

Восстановление целостности битумно-полимерных кровельных материалов при нагреве

*К.В. Авдеев¹, В.В. Бобров^{1,2}, Е.В. Домарова^{1,2}, А.В. Рэуцу¹,
В.Р. Разумов^{1,2}, Д.М. Соловьев^{1,2}*

¹Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений - ЦНИИПромзданий, Москва

²Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: В настоящее время при строительстве различных типов зданий и сооружений применяются битумно-полимерные кровельные материалы, которые обладают достаточно высокими прочностными характеристиками, износостойкостью, водонепроницаемостью и удобны при монтаже. При этом на механические свойства битумно-полимерных материалов определенное влияние оказывает температура эксплуатации. Известно, что при отрицательных температурах материал становится более хрупким и возрастает риск его повреждения в результате механического воздействия. Научный интерес представляет анализ возможности восстановления целостности битумно-полимерных кровельных материалов при повышенных температурах. В статье приведены результаты испытания на гибкость образцов кровельных битумно-полимерных материалов при отрицательных температурах. Образцы, получившие повреждения при испытании, были подвержены последующему нагреву в температурной камере с целью выявления возможности восстановления целостности материала и установления температуры, при которой оно произойдет. Анализ результатов испытаний показал возможность восстановления целостности материала и прямую зависимость качества восстановления целостности от температуры нагрева материала.

Ключевые слова: восстановление целостности, битумно-полимерный материал, кровельный материал, рулонный материал, битум, полимер, гибкость, влияние температуры, отрицательная температура, повышенная температура.

Введение

Битумно-полимерные материалы представляют собой современные гидроизоляционные решения, сочетающие свойства органических (битумных) и синтетических полимерных вяжущих [1-4]. К данной группе материалов относятся: рулонные гидроизоляционные материалы (стеклоизол, унифлекс, бикрост) с армирующей основой из полиэстера или стеклоткани; мастики и эмульсии холодного и горячего нанесения; самоклеящиеся мембраны [5-7]. Благодаря модификации битумов полимерными добавками данные материалы демонстрируют повышенные эксплуатационные

характеристики по сравнению с традиционными битумными аналогами, что обуславливает их широкое применение [8-11]. При устройстве кровли необходимо учитывать некоторые факторы, оказывающие влияние на ее эксплуатационные характеристики [12-14]. Одним из таких факторов является температура устройства кровельного покрытия [15]. Материал поставляется в рулонах, и, если температура окружающего воздуха ниже предельного значения, при котором материал становится хрупким, то при разворачивании рулона возможно повреждение материала. В ГОСТ 2678-94 приведена методика проведения испытания для определения предельной температуры, при которой можно осуществлять монтаж кровельного покрытия. Однако данная методика не учитывает, что при эксплуатации кровли при температурах ниже температуры хрупкости возможно повреждение кровли в результате механических воздействий. При повышенных температурах в теплое время года возможно восстановление целостности поврежденного кровельного материала в результате расплавления битума и заполнения имеющихся трещин. Представляет интерес экспериментальное подтверждение данного свойства и определение температуры, при которой происходит полное «заживление» трещин.

Методы и материалы

В испытаниях по восстановлению целостности был использован рулонный материал, изготавливаемый с помощью нанесения с двух сторон вяжущего из битума, СБС-модификаторов, наполнителей со следующими характеристиками. В качестве защитного слоя лицевая сторона материала покрывается базальтовой посыпкой, а наплавляемая – полимерной пленкой. Материал применяется для обустройства верхнего слоя в кровельных пирогах. Монтируется посредством наплавления на готовое основание.

В методику испытаний, установленную ГОСТ 2678-94 «Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Методы испытаний» для

определения температуры хрупкости кровельного материала, были внесены изменения для создания приближенных условий, соответствующих эксплуатации кровли: ширина образцов была увеличена до 50 мм, а сами образцы вырезались в продольном и поперечном направлениях (подробный анализ механической анизотропии представлен в [16]). Перед проведением испытаний с образцов снималась полимерная пленка путем расплавления ее газовой горелкой; изгиб образцов выполнялся со стороны посыпки в температурной камере для имитации шага человека. Время сгибания образца было уменьшено до 2 ± 1 с – приблизительной скорости шага. Внешний вид образцов представлен на рис.1.



Рис. 1. – Внешний вид образцов до испытания

Целью проведения экспериментальных исследований являлось определение возможности восстановления целостности кровельных битумно-полимерных материалов.

