность сцепления наплавленных кровельных материалов с антиадгезионной полимерной прослойкой. Дело в том, что при кратковременном разогреве материала утолщенного слоя до размягчения содержащегося в нем битума полимерная пленка, на его поверхности, расплавляется не полностью. Остающиеся фрагменты пленки препятствуют получению сплошного соединения материалов ремонтного слоя и ремонтируемой кровли.

В соответствии с Правилами противопожарного режима в Российской Федерации [5] при производстве работ, связанных с устройством гидро- и пароизоляции на кровле, в настоящее время в нашей стране не разрешается производить огневые работы, так как все работы, связанные с применением открытого огня, должны проводиться до начала использования

горючих материалов, к которым относятся и все наплавляемые кровельные материалы. При наличии такого ограничения применения для приклейки наплавляемых кровельных материалов огневых методов, даже несмотря на их высокую эффективность и широкое применение, не могут быть представлены в качестве рекомендуемых в данном учебном пособии.

Значительно менее пожароопасным и не запрещенным методом приклейки материалов ремонтного слоя является электроконтактный метод, основанный на разогреве поверхности ремонтируемой кровли и утолщенного слоя приклеиваемого наплавляемого материала с помощью ручной кровельной машины с инфракрасными излучателями (рис. 3.9). Однако использование таких агрегатов в соответствии с указанными Правилами [5] допускается при устройстве кровель только по железобетонным плитам и покрытиям с применением негорючего утеплителя.

Основными элементами такой кровельной машины являются рама 1 с электроизолированной ручкой 2, инфракрасный излучатель 3 и прижимной цилиндрический ролик 4. Сверху рама может иметь металлическую крышку 5. Наплавляемый материал 6 раскатывается по кровле, конец заправляется в машину, которую вручную перемещают вдоль рулона. Материал, проходя около инфракрасного излучателя, нагревается вместе с кровельным основанием и прижимается к нему. В процессе движения машины перед цилиндрическим роликом образуется валик из размягнутой мастики 7, которая обеспечивает сплошность приклейки.

Машину начинают двигать через 20–25 с после включения. Контроль начала движения осуществляется визуально, по появлению внешних признаков (легкой дымки, исходящей из-под рулона), а качества приклейки по наличию продольных валиков из выдавленной мастики. Нагрев материала осуществляется только со стороны утолщенного покровного слоя. Прикаточный ролик создает требуемое давление для приклейки материала.

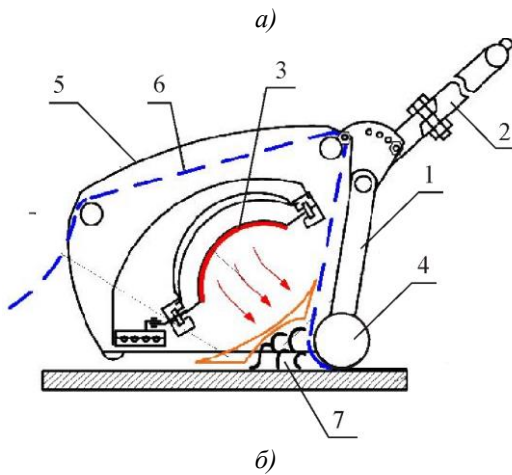


Рис. 3.9. Общий вид (а) и схема работы (б) кровельной машины

Технические характеристики кровельной машины:

| | |
|---|---------|
| Потребляемая мощность, кВт..... | 17–19 |
| Напряжение питающей сети, В..... | 200–240 |
| Потребляемая мощность, кВт..... | 16 |
| Расход электроэнергии на 1 м ² однослойной кровли, кВт/ч..... | 0,1–0,2 |
| Скорость приклейки, м/мин..... | 1,7 |
| Масса, кг..... | 40 |

В условиях, когда средства, выделяемые на ремонт кровли крайне ограничены, можно применить комплект переносного оборудования для термомеханической обработки кровель «ПОТОК». Метод такого ремонта заключается в одновременном разогреве под действием гибкого поверхностного электронагревателя предварительно термомеханически обработанного и остывшего участка ремонтируемой кровли и уложенного поверх него насухо (без клеевой прослойки) полотнища рубероида. Разогрев приклеиваемых материалов до размягчения битума покровного слоя происходит в среднем в течение 7 минут, после этого ГПЭН переносят на другое место, а разогретый ремонтируемый участок кровли обрабатывают прикаточным устройством.

В качестве ремонтного слоя для кровли из битумосодержащих материалов можно использовать ТПО-мембрану [13]. Такая мембрана химически совместима с нефтяным битумом. Крепление мембраны с ремонтируемой кровлей может быть механическим, клеевым и балластным.

3.5. Рекомендации по выбору материалов для ремонтного слоя кровли

Кровельные материалы, по утверждению многих их производителей и поставщиков универсальны по назначению и с одинаковым эффектом могут быть использованы как при устройстве новых, так и при ремонте старых кровель. Материалы, предназначенные специально для устройства ремонтного слоя, пока не созданы.

Опыт применения даже самых современных кровельных материалов при ремонте рулонных кровель (путем наклейки дополнительного слоя) показывает, что уже на следующий год после ремонта на поверхности кровли могут появиться первые признаки ее разрушения. Например, часто после наклейки на старую рубероидную кровлю новых рулонных

материалов с основой из стеклоткани на поверхности отремонтированной кровли сначала образуются волны и складки, затем – вздутия, далее происходит сплошное отслаивание новых материалов. Т.е. в данном случае проявляет себя некоторая несовместимость материалов в смежных (верхних) слоях отремонтированной кровли.

Об этом свидетельствуют и результаты лабораторных испытаний на растяжение фрагментов многослойного водоизоляционного ковра из разнородных рулонных кровельных материалов, показавшие:

- что образцы, изготовленные из битумных рулонных материалов на картонной основе, таких как рубероид и рубемаст, в водонасыщенном состоянии способны удлиняться при растяжении на 6–8 %, т.е. значительно больше, чем из аналогичных материалов на стеклоткани или стеклосетке, для которых этот показатель соответствует всего лишь 1–2 %;

- расслаивание многослойного ковра, как правило, происходит по границе материалов с разными деформативными свойствами;

- если наименее эластичный материал в ковре не освобождается от связи с материалом смежного слоя (не отслаивается или «не сползает»), то разрушается первым;

- расслаивание образцов с криволинейной (вогнутой) поверхностью основания (подложки) происходит значительно раньше, если наименее эластичный материал в образце расположен на значительном удалении от подложки (не менее чем через 3 слоя).

Сдвиговые напряжения, возникающие в многослойной кровле из материалов с разными деформативными свойствами, достигают максимальных значений, когда в смежных слоях водоизоляционного ковра находятся материалы с картонной и стеклотканевой основой, относительное удлинение которых в водонасыщенном состоянии (а это естественное состояние ма-

териалов многослойной кровли) значительно отличается друг от друга.

Наиболее долговечными, а значит и рекомендуемыми для устройства ремонтного слоя в многослойных кровлях являются рулонные кровельные наплавливаемые материалы, содержащие:

- полиэстерную (полиэфирную) армирующую основу*, обладающую уникальным сочетанием высокой прочности, хорошей растяжимости и химической совместимости с битумом. Для сравнения, основа из стеклоткани не обладает двумя последними качествами, из стеклохолста – первым и третьим, а из кровельного картона – первым и частично вторым;

- битумно-полимерное вяжущее, приготовленное на неокисленном битуме (в импортных материалах) или на малоокисленном битуме (в отечественных материалах). Если в технических условиях (ТУ) на рулонный кровельный материал вид битума не назван, значит, скорее всего, он является окисленным (т.е. не кровельным, а строительным) и от такого материала лучше отказаться; материал вид битума не назван, значит, скорее всего, он является окисленным (т.е. не кровельным, а строительным) и от такого материала лучше отказаться;

- структурирующую добавку, входящую в состав битумно-полимерного вяжущего, из атактического полипропилена (АПП). Причем больший процент содержания структурирующей добавки, указанный в ТУ на рулонный материал, соответствует лучшему качеству вяжущего. Если в ТУ процент содержания добавки не указан, то этот материал лучше вообще не использовать. Эластичные кровельные материалы с до-

* Не следует путать полиэстерную основу с комбинированной, состоящей из полиэфирного нетканого полотна, упрочненного в продольном направлении кручеными нитями из стекловолокна, располагаемыми примерно через 5 мм, как в стеклохолсте. Такой конструктивно анизотропный (т.е. не равнопрочный в разных направлениях) материал основы менее предпочтителен для ремонтного слоя, так как в продольном направлении обладает худшими деформативными свойствами.

бавкой стирол-бутадиен-стирола (СБС) менее озоностойкие, поэтому их целесообразно использовать в северных регионах нашей страны, где озона в воздухе меньше и эти материалы служат дольше.

Использование материалов, обладающих рекомендуемыми свойствами, при устройстве ремонтного слоя кровли позволит избежать ошибок, обеспечить ее монолитность и исправность на протяжении длительного срока эксплуатации.

3.6. Интенсификация методов сушки теплоизоляции под ремонтируемой кровлей

В процессе эксплуатации утепленных невентилируемых покрытий капиллярно-пористые материалы, используемые в теплоизоляции, насыщаются влагой и их механические свойства ухудшаются, а теплопроводность увеличивается. Так, например, при увлажнении минеральной ваты с 1 до 10 % теплопроводность возрастает в 2,5 раза, а при влажности 20% – в 3,7 раз.

Нередко чрезмерное увлажнение теплоизоляции приводит к просадке основания под кровлей, а при резких колебаниях температуры наружного воздуха, кроме того, к стеканию избыточной влаги на несущий настил покрытия, создавая эффект протечки кровли даже при безупречно выполненной кровле.

Такой эффект наиболее часто проявляется в теплоизоляции из керамзитового гравия, у которого максимальное водопоглощение (примерно 12 % от массы) соответствует температуре около 12°C, а при ее повышении до 25°C или понижении до 0°C водопоглощение снижается в 1,5 раза. При этом количество воды, оказавшейся лишней в теплоизоляции, может достигнуть 0,8 л воды на 1 м² покрытия.

Поэтому ремонт кровель в невентилируемых покрытиях без сушки влажной теплоизоляции малоэффективен – даже

при отсутствии атмосферных осадков после капитального ремонта кровли на потолке помещений верхнего этажа могут появиться протечки и конденсат. К тому же рулонная кровля, уложенная по влажной теплоизоляции, менее долговечна, так как склонна к образованию вздутий, расслоений и гниению.

Применяемый в настоящее время метод сушки теплоизоляции в покрытии с помощью аэраторов, которые иногда называют вентиляционными патрубками или флюгарками, устраиваемых в специально выполненных сквозных отверстиях в рулонных и мастичных кровлях для естественной вентиляции подкровельного пространства, недостаточно эффективен. Это объясняется тем, что сушка теплоизоляции происходит только летом за счет воздухообмена, осуществляемого под действием естественной тяги, возникающей в аэраторах из-за перепада давления воздуха по обе стороны покрытия и на разных его участках особенно в ветреную погоду, а также при периодическом нагревании покрытия при солнечном излучении и его охлаждения в ночные часы или при появлении облачности.

Поздней осенью, зимой и ранней весной, как показывают многолетние наблюдения, влага накапливается в толще утепленного покрытия в результате конденсации пара при эксфильтрации теплого воздуха из отапливаемых помещений верхнего этажа здания через покрытие с некачественной пароизоляцией (или при отсутствии таковой), а также при падении талой воды через постоянно открытые аэраторы в толщу покрытия.

Чтобы исключить нежелательные сезонные явления рекомендуется закрывать в отопительный период аэраторы герметичными крышками или колпачками.

В целях осуществления более радикальных мер по удалению влаги в покрытии при ремонте кровли приходится разбирать водоизоляционный ковер вместе со стяжкой и, в случае благоприятных погодных условий, в течение несколь-

ких суток производить сушку материала теплоизоляции на открытом воздухе или удалять влажный материал теплоизоляции, заменяя его новым, что приводит к существенному удорожанию и увеличению продолжительности ремонта с риском необходимости возмещения убытков, причиненных внезапным выпадением атмосферных осадков.

Для более эффективной сушки теплоизоляции в утепленном покрытии предлагается применять принудительную вентиляцию подкровельного пространства горячим воздухом с помощью напорного электрокалорифера. В процессе сушки следует учитывать, что наибольшая допустимая температура сушильного агента зависит от теплостойкости высушиваемых материалов, а также от параметров располагаемого источника тепла.

Например, при пропускании воздуха, разогретого в электрокалорифере до температуры 50–150⁰С и поступающего от компрессора (с кратностью воздухообмена в минуту 10–100), через воздухопроницаемый теплоизоляционный слой керамзита происходит достаточно интенсивная сушка. А вот теплоизоляция из влажных минераловатных плит нуждается в длительной сушке из-за более низкой воздухопроницаемости, что делает процесс ее сушки весьма энергозатратным и экономически невыгодным.

Сначала удаление влаги происходит с возрастающей скоростью – одновременно с разогревом теплоизоляционного материала и смежных с теплоизоляцией конструктивных элементов покрытия (например, несущего настила и выравнивающей стяжки). Затем, с того момента, когда температура высушиваемого материала достигнет определенного уровня, скорость сушки теплоизоляции остается практически неизменной, о чем можно судить по результатам периодического измерения относительной влажности воздуха на выходе из нее. На завершающем (самом продолжительном) этапе интенсивность сушки постепенно падает и процесс прекращается.

При выборе метода сушки теплоизоляции, основанном на ее принудительной вентиляции необходимо учитывать следующие закономерности:

- в зимнее время, по сравнению с летним временем года, расход тепла на сушку керамзитовой теплоизоляции больше на 12–16 %, а относительный расход воздуха из-за низкой абсолютной влажности – меньше на 10–15 %;

- повышение температуры и влажности отработанного воздуха на выходе из теплоизоляции, как правило, ведет к уменьшению расхода тепла на сушку материала;

- расход тепла на сушку 1 м³ теплоизоляционного материала возрастает при уменьшении толщины теплоизоляции, увеличении площади кровли и тепловой инерции несущего настила;

- общий расход тепла складывается из количества тепла, затрачиваемого на работу компрессора, теплотеря через несущий настил и кровлю, на нагрев несущего настила, кровли и стяжки (если последняя имеется в покрытии).

При сушке насыпной теплоизоляции в утепленном покрытии наиболее целесообразна радиальная (осесимметричная) фильтрация горячего воздуха, используемого в качестве сушильного агента. Такая фильтрация является одномерной, поскольку все характеристики фильтрационного потока (скорости фильтрации, давления) являются функциями одной координаты – в данном случае радиуса-вектора. Все линии тока в пласте мощностью, равной толщине теплоизоляции, при этом будут прямыми линиями, пересекающимися под прямым углом с осью симметрии, проходящей через напорный патрубок, а поверхности равных давлений – коаксиальными круговыми цилиндрами.

Рекомендуемое расположение напорных патрубков (для подачи в толщу покрытия горячего воздуха) и дренажных отверстий (для выхода отработанного воздуха) показано на рис. 3.10. Рациональным расстоянием между напорным па-

трубком и дренажными отверстиями можно считать 1,5–2,5 м. Для исключения повторного увлажнения ранее высушенных участков теплоизоляции при обработке смежных по отношению к ним участков горячий воздух целесообразно подавать одновременно в несколько парубков.

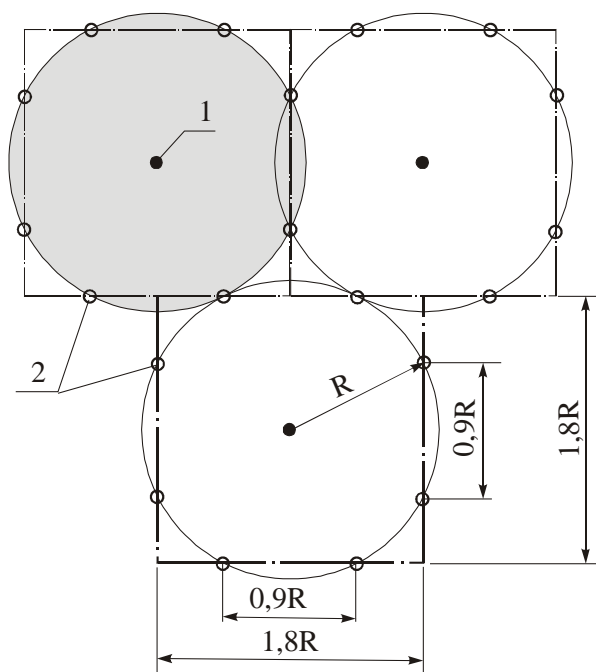


Рис. 3.10. Рекомендуемая схема расположения в кровле напорных патрубков (1) и дренажных отверстий (2) для сушки теплоизоляции

Поскольку устойчивая (конечная) влажность, которую приобретает материал, зависит от температуры и влажности окружающего воздуха в целях экономии электроэнергии не следует его пересушивать, так как со временем в процессе сорбции он снова поглотит влагу и приобретет устойчивую влажность. Поэтому рекомендуется сушку керамзита в покрытии осуществлять до влажности не ниже 6%. При этом удель-

ный расход электроэнергии в зависимости от погодных условий и начальной влажности и других свойств керамзита составит от 60 до 200 кВт·ч на 1 м³ керамзита и во многих случаях с избытком будет компенсирован снижением теплопотерь через покрытие здания в отопительный период.

3.7. Современные методы устранения повреждений в кровлях из штучных и волнистых материалов, а также из металлических листов

Кровли из штучных и волнистых материалов, а также из металлических листов среди других видов кровель выгодно отличаются надежностью, поскольку более долговечны, безотказны и ремонтпригодны.

Преимущества указанных видов кровель в долговечности и безотказности обусловлены достаточно большими их уклонами, использованием при устройстве этих кровель более прочных и износостойких материалов, а хорошая ремонтпригодность – возможностью беспрепятственной замены поврежденных элементов кровли, не снимая для этого полностью смежные с ними кровельные элементы. Причем такой ремонт можно производить в любое время года.

