

УДК 692.4

Черноуван В.Н., Черноуван Н.В., Черноуван А.В.

ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОВМЕЩЕННЫХ УТЕПЛЕННЫХ РУЛОННЫХ КРОВЕЛЬ

Совмещенные утепленные рулонные кровли с прямым размещением слоев составляют основной объем кровель жилых эксплуатируемых и возводимых зданий. Применение плитных утеплителей и наплавляемых рулонных кровельных материалов с защитной заводской посыпкой позволили существенно снизить затраты на устройство совмещенных утепленных рулонных кровель. На сегодня стоимость их возведения почти на 15% ниже, чем скатных кровель.

Однако, как показывает практика, уже по истечению 3...5 лет эксплуатации, совмещенные утепленные рулонные кровли нуждаются в текущем ремонте – ликвидации протечек. Этот ремонт, как правило, сводится к наклейке дополнительных слоев рулонного водоизоляционного материала на участках возникших протечек кровли [1]. Анализ результатов выполненных натурных обследований эксплуатируемых утепленных совмещенных рулонных кровель по оценке их технического состояния [2], позволил сделать вывод, что основными причинами, приводящими к появлению в них протечек, являются:

- деструкция (разрушение) битумного вяжущего в водоизоляционном рулонном материале водоизоляционного ковра от ультрафиолетового излучения (солнечной радиации) на участках кровли, где отсутствует защитный слой;
- появление и разрыв воздушных мешков кровельного рулонного ковра в результате увеличения влажности материала теплоизоляционного слоя в процессе эксплуатации кровли.

На сегодня проблема снижения разрушительного воздействия ультрафиолетового излучения на битумное вяжущее рулонного водоизоляционного материала (деструкцию) на практике эффективно решается за счет применения защитных посыпок. Массовое применение в качестве заводской защитной посыпки получило дешевое покрытие из асбазгеля. Однако, как показали натурные исследования, в течение 5...6 лет эксплуатации совмещенных кровель слой защитной заводской посыпки практически полностью разрушается на участках кровли с большими уклонами – у водоприемных воронок. В связи с этим, рекомендуется на участках кровель с большими уклонами применять для наплавляемых кровельных рулонных материалов заводскую защитную посыпку из минеральных пород: кровельный спанек, базальтовые гранулы и др [3].

Учитывая, что технологии восстановления разрушенной защитной посыпки (слоя) на эксплуатируемых кровлях достаточно просты и накопленный опыт их массового применения позволяет говорить об их эффективности, техническую часть проблемы обеспечения эксплуатационных характеристик рулонного водоизоляционного материала на битумном вяжущем от деструкции можно считать решенной [1]. Очевидно, что своевременность ее решения полностью зависит от четкого исполнения нормативных документов, регламентирующих требования по эксплуатации совмещенных рулонных кровель.

Если основные требования по части кровельных водоизоляционных материалов определены нормативными документами [4, 5, 6] то, что касается утеплителей, требования по их выбору для устройства кровель в качестве теплоизоляционного слоя совмещенных кровель, в действующих нормативных документах не регламентируются.

На сегодняшний день нет понимания того, что утеплители, рас-

положенные в кровельных слоях, находятся в чрезвычайно сложных режимах эксплуатации. Прежде всего, это увлажнение теплоизоляционного материала парами воздуха, который поступает через конструкцию совмещенного покрытия здания, какой бы эффективной не была пароизоляция. Кроме того, увлажнение утеплителя происходит в процессе производства кровельных работ. В результате увлажнения теплотехнические характеристики теплоизоляционных материалов существенно снижаются.

Теплоизоляционный слой совмещенных кровель, в процессе эксплуатации подвергается циклическим нагрузкам (снег), которые создают в материале утеплителя напряжения сжатия. Сосредоточенные нагрузки (вес кровельщика с инструментом) действующие на материал теплоизоляционного слоя, как в процессе устройства кровли, так при ее ремонте, так же приводят к повреждениям пористой структуры утеплителей. В результате полученных деформаций плотность материала утеплителей возрастает, что так же отрицательно сказывается на их эксплуатационной эффективности.