Проведение испытаний проводилось в следующей последовательности:

1. Испытание на гибкость образцов кровельных битумно-полимерных материалов при отрицательных температурах.
2. Проведение визуального осмотра образцов на наличие трещин и отслаивание вяжущего или посыпки.
3. Оттаивание образцов при комнатной температуре.
4. Выдерживание образцов в температурной камере, нагретой до повышенных температур.
5. Проведение визуального осмотра образцов на наличие трещин и отслаивание вяжущего или посыпки после нагрева.

Испытания проводились на образцах-полосках размерами $(150 \times 50) \pm 1$ мм, вырезанных в продольном и поперечном направлениях с предварительно снятой полимерной пленкой.

В серию для одного значения температуры входили по три образца каждого типа.

Для определения температуры хрупкости кровельного материала испытания проводились в температурной камере при следующих значениях температур: минус 25°C , минус 30°C , минус 35°C .

Образец и испытательный брус помещались в температурную камеру, предварительно охлажденную до заданной температуры, и выдерживались при этой температуре 20 минут (см. рис. 2).



Рис. 2. – Выдерживание образцов и испытательного бруса в температурной камере при отрицательной температуре

По истечении заданного времени образец в температурной камере прикладывался к ровной поверхности испытательного бруса стороной с посыпкой таким образом, чтобы к нему прилегало около 0,25 длины образца. Свободный конец образца изгибался в течение (2 ± 1) с вокруг закругленной части бруса до достижения другой ровной поверхности (образец принимает U-образную форму).

Производился визуальный контроль внешнего вида образца. Время с момента начала испытания и до конца визуального контроля не превышало 15 с.

Образец считался выдержавшим испытание, если на нем не появились трещины (разрывы слоя вяжущего) и отслаивание вяжущего или посыпки.

Образцы, не выдержавшие испытание, т.е. имеющие трещины после изгиба, оттаивали при комнатной температуре, после чего были помещены в температурную камеру, предварительно разогретую до заданной температуры ($+50^{\circ}\text{C}$, $+60^{\circ}\text{C}$, $+70^{\circ}\text{C}$), и выдерживались при этой температуре сутки (см. рис. 3 и рис. 4).



Рис. 3. – Выдерживание образцов в температурной камере при повышенной температуре

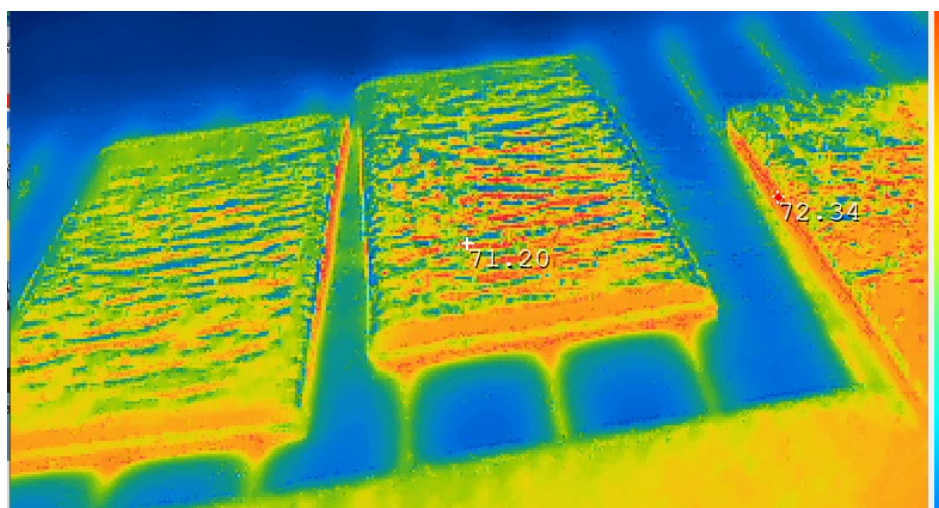


Рис. 4. – Контроль температуры поверхности образца при помощи тепловизора

По истечении заданного времени образец извлекался из температурной камеры и производился визуальный контроль внешнего вида образца. Для оценки качества восстановления целостности в рамках проведенного исследования авторами предложены категории восстановления целостности:

А - заметно частичное склеивание трещин, но остались видимые глубокие трещины до основания;

В - остались видимые неглубокие трещины;

С - полное склеивание трещин.

Каждому значению повышенной температуры была присвоена категория восстановления целостности, определенная методом визуального контроля (см. таблицу № 1).

