УДК 677.017
DOI 10.47367/0021-3497_2025_5_169

АНАЛИЗ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ С МЕМБРАННЫМ ПОКРЫТИЕМ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF MEMBRANE-COATED BUILDING NONWOVENS UNDER LOW TEMPERATURE CONDITIONS

С.В. ПЛЕХАНОВА, Ю.С. ШУСТОВ, Р.А. МАЛЫШЕВ

S.V. PLEKHANOVA, YU.S. SHUSTOV, R.A. MALYSHEV

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(The Kosygin State University of Russia)

E-mail: shustov-yus@rguk.ru

Среди текстильных строительных материалов широкое распространение за последние годы получили гидропароизолирующие нетканые материалы. Выполняя основную функцию по обеспечению оптимальных режимов работы теплоизоляционных материалов и строительных конструкций, нетканые материалы с мембранным покрытием подвергаются воздействию низких температур и резкой смене температуры воздуха в течение непродолжительного времени. В работе рассмотрено изменение свойств нетканых материалов с мембранным покрытием в этих условиях по показателям качества: разрывная нагрузка и паропроницаемость. Исследования проводились при однократной и многократной заморозке. Выявлены тенденции изменения значений разрывной нагрузки и паропроницаемости при понижении температуры и увеличении количества циклов «заморозка-разморозка». Для количественной оценки изменений использовались относительные значения. Проведен сравнительный анализ прочности мембранных нетканых материалов с нормированными значениями. Отмечена высокая степень надежности строительных нетканых материалов с мембранным покрытием в защите теплоизоляционных материалов и строительных конструкций.

Among textile building materials, hydroparous insulating nonwovens have become widespread in recent years. Performing the main function of ensuring optimal operating conditions of thermal insulation materials and building structures, nonwoven materials with membrane coating are exposed to low temperatures and sudden changes in air temperature for a short time. The paper considers the change in the properties of nonwovens with a membrane coating under these conditions in terms of quality: breaking load and vapor permeability. The studies were carried out with single and multiple freezing. The trends of changes in the values of the breaking load and vapor permeability are revealed with a decrease in temperature and an increase in the number of "freeze-defrost" cycles. Relative values were used to quantify the changes. A comparative analysis of the strength of membrane nonwovens with normalized values has been carried out. A high degree of reliability of non-woven construction materials with a membrane coating in the protection of thermal insulation materials and building structures is noted.

Ключевые слова: строительные материалы, нетканые материалы с мембранным покрытием, влияние низких температур, однократная заморозка, многократная заморозка, цикл «заморозка-разморозка».

Keywords: building materials, membrane-coated nonwovens, low temperature effects, single freezing, multiple freezing, freeze-defrost cycle.

Введение

При строительстве используют различные материалы, в том числе и текстильные, среди которых широкое распространение получили нетканые материалы с мембранным покрытием [1]. Мембрана – водонепроницаемое гидроизоляционное гибкое полотно, выполненное из полимерного материала [2]. Строительные мембраны – это современные сверхтонкие материалы, применяемые для защиты различных конструкций от влаги, пара и ветра [3].

Нетканые материалы с мембранным покрытием – изделия, сочетающие структуру и свойства нетканых полотен и возможности мембран [3]. Основной функцией строительных мембран является обеспечение оптимальных режимов работы теплоизоляционных материалов и строительных конструкций в целом. Защитная способность проявляется как при эксплуатации здания, так и в период возведения, когда утеплитель некоторое время может оставаться незащищенным [4, 5].

Среди основных преимуществ использования нетканых материалов с мембранным покрытием в строительной отрасли можно отметить следующие: длительная служба как самих материалов, укрываемых мембранным нетканым полотном, так и сооружений; относительная простота монтажа данных материалов; экономия ресурсов; эффективная защита укрываемых материалов от появления излишков влаги или микроорганизмов [6…8].