За весь период массового возведения совмещенных утепленных кровель (а это более 50 лет) в качестве теплоизоляционного слоя были применены различные утеплители. Наибольший объем кровель был возведен с использованием следующих утеплителей:

- засыпные (гравий керамзитовый, аглопорит, перлит);
- плитные (газосиликатные блоки, минераловатные плиты на битумном связующем, арболит, плиты фибролитовые и др.).

Результаты проведенных натурных исследований показали. После эксплуатации в течение 20...25 лет в качестве утеплителя совмещенных кровель влажность гравия керамзитового достигла почти 20%, а теплотехнические характеристики материала снизились почти на 40% по сравнению с расчетами [7].

Пробы отобранные из газосиликатных блоков, из вскрытых совмещенных кровель, эксплуатируемых в течение 15...20 лет, показали:

- плотность материала составляет 600...650 кг/м³;
- весовая влажность материала утеплителя достигает почти 35%. Техническое состояние газосиликатных блоков можно оценить как «неудовлетворительное» – силикат перешел в вязкую массу [7].

Выполненные детальные обследования совмещенных кровель с утеплителем из минераловатных плит на битумном связующем, эксплуатируемых в течение 15...20 лет [7], показали:

- фактическая (зафиксированная) плотность материала утеплителя составляет от 350 кг/м³ до 450 кг/м³. Следует отметить, что первоначальная максимальная плотность плит не превышала 200 кг/м³;
- коэффициент теплопроводности увеличился почти на 40% по сравнению со значениями, определенными нормативными документами [8];
- толщина слоя утеплителя уменьшилась на 40...45% по сравнению с первоначальной.

С учетом выше изложенного, можно сделать вывод, что срок эффективной эксплуатации массово применяемых в 1965...1990 гг. утеплителей составляет 15...20 лет.

В последние 10...15 лет в качестве теплоизоляции при устройстве совмещенных утепленных рулонных кровель массово применяются плитные утеплители: полимерный плитный утеплитель (пе-

Черноуван Вячеслав Николаевич, к.т.н., профессор, профессор кафедры технологии строительного производства Брестского государственного технического университета

Черноуван Николай Вячеславович, к.т.н., доцент кафедры сопротивления материалов и теоретической механики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

нополистирольной пенопласт марки ПСБС) или волокнистые плитные утеплители (в основном «ROCRWOOL», «Белтеп» и др.).

В действующих нормативных документах Республики Беларусь (п. 5.32 [9]) даны рекомендации по применению экструдированных пенополистирольных плит в инверсионных кровлях. Рекомендации по области эффективного применения пенополистирольных плит в совмещенных кровлях возводимых зданий в [9] отсутствуют. В нормативных документах Российской Федерации [10] пенополистирол плотностью не менее 40 кг/м³ рекомендовано применять в совмещенных утепленных кровлях. Следует отметить, что пенополистирол такой плотности можно получить при прессовом методе или методе экструзии.

В последние 10...15 лет в Республики Беларусь при возведении совмещенных утепленных рулонных кровель в больших объемах применяются плиты из беспрессового пенополистирола. Обусловлено это тем, что стоимость 1 м³ плит беспрессового пенополистирола более чем в 1,6 раза ниже, чем минераловатных плит и почти в 2 раза ниже прессового пенополистирола.

На сегодня отсутствует официально утверждённая методика определения долговечности пенополистирольных плит и ограждающих конструкций с их применением. Основным препятствием в её разработке является неординарное поведение пенополистирола в условиях эксплуатации [11, 12].

Однако, как показала практика эксплуатации плит беспрессового пенополистирола в качестве утеплителя в совмещенных утепленных рулонных кровлях, этот материал имеет ряд существенных недостатков. Одним из основных недостатков, не позволяющим рекомендовать его к применению в совмещенных кровлях является высокое значения коэффициента линейного расширения (70 10⁻⁶/К). При градиенте температуры 30⁰ С это приводит к появлению зазоров между плитами пенополистирола шириной до 2,5 мм. Летом при прогреве крыши до 80⁰ С удлинение плит утеплителя достигает 10 мм. В результате деформаций (удлинения) плитного утеплителя в водоизоляционном ковре появляются дополнительные растягивающие напряжения, которые приводят к разрывам рулонного материала, на участках жестко соединенных (приклеенных) к ним. Зимой, при отрицательных температурах наружного воздуха, плиты утеплителя уменьшаются в размерах. В результате их укорочения, между ними образуются зазоры, и как следствие этого – «мостики холода».