Чем крупнее элементы кровель из штучных материалов и металлических листов, тем производительнее ремонт. Производительность ремонта таких кровель, а значит, и ремонтпригодность резко снижается при наличии в кровле неразъемных соединений (сварных, паяных, фальцевых, с использованием цементного раствора, герметиков и клеящих мастик).

При капитальном ремонте кровель из стальных оцинкованных листов рекомендуется применять элементы рулонной технологии устройства стальных кровель с двойными стоячими фальцам [13]. Технология позволяет изготавливать кровельные картины, заготовки для настенных желобов и карниз-

ных свесов без устройства ненадежных лежащих фальцев, используя для этого цельные листы длиной до 7 м.

Таким образом, наиболее производительно осуществляется ремонт кровель с заменой изношенных штучных и волнистых материалов, в том числе из стальных профилированных листов, металлочерепицы и хризотилцементных листов. А вот поэлементная замена штучных и листовых материалов в кровлях из гибкой и некоторых видов керамической черепицы является очень трудоемкой.

Текущий ремонт металлических кровель в основном сводится к периодической окраске мест повреждения цинкового покрытия и поверхностной обмазке герметиком фальцев. Свищи и пробоины в стальных листах рекомендуется устранять с помощью самоклеящейся гидроизоляционных лент с полимерным покрытием.

Использование для этих целей лент с защитным покрытием из фольги не целесообразно, если толщина защитного покрытия из фольги менее 0,1 мм из-за опасности ее повреждения воронами и другими крупными птицами, проявляющими «интерес» к блестящим предметам. На рис. 3.11 изображены места нанесения самоклеящейся ленты на поврежденные участки кровли из стальных листов.

Для предотвращения смещения наладок из кровельной стали их рекомендуется прикрепить к кровле по периметру отверстия с помощью комбинированных заклепок.

При значительном износе кровли из стальных листов и отсутствии средств на ее замену целесообразным может оказаться нанесение на старую кровлю ремонтного слоя из наплавляемого рулонного материала с обязательным дополнительным механическим креплением на коньковой части кровли. Для этого необходимо выполнить подготовительные работы по загибанию стоячих фальцев или оставить в прежнем положении, спрятав их в толще дополнительной теплоизоляции из плит, приклеенных к поверхности ремонтируемой кровли.

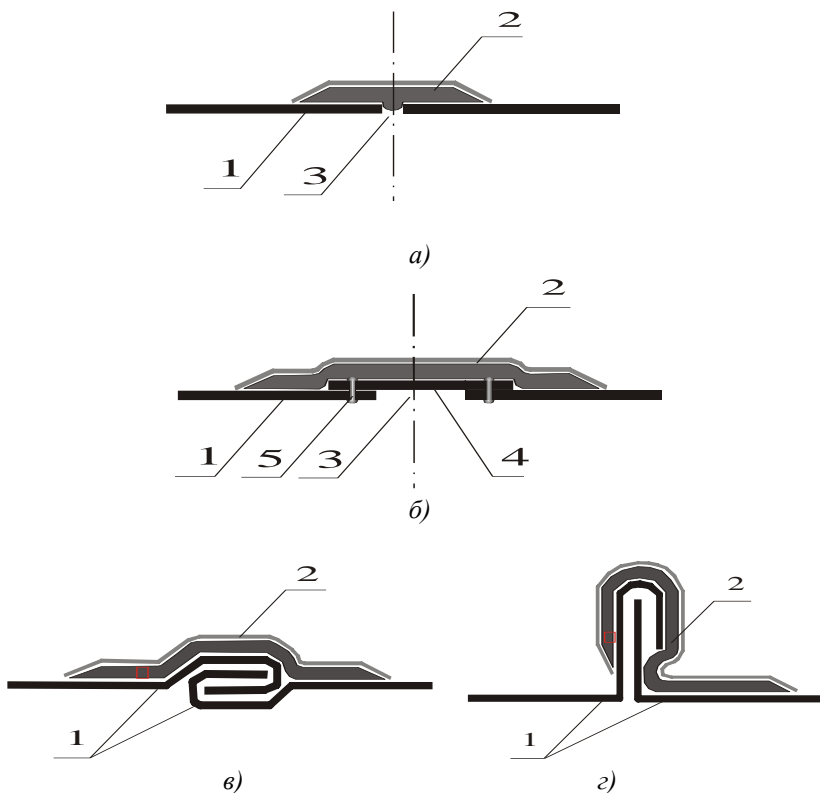


Рис. 3.11. Места нанесения самоклеящейся ленты на поврежденные участки кровли из стальных листов: *а* и *б* – на сквозных отверстиях размером соответственно до 15 мм включительно и более 15 мм; *в* и *г* – на стоячих и лежащих фальцах; 1 – стальной оцинкованный лист кровли; 2 – лента самоклеящаяся с полимерным защитным покрытием; 3 – сквозное отверстие в кровле; 4 – накладка из оцинкованной стали; 5 – комбинированная заклепка

Текущий ремонт кровель из штучных материалов чаще всего сводится устранению свищей и герметизации образовавшихся трещин и швов в местах нахлестки смежных элементов с использованием свето- и атмосферостойких герметиков.

4. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ РУЛОННЫХ И МАСТИЧНЫХ КРОВЕЛЬ ОТ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

4.1. Механизм роста вздутий в многослойной кровле и новые методы предотвращения их появления

Под вздутием многослойной кровли следует понимать деформацию ее участка под действием избыточного давления воздуха или паровоздушной смеси в имеющейся условно замкнутой* (далее для краткости замкнутой) полости. Вздутие обычно имеет форму, похожую на выпуклый сферический сегмент.

По месту расположения замкнутой полости в многослойной кровле вздутия можно разделить на четыре вида:

– подкровельные – с замкнутой полостью между выравнивающей стяжкой в утепленном покрытии и нижним слоем водоизоляционного ковра;

– межслойные – с замкнутой полостью между отдельными слоями кровли;

– внутриосновные – с замкнутой полостью в расслоившейся основе из кровельного картона (реже из стеклохолста);

– покровные – микровздутия (диаметром до 20 мм) в верхнем (покровном) слое водоизоляционного ковра, не покрытого защитным слоем гравия.

Успешное решение задачи обеспечения надежной защиты водоизоляционного ковра от вздутий во многом зависит от правильного понимания механизма их роста. Многочисленные наблюдения за ростом вздутий в рулонных кровлях позволили выявить характерные циклически происходящие изменения в течение суток температуры и избыточного давления

* Полость под водоизоляционным ковром не является абсолютно замкнутой, так как некоторые материалы стяжки и водоизоляционного ковра воздухопроницаемы и паропроницаемы.

паровоздушной смеси в замкнутых полостях, а также связанные с этим деформации водоизоляционного ковра (рис. 4.1).

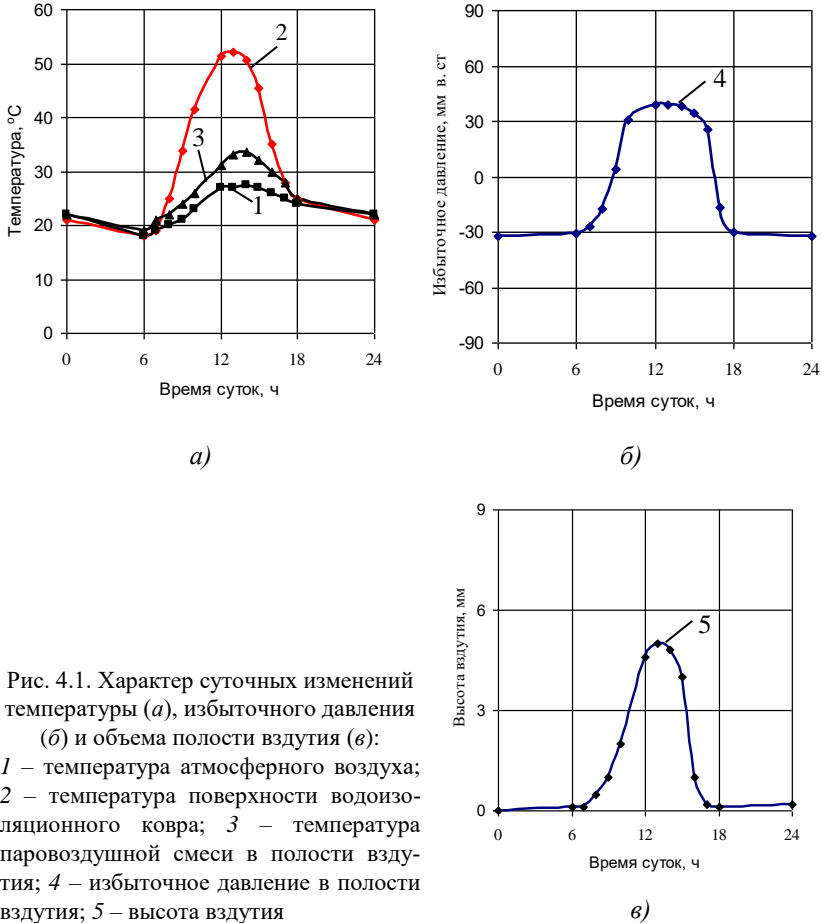


Рис. 4.1. Характер суточных изменений температуры (а), избыточного давления (б) и объема полости вздутия (в):

1 – температура атмосферного воздуха; 2 – температура поверхности водоизоляционного ковра; 3 – температура паровоздушной смеси в полости вздутия; 4 – избыточное давление в полости вздутия; 5 – высота вздутия

При сопоставлении полученных графиков была обнаружена следующая закономерность. В период ежесуточно происходящего понижения температуры атмосферного воздуха и охлаждения водоизоляционного ковра (примерно с 18 часов вечера до 7 часов утра) вздутие немного увеличивается в

объеме, хотя разность давлений атмосферного воздуха и паровоздушной смеси в полости вздутия в это время практически остается постоянной по величине. Установлено также, что в ночное время суток давление в полости вздутия значительно ниже атмосферного.

Таким образом, механизм роста вздутий водоизоляционного ковра можно описать следующим образом. Вздутие увеличивается в объеме в результате расширения паровоздушной смеси в замкнутой полости между воздухонепроницаемым, размягчающимся при нагревании под воздействием солнечных лучей, водоизоляционным ковром и жестким основанием – цементной или асфальтовой стяжкой с капиллярно-пористой структурой материала. Особенностью стяжки из материалов с такой структурой является то, что с повышением степени водонасыщения материала, например, при конденсации в покрытии водяного пара, существенно снижается ее воздухопроницаемость. При максимальном водонасыщении стяжка становится воздухонепроницаемой, выдерживая перепад давления в несколько десятков миллиметров водяного столба. Наибольшее давление в полости возникает при солнечном облучении летом.

При прекращении солнечного облучения и понижении температуры водоизоляционного ковра материалы, из которых он изготовлен, затвердевают и ковер становится жестким, фиксируя объем замкнутой полости. Затем, в результате процесса близкого к изохорному, с понижением температуры паровоздушной смеси, находящейся в полости, из смеси конденсируется пар, понижается давление паровоздушной смеси и возникает разрежение. При превышении перепада давления, при котором стяжка становится воздухопроницаемой, начинается подсос через капилляры и поры в стяжке дополнительного количества (к уже имеющемуся в полости) воды и воздуха из теплоизоляции, в результате чего разрежение постепенно

уменьшается. Подсос может продолжаться в течение нескольких часов, например, весь вечер и всю ночь.

При возобновлении солнечного облучения и повышении температуры водоизоляционного ковра он размягчается и частично утрачивает механическую прочность. Через ковер нагревается паровоздушная смесь, количество которой увеличилось за счет подсоса воды и воздуха из теплоизоляции. Повышение температуры смеси сопровождается сначала окончательным устранением разрежения, а затем ростом давления в полости. Последнее вызывает растягивающие усилия в водоизоляционном ковре, при достижении которых по величине выше предела прочности размягченных материалов водоизоляционного ковра на растяжение и сцепление, он деформируется, т.е. над полостью происходит удлинение и изгиб водоизоляционного ковра, а по периметру – частичный отрыв ковра от основания, что в итоге приводит к приросту объема полости и снижению в ней давления паровоздушной смеси. По этой причине абсолютная величина перепада давления по обе стороны стяжки обычно не достигает тех значений, которые бывают при прекращении солнечного облучения. Кроме того, период суток, когда давление в полости выше атмосферного, более чем в 4 раза продолжительнее периода с разрежением паровоздушной смеси в полости.

При многократном повторении циклов попеременного нагрева и охлаждения водоизоляционного ковра и паровоздушной смеси в полости происходит постепенный рост вздутия водоизоляционного ковра. Схематично механизм роста вздутий водоизоляционного ковра показан на рис. 4.2.

Испытанием фрагментов стяжек из цементного раствора и асфальтобетона с помощью методов проникающих сред установлено наличие в материале стяжки насквозь ее пронизывающих капилляров, через которые и происходит проникание в полость вздутия дополнительного количества воздуха и воды.

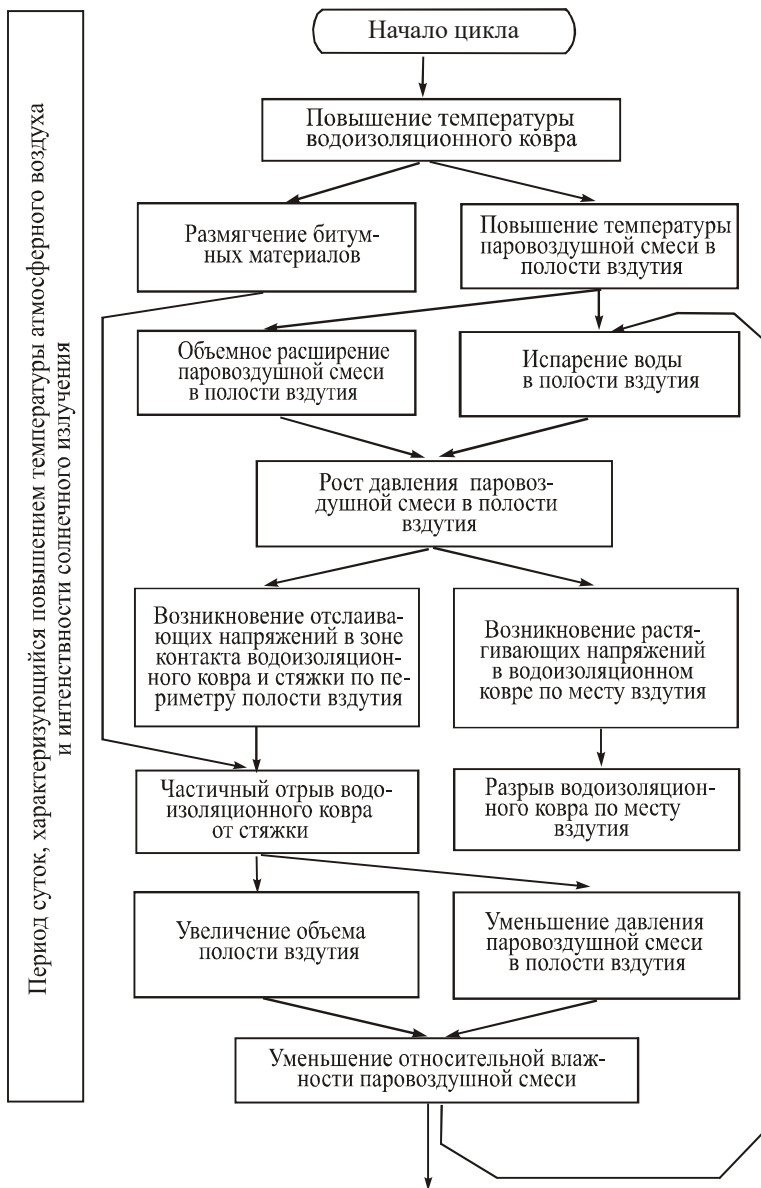


Рис. 4.2. Схема механизма роста вздутий водоизоляционного ковра в суточном цикле (окончание см. с. 73)

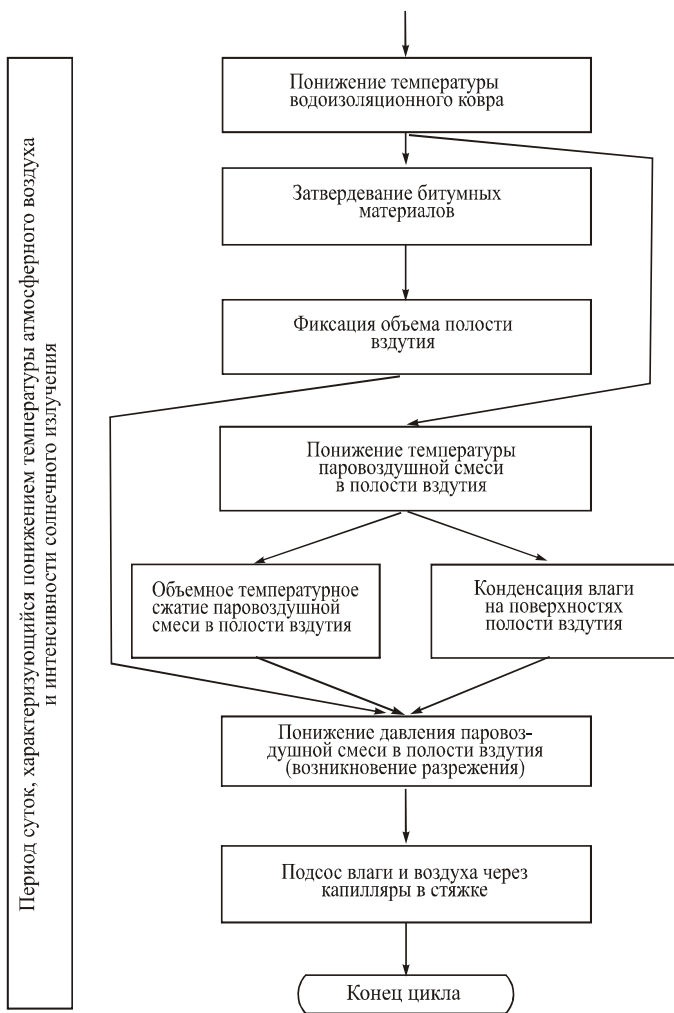


Рис. 4.2. Окончание

Неизбежность появления таких капилляров вызвана малой толщиной стяжки (как правило, 20–30 мм) и недостаточной прочностью основания под ней (теплоизоляции), что не позволяет применить при уплотнении материалов стяжки

необходимые средства механизации (вибраторы, самоходные катки и др.). В цементных стяжках появлению указанных капилляров, кроме того, способствует происходящее в процессе формирования структуры цементного раствора перемещение воды в двух противоположных направлениях, вызванное, с одной стороны, испарением воды с поверхности стяжки, а с другой – отсосом ее материалом теплоизоляции.