При эксплуатации строительных мембранных нетканых материалов необходимо иметь в виду, что они будут подвергаться влиянию низких температур, а также перепадам температур, причем в течение длительного времени. В этих условиях материалы должны сохранять свои структуру и свойства. Представляет практический интерес вопрос исследования влияния низких температур и перепада температур на показатели качества мембранных материалов.

В последнее время зимой можно отметить резкую смену температуры воздуха в течение непродолжительного времени, когда не характерные для зимы теплые дни вдруг сменяются аномальными морозами. Это так называемые «температурные качели», которые могут представлять опасность, в том числе и для строительных сооружений и материалов. В холодное время года при положительных температурах вода затекает в трещины, а при резком похолодании жидкость начинает затвердевать и расширяться. Все это может провоцировать образование повреждений. Это обусловливает интерес к исследованию влияния циклических замораживаний и размораживания на изменение свойств мембранных нетканых материалов, применяемых в строительной отрасли.

Цель работы – исследование свойств строительных нетканых материалов с мембранным покрытием в условиях воздействия низких температур.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования выбраны нетканые материалы с мембранным покрытием, применяемые в строительстве, краткая характеристика которых представлена в табл. 1.

Таблица 1

Наименование образца	Сырьевой состав, %	Поверхностная плотность, г/м^2	Страна-производитель
Изоспан А	Полипропилен – 100	92	Россия
Изостронг В	Полипропилен – 100	60	Россия
Спанлайт А	Полипропилен – 100	64	Россия
DuPont AirGuard SD5	Полипропилен – 100	110	США

Изменения свойств нетканых материалов с мембранным покрытием при воздействии низких температур оценивали по показателям «разрывная нагрузка» и «паропроницаемость». Испытания проводились по стандартным методикам [9…11].

Для проведения исследования, исходя из реальных условий эксплуатации мембранных нетканых материалов, используемых в строительной отрасли, были установлены контрольные точки температур, °С: -10, -15, -20, -25. Образцы были однократно заморожены в течение месяца до контрольной температуры. Разморозка проводилась в нормальных атмосферных условиях при температуре +20 °С.

Исследования разрывной нагрузки и паропроницаемости образцов мембранных нетканых материалов при многократной заморозке проводили при температуре -20 °С. Многократная заморозка осуществлялась при 5, 10 и 20 циклах «заморозка-разморозка». Цикл состоял из 12 часов замораживания и 12 часов оттаивания в нормальных атмосферных условиях при температуре +20 °С.

Результаты исследования

Значения разрывной нагрузки исследуемых образцов при нормальных условиях и после однократной заморозки представлены в табл. 2.

Таблица 2

Образец	Направление испытаний	Значение разрывной нагрузки, Н				
		Нормальные условия	-10 °С	-15 °С	-20 °С	-25 °С
Изоспан А	По длине	233	232	232	230	229
	По ширине	167	162	160	157	154
Изострong В	По длине	144	140	141	136	135
	По ширине	69	67	69	67	67
Спанлайт А	По длине	183	172	168	152	148
	По ширине	100	93	98	97	93
DuPont AirG SD5	По длине	229	231	230	232	232
	По ширине	256	251	250	255	251

По полученным результатам в целом можно отметить снижение разрывной нагрузки при уменьшении температуры. Исключение составляет образец DuPont AirG SD5, у которого отмечается возрастание разрывной нагрузки при температуре -25 °С (относительная ошибка составляет 1,3 %, что находится в пределах ошибки эксперимента).

Значения разрывной нагрузки исследуемых образцов при однократной заморозке соответствуют нормативным значениям даже при контрольной температуре -25°С.

Аналогичные исследования проведены для показателя «паропроницаемость». Значения относительной паропроницаемости исследуемых образцов после однократной заморозки представлены в табл. 3.