Вспененные полимерные утеплители, к которым относится и плитный беспрессовый пенополистирол, благодаря ячеистой структуре (до 75-95% закрытых пор) практически водонепроницаемы, но паропроницаемы. В связи с этим, применение их в качестве утеплителя в совмещенных кровлях с водоизоляционным ковром из рулонных наплавляемых битумных кровельных материалов, имеющих высокое сопротивление паропропусканию (рубероид толщиной слоя 1,5 мм R_п = 1,1 м² ч·Па/мг [9]) приводит к тому, что водяной пар поступающий из помещений зданий проникает в ячейки утеплителя, концентрируется и удерживается внутри их. Это приводит как к ухудшению теплотехнических характеристик материала в целом, так и снижению морозостойкости утеплителя.

Учитывая, изложенное выше, а так же требования действующих пожарных норм Республики Беларусь о необходимости устройства по плитному утеплителю из беспрессового пенополистирола цементно-песчанной стяжки толщиной 25...40 мм, сегодня при возведении новых зданий и реконструкции эксплуатируемых, предпочтение отдается негорючим волокнистым минераловатым плитам.

Однако, как показывает практика [13], по истечении 6...10 лет эксплуатации в качестве утеплителя совмещенных рулонных кровель прочность на сжатие и стабильность размеров волокнистых минераловатных плит на основе связующего из фенолоформальдегидных смол существенно снижаются.

Исследованиями установлено [14], что при одновременном воздействии повышенной температуры и влажности (водяной пар из помещений), связующие на основе фенолоформальдегидных смол вымывается из плитного утеплителя, что приводит к снижению плотности плитного материала и в дальнейшем расслоению волокон каменной ваты в утеплителе. При эксплуатации в совмещенных кровлях с водоизоляционным ковром из наплавляемых рулонных материалов, которые практически воздухонепроницаемы, в результате конденсации пара, поступающего из помещений, проникновения атмосферной влаги в утеплитель в местах повреждения

водоизоляционного ковра плиты насыщаются влагой. Расслоение волокон в плитном утеплителе и насыщение плит влагой приводит к их разбуханию и, как следствие [13]:

- развитию дополнительных растягивающих напряжений в местах закрепления рулонного водоизоляционного материала, приводящих к появлению разрывов в самом материале;
- снижению прочности плит на сжатие, что приводит (из-за недостаточной прочности основания) к прорывам водоизоляционного ковра в процессе эксплуатации (снеговая нагрузка);
- существенному ухудшению морозостойкости материала утеплителя.

Результаты, выполненных натурных обследований технического состояния совмещенных рулонных кровель с утеплителем из волокнистых минераловатных плит подтверждают выше изложенное.

Так влажность волокнистых минераловатных плит марки «ROCKWOOL DACHROCK» плотностью от 175 кг/м³ до 220 кг/м³ в течение 5 лет эксплуатации в совмещенной кровле из рулонных наплавляемых материалов достигла почти 35%. [15]. Сопротивление теплопередаче совмещенного покрытия при этом снизилось почти в 2,5 раза по сравнению с расчетным.

Эксплуатация в течение года волокнистых минераловатных плит «Белтеп» марки ПП-125 в верхнем слое теплоизоляции совмещенной кровли супермаркета «Мікс» в г. Бресте. [16] с водоизоляционным ковром из ПВХ – мембраны привело к расслоению по слоям поперечного сечения плит. Основной причиной расслоения плитного утеплителя является существенное снижение морозостойкости, вызванное тем, что ПВХ – мембраны, имеющие высокую паропропускаемость (выпуск пара из конструкции покрытия), существенно активизировали процесс вымывания связующего из плитного утеплителя, расслоение волокон в плитном утеплителе и насыщение плит.

Заключение. Анализ технического состояния конструктивных слоев совмещенных утепленных рулонных кровель, позволяет сделать вывод, что основной причиной, приводящей к снижению их эксплуатационных характеристик, является увлажнение материала теплоизоляционного слоя. Как показывает практика, время, в течение которого влажность утеплителя в совмещенных утепленных рулонных кровлях, достигает значений, существенно влияющих на эксплуатационные характеристики совмещенного покрытия в целом, зависит от большого количества факторов (плотность и вид утеплителя; температурно-влажностный режим в помещениях; паропропускаемость материала водоизоляционного ковра и др.). Учитывая, что одной из основных причин увлажнения утеплителя в процессе эксплуатации кровли, является проникновение водяного пара из помещений на участках поврежденной пароизоляции и высокая влажность воздуха в помещениях рекомендуется.