Установлено, что воздухопроницаемость стяжки из капиллярно-пористых материалов в зависимости от влажности может изменяться более чем в 30 раз. При максимальном водонасыщении стяжка из цементного раствора, например, становится практически воздухонепроницаемой, выдерживая перепад давления по обе ее стороны 0,2–0,35 м вод. ст. Если на поверхности стяжки имеется тонкий слой воды (толщиной менее 1 мм) стяжка может обладать односторонней проницаемостью, так как любая капля воды, перекрывающая сверху капилляр в стяжке, в этом случае выполняет функцию обратного клапана.

Факторы, оказывающие наибольшее влияние на рост вздутий в рулонных и мастичных кровлях по выравнивающей стяжке можно разделить на четыре группы (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Факторы, оказывающие наибольшее влияние на рост вздутий водоизоляционного ковра в утепленных покрытиях со стяжкой

| Группа факторов | Наименование факторов | Влияние фактора на рост вздутий |
|------------------------|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Конструктивные факторы | Отсутствие пароизоляции в покрытии | Увлажнение теплоизоляционного слоя и стяжки влагой, проникающей вместе воздухом из помещений |
| | Отсутствие защитного слоя из гравия кровли | Перегрев кровли при воздействии солнечной радиации |
| | Не обеспечен полный отвод воды с кровли | Расслоение водоизоляционного ковра, находящегося в водонасыщенном состоянии, при замерзании в порах и капиллярах воды (в холодное время года) |

Окончание табл. 4.1

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|--|
| Физико-механические свойства материалов водонепроницаемого ковра и стяжки | Стяжка из материала с капиллярно-пористой структурой, например, из цементного раствора или асфальтобетона | Проникновение влажного воздуха и воды по капиллярам и порам в стяжке в полости под водонепроницаемым ковром |
| | Оксисленный битум в водонепроницаемом ковре имеет недостаточно низкую температуру хрупкости (по Фраасу) | При суточных колебаниях температуры поверхности кровли битум может переходить из упругого в пластическое состояние и обратно, тем самым, поддерживая работу механизма роста вздутия |
| Климатические и атмосферные факторы | Географическая широта местности | Мощность теплового потока при солнечном излучении в различных широтах на территории России может отличаться в 2,7 раза |
| | | В северных районах России почти не происходит дополнительное понижение температуры кровли в ночное время, вследствие теплообмена излучением между кровлей и небом (как это происходит на Юге страны) |
| | Максимальная и минимальная температура атмосферного воздуха | Расширяется диапазон значений избыточного давления паровоздушной смеси в полости вздутия |
| Микроклимат помещений | Влажностный режим помещений верхних этажей | При влажном и мокром режимах помещений влага проникает в покрытие и насыщает водой слой теплоизоляции и стяжку |
| | Ошибки в организации аэрации зданий и вентиляции помещений | Неправильно организованная аэрация здания и вентиляция его помещений могут усилить эксфильтрацию воздуха через покрытие, что приведет к увлажнению слоя теплоизоляции и стяжки |

Примечание. В данной таблице не указаны причины роста вздутий, связанные дефектами, допущенными при изготовлении кровельных материалов (например, плохой пропиткой основы, применением вместо кровельного битума строительного битума).

Приведенное выше объяснение механизма роста вздутий водоизоляционного ковра и выявленные особенности материалов стяжки позволили разработать новый способ его защиты от такого рода повреждений, исключая возможность попадания атмосферных осадков в покрытие через водоизоляционный ковер и не увеличивающий воздухопроницаемость покрытия, как это происходит, например, при устройстве кровельных аэраторов.

Так, для удаления скопления паровоздушной смеси и воды, проникающих под ковер из нижерасположенных слоев покрытия, было предложено в ковре и стяжке последовательно устраивать сквозные отверстия (одно под другим), после чего отверстия в ковре герметизировать [14]. Многолетняя проверка эффективности описанного способа показала, что при наличии дренажного отверстия в стяжке, соединенного с полостью, рост вздутия водоизоляционного ковра не происходит.

В процессе эксплуатации покрытия с рулонной или мастичной кровлей отверстия в стяжке обеспечивают протекание изобарного процесса при изменении параметров паровоздушной смеси в полости за счет свободного влаго- и воздухообмена между полостью и объемом пор и пустот в теплоизоляции. Тогда при солнечном облучении с повышением температуры рост давления не происходит, так как дополнительный объем паровоздушной смеси, получающийся в результате ее расширения и испарения конденсата, свободно выходит через сквозные отверстия в стяжке в слой теплоизоляции.

При прекращении солнечного облучения с понижением температуры паровоздушной смеси и конденсацией пара в полости возникает слабое разрежение, которое сразу же устраняется в результате проникновения паровоздушной смеси из области более высокого давления (из теплоизоляции) в область с низким давлением (в полость). Таким образом, объем полости остается постоянным и рост вздутия не происходит.

Экспериментальным путем были установлены допустимые размеры отверстия в стяжке – площадью менее 0,2 и более 4,0 см², чтобы, с одной стороны, исключить опасность случайного его закупоривания, а с другой – продавливания и разрыва кровельного ковра от кратковременных сосредоточенных нагрузок, воспринимаемых кровлей в процессе эксплуатации.

Практика применения метода показала, что для предотвращения затекания в отверстия в стяжке размягченных битумных материалов, в результате которого нарушается свободный влаго- и воздухообмен между полостью вздутия и объемом пор, пустот в теплоизоляции, целесообразно перед восстановлением водонепроницаемости водоизоляционного ковра заполнять отверстия в стяжке сыпучим или рыхлым материалом.

При замене старых кровель в процессе реконструкции или капитального ремонта зданий дренажные отверстия в стяжке целесообразно проделывать до устройства новой кровли на расстоянии 0,2–0,8 м. Расположение отверстий в стяжке на расстоянии менее 0,2 м друг от друга уменьшает площадь поперечного сечения стяжки и создает опасность ее раскалывания даже при незначительных напряжениях, возникающих в стяжке. Рассредоточение отверстий в стяжке на расстоянии свыше 0,8 м друг от друга может привести к появлению и росту вздутий в промежутках между отверстиями.

Поэтому можно сделать вывод, что стяжки должны быть из таких материалов, которые не изменяют (или почти не изменяют) свою воздухопроницаемость при различной влажности, так как это обеспечило бы выравнивание давлений паровоздушной смеси по обе стороны стяжки в утепленном покрытии и позволило предотвратить образование и дальнейший рост вздутий водоизоляционного ковра по всей его площади.

Специальным исследованием установлено, что наибольшую воздухопроницаемость в сухом и водонасыщен-

ном состоянии при удовлетворительных физико-механических свойствах имеют стяжки из полистиролбетона, которые по сравнению с традиционными цементными стяжками, благодаря включению в материал стяжки гранулированного пенополистирола имеют меньшую теплопроводность и плотность, а также величину усадочных деформаций [15]. К тому же своей рельефной поверхностью стяжки обеспечивает повышенную прочность клеевого соединения с ними водоизоляционного ковра. Таким образом, выравнивающая стяжка из полистиролбетона может быть рекомендована в качестве достаточно простой и надежной защиты многослойных кровель от подкровельных вздутий.

Известный способ защиты кровель от вздутий (кстати, также основанный на предотвращении появления замкнутых полостей между ковром и стяжкой) с частичной приклейкой материалов нижнего слоя к основанию уступает предлагаемому методу ввиду ослабления крепления кровли к основанию из-за двух-трехкратного уменьшения площади ее приклейки, а также ускоренного накопления влаги в утепленном покрытии в холодное время года из-за эксфильтрации теплого воздуха из помещений.

Значительно реже можно встретить покровные микровздутия. Их массовое появление, например, было выявлено на многослойной кровле Дворца спорта в г. Ростове-на-Дону – через два года после ее капитального ремонта. Специально выполненное исследование позволило установить следующую причину их появления и роста.

Поскольку для устройства верхнего слоя кровли был использован наплавляемый кровельный материал (стеклоизол), изготовленный из окисленного битума, с основой из стеклоткани, первое, что произошло с материалом, это растрескивание покровного слоя и проникновение дождевой и талой воды в каналы и капилляры, имеющиеся в недостаточно пропитанных битумом нитях тканевой основы. Так как обез-

воживание окисленных, а потому весьма вязких даже в разогретом состоянии битумов затруднено – покровный слой из них может содержать большое количества пузырьков, часть из которых (контактирующая с материалом основы) являются условно замкнутыми полостями.

Сам механизм роста микровздутий почти такой же, как у подкровельных вздутий и отличается лишь тем, что подкачка влаги и воздуха, необходимых для роста микровздутий, происходит через капилляры в нитях основы (рис. 4.3).

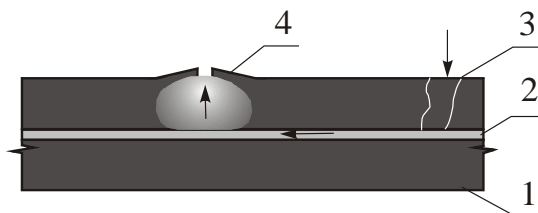


Рис. 4.3. Схема проникновения влаги в полость микровздутия:

1 – битум; 2 – стеклянная крученая нить;
3 – трещины в покровном слое; 4 – микровздутие

Предотвращение такого вида вздутий непосредственно на объекте возможно при более качественной пропитке битумом стеклонитей основы и выпаривании остаточной воды из битума покровного слоя, достигаемых применением термомеханической обработки водоизоляционного ковра. Здесь необходимо лишь уточнить, что появление микровздутий может происходить и битумных кровельных материалах с основой из стеклохолста, содержащего упрочняющие крученые стеклонити (на значительно реже).

Негативная роль присутствия в материале верхнего слоя окисленного (немодифицированного) битума и некачественно пропитанной им основы сказывается и на появлении межслойных, а также внутриосновных вздутий, механизм роста и методы предотвращения которых, такие же, как и у микровздутий.

4.2. Методы профилактики расслоения многослойных кровель

Водоизоляционный ковер многослойной кровли конструктивно представляет собой слоистый композит, изготовленный на основе битумной или битумно-полимерной матрицы, армированной кровельным картоном, стеклянными или полиэфирными волокнами. Известно, что разрушение слоистого композита – сложный, зависящий от времени процесс, сопровождающийся целым рядом различных видов повреждения регулярной структуры материала.

В практике эксплуатации многослойных кровель встречаются пять видов расслоений, в том числе:

- отслоение защитного слоя кровли;
- расслоение водоизоляционного ковра из рулонных материалов по месту их приклейки;
- отслоение нижнего слоя кровли от ее основания;
- расслоение картонной основы рулонного материала;
- расслоение водоизоляционного ковра по границе материалов армирующей основы и вяжущего (в частном случае, отслоение покровного слоя рулонного кровельного материала).

Принято считать, что первые три вида расслоений происходят только в результате применения некачественных материалов, а также при нарушении технологии ремонта и эксплуатации кровель, поэтому решение проблемы профилактики таких расслоений находится в области повышения квалификации и ответственности работников ремонтных и эксплуатационных предприятий. Причины появления остальных двух видов расслоений чаще всего объясняют несовершенством (низкой долговечностью) применяемых материалов.

И действительно, расслоение картонной основы рулонного материала во многом обусловлено достаточно большим водопоглощением даже пропитанного битумом кровельного картона при слабой его водостойкости. Особенно негативно эти свойства проявляются на участках кровли с малым укло-

ном или с неполным водоотводом (например, в местах обледенения карнизных свесов в холодное время года). Эффективной профилактической мерой для такого вида расслоений является отказ от использования при устройстве и ремонте кровель материалов с картонной основой, а менее радикальной мерой – усиление основного водоизоляционного ковра дополнительными слоями.

Расслоение водоизоляционного ковра по границе материала основы и вяжущего обычно встречается в рулонных и мастичных кровлях, армированных стекловолокнистыми материалами. Это происходит из-за плохой химической совместимости (хемосорбции) битума со стекломатериалами. Особенно сильное отторжение этих материалов происходит при устройстве мастичных кровель, армированных стеклотканью, с использованием анионных битумных эмульсий и паст, так как это, например, произошло в 1998 году в Таганроге, где еще до сдачи реконструируемого здания главного сборочного корпуса Таганрогского комбайнового завода в эксплуатацию на площади в несколько тыс. м² произошло сплошное расслоение новой мастичной кровли.

Существенным препятствием получения надежного сцепления битума и битумной мастики со стеклотканью является слой замасливателя, нанесенного на поверхность крученых стеклонитей при их изготовлении для предотвращения пушения.

Другими, менее существенными причинами расслаивания многослойных кровель являются:

- наличие криволинейности (вогнутой) поверхности основания под кровлей;
- применение в смежных слоях водоизоляционного ковра материалов с отличными друг от друга деформативными свойствами.

Так, на участках многослойной кровли, основание под которыми имеет вогнутую поверхность, при температурных и

усадочных деформациях материалов в водоизоляционном ков­ре возникают достаточно сильные расслаивающие и отслаивающие напряжения (рис. 4.4). При приложении расслаивающей нагрузки происходит концентрация напряжений и деформаций в области, прилегающей к фронту распространения трещины.

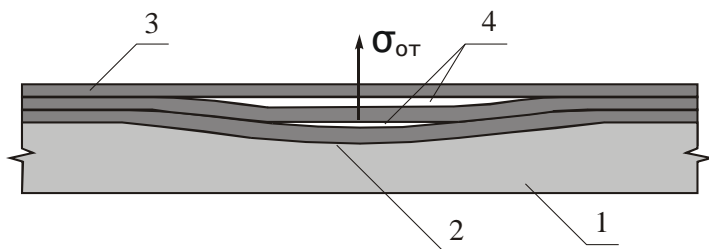


Рис. 4.4. Сечение многослойной кровли на вогнутом участке основания:
 1 – стяжка; 2 – вогнутая поверхность стяжки; 3 – водоизоляционный ковер;
 4 – полости расслоения кровли

Сдвиговые напряжения, возникающие в многослойной кровле из материалов с разными деформативными свойствами, достигают максимальных значений в холодное время года, особенно когда в смежных слоях водоизоляционного ковра находятся материалы с картонной и стеклотканевой основой, относительное удлинение которых в водонасыщенном состоянии (а это естественное состояние материалов многослойной кровли) до 5 раз отличается друг от друга. Дело в том, что в водонасыщенном состоянии кровельный картон при испытании на разрыв лучше растягивается (но имеют меньшую прочность), чем в сухом состоянии, что можно объяснить незначительной деструкцией основы материалов, вызванной их увлажнением.

Любая из названных причин может действовать двояким образом. Например, при охлаждении битум, обладая бóльшим по сравнению с волокном коэффициентом линейного

термического расширения и стремясь сократить свои размеры в осевом по отношению к волокну армирующего материала направлении, вызывает появление на границе касательных напряжений, облегчающих разрушение материала при последующем приложении сил. Однако, стремясь сократить свои размеры, битум обжимает волокно и из-за силы трения препятствует выдергиванию его из адгезива.

В тот момент, когда максимальное касательное напряжение достигает предельных значений, на границе битума и волокна возникает трещина, которая распространяется дальше по границе без увеличения прикладываемой внешней силы, и монолитность водоизоляционного ковра нарушается.

Опасность расслоения многослойных кровель возрастает и с понижением температуры наружного воздуха, поскольку сопротивление расслоению слоистых композитов непосредственно связано с их жесткостью. Эту опасность можно снизить, используя при устройстве водоизоляционного ковра менее вязкую мастику. Очевидно, что применение такой мастики всегда будет связано с нежелательным ухудшением других эксплуатационных свойств многослойного ковра – снижением прочности и теплостойкости.

Отслоение многослойной кровли от стяжки существенно зависит от толщины слоя адгезива (битумной или битумно-полимерной мастики), а также от направления действия сил отрыва по отношению к плоскости адгезионного соединения – нормального (перпендикулярного) или тангенциального (сдвигового). Экспериментальным путем доказано, что сопротивление адгезионного соединения действию преобладающих в водоизоляционном ковре тангенциальных сил, как правило, меньше сопротивления нормальным силам и зависит от толщины слоя адгезива (с уменьшением толщины слоя до 0,5 мм адгезия увеличивается).

Таким образом, для защиты многослойной кровли можно рекомендовать следующие методы:

- при восстановлении водонепроницаемости и монолитности старой кровли применять термомеханическую обработку водоизоляционного ковра для глубокой пропитки битумом или битумной мастикой материала армирующей основы и втапливания материала защитной посыпки в размягченный покровный слой;

- при устройстве ремонтного слоя поверх ремонтируемой кровли использовать материалы с примерно равными деформативными свойствами с учетом возможности их изменения в зависимости от степени водонасыщения;

- при замене многослойной кровли устраивать стяжки с рифленой поверхностью, способствующей повышению сопротивляемости кровли сдвиговым деформациям, а также нагревать поверхность стяжки при наклейке рулонных наплавливаемых материалов до 55°C, что позволит увеличить адгезию в 2,5 раза. Дальнейшее повышение температуры экономически неоправданно, так как оно сопровождается незначительным повышением адгезии и существенным увеличением расхода энергии и затрат труда.

4.3. Рациональные методы повышения трещиностойкости многослойной кровли

Нарушение водонепроницаемости многослойной кровли чаще всего происходит в результате возникновения трещин в водоизоляционном ковре. В гл. 1 указаны агрессивные факторы, способствующие появлению такого рода повреждений – в основном это резкие колебания температуры атмосферного воздуха и присутствующий в нем озон, а также солнечная радиация.