Таблица № 1

Результаты испытаний на восстановление целостности

Температура охлаждения образцов	Восстановление целостности образца при повышенной температуре					
	Вдоль волокон			Поперек волокон		
	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C
	№ серии					
	1	2	3	4	5	6
-30°C	A	B	C	A	B	C
	A	B	C	A	B	C
	A	B	C	A	B	C
-35°C	A	B	C	A	B	C
	A	B	C	A	B	C
	A	B	C	A	B	C

Результаты и выводы

По результатам испытаний на гибкость при отрицательных температурах образцы, выдерживаемые при температуре минус 25°C, сохранили свою целостность и, следовательно, дальнейшим испытаниям не подвергались. На образцах, выдерживаемых при температурах минус 30°C и минус 35°C, образовались глубокие трещины до основания, которые в дальнейшем проверялись на возможность восстановления целостности путем нагрева.

На рис. 5 и рис. 6 представлено сравнение результатов до и после испытания на восстановление целостности при температурах 50°C и 70°C соответственно.



а



б

Рис. 5. – Образцы, сгибаемые поперек волокон при температуре -35°C и нагретые до температуры 50°C : а) после охлаждения, б) после нагрева



а



б

Рис. 6. – Образцы, сгибаемые вдоль волокон при температуре -35°C и нагретые до температуры 70°C . а) после охлаждения, б) после нагрева

Анализируя результаты эксперимента, можно утверждать, что при нагревании кровельного материала уменьшается количество повреждений, возникших при изгибе при отрицательных температурах. Повреждения становятся не видимыми невооруженным глазом при температуре не менее 70°C . Такая температура на поверхности кровельного покрытия может быть достигнута в летнее время года в некоторых регионах России.

При обследовании кровли такие повреждения могут быть уже не обнаружены визуальным методом, но для определения восстановления эксплуатационных характеристик кровельного материала целесообразно

дальнейшее проведение исследований на водонепроницаемость гидроизоляционного слоя в месте восстановления целостности.

Литература

1. Воронин А.М., Шитов А.А., Пешкова А.В. Срок службы битуминозных и полимерных материалов в кровельном ковре. Часть I // Строительные материалы. 2007. № 1. С. 5-9.
2. Воронин А.М., Шитов А.А., Пешкова А.В. Срок службы битуминозных и полимерных материалов в кровельном ковре. Часть II // Строительные материалы. 2007. № 3. С. 8-12.
3. Brandoleze E., Luidzhi D., Paolo I., onorati N. Bitumen-polymer mixture production, and bitumen- polymer mixture. RU2156267C2. 2000. URL: patents.google.com/patent/RU2156267C2/ru
4. Зарипов Р.К., Махмутов А.А., Махмутов М.А., Кузмичев С.П., Хазипов Р.З., Горбачев Н.Г., Косоренков Д.И., Лебедев И.Н. Битумно-полимерный материал и способ его получения // RU2248381C2. 2005. URL: patents.google.com/patent/RU2248381C2/ru
5. Воронин А.М., Андреева Г.Н., Гликин С.М., Митренко Л.И., Аврамова О.П., Итина М.С. Способ выполнения полимерной кровли // Авторское свидетельство SU 1796757 A1, 23.02.1993. Заявка № 4951826 от 28.06.1991.
6. Juanjuan Wang, Xian Li, Guojun Sun, Xingpeng Ma, Hongwei Du. Experimental Investigation on the Performance of SBS-Modified Asphalt Waterproofing Membrane by Thermo-Oxidative Aging and Freeze–Thaw Cycle. Polymers. 2024. 16(18). URL: doi.org/10.3390/polym16182593
7. Singh B., Kumar P. Effect of polymer modification on the ageing properties of asphalt binders: Chemical and morphological investigation. Constr. Build. Mater. 2019. 205. Pp.633–641. URL: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.050