1. В проектную документацию включать мероприятия позволяющие сократить до минимума поступление водяного пара из помещений верхнего этажа и его конденсацию в материале теплоизоляционного слоя.
2. При проектировании совмещенных утепленных рулонных кровель учитывать эксплуатационную совместимость материалов теплоизоляционного слоя и водоизоляционного рулонного ковра.
3. Учитывая тяжелые условия эксплуатации утеплителя в совмещенных утепленных рулонных кровлях с последовательным расположением слоев, ориентироваться на применение вентилируемых (с техническим этажом) совмещенных кровель.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Черноиван, В.Н. Устройство и ремонт совмещенных рулонных кровель / В.Н. Черноиван. – Брест: Издательство УО «БрГТУ», 2004. – 151 с.
2. К оценке технического состояния эксплуатируемых совмещенных рулонных кровель / В.Н. Черноиван, С.Н. Леонович. Н.В. Черноиван // Строительная наука и техника – 2011. – № 3(36) – С. 47–51.
3. Румянцев, Б.М. Системы изоляции строительных конструкций: учебное пособие / Б.М. Румянцев, А.Д. Жуков. – Москва: МГСУ, 2014. – 640 с.
4. Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные на битумном и битумно-полимерном вяжущем. Технические условия: СТБ 1107-98*. – Минск: Госстандарт РБ, 2015. – 12 с.

5. Плитки кровельные битумные и битумно-полимерные. Технические условия: СТБ 1617-2006. – Минск: Минстройархитект. РБ, 2006. – 15 с.
6. Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Общие технические условия. (ПВХ мембраны): ГОСТ 30547-97. – Москва: Государственный строительный комитет России, 1997. – 14 с.
7. Черноиван, В.Н. Реабилитация совмещенных утепленных рулонных кровель. Восстановление эксплуатационных характеристик совмещенных утепленных рулонных кровель при их ремонте / В.Н. Черноиван, Н.В. Черноиван. – Saarbrücken, Deutschland / Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 93 с.
8. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-43-2006 (02250). – Минск: Минстройархитект. РБ, 2007. – 32 с.
9. Кровли. Строительные нормы проектирования и устройства: ТКП 45-5.08-277-2013. – Минск: Минстройархитект. РБ, 2013. – 23 с.
10. Кровли: СП 17.13330.2011. – Москва: ОАО «ЦПП», 2011. – 53 с.
11. Ананьев, А.А. Долговечность и теплозащитное качество наружных ограждающих конструкций, утепленных пенополистиролом / А.А. Ананьев, А.И. Ананьев, Т.Н. Голева // Актуальные проблемы строительной теплофизики: материалы VII научно-практической конференции. – Москва: НИИСФ, 2002. – С. 15–18.
12. Ли, А.В. Пенополистирол. Ресурс и старение / А.В. Ли, В.Ю. Ясин, Ю.Д. Ясин // Долговечность конструкций. Строительные материалы. – 2002. – № 5. – С. 33–35.
13. Надежность систем наружного утепления. / Е. Сосунов // Белорусский строительный рынок. – 2005. – № 3–4 – С. 11–13.
14. Исследования по выбору рациональных плитных утеплителей для «Термического экрана». Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка научно-обоснованных принципов осуществления тепловой реабилитации ограждающих конструкций эксплуатируемых зданий на основе Термического экрана» (промежуточный) № 06/605. Брестский гос. техн. ун-т; рук. В.Н. Черноиван. – Брест, 2008. – 50 с.
15. Оценка технического состояния профилированного настила кровли Легкоатлетического манежа в осях «А-УУ», «10-15» в г. Бресте (х/д № 06/511). Брестский гос. техн. ун-т; рук. В.Н. Черноиван. – Брест, 2007. – 26 с.
16. Оценка технического состояния совмещенной утепленной рулонной кровли здания супермаркета «Мікс» по ул. 28 Июля, 37 «А», в г. Бресте (х/д № 09/87). Брестский гос. техн. ун-т; рук. В.Н. Черноиван. – Брест, 2009. – 31 с.