Если воздействие первого из перечисленных факторов проявляется в виде отдельных сквозных, характерных своей

прямолинейностью и значительной длиной температурных трещин, местоположение которых часто можно вполне точно предугадать за долго до их появления (например, над температурно-усадочными швами в стяжке или над стыками железобетонных плит в неутепленном покрытии), то агрессивность второго и третьего факторов, а именно озона и ультрафиолетового излучения, проявляется не сразу, а лишь по мере старения содержащихся в водоизоляционном ковре материалов в виде многочисленных сначала мелких, но затем постоянно увеличивающихся поверхностных и сквозных трещин.

Широко известны и достаточно хорошо зарекомендовали себя на практике методы предотвращения появления температурных трещин путем укладки в указанных наиболее опасных местах под кровлей частично приклеенных полос рулонного материала, выполняющих роль компенсаторов. Для защиты водоизоляционного ковра от озоновой коррозии в состав кровельных рулонных и мастичных материалов, содержащих синтетический каучук, вводят антиозонанты.

Значительно труднее защитить водоизоляционный ковер от растрескивания там, где он продолжительное время подвергается интенсивному солнечному облучению, особенно в южных районах нашей страны. Вместе с тем практика эксплуатации таких кровель показывает, что в одних случаях интенсивность растрескивания водоизоляционного ковра год от года усиливается, а в других – остается неизменной. Причем такие, казалось бы, несовместимые явления, нередко можно встретить на одном объекте, даже на смежных участках кровли. Для объяснения подобных случаев из практики необходимо изучение механизма трещинообразования, с пониманием которого возможно нахождения наиболее эффективного метода повышения трещиностойкости ремонтируемой кровли. Не обладающая необходимой трещиностойкостью отремонтированная кровля не может считаться надежной и долговечной, а ее ремонт – быть признан достаточно эффективным.

Из материалов водоизоляционного ковра многослойной кровли наиболее подвержен старению битум. Битум – это органический материал, состоящий из смеси высокомолекулярных углеводородов и их неметаллических производных, т.е. соединений углеводородов с серой, азотом и кислородом.

По своему внутреннему составу битум представляет собой сложную коллоидную систему, дисперсионной средой в которой является раствор смол в маслах, а дисперсной фазой служат асфальтены, карбены и карбоиды, коллоидно растворенные в среде до макромолекул размером 18–20 мкм.

Старение битумов является следствием разнообразных химических реакций, протекающих между углеводородами битума и кислородом. Активаторами старения являются свет, тепло и вода.

Принято считать, что процессами, вызывающими необратимые изменения состава и свойств битума, являются:

- испарение летучих составляющих, происходящее в поверхностном слое битума незначительной толщины и зависящее от содержания легколетучих компонентов, вязкости битума и температуры;

- полимеризация, связанная с воздействием тепла, даже в отсутствии кислорода;

- оксиполимеризация компонентов битума, происходящая главным образом на внешней поверхности вяжущего, подвергающейся непосредственному действию ультрафиолетовых лучей;

- полиоксиконденсация, происходящая под влиянием кислорода, является основным процессом, изменяющим состав и структуру битума при старении.

Таким образом, под влиянием солнечной радиации, высоких температур и кислорода воздуха групповой состав битумов изменяется за счет химического перехода масел в смолы, смол – в асфальтены, асфальтенов – в карбены и карбоиды.

По мере такого перехода постепенно повышается молекулярная масса и истинная плотность компонентов.

В кровельных битумах старение сводится к повышению в битуме содержания асфальтенов и уменьшению содержания углеводов при практически неизменном количестве смол. При этом изменение содержания отдельных компонентов под действием атмосферных факторов наступает значительно раньше, чем физическое разрушение поверхности битума.

В лабораторных условиях можно весьма быстро проверить светостойкость битума и битумных мастик нестандартным способом, заключающимся в их нанесении тонким слоем на двухслойную ступенчатую подложку из листового стекла, у которой кромки верхнего слоя выполняют роль упоров, а нижний слой укладывается на массивную металлическую плиту, выполняющую роль теплоотвода (рис. 4.5). При этом устраняется способность образцов материала во время испытаний деформироваться, ослабляя внутренние напряжения, возникающие вследствие его контракционной усадки.

При облучении ультрафиолетовым светом в зависимости от возраста (степени окисления) вяжущего в образце через 1–5 суток над упорами образуются характерные сквозные трещины, просматриваемые с обратной стороны (при удаленном теплоотводе) на свет. При этом в отличие от стандартной методики не требуется периодическое дождевание и замораживание образцов.

Таким методом была проверена эффективность пластификации старого кровельного битума маслами, рекомендуемая некоторыми ремонтниками и установлено, что с увеличением содержания в битуме масел рост трещин замедляется вглубь, но увеличивается ширина раскрытия трещин. А вот при введении гудрона в разогретый старый битум его стабильность повышается, так как в гудроне содержатся не только масла, но и смолы.

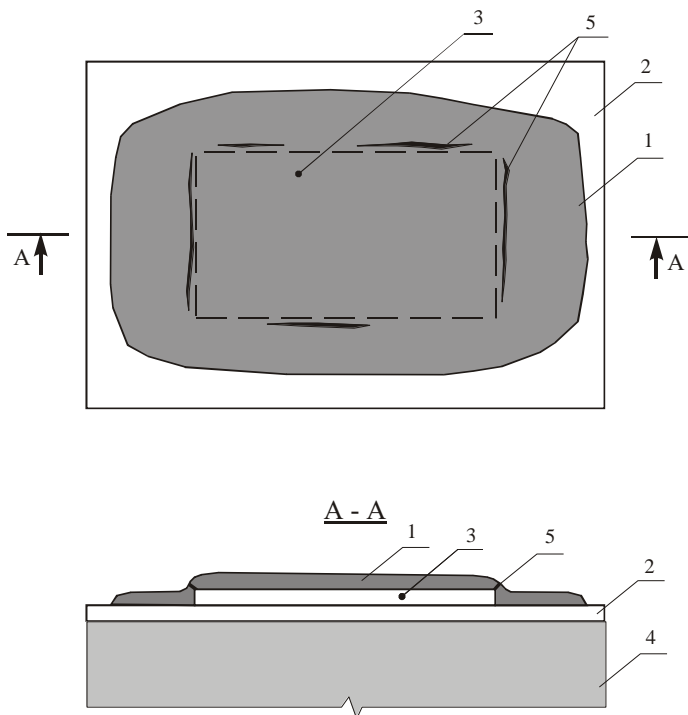


Рис. 4.5. Схема расположения образца битума или битумной мастики на двухслойной ступенчатой подложке:

1 – образец материала; 2 – нижний слой стеклянной подложки; 3 – верхний слой стеклянной подложки (покрытой тонким слоем глицерина); 4 – металлический теплоотвод; 5 – трещина в образце материала (в конце испытания)

Используемый в качестве основы при изготовлении битумных рулонных материалов кровельный картон так же, как и битум подвержен старению. Кровельный картон представляет собой полотно, получаемое из беспорядочно и плотно сплетенных волокон органического происхождения (в основном из тряпичных, макулатурных и древесных волокон). Такой материал плохо сопротивляется разрушительным воздействиям солнечного облучения, влаги и микроорганизмов.

При воздействии ультрафиолетовых лучей в присутствии кислорода воздуха содержащийся в волокнах кровельного картона лигнин разлагается, становится ломким и хрупким. С повышением влажности картона снижается его механическая прочность из-за ослабления межволоконных связей. Кроме того, поглощенная вода при замерзании увеличивается в объеме, постепенно разуплотняет кровельный картон, способствуя образованию и развитию в нем микро- и макротрещин, что в конечном итоге может привести к разрыву и даже к расслоению рулонного материала.

При благоприятных тепловлажностных условиях в кровельном картоне развивается жизнедеятельность микроорганизмов (плесневых грибов и бактерий) и поэтому сам картон подвергается воздействию агрессивных органических сред, продуцируемых микроорганизмами.

Для защиты кровельного картона от указанных воздействий его пропитывают мягким кровельным битумом, богатым легколетучими фракциями мальтеновой составляющей. Однако из-за несовершенства применяемой технологии пропитки кровельного картона его остаточная пористость даже после нанесения покровных слоев битума составляет 10–15%. Причем в процессе эксплуатации кровли пористость картона постепенно (по мере старения битума покровной массы) увеличивается из-за имеющего место перехода масел из пропиточного битума в покровную массу.

Процесс разрушения нижних слоев водоизоляционного ковра, если в нем отсутствуют глубокие трещины и разрывы и не нарушен отвод воды с кровли, идет значительно медленнее, чем в верхних, так как верхний слой защищает нижние слои от воздействия окружающей среды и, прежде всего, от солнечных лучей.

Многочисленные наблюдения за процессом возникновения и роста трещин в покровном слое из битума позволили выявить ступенчатый характер механизма трещинообразова-

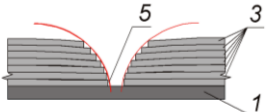
ния, начиная с контракционной усадки и растрескивания поверхностного слоя, и последующей полимеризации более низких слоев с углублением и расширением поверхностных трещин (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Контракционное растрескивание битума в покровном слое
рулонного кровельного материала
под действием ультрафиолетового излучения

| Стадия трещинообразования | Сечение трещины | Состояние поверхности покровного слоя |
|--|-----------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 0. Новый материал | | Блестящая поверхность |
| 1. Процесс старения битума поверхностного слоя с повышением его хрупкости | | Матовая поверхность |
| 2. Разрывы поверхностного слоя с началом контракции битума | | Волосные трещины |
| 3. Раскрытие трещин в поверхностном слое, связанное с продолжающейся контракцией | | Обнажение блестящей поверхности битума в трещинах поверхностного слоя |
| 4. Процессы старения обнажившегося в трещинах слоя битума с повышением его хрупкости | | Матовая поверхность раскрытой трещины и новые волосные трещины |
| 5. Углубление трещины при раскрытии, связанное с продолжающейся контракцией битума поверхностного слоя | | Обнажение блестящей поверхности битума на дне углубленной трещины |

Окончание табл. 4.2

| 1 | 2 | 3 |
|--|---|---|
| п-1. | | |
| п. Прекращение кон- тракционной усадки битума со стабилиза- цией размеров трещины |  | Обнажение основы рулонного материа- ла, выгиб поверх- ности покровного слоя (овражистая поверхность) |

Примечание: 1 – основа рулонного материала; 2 и 3 – битум соответственно с первоначальным и повышенным содержанием асфальтенов; 4 и 5 – контракционная трещина соответственно до раскрытия и после раскрытия.

Весьма хорошие результаты по омолаживанию покровного слоя битумных рулонных материалов в отслужившей свой срок старой кровле получены при нанесении на его поверхность слоя битумной эмульсии и эмульсионной пасты. Пропитка способствует восстановлению деформативной способности материала, замедляет появление в нем трещин, выкрашивания, позволяет устранить мелкие дефекты в виде тонких трещин, мелких оспин и др. Доказана положительная роль дополнительной пропитки битумной эмульсией картонной основы рулонных кровельных материалов с утраченным или поврежденным покровным слоем.

Это объясняется тем, что омолаживающие составы проникают в дисперсную структуру битумов, способствуют уменьшению жесткости асфальтенов, снижают прочность коагуляционных связей системы. Все это приводит к восстановлению пластичности материала покровного слоя.

Повышение трещиностойкости обработанного эмульсией покровного слоя кровельного материала при воздействии солнечной радиации можно объяснить, во-первых, использованием при их приготовлении маловязких битумов с повышенным содержанием смол, а значит более светостойких, чем кровельный, а тем более строительный битум, и во-

вторых, препятствием эмульгатора росту крупных радикалов в высохшем слое битумной эмульсии при воздействии на него солнечной радиации.

Наблюдения за экспериментальными участками рулонной кровли, обработанными при ее ремонте битумной эмульсией ведутся с 1993 года, а эмульсионной битумной пастой – с 1996 года.

Растягивающие напряжения, возникающие в испытываемых образцах битума, достигают 1,5 МПа и зависят от вязкости битума и температуры в момент испытаний. При толщине слоя битума более 3 мм разрывная нагрузка, приходящаяся на полосу водоизоляционного ковра шириной в 50 мм, может превысить прочность аналогичной полосы нового материала с основой из кровельного картона или стеклохолста, а при толщине 10 мм – прочность всех слоев водоизоляционного ковра. В старых многослойных кровлях, имеющих значительный физический износ, контракционная усадка даже трехмиллиметрового (по толщине) битумного слоя может вызвать разрыв многослойного рулонного ковра.

Таблица 4.3

Методы защиты ремонтируемой многослойной кровли от растрескивания

| Методы защиты кровли от растрескивания | Влияние метода защиты на изменение свойств кровли и условий ее эксплуатации | | Особенности применения методов защиты |
|--|--|--|---|
| | положительное | отрицательное | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Приклейка ремонтного слоя ковра | 1. Защита ремонтируемой кровли от УФ-лучей. 2. Усиление водоизоляционного ковра | Утяжеление покрытия | – |
| Уменьшение толщины покровного слоя | Уменьшение внутренних напряжений в кровле | Ухудшение сцепления защитной посыпки с покровным слоем | 1. Рекомендуемая толщина слоя 0,3-0,4 мм. 2. Излишки битума удаляют в разогретом состоянии |

Окончание табл. 4.3

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|---|--|
| Введение эластомера в состав битума покровного слоя | Увеличение дуктильности (растяжимости) материала покровного слоя | Снижение стойкости к озону атмосферного воздуха | Добавку (например, бутилкаучук) вводить в растворенном виде (вместе с пластификатором) |
| Введение мелко-го заполнителя в покровный слой из битума | 1. Уменьшение коэффициента линейного расширения 2. Уменьшение контрактционной усадки материала покровного слоя | Увеличение водопоглощения материала покровного слоя | В качестве заполнителя использовать основные минеральные породы |

Методы, которые можно рекомендовать в качестве рациональных для предотвращения растрескивания отремонтированной кровли, приведены в порядке убывания их эффективности в табл. 4.3.

5. МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ КРОВЕЛЬ

5.1. Конструктивные недостатки существующих кровель

Как отмечалось в п. 1.2, даже при качественно выполненном ремонте или устройстве кровли через непродолжительный относительно срока эксплуатации всего здания период времени она придет в неработоспособное состояние. Причина этого заключается в недостаточной долговечности многих из распространенных видов кровельных материалов, в несовершенстве конструктивных решений кровельных покрытий, а иногда и в технологии их устройства и ремонта.

В табл. 5.1 приведены основные признаки несовершенства наиболее распространенных кровельных материалов. Наличие некоторых из этих признаков у кровельных материалов иногда вообще ставит под сомнение целесообразность их ис-

пользования при устройстве или ремонте кровли. Пример тому – рубероид, у которого можно насчитать более 5 таких недостатков (плохо пропитываемая битумом низкопрочная и негнилостойкая, склонная к расслаиванию на малоуклонных участках кровли основа, высокая температура хрупкости материала покровного слоя), и, соответственно, минимальный срок службы кровли из такого материала.

Таблица 5.1

Основные признаки несовершенства
наиболее распространенных кровельных материалов

| Виды материалов | Особенность материала | Признаки несовершенства кровельных материалов |
|--|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Рулонные и мастичные | Покровный слой или вяжущее содержит окисленный битума | Нестойкие к УФ-лучам |
| | | Подвержены окислению |
| | Высокая температура хрупкости | |
| | Битумное вяжущее с добавкой синтетического каучука | Подвержены озоновой коррозии |
| Рулонные | Основа из стеклохолста и кровельного картона | Низкая прочность на разрыв |
| | Основа из стеклоткани | Плохая пропитываемость основы битумным вяжущим |
| | | Неэластичная основа |
| | Картонная основа | Негнилостойкая основа |
| | | Склонность к расслаиванию |
| | | Большое водопоглощение |
| Покровный слой или вяжущее из окисленного битума | Плохая гибкость материала | |
| | Склонность материала покровного слоя к растрескиванию | |
| Полимерные кровельные мембраны | В утепленных покрытиях без стяжки сильнее нагреваются и охлаждаются | Недостаточная механическая прочность (особенно ЭПДМ-мембраны) |
| | | Лицевая поверхность мембраны быстро загрязняется и требуется ее очистка |
| | | |
| Мастичные | Битумные мастики и эмульсионные пасты с наполнителем или эмульгатором из извести | Содержат водорастворимые компоненты |
| | | Плохая химическая совместимость со стекловолокнистыми армирующими материалами |

Окончание табл. 5.1

| 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------------|--|--|
| Из штучных и волнистых материалов | Волнистые хризотил-цементные листы | Хрупкий материал |
| | | Целесообразность гидрофобизации |
| | | Содержание канцерогенного асбеста |
| | Стальной профилированный лист с дренажной канавкой | Канавка ухудшает герметичность соединения смежных листов |
| Из стальных листов | Сталь оцинкованная толщиной менее 0,6 мм | Не достаточно герметичные стыки |
| | | Опасность механического повреждения (вмятины, царапины) |

Примечание. Общим для всех видов кровельных материалов признаком несовершенства, кроме указанных в данной таблице, является их склонность к старению в процессе эксплуатации кровли под воздействием агрессивных факторов.

Таблица 5.2

**Признаки несовершенства
некоторых конструктивных решений покрытия,
способствующего интенсивному износу кровли**

| Виды кровель | Особенности конструктивного решения покрытия | Признаки несовершенства конструкции кровли | |
|----------------------|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 | |
| Рулонные и мастичные | Наличие защитного слоя из гравия, втолпленного в мастику | Низкая ремонтпригодность кровли с защитным слоем | |
| | | Отсутствие защитного слоя | Склонность к растрескиванию кровельного слоя кровли из битумных материалов |
| | | | Опасность повреждения кровли градом и падающими предметами |
| | | | Низкая сопротивляемость истиранию |
| | Высокая скорость распространения огня при пожаре | | |
| | Утепленное невентилируемое покрытие с наружным водостокком | Склонность к обледенению карнизных участков в холодное время года | |

Окончание табл. 5.2

| 1 | 2 | 3 |
|--|--|---|
| Рулонные | Вентилируемая кровля с частичной приклейкой к основанию | Опасность отрыва кровли от основания при сильном ветре |
| | Невентилируемая кровля | Предрасположенность к вздутию участков водоизоляционного ковра |
| | Теплоизоляция из минераловатных плит в утепленном невентилируемом покрытии | Неполный отвод воды в местах прокладки основания |
| | Малые уклоны кровли | Неполный отвод воды в местах нахлестки полотнищ |
| Кровли из хризотилцементных волнистых листов | Наличие пароизоляции между обрешеткой под листами | Ухудшение условий эксплуатации кровли в холодное время года |
| | | Исключает возможность проверки качества кровли на просвет |
| Из металлических листов | Кровля с уклоном менее 40 % | Необходимость стыкования листов с помощью нетехнологичных двойных фальцев |

Перечень конструктивных несовершенств покрытий с различными видами кровель приведен в табл. 5.2. Указанные в ней несовершенства конструкции кровли могут возникнуть даже при соблюдении всех норм их проектирования.