Таблица 3

Образец	Значение относительной паропроницаемости, %				
	Нормальные условия	-10 °С	-15 °С	-20 °С	-25 °С
Изоспан А	69,7	64,3	64,9	61,5	56,2
Изострong В	2,7	2,4	2,2	2,4	2,1
Спанлайт А	70,3	66,8	65,6	62,7	56,4
DuPont AirG SD5	4,6	3,6	3,2	3,8	2,8

Причиной существенной разницы в значениях паропроницаемости образцов являются различия в назначении и технических характеристиках. Так, материалы, имеющие высокие показатели паропроницаемости, чаще применяются с внутренней стороны кровельного пирога. Такие материалы называют диффузионными или даже супер-

диффузионными (в зависимости от количества пропускаемых паров влаги). Материалы, которые, наоборот, препятствуют проникновению паров, применяются в пароизоляции стен, утеплителя с внешней стороны, а также внутренних перегородок. Такие материалы называются псевдодиффузионными, они незначительно пропускают пары влаги. Стоит отметить, что образцы Изостронг В и DuPont AirG SD5 имеют дополнительную защитную пленку. Таким образом, для образцов Изоспан А и Спанлайт А актуально определять паропроницаемость, для образцов Изостронг В и DuPont AirG SD5 – сопротивление паропроницанию.

По полученным результатам можно отметить падение относительной паропроницаемости при уменьшении температуры.

Результаты изменения разрывной нагрузки при многократной заморозке представлены в табл. 4.

Таблица 4

Образец	Направление	Значение разрывной нагрузки, Н		
		5 циклов	10 циклов	20 циклов
Изоспан А	По длине	225	220	219
	По ширине	153	149	147
Изостронг В	По длине	134	121	119
	По ширине	62	61	62
Спанлайт А	По длине	117	116	115
	По ширине	85	82	82
DuPont AirG SD5	По длине	218	218	216
	По ширине	238	239	237

Анализ результатов исследований образцов строительных нетканых материалов с мембранным покрытием показал, что наблюдается тенденция уменьшения разрывной нагрузки с увеличением циклов «заморозка-разморозка». Самое резкое снижение разрывной нагрузки происходит к 5 циклу – в 1,04…1,56 раз. Дальнейшее снижение происходит более плавно и имеет полиномиальный характер.

Сравнение с нормированными значениями показало, что значения разрывной нагрузки исследуемых образцов нетканых материалов с мембранным покрытием и после 20 циклов воздействия в продольном и поперечном направлении соответствуют нормам, регламентированным нормативной документацией.

Результаты изменения паропроницаемости мембранных нетканых материалов при многократных циклах «заморозка-разморозка» представлены в табл. 5.

По полученным значениям паропроницаемости образцов строительных мембранных нетканых материалов можно отметить уменьшение относительной паропроницаемости в зависимости от увеличения циклов воздействия. Изменение значений паропроницаемости происходит по полиномиальному закону.

Таблица 5

Наименование образца	Значение относительной паропроницаемости, %		
	5 циклов	10 циклов	20 циклов
Изоспан А	68,8	64,9	53,6
Изостронг В	2,2	2,1	1,6
Спанлайт А	70,6	62,8	54,8
DuPont AirG SD5	4,6	4,4	4,0

Для количественной оценки изменений разрывной нагрузки и паропроницаемости нетканых материалов с мембранным покрытием в зависимости от влияния низких температур подсчитаны относительные значения: $\Delta=100\ (X_0-X_i)/X_0$, %, где X_0 и X_i – соответствующие значения показателей качества материалов при нормальных условиях и после воздействия низкой температуры. Полученные результаты для разрывной нагрузки приведены в табл. 6, для паропроницаемости – в табл. 7.

Из табл. 6 видно, что темп снижения нагрузки при температуре -25 °С составляет: в продольном направлении 1,7…19,1%, в поперечном направлении 1,9…7,9 %. Исключение составляет образец DuPont AirG SD5. Наибольшие потери нагрузки можно отметить у образца Спанлайт А (в продольном направлении при температуре -25°С составили 19,1%), наименьшие – у образца

Изострong В (в поперечном направлении при температуре -25°С составили 1,9%). При многократной заморозке после 20 циклов "замораживания-размораживания" разрывная нагрузка снижается в продольном направлении на 5,7…37,2%, в поперечном направлении на 7,4…18,0%.