8. Сысоев А.К. Влияние ПАВ-ингибиторов на свойства битумно-эмульсионных мастик // Инженерный вестник Дона. 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2162
 9. Martín-Alfonso M., Partal P., Navarro F., García-Morales M., Gallegos C. Role of Water in the Development of New Isocyanate-Based Bituminous Products. Ind. Eng. Chem. Res. 2008, 47, Pp.6933–6940. URL: doi.org/10.1021/ie800243w
 10. Song X., Dan W., Li W., Yu J. Performance Evaluation of SBS Modified Bituminous Roofing Membrane Containing Layered Double Hydroxides. Key Eng. Mater. 2014, 599, Pp.203–207. URL: doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.599.203
 11. del Barco Carrion, Ana J., Subhy A., Rodriguez M., Presti D.L. Optimisation of liquid rubber modified bitumen for road pavements and roofing applications. Constr. Build. Mater. 2020, 249, 118630. URL: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118630
 12. Пешкова А.В., Воронин А.М. О пешеходной нагрузке на крыши с теплоизоляцией из минераловатных плит и водоизоляционным ковром из рулонных материалов // Промышленное и гражданское строительство. 2021. № 3. С. 49-56.
 13. Lopes J.G., Correia, J.R.; Machado M.X.B. Dimensional stability of waterproofing bituminous sheets used in low slope roofs. Constr. Build. Mater. 2011. 25. Pp.3229–3235. URL: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.03.009
 14. Османов С.Г., Жолобов А.Л. Предложения по применению инерционных конвейеров при устройстве монолитных стяжек в покрытиях зданий с рулонными и мастичными кровлями // Инженерный вестник Дона. 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2101
 15. Воронин А.М., Пешкова А.В. О трещинообразовании в водоизоляционном ковре кровли из битумных материалов при низкой
-

температуре // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 6. С. 65-72.

16. Luczak B., Sumelka W., Wypych A. Experimental Analysis of Mechanical Anisotropy of Selected Roofing Felts. Materials. 2021. 14(22). 6907. URL: doi.org/10.3390/ma14226907

References

1. Voronin A.M., Shitov A.A., Peshkova A.V. Stroitel'ny'e materialy', 2007, no. 1, Pp. 5-9.
2. Voronin A.M., Shitov A.A., Peshkova A.V. Stroitel'ny'e materialy', 2007, no. 3, Pp. 8-12.
3. Brandoleze E., Luidzhi D., Paolo I., onorati N. RU2156267C2, 2000. URL: patents.google.com/patent/RU2156267C2/ru.
4. Zaripov R.K., Maxmutov A.A., Maxmutov M.A., Kuzmichev S.P., Xazipov R.Z., Gorbachev N.G., Kosorenkov D.I., Lebedev I.N. Bitumno-polimerny'j material i sposob ego polucheniya [Bitumen-polymer material and method of its production]. RU2248381C2, 2005. URL: patents.google.com/patent/RU2248381C2/ru.
5. Voronin A.M., Andreeva G.N., Glikin S.M., Mitrenko L.I., Avramova O.P., Itina M.S. Sposob vy'polneniya polimernoj krovli [Method of execution of polymer roofing]. Copyright certificate SU 1796757 A1, 23.02.1993, Bid № 4951826 от 28.06.1991.
6. Juanjuan Wang, Xian Li, Guojun Sun, Xingpeng Ma, Hongwei Du. Polymers, 2024. 16(18), URL: doi.org/10.3390/polym16182593.
7. Singh B., Kumar P. Constr. Build. Mater., 2019, no. 205, Pp.633–641. URL: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.050.
8. Sy'soev A.K. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, no. 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2162.

9. Martín-Alfonso M., Partal P., Navarro F., García-Morales M., Gallegos C. Ind. Eng. Chem. Res., 2008, no. 47, Pp.6933–6940. URL: doi.org/10.1021/ie800243w.
10. Song X., Dan W., Li W., Yu J. Key Eng. Mater., 2014, no.599, Pp.203–207, URL: doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.599.203.
11. del Barco Carrion, Ana J., Subhy A., Rodriguez M., Presti D.L. Constr. Build. Mater., 2020, no.249, 118630, URL: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118630.
12. Peshkova A.V., Voronin A.M. Promy`shlennoe i grazhdanskoe stroitel`stvo, 2021, no. 3, Pp. 49-56.
13. Lopes J.G., Correia, J.R.; Machado M.X.B. Constr. Build. Mater., 2011, no. 25. Pp.3229–3235. URL: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.03.009.
14. Osmanov S.G., Zholobov A.L. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2101.
15. Voronin A.M., Peshkova A.V. Promy`shlennoe i grazhdanskoe stroitel`stvo, 2023, no. 6, Pp.65-72.
16. Luczak B., Sumelka W., Wypych A. Materials, 2021, no. 14(22), 6907. URL: doi.org/10.3390/ma14226907.

Дата поступления: 3.06.2025

Дата публикации: 25.07.2025