5.2. Методы разборки кровель и утилизации получаемых отходов

В связи с массовой заменой отслуживших свой срок рубероидных кровель новыми долговечными кровельными покрытиями с каждым годом увеличивается объем получаемых при этом отходов, состоящих на 60–70 % по массе из битума.

С 90-х гг. прошлого столетия начались поиски решения проблемы по извлечению и повторному использованию битума из битумосодержащих кровельных отходов. Общим недостатком разработок этого направления является то, что нема-

лая часть кровельных отходов, содержащая фрагменты армирующей основы, не находит достойного применения. Несовершенство разработанных предложений по применению утилизированного битума при производстве кровельных материалов проявляется в недостаточной долговечности кровли из таких материалов из-за чрезмерной хрупкости старого (пусть даже пластифицированного) битума.

Более практически полезным является метод, основанный на измельчении кровельных битумосодержащих отходов, их перемешивании при нагревании и одновременном обезвоживании. Не давая готовой массе остынуть, ее наносят на кровельное основание и, после охлаждения, прикатывают катком. Однако и этот метод не нашел широкого применения, прежде всего, из-за неудовлетворительных физико-механических свойств получаемого водоизоляционного ковра, так как:

- в результате измельчения основы рулонных материалов кровельный ковер теряет примерно 65–75 % своей прочности при испытании на разрыв, а при длительном разогреве и перемешивании битумно-картонной массы (из-за термодеструкции картонной основы) – еще 10–20 %;

- коэффициент линейного расширения застывшей битумно-картонной массы (битумно-картонной матрицы) в 2–3 раза больше, чем у рубероида;

- наличие хаотично возникающих в кровельном ковре микродефектов в местах случайной ориентации фрагментов рулонного материала перпендикулярно поверхности кровли, нарушающих ее водонепроницаемость и становящихся концентраторами возникающих напряжений при деформациях ковра.

Эти недостатки материала и получаемого из него водоизоляционного ковра особенно остро проявляются в тех строительско-климатических зонах, где из-за холодных, но малоснежных зим или интенсивной солнечной радиации кровля

подвергается сильнейшим температурным и усадочным деформациям.

Метод, который можно рекомендовать в современных условиях, лишен вышеперечисленных недостатков и включает в себя следующие дополнительные технологические операции:

- удаление из перерабатываемых отходов избытка битума с модификацией оставляемого битума;
- регулирование степени измельчения материала;
- горизонтально-слоистая укладка фрагментов кровельного картона в водоизоляционном ковре.

Удаление избытка битума происходит путем отсеивания наиболее окисленного (старого), а значит наименее ценного битума, из-за высокой температуры хрупкости которого при измельчении кровельных отходов большая его часть превращается в битумную крошку, свободно проходящую через сито с ячейками размером 3 мм. Распределение кусков битума по фракциям приведено в табл. 5.3. Наименее окисленный (пропиточный) битум с первоначальной температурой размягчения около 45°С остается во фрагментах кровельного картона.

Таблица 5.3

Границы интервала пластичности у битума,
содержащегося в измельченных кровельных отходах

| Размер ячейки сита | Весовой остаток на сите, % | Средняя температура хрупкости, °С | Температура размягчения, °С |
|--------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 10 | 20 | 0-10 | 85-95 |
| 5 | 45 | 5-15 | 90-100 |
| 2,5 | 65 | 10-20 | 95-105 |
| 1,25 | 90 | 20-35 | 105-110 |

Следует учитывать, что при уменьшении содержания битума с 70 до 40% коэффициент линейного расширения битумно-картонной матрицы уменьшается в 2,2 раза, а до 30% – в 3 раза (табл. 5.4).

Таблица 5.4

Кратность уменьшения коэффициента линейного расширения у битумно-картонной матрицы относительно содержащегося в ней битума

| Процентное содержание битума (по массе) | Отношение коэффициентов линейного расширения у битума и битумно-картонной матрицы при размере фрагментов кровельного картона, мм | | |
|---|--|-----|-----|
| | 10 | 50 | 90 |
| 30 | 3,9 | 4,4 | 5 |
| 50 | 2,9 | 3,5 | 4,1 |
| 70 | 1,9 | 2,5 | 3,2 |

Модификация (т.е., омолаживание) старого битума также может обеспечиваться введением в измельченную массу дополнительного количества малоокисленного битума в составе водно-битумной эмульсии.

Регулирование размеров фрагментов кровельного картона на стадии механического измельчения битумосодержащих кровельных отходов осуществляется изменением длины и формы вращающихся ножей.

Размеры фрагментов кровельного картона существенно влияют на разрывную прочность получаемой битумно-картонной матрицы. Усредненные экспериментальные данные о кратности уменьшения ее прочности на разрыв относительно рубероидного ковра, из которого она изготовлена, при различных размерах фрагментов кровельного картона и количественном содержании битума приведены в табл.5.5.

Таблица 5.5

Кратность уменьшения прочности битумно-картонной матрицы на разрыв относительно рубероидного ковра, из отходов которого она изготовлена

| Процентное содержание битума (по массе) | Отношение прочности образца водоизоляционного ковра из рубероида и битумно-картонной матрицы при размере фрагментов кровельного картона, мм | | |
|---|---|-----|-----|
| | 10 | 50 | 90 |
| 30 | 2,8 | 2,4 | 2,0 |
| 50 | 2,1 | 1,7 | 1,4 |
| 70 | 2,6 | 2,2 | 1,9 |

Горизонтально-слоистая укладка фрагментов кровельного картона в водоизоляционном ковре позволяет повысить разрывную прочность битумно-картонной матрицы в 1,2–2 раза. Многочисленные испытания образцов, изготовленных из битумно-картонной матрицы с такой структурой, на водопроницаемость показали, что, исключая возможность случайной ориентации фрагментов кровельного картона перпендикулярно поверхности водоизоляционного ковра, можно получить практически бездефектный водоизоляционный ковер.

Установлено, что по энергетическим и материальным затратам получаемый при переработке материал (битумно-картонная матрица) является весьма конкурентоспособным. Так, например, энергозатраты, необходимые на измельчение 1 т отходов, составляют всего 9–12 кВт·ч.

Менее ценными по содержанию битума, но часто не уступающими по объему получаемых отходов от разборки водоизоляционного ковра, являются отходы асфальтобетона от стяжек, как правило, разрушающихся при разборке кровли. Это связано, с одной стороны, с высокой адгезией материалов водоизоляционного ковра к асфальтобетону, а с другой – с недостаточной его долговечностью. При толщине стяжки 30 мм количество отходов асфальтобетона на 1000 м² разбираемой многослойной кровли составит до 40 т.

В большинстве случаев указанные отходы выгодно использовать при устройстве и ремонте стяжки на насыпном утеплителе, а также бортиков в местах примыкания кровли к вертикальным поверхностям стен, парапетов и вентиляционных шахт. При этом разогрев асфальтобетонной смеси до размягчения битума можно осуществлять как до укладки в конструкцию (в стационарных установках), так и после укладки – с помощью инфракрасных излучателей или гибких поверхностных нагревателей.

При выборе метода переработки отходов асфальтобетона следует учитывать следующее:

- в кусковых отходах асфальтобетона от разборки стяжки (в отличие от сыпучих отходов, получаемых при холодном фрезеровании дорожных покрытий) практически не нарушается первоначальное соотношение количества битума и удельной поверхности заполнителя (влияющее показатель его битумоемкости), так как в кусках асфальтобетона крупный заполнитель не подвергался измельчению со значительным увеличением его удельной поверхности;

- кусковые отходы асфальтобетона можно измельчить с сохранением целостности зерен заполнителя в щековой дробилке в подогретом состоянии (до температуры выше температуры хрупкости содержащегося в нем битума на 5–20°C);

- уменьшить удельную поверхность заполнителя в асфальтобетоне, например, измельченном при температуре ниже температуры хрупкости содержащегося в нем битума, можно удалением пылевидных частиц, образовавшихся при разрушении зерен заполнителя, отсевом или промывкой водой. Если первый способ малопроизводителен и осуществим только в лабораторных условиях, то для применения второго способа потребуются длительное время на сушку промытой водой сфрезерованной массы. В обоих случаях при переработке отходов происходит загрязнение окружающей среды.

Восстановить необходимое соотношение между массой битума и удельной поверхностью заполнителя можно введением в измельченную массу дополнительного количества малоокисленного битума в составе водно-битумной эмульсии, не удаляя пылевидные частицы. Для сокращения расхода битумной эмульсии измельченную асфальтобетонную смесь в этом случае целесообразно смачивать водой.

Подлежащие замене кровли из хризотилцементных волнистых материалов могут содержать часть неповрежденных листов, которые рекомендуется аккуратно снимать с

кровли, предварительно перекусывая головки шиферных гвоздей. Эти листы после выбраковки целесообразно повторно использовать при ремонте кровель на объектах текущего ремонта. Практическую ценность для народного хозяйства представляют также получаемые при разборке кровель металлических листы, которые подлежат утилизации как металлолом.

5.3. Способы дополнительного утепления покрытий с заменой рулонной или мастичной кровли

Рулонные или мастичные кровли зданий в большинстве своем являются элементами вентилируемых или невентилируемых утепленных покрытий. Вентилируемые покрытия выгодно отличаются от невентилируемых способностью обеспечивать более благоприятный температурно-влажностный режим помещений верхнего этажа и подкровельного пространства. Наличие вентилируемой воздушной прослойки в покрытиях обеспечивается, как правило, устройством двойного несущего настила из сборных железобетонных плит, на нижнем ярусе которого располагаются паро- и теплоизоляция, а на верхнем – рулонная или мастичная кровля.

В процессе многолетней эксплуатации вентилируемых покрытий выявилась проблема, заключающаяся в недостаточной их ремонтпригодности из-за отсутствия доступа к быстро изнашиваемым внутренним изоляционным слоям для осуществления контроля технического состояния, а также их ремонта или замены без предварительного весьма трудоемкого и дорогостоящего демонтажа верхнего яруса покрытия.

Актуальность этой проблемы возросла с повышением требований законодательства по повышению энергоэффективности зданий, в том числе путем улучшения теплозащитных свойств покрытий. Однако методы, обеспечивающие дополнительное утепление вентилируемых покрытий, весьма дорого-

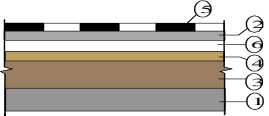
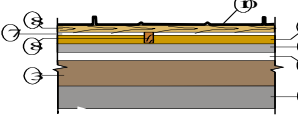
стоящи и, как правило, не позволяют это сделать, не подвергая опасности находящихся в здании людей и их имущество.

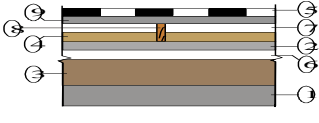
Наименее приспособлены для дополнительного утепления вентилируемые покрытия, у которых высота вентилируемой воздушной прослойки недостаточна для утолщения теплоизоляции. Поэтому, если нет возможности увеличения высоты этой прослойки (например, подъемом верхнего яруса настила) или утепления изнутри помещений, придется устанавливать дополнительный слой теплоизоляции на имеющемся покрытии.

Рекомендуемые методы дополнительного утепления таких покрытий с указанием области их рационального применения представлены в табл. 5.6.

Таблица 5.6

Рекомендуемые методы дополнительного утепления вентилируемых покрытий с заменой кровли

| Краткое описание методов | Области рационального применения методов | Эскиз поперечного сечения покрытия (вдоль ската) |
|--|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Увеличение толщины существующей теплоизоляции в вентилируемом покрытии или замена ее на более эффективную после демонтажа плит покрытия | Возможность отселения жителей дома на период демонтажно-монтажных работ. Физический износ кровли более 50% |  |
| Разборка старой кровли и выравнивающей стяжки, укладка дополнительного слоя теплоизоляции или полная ее замена с устройством поверху стальной вентилируемой кровли | Физический износ кровли более 50%, наличие средств для удаления с объекта большого количества битумосодержащих отходов, наличие наружного водоотвода с кровли |  |

| 1 | 2 | 3 |
|--|--|--|
| То же, с устройством рулонной или мастичной кровли по дополнительному несущему настилу | То же, и при наличии внутреннего водоотвода с кровли |  <p>Схема поперечного сечения кровельной конструкции. Показаны следующие слои: 10 – стальной настил; 9 – дополнительный настил; 8 – элементы обрешетки; 7 – новая вентиляруемая воздушная прослойка; 6 – старая вентиляруемая воздушная прослойка; 5 – рулонная кровля; 4 – дополнительная теплоизоляция; 3 – старая теплоизоляция. Стрелки с цифрами 3-10 указывают на соответствующие слои.</p> |

Примечание: 1, 2 – соответственно нижний и верхний ярусы несущего настила; 3 – старая теплоизоляция; 4 – дополнительная теплоизоляция; 5 – рулонная кровля; 6, 7 – соответственно старая и новая вентиляруемые воздушные прослойки; 8 – элементы обрешетки; 9 – дополнительный настил; 10 – стальная кровля.

При устройстве дополнительного слоя теплоизоляции на имеющемся покрытии необходимо устраивать вентиляруемую воздушную прослойку толщиной не менее 0,05 м под новой кровлей в вентиляруемом покрытии и не менее 0,1 м в невентилируемом до реконструкции покрытия. Для этого предлагается после удаления с покрытия слоев старой кровли и выравнивающей стяжки предусмотреть последовательное устройство:

- обрешетка из антисептированных деревянных брусьев, досок или гнутого металлического профилля;
- дополнительный слой теплоизоляции из полужестких минераловатных плит, укрытый ветрозащитной паропроницаемой пленкой;
- фальцевая кровля из стальных оцинкованных листов или сплошного настила, например, из стекломгнезитовых листов поверху обрешетки с образованием вентиляруемой воздушной прослойки над дополнительным слоем теплоизоляции (рис. 5.1, а);
- однослойная (мембранная) или многослойная рулонная кровля по сплошному настилу.

Если в невентилируемом до реконструкции покрытия отсутствовал слой пароизоляции, его необходимо выполнить

из рулонных гнилостойких материалов по предварительно выравненной цементным раствором поверхности плит покрытия, временно освободив для этого участки несущего настила от засыпной теплоизоляции. Если влажность теплоизоляционного материала выше естественной его необходимо просушить перед устройством кровли.

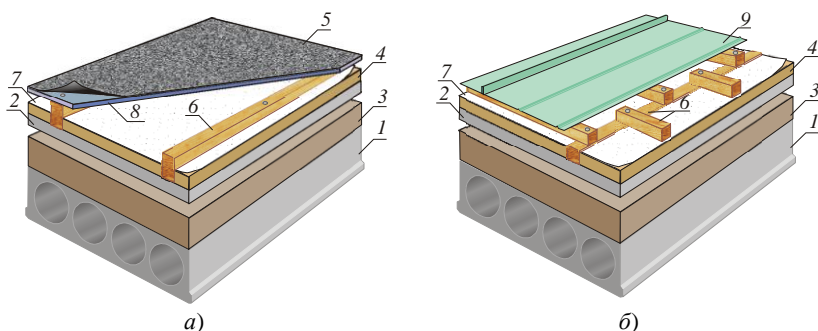


Рис. 5.1. Рекомендуемые варианты дополнительного утепления вентилируемого покрытия с устройством рулонной (а) и стальной (б) кровли: 1, 2 – соответственно нижний и верхний ярусы несущего настила; 3 – старая теплоизоляция; 4 – дополнительная теплоизоляция; 5 – рулонная кровля; 6 – элементы обрешетки; 7 – ветрозащитная паропроницаемая пленка; 8 – дополнительный настил; 9 – стальная кровля

В том случае, если конструкция покрытия предусматривает наружный водосток с кровли, ее целесообразно выполнить из оцинкованной стали по рулонной технологии, позволяющей отказаться от устройства ненадежных и нетехнологичных лежачих фальцев и осуществить соединение кровельных картин с помощью герметичных двойных стоячих фальцев (рис. 5.1, б). В этом случае отпадает необходимость устройства под всей кровлей сплошного настила, и она становится более долговечной. С особенностями рулонной технологии устройства фальцевых кровель можно ознакомиться в учебном пособии «Современные методы устройства кровель» [13].

Для обеспечения сквозного проветривания подкровельного пространства необходимо устраивать новые приточно-вытяжные отверстия в стенах или на коньковых и карнизных участках кровли. Верхние бруски обрешетки, устраиваемой под стальной кровлей, предлагается располагать со смещением на полшага, как показано на рис. 5.1, б.

В обоих случаях для более эффективного использования сохраняемой (нижней) воздушной прослойки в вентилируемых покрытиях целесообразно предусмотреть возможность закрывания старых приточно-вытяжных отверстий в стенах в холодный период года (например, с помощью жалюзийных решеток, клапанов или заглушек) и открывания летом.

5.4. Методы защиты водоотводящих устройств реконструируемой кровли от обледенения в холодное время года

Серьезным испытаниям подвергаются рулонные и мастичные кровли в холодное время года при обледенении карнизных участков кровли, в местах, где под слоем снега из-за нарушения водоотвода скапливается значительное количество талой воды.