Таблица 6

Образец	Направление испытаний	Относительные значения разрывной нагрузки, %			
Однократная заморозка					
Контрольные точки температур		-10 °С	-15 °С	-20 °С	-25 °С
Изоспан А	По длине	0,4	0,4	1,3	1,7
	По ширине	3,0	4,2	6,0	7,8
Изострong В	По длине	2,8	2,1	5,6	6,2
	По ширине	2,9	0	2,9	2,9
Спанлайт А	По длине	6,0	8,2	16,9	19,1
	По ширине	7,0	2,0	3,0	7,0
DuPont AirG SD5	По длине	-0,9	-0,4	-1,3	-1,3
	По ширине	2,0	2,3	0,4	2,0
Многократная заморозка					
Количество циклов		5	10	20	
Изоспан А	По длине	3,4	5,6	6,0	
	По ширине	8,4	10,8	12,0	
Изострong В	По длине	6,9	16,0	17,4	
	По ширине	10,1	11,6	10,1	
Спанлайт А	По длине	36,1	36,6	37,2	
	По ширине	15,0	18,0	18,0	
DuPont AirG SD5	По длине	4,8	4,8	5,7	
	По ширине	7,0	6,6	7,4	

Таблица 7

Образец	Относительные значения паропроницаемости, %			
Однократная заморозка				
Контрольные точки температур	-10 °С	-15 °С	-20 °С	-25 °С
Изоспан А	7,7	6,9	11,8	19,4
Изострong В	11,1	18,5	11,1	22,2
Спанлайт А	5,0	6,7	10,8	19,8
DuPont AirG SD5	21,7	30,4	17,4	39,1
Многократная заморозка				
Количество циклов	5	10	20	
Изоспан А	1,3	6,9	23,1	
Изострong В	18,5	22,2	40,7	
Спанлайт А	-0,4	10,7	22,0	
DuPont AirG SD5	0	4,3	13,0	

Темп снижения паропроницаемости мембранных нетканых материалов при температуре -25°С составляет 7,4…39,8%. После 20 циклов воздействия паропроницаемость уменьшается на 13,0…40,7%. Наиболее значительное уменьшение паропроницаемости отмечено у образца Изострong В (40,7%), а наименее – у образца DuPont AirG SD5 (13,0%).

Проведенные исследования изменения свойств мембранных нетканых материалов при многократной заморозке при очень жестких экстремальных (критических) условиях (образцы подвергались в течение 20 дней колебаниям температур от -20 °С до +20 °С, т. е. перепад в течение суток составлял 40 °С) свидетельствуют о высокой степени надежности строительных мембранных нетканых материалов в защите теплоизоляционных материалов и строительных конструкций.

ВЫВОДЫ

По результатам исследования образцов строительных нетканых материалов с мем-

бранным покрытием при однократной заморозке в целом можно отметить снижение разрывной нагрузки при уменьшении температуры. Диапазон снижения нагрузки образцов при температуре -25°С составляет 1,7…19,1% (в продольном направлении) и 1,9…7,9 % (в поперечном направлении), снижение относительной паропроницаемости – 7,4…39,8%.

При многократной заморозке после 20 циклов «замораживания-размораживания» разрывная нагрузка снизилась в продольном направлении на 5,7…37,2%, в поперечном направлении на 7,4…18,0%, уменьшение относительной паропроницаемости составляет 13,0…40,7%.

Сравнительный анализ значений разрывной нагрузки мембранных нетканых материалов, используемых в строительной отрасли, при однократной заморозке и многократных циклах «заморозка-разморозка» показал соответствие нормам, регламентированным нормативной документацией.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аниськова В.А., Лошкарев Р.В.* Нетканые материалы строительного назначения // Научный журнал. 2018. №8 (31) С. 4…7.

2. http://stroy-dom.info/stroitelnie-membrany/ (дата обращения 05.05.2025).