Материал поступил в редакцию 23.11.2016

CHERNOIVAN V.N., CHERNOIVAN N.V., CHERNOIVAN A.V. Ways of providing operational characteristics combined insulated roll roofing

The estimation of the technical condition of the structural layers combined operated insulated roll roofing with a sequential arrangement of layers. It is established that the solution to the problem of the choice of material of the insulating layer is one of the main ways of providing operational characteristics combined insulated roll roofing.

УДК 624.15+691.328.1:624.04

Сливка Д.Н., Пойта П.С., Клебанюк Д.Н., Шведовский П.В.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ПЛИТНЫХ И ПЛИТНО-СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ С СИСТЕМОЙ ЗАКРЫТЫХ ПОЛОСТЕЙ ПОД МНОГОЭТАЖНЫЕ ЗДАНИЯ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Введение. В последнее время в связи с увеличением этажности строящихся зданий все актуальней становится проблема увеличения удельных нагрузок на фундаменты и повышение стоимости фундаментных конструкций, составляющей значительную часть стоимости строительства каркаса и здания в целом.

Традиционными видами фундаментов, в зависимости от грунтовых условий, при давлении на основание порядка 300–600 кПа являются плитные или плитно-свайные фундаменты (ПСФ) с различными вариантами свайной составляющей – сплошные свайные поля, свайные кусты, подкрепляющие и одиночные сваи [1, 2].

Выбор конструкции фундамента осуществляется на основании технико-экономического сравнения вариантов и зависит от инженерно-геологических условий, физико-механических характеристик несущих слоев грунтов основания, конструктивно-планировочной схемы и взаимодействия здания с грунтовым массивом и окружающей застройкой.

Анализ и методика исследований. Все конструкции плитных фундаментов представляют собой сплошную железобетонную плиту повышенной жесткости (толщиной 0,8 м и более), расположенную под всей площадью здания, при этом нагрузки распределяются по всей площади плиты и передаются на грунты основания, главным образом, через ее подошву.

Применяются и фундаментные плиты переменной толщины с утончением в области краев, т. е. тонкостенные площадные конструкции в виде вогнутых или выпуклых, по отношению к грунту,

оболочек или плиты с выпуклой поверхностью опирания.

Однако условия взаимодействия таких фундаментов с основанием, при применении их для многоэтажных зданий, требуют тщательного расчетного обоснования из-за возможного выпора грунта из-под края фундамента, значительных изгибающих усилий в конструкции фундамента, крена и потенциальной возможности потери общей устойчивости здания.

Плитные фундаменты могут проектироваться и в виде балочных и безбалочных бетонных или железобетонных плит, при этом ребра балочных плит могут быть обращены как вверх, так и вниз.

Ребра жесткости обычно располагаются по осям зданий и в местах действия максимальных продольных и поперечных сил и изгибающих моментов. Места их пересечения служат для установки колонн каркаса. При необходимости обеспечения большей жесткости фундаментные плиты могут проектироваться коробчатого сечения [3, 4].

Все это позволяет сделать вывод, что при проектировании фундаментов под многоэтажные здания в сложных инженерно-геологических условиях, т.е. слоистости, неоднородности залегания, наличия слабых прослоек, необходима реализация следующих мероприятий: усиление грунтов в основании; устройство консольных выпусков из фундаментной плиты за пределы контура здания; устройство отсечных стенок-ребер, препятствующих выпору грунта из-под фундаментной плиты; оптимизация схемы передачи нагрузок на основание и др. [5, 6, 7].

Сливка Денис Николаевич, директор ЧПУП «БрестКАДпроект».

Беларусь, Брест, ул. Советская, 80, оф. 49.

Пойта Петр Степанович, д.т.н., профессор кафедры геотехники и транспортных коммуникаций, ректор Брестского государственного технического университета.

Клебанюк Дмитрий Николаевич, старший преподаватель кафедры геотехники и транспортных коммуникаций Брестского государственного технического университета.

Шведовский Петр Владимирович, к.т.н., профессор, заведующий кафедрой геотехники и транспортных коммуникаций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.