Энергоэффективным решением этой проблемы является использование тепла, поступающего в холодное время года из отапливаемых помещений здания, для обеспечения положительной температуры карнизного участка кровли за счет кондуктивного теплообмена между более теплыми (нижними) и холодными (верхними) слоями покрытия через устанавливаемые в слое теплоизоляции теплопроводные включения (рис. 5.2) из стальных сварных двутавров, нижняя полка которых в несколько раз шире верхней (рис. 5.3), не требующих затрат на их обслуживание и ремонт [16]. При организованном наружном водостоке теплопроводные включения лучше всего располагать в толще утепленного покрытия вдоль ската кров-

ли напротив водосточных воронок, а при неорганизованном водостоке – произвольно с некоторым интервалом друг от друга (например, 4–8 м).

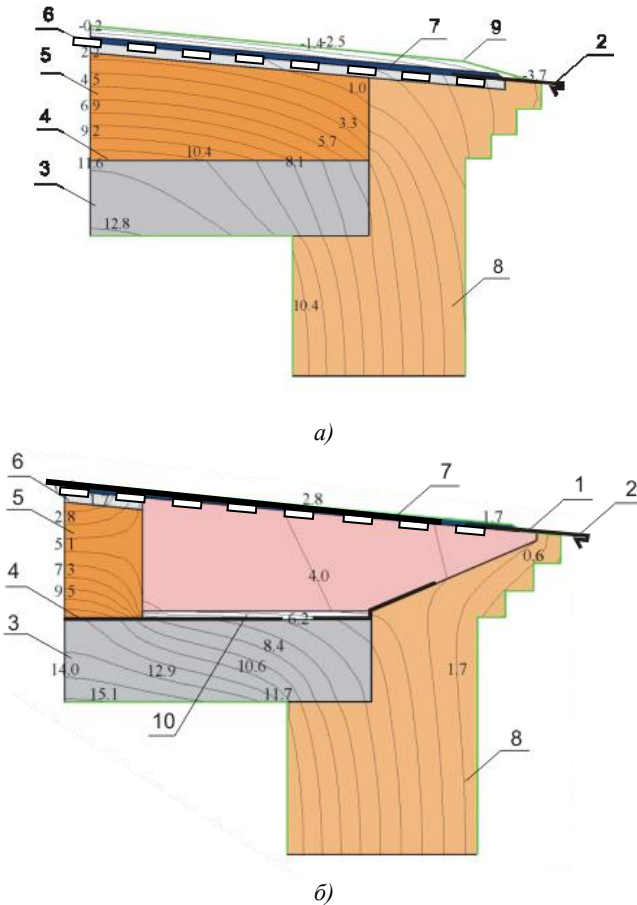


Рис. 5.2. Термограммы сечения карнизного участка утепленного покрытия с теплопроводным включением (б) и без него (а):

1 – теплопроводное включение; 2 – карнизный свес; 3 – железобетонная пустотная плита (220 мм); 4 – пароизоляция; 5 – керамзитовый гравий (260– 300 мм); 6 – цементная стяжка (25 мм); 7 – многослойная кровля (15 мм); 8 – кирпичная стена; 9 – снежный покров; 10 – воздушная прослойка (20 мм)

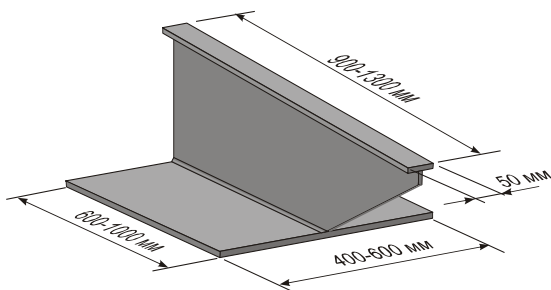


Рис. 5.3. Общий вид стального теплопроводного включения

Однако в настоящее время для защиты от обледенения любых водоотводящих устройств кровель, в том числе карнизных свесов, ендов, настенных и подвесных желобов пока чаще применяют менее энергоэффективные системы антиобледенения, работа которых основана на использовании тепла, получаемого при нагреве специально проложенных на замерзающих водоотводящих устройствах нагревательных кабелей. В таких системах применяют резистивные нагревательные кабели (с выделяющей тепло нагревательной жилой, окруженной изоляцией, экранами и защитными оболочками) и саморегулирующиеся (с тепловыделяющей пластиковой матрицей, заполняющей пространство между двумя токопроводящими жилами).

Преимущество первого вида кабеля, прежде всего, заключается в невысокой его стоимости и простоте монтажа, а второго – в возможности автоматического регулирования нагрева различных участков кровли и учетом температуры их поверхности. Общим недостатком применения нагревательных кабелей – большой среднесуточный расход электроэнергии в зимний период – 36–90 кВт/ч.

Нагревательные кабели должны быть стойкими к атмосферным осадкам, солнечной радиации, обладать высокой ме-

ханической прочностью, быть электро- и пожаробезопасными. Помимо греющей части система состоит из распределительной сети (подводящих «холодных» кабелей, распределительных коробок, щитов управления и элементов автоматики).

На карнизных участках кровли нагревательный кабель, как правило, укладывают змейкой непосредственно на кровлю. Для механического крепления кабеля к водоотводящему устройству кровли применяют специальные клипсы и скобы.

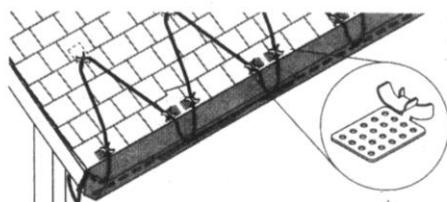


Рис. 5.4. Пример расположения нагревательного кабеля на карнизном участке кровли с подвесным желобом

Некоторые производители антиобледенительных систем для кровель предлагают использовать поставляемые в комплекте с кабелем приклеиваемые клипсы-зажимы. При этом в местах крепления кабеля гарантированно не нарушается водонепроницаемость кровли (рис. 5.4).

6. МЕТОДИКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА МЕТОДА РЕМОНТА ИЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ МНОГОСЛОЙНОЙ КРОВЛИ

6.1. Принципы выбора допустимых методов ремонта

Из множества известных методов, применяемых при ремонте и реконструкции многослойных кровель, в качестве допустимых могут быть признаны не менее двадцати. Эти методы можно условно разделить на четыре функциональные группы:

- полная или частичная замена кровли;
- нанесение ремонтного слоя;
- восстановление водонепроницаемости водоизоляционного ковра;
- восстановление водонепроницаемости ремонтируемой кровли с последующим нанесением ремонтного слоя.

В число допустимых методов не целесообразно включать методы, ухудшающие качество ремонтируемой или реконструируемой кровли, не обеспеченные пока надежным, безопасным и высокопроизводительным оборудованием, потребляющие неоправданно дорогостоящие материалы, запрещенные для применения государственными органами санитарного и пожарного надзора.

В табл. 6.1 приведена совокупность из двадцати допустимых методов ремонта и реконструкции многослойных кровель в любых климатических условиях. В таблице в качестве краткого описания методов ремонта и реконструкции кровель приведен состав технологического процесса и список необходимого оборудования. Во избежание ненужных повторов в кратких описаниях методов ремонта и реконструкции много-

Таблица 6.1

Допустимые методы ремонта и реконструкции многослойных кровель

| Обобщающий признак метода | Краткое описание метода | Состав технологического процесса | Основное оборудование и техоснастка |
|---------------------------|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. Замена старой кровли | 1. Устройство двухслойного ковра из наплавляемых рулонных материалов с помощью горелки взамен старой кровли | Разборка старой кровли и стяжки. Устройство и огрунтовка новой стяжки. Приклейка рулонных материалов | Газовая горелка, газовый баллон |
| | 2. Устройство трехслойного ковра из наплавляемых рулонных материалов с помощью горелки взамен старой кровли | То же | То же |
| | 3. Устройство трехслойного ковра из наплавляемых рулонных материалов с помощью инфракрасных излучателей взамен старой кровли | – " – | Кровельная машина с инфракрасными излучателями |
| | 4. Устройство трехслойного ковра из наплавляемых рулонных материалов с помощью растворителя взамен старой кровли | – " – | Ручной каток или агрегат для приклейки рулонных материалов |
| | 5. Устройство трехслойного рубероидного ковра на битумной мастике взамен старой кровли | – " – | Битумоварочный котел, ручной каток |

Продолжение табл. 6.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------|--|--|--|
| 1. Замена старой кровли | 6. Устройства четырехслойного рубероидного ковра на битумной мастике с устройством защитного слоя из гравия взамен старой кровли | Разборка старой кровли и стяжки. Устройство и огрунтовка новой стяжки. Приклейка рулонных материалов. Устройство защитного слоя из гравия | Битумоварочный котел, ручной каток |
| | 7. Устройство кровли с использованием измельченных отходов от разборки старой кровли | Разборка старой кровли и стяжки. Устройство и огрунтовка новой стяжки. Измельчение кровельных отходов. Приготовление (разогрев и перемешивание) битумно-картонной массы. Устройство однослойной кровли из битумно-картонной массы. Приклейка дополнительного слоя рулонного кровельного материала | Комплект оборудования для переработки битумных отходов |
| | 8. Устройство трехслойной мастичной кровли с армированием стеклосеткой взамен старой кровли | Разборка старой кровли и стяжки. Устройство и огрунтовка новой стяжки. Устройство трехслойной мастичной кровли с огрунтовкой стеклосетки | Битумный насос |

Продолжение табл. 6.1

| | | | |
|-------------------------------|--|---|--|
| 2. Устройство ремонтного слоя | 9. Приклейка двух слоев наплавляемого материала с помощью горелки поверх ремонтируемой кровли | Устранение вздутий в ремонтируемой кровле. Приклейка двух слоев наплавляемого материала | Газовая горелка, газовый баллон |
| | 10. Приклейка одного слоя наплавляемого материала с помощью горелки поверх ремонтируемой кровли | Устранение вздутий в ремонтируемой кровле. Приклейка одного слоя наплавляемого материала | То же |
| | 11. Приклейка одного слоя наплавляемого материала с помощью инфракрасного излучателя поверх ремонтируемой кровли | Устранение вздутий в ремонтируемой кровле. Приклейка одного слоя наплавляемого материала | Инфракрасные излучатели |
| | 12. Приклейка одного слоя наплавляемого рулонного материала с помощью растворителя поверх ремонтируемой кровли | Устранение вздутий в ремонтируемой кровле. Приклейка одного слоя наплавляемого материала | Ручной каток или агрегат для приклейки рулонных материалов |
| | 13. Приклейка одного слоя рубероида на горячей битумной мастике поверх ремонтируемой кровли | Устранение вздутий в ремонтируемой кровле. Приклейка одного слоя рубероида | Битумоварочный котел, ручной каток |
| | 14. Нанесение одного слоя холодной битумной или битумно-полимерной мастики поверх ремонтируемой кровли | Устранение вздутий в ремонтируемой кровле. Нанесение одного слоя битумной или битумно-полимерной мастики | Битумный насос |

Окончание табл. 6.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|---|---|
| 3. Восстановление монолитности и водонепроницаемости ремонтируемой кровли | 15. Термомеханическая обработка ремонтируемой кровли с использованием инфракрасных излучателей | Разогрев ремонтируемой кровли. Выравнивание поверхности кровли. Уплотнение кровли | Инфракрасные излучатели, ручной каток |
| | 16. Термомеханическая обработка ремонтируемой кровли с использованием гибких поверхностных электронагревателей (ГПЭН) | То же | ГПЭН, прикаточное устройство |
| 4. Восстановление монолитности и водонепроницаемости ремонтируемой кровли с устройством ремонтного слоя | 17. Термомеханическая обработка ремонтируемой кровли и при-клейка одного слоя наплавляемого материала с использованием инфракрасных излучателей | Разогрев ремонтируемой кровли. Выравнивание поверхности кровли Уплотнение кровли. Приклейка наплавляемого материала с помощью инфракрасных излучателей | Инфракрасные излучатели, кровельная машина с инфракрасными излучателями, ручной каток |
| | 18. Термомеханическая обработка ремонтируемой кровли с использованием инфракрасных излучателей и приклейка одного слоя наплавляемого материала с помощью горелки | Разогрев ремонтируемой кровли. Выравнивание поверхности кровли. Уплотнение кровли. Приклейка наплавляемого кровельного материала | Инфракрасные излучатели, газовая горелка, газовый баллон, ручной каток |
| | 19. Термомеханическая обработка ремонтируемой кровли с использованием ГПЭН и приклейка одного слоя наплавляемого материала с помощью горелки | Разогрев ремонтируемой кровли. Выравнивание поверхности кровли. Уплотнение кровли. Приклейка одного слоя наплавляемого материала с помощью горелки | ГПЭН, газовая горелка, газовый баллон, ручной каток |
| | 20. Термомеханическая обработка ремонтируемой кровли с использованием ГПЭН и нанесение холодной битумной мастики (эмульсии) | Выравнивание поверхности кровли. Уплотнение кровли. Нанесение битумной эмульсии | ГПЭН, ручной каток |

слоистых кровель в таблице условно не указаны следующие технологические операции:

- обеспечивающие устранение лишь определенного вида повреждений (например, вздутий, свищей или отслоений);

- по удалению с ремонтируемой кровли защитного слоя из гравия;

- вспомогательные и сопутствующие процессу ремонта многослойной кровли, например, по сушке и выравниванию основания под кровлю, устройству примыканий, установке водоприемных воронок и т.п.

В табл. 6.1 с целью сокращения не показано, но следует иметь в виду, что существует возможность сочетания технологических решений еще двух групп – первой и второй, когда, например, разборка кровли осуществляется не полностью, а только верхних (наиболее поврежденных) ее слоев, которые в процессе ремонта заменяются ремонтным слоем. Достаточно высокая эффективность такого сочетания технологических решений изначально гарантирована многократным сокращением материальных и людских затрат на ремонт кровли без увеличения массы покрытия.

Границы области и условия рационального применения допустимых методов можно описать параметрами и признаками. Применение методов за пределами этих границ (например, максимальных значений уклона и физического износа кровли, минимальных значений температуры атмосферного воздуха, толщины ремонтируемой кровли, электропотребления, объема ремонта) является неэффективным, а при несоблюдении таких условий как запрет на применение открытого огня при ремонте кровель из горючих материалов и недопустимость утяжеления покрытия при устройстве ремонтного слоя – и весьма опасным.

Приведем краткие описания области и условий рационального применения технологических решений по ремонту и реконструкции многослойных кровель.

Максимальный уклон кровли – Предельно допустимое значение параметра ремонтируемой кровли, выраженного через катет угла ее наклона к горизонту, умноженный на 100. При значительных уклонах кровли ограничено применение некоторых вариантов технологии ее ремонта, например, при уклоне свыше 10% не допускается нанесение слоев кровли из мастики и приклейка наплавляемых материалов с разжижением покровного слоя.

Максимальный физический износ кровли – предельное значение количественного показателя состояния кровли (характеризующего потерю ее потребительских свойств), при достижении которого устранение физического износа кровли определенным методом становится технически невозможным.

Минимальная температура атмосферного воздуха – предельное значение температуры атмосферного воздуха, ниже которого производство работ по ремонту кровли определенным методом технически невозможно или экономически нецелесообразно.

Минимальная толщина ремонтируемой кровли – предельное значение толщины водоизоляционного ковра, ниже которого не эффективно применять тот или иной вариант технологии ремонта кровель.

Минимальное электропотребление – расход электроэнергии, необходимый для работы одного комплекта кровельного оборудования.

Минимальный объем ремонта – экономически обоснованная минимальная площадь кровли, при ремонте которой целесообразно применение определенного технологического решения даже с учетом значительных затрат на транспортировку, установку и демонтаж необходимого оборудования.

Недопустимость утяжеления покрытия ремонтным слоем кровли – требование, ограничивающее применение методов ремонта, обеспечивающих увеличение толщины кровли (а значит и массы покрытия), например, при устройстве ремонтного слоя поверх ремонтируемой кровли.

6.2. Факторы, влияющие на выбор наиболее рационального метода ремонта или реконструкции кровель

Чаще всего выбор в пользу той или иной технологии делают по стоимости ремонта и заявленному поставщиком сроку службы используемого кровельного материала, совершенно не принимая во внимание безопасность метода, совместимость материалов в многослойной кровле, эксплуатационные расходы, возможность повторного использования материалов, ремонтпригодность, экологичность, эстетичность отремонтированной кровли и многие другие существенные факторы.

Иногда выбор технологии обуславливается необходимостью:

- поддержания в исправном состоянии весьма ветхой кровли в течение непродолжительного времени до капитального ремонта или сноса здания;
- быстрого (в аварийном порядке) устранения протечки кровли;
- уменьшения массы покрытия;
- замены или усиления теплоизоляции в утепленных покрытиях;
- повышения стойкости кровли к агрессивным воздействиям;
- временной консервации объекта и др.

Вместе с тем выбор метода ремонта и реконструкции многослойной кровли является достаточно сложной и ответственной задачей, правильное решение которой зависит от множества не только постоянных, но и изменяющихся во времени факторов.

В ходе специального научного исследования было выявлено по три внутренних и внешних фактора, которые могут влиять на выбор метода ремонта или реконструкции любой кровли. При этом внутренние, т.е. целевые факторы, относятся к технологии, применяемому оборудованию и состоянию кровли после ремонта или реконструкции), а внешние (ограничивающие) факторы – к исходному состоянию кровли (до ремонта или реконструкции), условиям производства ремонтных работ и дальнейшей эксплуатации кровли.

Внутренние факторы

1. *Эффективность технологии ремонта* – совокупный показатель, характеризующий результативность применения технологии.

2. *Качество кровельного оборудования* – совокупный показатель достоинств применяемого кровельного оборудования.

3. *Качество кровли после ремонта* – совокупность свойств отремонтированной кровли, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Внешние факторы

1. *Недостоверность информации о состоянии ремонтируемой кровли* – фактор, вызывающий увеличение стоимости и трудоемкости ремонта кровли из-за необходимости устранения в ней трудно выявляемых дефектов и повреждений.

2. *Производственный фактор* – фактор, существенно усложняющий условия производства работ вследствие внезапного ухудшения погоды и (или) сбоев в материально-техническом снабжении ремонтируемого объекта.