3. *Шустов Ю.С., Плеханова С.В.* Ассортимент и классификация нетканых мембранных материалов, применяемых в строительстве // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2023. № 3 (405). С. 104…107.

4. *Плеханова С.В., Малышев Р.А., Виноградова Н.А.* Анализ потребительских предпочтений на рынке нетканых мембранных материалов, используемых в строительной отрасли // Дизайн и технологии. 2023. № 95 (137). С. 56…64.

5. *Мезенцева Е.В. Мишаков В.Ю.* Оценка качества теплоизоляционных нетканых материалов с функцией терморегуляции и саморегуляции, сформированных путем диспергирования волокон в потоке воздуха // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 3 (399). С. 70…75.

6. *Дедов А.В., Черноусова Н.В.* Прогнозирование воздухопроницаемости нетканых иглопробивных материалов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2021. № 1 (391). С. 25…28.

7. *Курденкова А.В., Грязнова Е.В., Бондарчук М.М., Буланов Я.И.* Оценка уровня качества тканей с полимерной мембраной после эксплуатационных воздействий // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2024. № 3 (411). С. 114…121.

8. *Киселев А.М., Румянцев Е.В., Одинцова О.И., Румянцева В.Е.* Современные технологии получения текстильных материалов со специальными свойствами и области их применения // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2(398). С. 121…133.

9. *Зимина М.В., Чагина Л.Л.* Комплексная оценка водозащитных свойств материалов с учетом действия эксплуатационных и технологических факторов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2023. № 4(406). С. 103…110.

10. *Луньков М.А., Куличенко А.В.* Разработка экспресс-метода оценки паропроницаемости текстильных полотен // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2007. № 3С (302). С. 24…26.

11. *Ивашко Е.И., Буркин А.Н.* Методика определения паропроницаемости водозащитных материалов // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2023. № 2 (45). С. 9…16.

REFERENCES

1. *Aniskova V.A., Loshkarev R.V.* Nonwoven materials for construction purposes // Scientific journal. 2018. No. 8 (31) P. 4…7.

2. http://stroy-dom.info/stroitelnie-membrany/ (date of access 05.05.2025).

3. *Shustov Yu.S., Plekhanova S.V.* Range and classification of non-woven membrane materials used in construction // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 3 (405). P. 104…107.

4. *Plekhanova S.V., Malyshev R.A., Vinogradova N.A.* Analysis of consumer preferences in the market of non-woven membrane materials used in the construction industry // Design and technology. 2023. No. 95 (137). P. 56...64.

5. *Mezentseva E.V. Mishakov V.Yu.* Assessment of the quality of thermal insulation nonwoven materials with the function of thermal regulation and self-regulation formed by dispersion of fibers in the airflow // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 3 (399). P. 70…75.

6. *Dedov A.V., Chernousova N.V.* Forecasting the air permeability of nonwave plainship materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. No. 1 (391). P. 25...28.

7. *Kurdenkova A.V., Gryaznova E.V., Bondarchuk M.M., Bulanov Ya.I.* Assessment of the quality level of fabrics with a polymer membrane after operational impacts // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2024. No. 3 (411). P. 114...121.

8. *Kiselev A.M., Rumyantsev E.V., Odintsova O.I., Rumyantseva V.E.* Modern technologies for obtaining textile materials with special properties and their fields of application // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 2 (398). P. 121…133.

9. *Zimina M.V., Chagina L.L.* Comprehensive assessment of the waterproof properties of materials taking into account the action operational and technological factors // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 4 (406). P. 103…110.

10. *Lunkov M.A., Kulichenko A.V.* Development of an express method for assessing the vapor permeability of textile fabrics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2007. No. 3C (302). P. 24…26.

11. *Ivashko E.I., Burkin A.N.* Methodology for determining the vapor permeability of water-protective materials // Bulletin of the Vitebsk State Technological University. 2023. No. 2 (45). P. 9…16.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 10.06.25.