3. *Эксплуатационный фактор* – фактор, существенно снижающий надежность отремонтированной кровли, в случае ухудшения условий ее эксплуатации.

Каждый из указанных факторов может быть описан совокупностью параметров – показателей, характеризующих какое-либо свойство фактора. Всего было выявлено 28 таких параметров, перечень которых приведен в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Параметры факторов, которые могут влиять на выбор метода ремонта и реконструкции многослойных кровель

| Внутренние факторы и их параметры | Внешние факторы и их параметры |
|--|--|
| <p><i>Эффективность технологии</i></p> <p>Безотходность технологии. Диагностическая обеспеченность технологии. Загрязняемость атмосферного воздуха при ремонте кровли. Материалоемкость ремонта. Стоимость ремонта кровли. Травмоопасность технологии. Трудоемкость ремонта кровли</p> <p><i>Качество кровельного оборудования</i></p> <p>Возможность ремонта кровли с неровной поверхностью. Возможность устранения повреждений в местах примыкания кровли. Пожароопасность оборудования. Стоимость кровельного оборудования. Транспортабельность оборудования.</p> <p><i>Качество кровли после ремонта или реконструкции</i></p> <p>Долговечность верхнего слоя водоизоляционного ковра отремонтированной кровли. Защищенность отремонтированной кровли от вздутий. Защищенность отремонтированной кровли от расслаивания. Ремонтпригодность отремонтированной кровли. Светопоглощающая способность отремонтированной кровли. Эстетичность отремонтированной кровли</p> | <p><i>Недоверность информации о состоянии ремонтируемой кровли</i></p> <p>Деструкция материалов внутренних слоев ремонтируемой кровли. Наличие расслоений в ремонтируемой кровле</p> <p><i>Производственный фактор</i></p> <p>Ветреная погода. Дождливая погода. Зимние условия производства работ. Перебои в снабжении материалами. Перебои в электроснабжении</p> <p><i>Эксплуатационный фактор</i></p> <p>Опасность деформации основания под отремонтированной кровлей. Опасность засорения водотоводящих устройств отремонтированной кровли. Опасность обледенения водотоводящих устройств отремонтированной кровли</p> |

Параметры внутренних факторов

1. *Безотходность технологии* – параметр, отражающий эффективность технологического решения по количеству получаемых при разборке старой кровли вредных битумосодержащих отходов, нуждающихся в захоронении.

2. *Возможность ремонта кровли с неровной поверхностью* – параметр, характеризующий способность технологического решения обеспечивать нанесение ремонтного слоя или восстановление водонепроницаемости ремонтируемой кровли без предварительного выравнивания ее поверхности.

3. *Возможность устранения повреждений в местах примыкания кровли* – параметр, характеризующий способность технологического решения обеспечивать устранение повреждений в местах примыкания кровли к вертикальным поверхностям стен, вентиляционных шахт и других выступающих над ней конструкций.

4. *Диагностическая обеспеченность технологии* – параметр, характеризующий технологическое решение по наличию возможности применения неразрушающих методов и средств контроля качества работ.

5. *Долговечность верхнего слоя водоизоляционного ковра отремонтированной кровли* – расчетный остаточный срок службы верхнего (наиболее быстроизнашивающегося) слоя водоизоляционного ковра отремонтированной кровли с учетом окисления и термодеструкции материалов, происходящих при ее ремонте.

6. *Загрязняемость атмосферного воздуха при ремонте кровли* – показатель экологичности технологического решения, характеризующий опасность вредных выбросов в атмосферу при размягчении или разжижении на ремонтируемом объекте битумосодержащих кровельных материалов.

7. *Защищенность отремонтированной кровли от вздутий* – параметр, характеризующий способность техноло-

гического решения обеспечивать защиту отремонтированной многослойной кровли от вздутий.

8. *Защищенность отремонтированной кровли от расслаивания* – параметр, характеризующий способность технологического решения обеспечивать защиту отремонтированной многослойной кровли от расслаивания.

9. *Материалоемкость ремонта* – удельный вес строительных материалов в стоимости ремонтных работ.

10. *Пожароопасность оборудования* – параметр, характеризующий способность работающего оборудования вызвать пожар на крыше, вследствие воспламенения материалов кровли или применяемого оборудования. К наименее пожароопасному кровельному оборудованию можно отнести оборудование, предназначенного для ремонта кровель с применением холодных мастик, а к наиболее опасным – для наклейки наплавляемых кровельных материалов с использованием открытого пламени.

11. *Ремонтпригодность отремонтированной кровли* – приспособленность отремонтированной кровли к предупреждению и устранению причин возникновения отказов кровли и к устранению их последствий, посредством ремонтов и технического обслуживания.

12. *Светопоглощающая способность отремонтированной кровли* – свойство поверхности кровли поглощать часть падающего солнечного света, вызывая перегрев кровли и нижележащих слоев покрытия. Перегрев покрытия в свою очередь ухудшает температурный режим нижерасположенного помещения. Поскольку светопоглощающие поверхности (с высокой степенью черноты) одновременно обладают повышенной излучающей способностью – в холодное время года (особенно в темное время суток) они больше излучают тепла в атмосферу, вызывая дополнительные теплотери здания через покрытие.

13. *Стоимость кровельного оборудования* – денежная оценка всех затрат, необходимых на приобретение кровельного оборудования.

14. *Стоимость ремонта кровли* – денежная оценка всех затрат, необходимых на ремонт единицы площади кровли.

15. *Травмоопасность технологии* – параметр, учитывающий вероятность получения травм рабочими при нарушении правил техники безопасности. Наибольшую опасность для рабочих представляют используемые в технологическом процессе горячие битумные мастики, электрооборудование, открытое пламя горелок, баллоны с газом.

16. *Транспортабельность оборудования* – комплексный показатель, характеризующий приспособленность кровельного оборудования для транспортировки на крышу здания и зависящий от его габаритов, массы и формы.

17. *Трудоемкость ремонта кровли* – средняя величина времени (в чел-ч), затрачиваемая на ремонт единицы площади кровли.

18. *Эстетичность отремонтированной кровли* – способность поверхности кровли усиливать архитектурную выразительность здания.

Параметры внешних факторов

1. *Ветреная погода* – параметр, характеризующий влияние сильного ветра на ухудшение условий производства работ, вызывающего вынужденные перерывы в работе (устраиваемые из соображений техники безопасности) и снижение производительности труда (в основном из-за более медленного разогрева и быстрого остывания битумосодержащих кровельных материалов).

2. *Деструкция материалов внутренних слоев ремонтируемой кровли* – параметр, учитывающий ухудшение ремонтнопригодности ремонтируемой кровли с поврежденной структурой материалов внутренних слоев водоизоляционного ковра и

опасность возникновения трещин в кровле после его ремонта без замены поврежденных слоев.

3. *Дождливая погода* – параметр, характеризующий влияние часто повторяющихся дождей на ухудшение условий производства работ из-за вынужденных перерывов в работе, устраиваемых из соображений техники безопасности и необходимости высушивания увлажненных поверхностей ремонтируемой кровли или основания под новую кровлю.

4. *Зимние условия производства работ* – параметр, показывающий влияние понижения температуры атмосферного воздуха (до 0°С и ниже), на ухудшение условий производства работ, вызывающего снижение производительности труда из-за медленного разогрева и быстрого остывания битумосодержащих кровельных материалов, необходимость организации дополнительных перерывов в работе для обогрева рабочих и удаления с ремонтируемой кровли снега и льда.

5. *Наличие расслоений в ремонтируемой кровле* – параметр, учитывающий ухудшение ремонтпригодности ремонтируемой кровли при наличии в ней расслоений.

6. *Опасность деформации основания под отремонтированной кровлей* – параметр, учитывающий возможность повреждения отремонтированной кровли в процессе последующей эксплуатации в случае просадки и растрескивания стяжки или температурной деформации плит покрытия.

7. *Опасность засорения водоотводящих устройств отремонтированной кровли* – параметр, учитывающий опасность ухудшения условий эксплуатации отремонтированной кровли в случае засорения водоприемных воронок, ендов или настенных желобов, в результате которого на кровлю воздействует гидростатическое давление в местах скопления дождевой или талой воды.

8. *Опасность обледенения водоотводящих устройств отремонтированной кровли* – параметр, учитывающий опасность ухудшения условий эксплуатации отремонтированной

кровли, в случае обледенения в холодное время года карнизных свесов и настенных желобов, когда под слоем снега на кровлю воздействует гидростатическое давление талой воды.

9. *Перебои в снабжении материалами* – параметр, учитывающий опасность ухудшения условий производства работ, которое может возникнуть при временном отсутствии или нехватке на объекте кровельных материалов и вызвать вынужденные перерывы в работе кровельщиков и простои в использовании кровельного оборудования.

10. *Перебои в электроснабжении* – параметр, учитывающий опасность ухудшения условий производства работ, которое может возникнуть при временном прекращении электроснабжения объекта, вызывая вынужденные перерывы в работе кровельщиков из-за невозможности использования кровельного электрооборудования и грузоподъемных механизмов.

В число параметров внешних факторов, которые могут влиять на выбор рационального метода ремонта и реконструкции кровель, здесь не включены неблагоприятные условия производства работ, возникающие по вине производителя работ, такие как недостаточная освещенность объекта, неисправность оборудования и инструментов, низкая квалификация и недобросовестность исполнителей, опасность хищения на ремонтируемом неохраняемом объекте кровельных материалов и оборудования, а также весьма малая, но все-таки существующая вероятность повреждения отремонтированной кровли при авариях и стихийных бедствиях (пожарах, землетрясениях и т.д.).

Определение численных значений (оценивание) параметров может быть объективным или субъективным. Объективное оценивание производится измерительными приборами, действие которых основано на использовании физических законов или на основании данных, полученных из нормативно-справочной литературы. Субъективное оценивание производится человеком (экспертом), обладающим специальными

знаниями, который как бы выполняет роль измерительного прибора. Естественно, что при субъективном измерении на его результаты влияет психология мышления человека.

Более точно оцениваются объективные свойства, чем субъективные. Во втором случае эксперт должен перевести свои оценки на шкалу плотности – на некоторую цифровую систему, например, от 1 до 10. Достоинством экспертного оценивания параметров является простота осуществления процедур. Однако эксперт из-за ограниченных возможностей человеческого мозга практически не в состоянии одновременно оценивать более 20 объектов.

При объективном оценивании таких параметров можно использовать данные из литературных источников, прайс-листов различных предприятий-изготовителей, а также из результатов многолетних наблюдений технического состояния кровель.

Следует отметить, что большинство параметров существенно отличаются друг от друга по степени их важности. Так, например, наиболее важными параметрами внутренних факторов являются стоимость ремонта и долговечность отремонтированной кровли, а наименее важными – эстетичность кровли и светопоглощающая способность ее поверхности. Степень важности параметров оценивают с помощью экспертов или субъектов многокритериального выбора наиболее эффективного метода.

6.3. Алгоритм многокритериального выбора метода ремонта или реконструкции кровель

В многокритериальном исследовании параметры, определяющие возможность достижения цели, принимают в качестве локальных критериев, на основании которых производится оценка соответствия решения заданному результату при данных ограничениях.

Рассматриваемая задача выбора наиболее эффективного метода ремонта или реконструкции кровли с учетом некоторого множества факторов относится к многокритериальным статическим задачам в условиях влияния неопределенных факторов стохастической природы.

Природа в теории статистических решений рассматривается как некая незаинтересованная инстанция, поведение которой неизвестно, но, во всяком случае, не содержит элемента враждебности и сознательного противодействия достижению поставленных целей. В соответствии с указанной теорией при выборе наиболее эффективного метода ремонта или реконструкции кровли с учетом влияния неопределенных факторов стохастической природы рекомендуется использовать принципы недостаточного обоснования и принцип гарантированного результата.

Принцип недостаточного обоснования используют, когда отсутствует некоторая информация о возможных состояниях природы и их вероятности назначаются равными друг другу, а выбор осуществляют по наибольшему ожидаемому результату (по совокупному критерию Лапласа).

Принцип гарантированного результата используют, когда информация о вероятностях возможных состояний природы полностью отсутствует. При этом выбирают решение, гарантирующее в наихудших условиях максимальный результат (по глобальному критерию Вальда).

Исходя из этих определений, задача многокритериального выбора варианта технологии относится к слабоструктурированным задачам.

Информация, необходимая для многокритериального выбора рационального решения представляется в форме матрицы, i -тая строка которой соответствует решению из множества допустимых решений, а j -тый столбец соответствует локальному критерию из множества учитываемых критериев. Такая матрица является матрицей исходных данных.

Многокритериальный выбор наиболее эффективного варианта технологии с учетом внутренних и внешних факторов выполняется в несколько этапов.

На первом и втором этапах для каждого из сравниваемых вариантов технологии с помощью специальных математических формул производится нормализация значений локальных критериев соответственно внутренних факторов, т.е. приведение их к общему (безразмерному) виду.

Данный этап завершается составлением двух матриц нормализованных значений элементов для внутренних и внешних факторов.

Для учета влияния показателя приоритетности локальных критериев (для внутренних и внешних факторов) их нормализованные значения следует корректировать по формуле

$$\mu''_{ij} = 1 - (1 - \mu_{ij})p,$$

где μ''_{ij} – скорректированное нормализованное значение μ_{ij} локального критерия с учетом показателя приоритетности; p – показатель приоритетности локального критерия (от 0 до 1).

При этом если показатель приоритетности локального критерия равен 1 (максимальному значению), то его нормализованное значение остается неизменным, а если менее 1 – значение увеличивается, уходя из области значений, ограничивающих применение сравниваемого варианта технологии. При показателе приоритетности равном нулю любое скорректированное нормализованное значение локального критерия приравнивается 1.

На третьем этапе согласно принципу недостаточного обоснования для каждого варианта технологии определяется совокупный критерий оптимальности Лапласа для группы внутренних факторов, который в данном случае будет равным среднему арифметическому скорректированных нормализованных значений всех локальных критериев.

На четвертом этапе при сравнении значения указанного критерия Лапласа со скорректированными нормализованными значениями локальных критериев внешних факторов выбирается минимальное. В завершении этапа составляется матрица свертки критериев внутренних и внешних факторов.

На пятом (заключительном) этапе, руководствуясь принципом гарантированного результата, определяют наиболее рациональный вариант технологии с помощью глобального критерия Вальда, известного в теории статистических решений как «максимин», т.е. лучшее из худших.

При этом наиболее рациональным (оптимальным) является допустимый метод ремонта или реконструкции кровли, соответствующий максимальному значению из минимальных значений совокупности скорректированных нормализованных значений локальных критериев внешних факторов и значения глобального критерия Лапласа.

Графически представить результаты свертки локальных критериев, оценивающих внутренние и внешние факторы, а также и глобальные критерии Лапласа и Вальда можно с помощью замкнутых радиальных диаграмм. В качестве осей координат в такой диаграмме используются радиусы окружности (лучи).

Примером, иллюстрирующим процесс выбора наиболее эффективного варианта технологии из двух альтернативных по неограниченному количеству локальных критериев внутренних и шести локальным критериям внешних факторов, могут послужить радиальные диаграммы, представленные на рис. 6.1.

Минимальные значения среди нормализованных значений локальных критериев внешних факторов и значения совокупного критерия оптимальности Лапласа внутренних факторов, характеризующих 1-й и 2-й варианты технологического решения, соответственно у критерия K_3 (равное 0,2) и у критерия K_1 (равное 0,35).

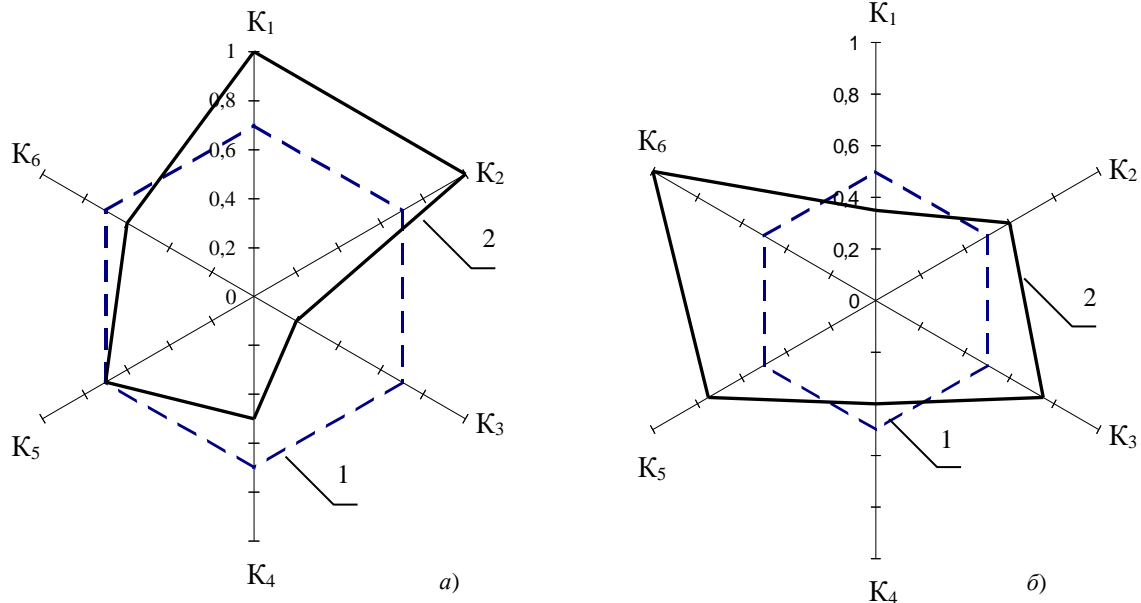


Рис. 6.1. Радиальные диаграммы свертки локальных критериев сравниваемых технологических решений:
a – 1-й вариант технологии; *б* – 2-й вариант технологии; 1 – ряд среднеарифметических значений критериев внутренних факторов для варианта решения; 2 – ряд значений критериев внешних факторов для варианта решения;
 K₁– K₆ – критерии внешних факторов для варианта решения

Наибольшим из указанных минимальных значений локальных критериев является K_1 , относящийся ко второму варианту. Следовательно, оптимальным вариантом технологического решения в данном примере с двумя альтернативами является именно 2-й вариант.

Указанный алгоритм положен в основу экспертной автоматизированной системы «Многослойные кровли: оптимизация технологии ремонта с учетом технического состояния».

6.4. Краткое описание экспертной автоматизированной системы для выбора метода ремонта многослойных кровель

Для многокритериального выбора наиболее эффективного метода ремонта или реконструкции многослойных кровель на кафедре технологии строительного производства Ростовского государственного строительного университета разработана и внедрена в производство экспертная автоматизированная система «Многослойные кровли. Оптимизация технологии ремонта с учетом их технического состояния» [17]. Данная экспертная система предназначена для предприятий и организаций, занимающихся не только проектированием и ремонтом кровель зданий, но и финансирующим и контролирующим этот вид деятельности.

Основными блоками экспертной автоматизированной системы являются:

1. Блок настройки параметров. Здесь происходит задание локальных критериев и интервалов их оценивания (с изменением при корректировке либо при вводе данных).

2. База данных. В ней содержатся исходные данные для 20 вариантов технологии с экспертными оценками по 28 локальным критериям.

3. Блок обработки. В этом блоке происходит обработка исходных данных при помощи методов теории нечетких множеств и теории статистических решений, положенных в основу математической модели задачи многокритериальной оптимизации технологических решений по ремонту многослойных кровель.

Схема работы данной автоматизированной экспертной системы представлена на рис. 6.2, а ее окна – на рис. 6.3 и 6.4.

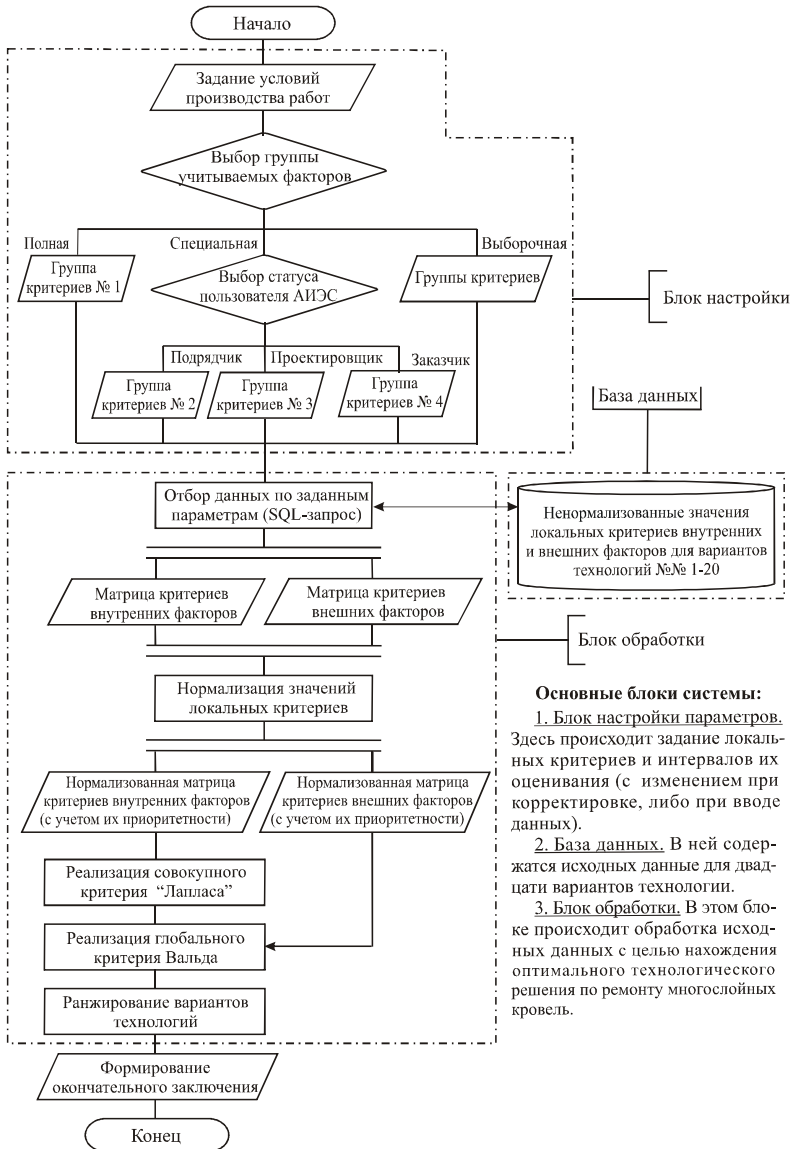


Рис. 6.2. Блок-схема Экспертной автоматизированной системы «Многослойные кровли: оптимизация технологии ремонта с учетом их технического состояния»

АЗС "Многослойные кровли: оптимизация технологии ремонта с учетом технического состояния"

Действия: [Информация](#)

Для поиска оптимальной технологии ремонта многослойной кровли введите исходные данные об объекте и субъекте поиска. После ввода всех данных нажмите на кнопку **Выполнить поиск**

Наименование или адрес объекта

Группа учитываемых критериев

Субъект поиска

Условия производства работ

Максимальный уклон кровли, %

Максимальный физический износ кровли, %

Минимальная температура атмосферного воздуха, °C

Минимальная толщина ремонтируемой кровли, мм

Минимальное электропотребление, кВт·ч

Минимальный объем ремонта, м²

Не допустимо применение открытого огня

Не допустимо утолщение покрытия при ремонте

Критерии внутренних факторов

- Безотходность технологии
- Возможность ремонта кровли с неровной поверхностью
- Возможность ремонта мест примыкания кровли
- Диагностическая обеспеченность технологии
- Долговечность верхнего слоя отремонтированной кровли
- Загрязняемость атмосферного воздуха при ремонте кровли
- Защищенность отремонтированной кровли от вздутий
- Защищенность отремонтированной кровли от расслаивания
- Материалоемкость ремонта
- Пожароопасность оборудования
- Ремонтпригодность отремонтированной кровли
- Светопоглощающая способность отремонтированной кровли
- Стоимость кровельного оборудования
- Стоимость ремонта кровли
- Травмоопасность технологии
- Транспортная способность оборудования
- Трудоемкость ремонта кровли
- Эстетичность отремонтированной кровли

Критерии внешних факторов

- Ветреная погода
- Деструкция материалов внутренних слоев ремонтируемой кровли
- Дождливая погода
- Зимние условия производства работ
- Наличие распушений в ремонтируемой кровле
- Опасность просадки основания под ремонтируемой кровлей
- Опасность засорения водосточных устройств кровли
- Опасность обледенения карнизных участков кровли
- Перебои в снабжении материалами
- Перебои в электроснабжении

Рис. 6.3. Окно экспертной автоматизированной системы для ввода данных

АЗС "Многослойные кровли: оптимизация технологии ремонта с учетом технического состояния"

Результат поиска наиболее эффективной технологии ремонта многослойной кровли здания: Текучева, 207

Субъект поиска: **проектировщик.**

Рассмотрено **20** вариантов технологии (с учетом **11** внутренних и внешних факторов).

Из них отклонено с учетом технического состояния кровли и условий производства работ: **6** вариантов.

| Место | Варианты технологии | Состав технологического процесса | Основное оборудование и техника | Критерий эффективности ("минимум") | Подробная информация о технологии |
|-------|---|--|---|------------------------------------|--|
| 1 | Наклейка трехслойного ковра из наплавляемого рулонного материала с помощью горелки взамен старой кровли. | Разборка старой кровли и стяжки. Устройство новой стяжки. Наклейка нового ковра. | Ручная газовая или жидкостная горелка либо машина для наклейки наплавляемых рулонных материалов огневым способом (СО-121А и др.). | 0,259 | Паспорт технологического процесса № 4-6. |
| 2 | Наклейка двухслойного ковра из наплавляемого рулонного материала с помощью горелки взамен старой кровли. | Разборка старой кровли и стяжки. Устройство новой стяжки. Наклейка нового ковра. | Ручная газовая или жидкостная горелка либо машина для наклейки наплавляемых рулонных материалов огневым способом (СО-121А и др.). | 0,259 | Паспорт технологического процесса № 4-6. |
| 3 | Термомеханическая обработка ремонтируемой кровли с использованием гибких нагревательных элементов и наклейка одного слоя наплавляемого материала с помощью горелки. | Пробивка отверстий в местах распушений (в кровле и стяжке). Заполнение полостей в кровле эмульсией. Разогрев ремонтируемой кровли. Выравнивание поверхности кровли. Уплотнение кровли. | Комплект переносного оборудования для термомеханической обработки кровель конструкции РНИИ АЮС. | 0,164 | Паспорта технологического процесса №№ 17 и 21. |

Рис. 6.4. Окно экспертной автоматизированной системы с результатами многокритериальной оптимизации

Экспертная система позволяет выполнять поиск наиболее эффективного метода ремонта или реконструкции, как с учетом, так и без учета интересов субъекта поиска (заказчика, подрядчика или проектировщика), т.е. лица, принимающего решение (ЛПР).

Если статус пользователя не установлен, то из предлагаемого списка факторов можно выбрать любое их количество (и в любом сочетании) или автоматически сформировать полную совокупность факторов. Во втором случае поиск оптимального решения осуществляется с учетом всех из числа предлагаемых факторов.

Экспертная система позволяет не рассматривать в качестве альтернативных недопустимые варианты технологии, не удовлетворяющие условиям их рационального применения.

Практическое использование ЭАС «Многослойные кровли. Оптимизация технологии ремонта с учетом их технического состояния» заключается в том, что пользователь, взаимодействуя с экспертной системой, передает ей запросы и получает ответ в виде конкретного решения задачи многокритериального выбора метода ремонта или реконструкции, либо в форме рекомендации. При желании пользователь может выяснить причину выбора того или иного решения, не вникая в суть программного обеспечения, и получить объяснение действий экспертной системы при обосновании результата решения.

Для пользователей экспертной автоматизированной системы составлены рекомендации, объясняющие порядок работы.

Библиографический список

1. СП 17.13330.2011. Кровли. Актуализированная редакция СНиП II-26-76. – М.: ЦПП, 2011. – 69 с.

2. ВСН 58-88 (р). Положение об организации, проведении реконструкции, ремонта и технического обследования жилых зданий объектов коммунального хозяйства и социально-культурного назначения / Госкомархитектуры. – М.: Стройиздат, 1990. – 32 с.

3. СП 71.13330.2017. Изоляционные и отделочные покрытия. Актуализированная редакция СНиП 3.04.01-87. – М.: ЦПП, 2017. – 82 с.

4. ВСН 53-86(р). Правила оценки физического износа жилых зданий / Госкомархитектуры. – М.: Прейскурантиздат, 1988. – 69 с.

5. Правила противопожарного режима в Российской Федерации. – М.: Норматика, 2017. – 64 с.

6. Gränne F. Air and Water Tightness in Building Envelopes - Evaluation of Methods for Quality Assurance // Division of building technology. Stockholm 2001. Bulletin. – № 187. –Р. 1-84.

7. Способ выявления скрытых дефектов и повреждений в многослойной кровле и устройство для его осуществления: пат. 2230313 РФ: МПК G01N 27/22 / А.Л. Жолобов, А.И. Костиц, В.Я. Ротань; патентообладатель А.Л. Жолобов. – № 2003101789/28; заявл. 22.01.2003; опубл. 10.06.2004. – Бюл. № 16. – 7 с.

8. Многослойные кровли: автоматизация учета технического состояния. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2004611310 / Е.А. Жолобова, А.Л. Жолобов (РФ). – 1 с.

9. Термоэлектрический мат для разогрева водоизоляционного ковра при ремонте и устройстве рулонных и мастичных кровель: пат. 2158810 Рос. Федерация: МПК E04D 15/06, H05B 3/36 / А.Л. Жолобов; патентообладатель А.Л. Жолобов. – № 98116441/03; заявл. 01.09.1998; опубл. 10.11.2000. – Бюл. № 31. – 17 с.

10. Способ восстановления водонепроницаемости гидроизоляционного покрытия строительных конструкций: пат. 2085675 Рос. Федерация: МПК E04D 5/02 / А.Л. Жолобов; патентообладатель Ростовский НИИ АКХ им. К.Д. Памфилова. –

№ 93 93051507; заявл. 02.11.1993; опубл. 27.03.1996. – Бюл. № 5. – 6 с.

11. Устройство для прикатки гидроизоляционного материала: пат. 2018600 Рос. Федерация: МПК E04D 15/06 / А.Л. Жолобов, В.А. Малахов; патентообладатель Ростовский НИИ АКХ им. К.Д. Памфилова. – № 5034464/33; заявл. 26.03.1992; опубл. 30.08.1994. – Бюл. № 16. – 6 с.

12. Способ устранения расслоений в кровле из битумных рулонных материалов: пат. 2260098 Рос. Федерация: МПК E04G 23/02, E04D 15/06 / А.Л. Жолобов, Р.А. Ротаненко; патентообладатель А.Л. Жолобов. – № 2004101731/03; заявл. 20.01.2004; опубл. 10.09.2005. – Бюл. № 25. – 4 с.

13. Жолобов А.Л. Современные методы устройства кровель зданий: учеб. пособие / А.Л. Жолобов, Е.А. Жолобова. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит ун-т, 2011. – 63 с.

14. Способ защиты водоизоляционного ковра от вздутий при ремонте и устройстве кровель: пат. 2081976 Рос. Федерация: МПК E04D 5/00 / А.Л. Жолобов, А.И. Костриц, В.Я. Ротань; патентообладатель Ростовский НИИ АКХ им. К.Д. Памфилова. – № 94 94019470; заявл. 26.05.1994; опубл. 20.06.1997. – Бюл. № 12. – 3 с.

15. Способ защиты водоизоляционного ковра от вздутий при устройстве утепленных покрытий зданий с выравнивающей стяжкой, уложенной по теплоизоляции: пат. 2249659 Рос. Федерация: МПК E04D 5/00 / А.Л. Жолобов, А.Л. Четвериков; патентообладатель А.Л. Жолобов, А.Л. Четвериков. – № 2003113063/03; заявл. 05.05.2003; опубл. 10.04.2005. – Бюл. № 10. – 5 с.

16. Способ защиты водоотводящего устройства совмещенной кровли от обледенения: пат. 2198273 Рос. Федерация: МПК E04D 13/076 / А.Л. Жолобов, А.Л. Четвериков; патентообладатель А.Л. Жолобов, А.Л. Четвериков. – № 2001116552/03; заявл. 13.06.2001; опубл. 10.02.2003. – Бюл. № 4. – 5 с.

17. Многослойные кровли: оптимизация технологии ремонта с учетом технического состояния. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2004612108 / Е.А. Жолобова, А.Л. Жолобов (РФ). – 1 с.

Оглавление

| | |
|---|----|
| 1. ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ КРОВЕЛЬ..... | 3 |
| 1.1. Основные понятия о кровлях и видах ремонта..... | 3 |
| 1.2. Агрессивные воздействия на кровли и их износостойкость..... | 4 |
| 1.3. Дефекты и повреждения кровель..... | 9 |
| 1.4. История развития методов ремонта и реконструкции кровель..... | 17 |
| 2. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ КРОВЕЛЬ..... | 21 |
| 2.1. Диагностически ценные признаки и параметры, описывающие состояние кровель и качество их ремонта. | 21 |
| 2.2. Современные методы и средства выявления скрытых протечек в кровлях | 23 |
| 2.3. Новые методы неразрушающего контроля качества кровель по диагностическим параметрам | 30 |
| 3. МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ КРОВЕЛЬ..... | 38 |
| 3.1. Восстановление водонепроницаемости и монолитности кровель из битумосодержащих материалов при ремонте | 38 |
| 3.2. Новый метод устранения расслоения картонной основы в рулонных кровлях | 49 |
| 3.3. Эффективные методы выравнивания поверхности ремонтируемой кровли | 52 |
| 3.4. Современные методы устройства ремонтного слоя на кровлях из битумосодержащих материалов | 55 |
| 3.5. Рекомендации по выбору материалов для ремонтного слоя кровли | 59 |
| 3.6. Интенсификация методов сушки теплоизоляции под ремонтируемой кровлей | 62 |
| 3.7. Современные методы устранения повреждений в кровлях из штучных и волнистых материалов, а также из металлических листов | 67 |

| | |
|--|-----|
| 4. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ РУЛОННЫХ И МАСТИЧНЫХ КРОВЕЛЬ ОТ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ..... | 70 |
| 4.1. Механизм роста вздутий в многослойной кровле и новые методы предотвращения их появления | 70 |
| 4.2. Методы профилактики расслоения многослойных кровель | 82 |
| 4.3. Рациональные методы повышения трещиностойкости многослойной кровли | 86 |
| 5. МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ КРОВЕЛЬ | 95 |
| 5.1. Конструктивные недостатки существующих кровель.. | 95 |
| 5.2. Методы разборки кровель и утилизации получаемых отходов | 98 |
| 5.3. Способы дополнительного утепления покрытий с заменой рулонной или мастичной кровли | 104 |
| 5.4. Методы защиты водоотводящих устройств реконструируемой кровли от обледенения в холодное время года | 108 |
| 6. МЕТОДИКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА МЕТОДА РЕМОНТА ИЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ МНОГОСЛОЙНОЙ КРОВЛИ | 112 |
| 6.1. Принципы выбора допустимых методов ремонта..... | 112 |
| 6.2. Факторы, влияющие на выбор наиболее рационального метода ремонта или реконструкции кровель..... | 119 |
| 6.3. Алгоритм многокритериального выбора метода ремонта или реконструкции кровель..... | 127 |
| 6.4. Краткое описание экспертной автоматизированной системы для выбора метода ремонта многослойных кровель | 132 |
| Библиографический список | 136 |

Учебное издание

Жолобов Александр Леонидович
Жолобова Елена Александровна

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕМОНТА И РЕКОНСТРУКЦИИ КРОВЕЛЬ ЗДАНИЙ

Редактор Е.В. Хейгетян
Компьютерная обработка: Е.В. Хейгетян

В печать 26.04.2018.
Формат 60x84/16. Объем 8,75 усл. п.л.
Тираж 100 экз. Заказ № 129. Цена свободная

Издательский центр ДГТУ
Адрес университета и полиграфического предприятия:
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1.