

СУПЕРГИДРОФОБТЫ ЦЕЛЛЮЛОЗАЛЫҚ ТЕКСТИЛЬ МАТЕРИАЛДАРЫ

А. БУРКИТБАЙ* , Б.А. АБУСЕЙТОВА , А.Б. ДОШИБЕКОВА ,
М.А. ОРМАНОВА , Б.Р. РАШИДОВА 

(Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы,
050012, Алматы қ., Төле би көш., 100)

Автор-корреспонденттің электрондық почтасы: asemka76@mail.ru*

Зерттеу нысаны ретінде мақта, зығыр және вискоза талшықтарының маталары алынды. Әр мата үлгісі 20×20 см өлшемінде кесіліп дайындалды. Маталарға золь-гель технология негізінде гидрофобтық қасиет беру мақсатында натрий силикаты ерітіндісі (натрий силикаты:су/1:2 қатынасында) әзірленді. Қышқыл орта түзу үшін ерітіндіге 5 мл сірке қышқылы қосылды. Өңделген үлгілер термошкафта 80°С-де, 15 мин кептірілді. Одан кейін мата үлгілері полиметилсилоксан ерітіндісінде (20 - 40 мл/л) өңделді, сығу және кептіруден кейін 120°С температурада 1 минут термоөңдеуден өтті. Натрий силикаты және полиметилсилоксан негізінде өңделген үлгілердің ылғалды өңдеуден кейінгі гидрофобтық қасиеті жақсы сақталған. Целлюлозалық текстиль материалдарының гидрофобтылығы ISO 811 - 2021 бойынша пенетрометрде анықталды. Өңделген маталардың әртүрлі жағдайлардағы бұл көрсеткіші 100 мм су бағанасынан асады. Матаның беттік сулануға төзімділігін шашырату әдісімен (ISO 4920) тексеру кезінде өңделген үлгілердің гидрофобтық қасиеттері 4 - 5 баллға бағаланды, себебі үлгінің беткі жағында аздаған тамшылар қалды. Өңделмеген маталар үшін бұл көрсеткіш 0 баллға тең, яғни үлгінің екі жағы да толығымен суланды. Ұсынылған композициямен өңделген целлюлозалық текстиль материалдарының ауа өткізгіштік көрсеткіштері нормативтік талаптарға сәйкес келеді.

Негізгі сөздер: супергидрофобтық, золь-гель технология, натрий силикаты, полиметил-силоксан, сірке қышқылы

ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С СУПЕРГИДРОФОБНЫМИ СВОЙСТВАМИ

А. БУРКИТБАЙ*, Б.А. АБУСЕЙТОВА, А.Б. ДОШИБЕКОВА,
М.А. ОРМАНОВА, Б.Р. РАШИДОВА

(Алматинский технологический университет, Казахстан,
050012, г. Алматы, ул. Төле би 100)

Электронная почта автора-корреспондента: asemka76@mail.ru*

В качестве объектов исследования были выбраны ткани из хлопка, льна и вискозного волокна. Подготовлены образцы ткани размером 20×20 см. С целью придания гидрофобных свойств тканям на основе золь-гель технологии была приготовлена композиция из раствора силиката натрия (в соотношении силикат натрия:вода / 1:2). Для создания кислой среды в раствор добавили 5 мл уксусной кислоты. Обработанные образцы сушили в термошкафу при температуре 80 °С в течение 15 минут. Затем образцы обрабатывали в растворе полиметилсилоксана (в концентрации 20 – 40 мл/л), после чего подвергали отжиму и сушке, а затем термообработке при температуре 120 °С в течение 1 минуты. Образцы, обработанные силикатом натрия и полиметилсилоксаном, сохраняли хорошие гидрофобные свойства даже после влажной обработки. Гидрофобность целлюлозных текстильных материалов определяли с помощью пенетрометра в соответствии с стандартом ISO 811-2021. В различных условиях этот показатель для обработанных тканей превышал 100 мм водяного столба. При проверке устойчивости поверхности ткани к смачиванию методом распыления (по стандарту ISO 4920) обработанные образцы оценивались на 4 – 5 баллов, что объясняется присутствием небольших капель на поверхности образца. Для необработанных тканей этот показатель составил 0 баллов, то есть обе стороны образца полностью намокли. Показатели воздухопроницаемости целлюлозных текстильных материалов, обработанных предложенной композицией, соответствуют нормативным требованиям.

Ключевые слова: супергидрофобность, золь-гель технология, силикат натрия, полиметилсилоксан, уксусная кислота.

CELLULOSE TEXTILE MATERIALS WITH SUPERHYDROPHILIC PROPERTIES

A. BURKITBAY*, B.A. ABUSEITOVA, A.B. DOSHIBEKOVA,
M.A. ORMANOVA, B.R. RASHIDOVA

(Almaty Technological University, Kazakhstan, 050012, Almaty, Tole bi st., 100)

Corresponding author's e-mail: asemka76@mail.ru*

Fabrics made of cotton, flax and viscose fiber were chosen as objects of research. Samples of 20×20 cm were prepared. In order to give hydrophobic properties to fabrics based on sol-gel technology, a composition was prepared from a solution of sodium silicate (in the ratio of sodium silicate:water / 1:2). To create an acidic environment, 5 ml of acetic acid was added to the solution. The treated samples were dried in a thermal oven at 80 °C for 15 minutes. The samples were then treated with a solution of polymethylsiloxane (at a concentration of 20-40 ml/L), followed by pressing and drying, and then heat treatment at 120 °C for 1 minute. Samples treated with sodium silicate and polymethylsiloxane retained good hydrophobic properties even after wet processing. The hydrophobicity of cellulose textile materials was determined using a penetrometer in accordance with the ISO 811-2021 standard. Under various conditions, this value exceeded 100 mm of water pressure for the treated fabrics. When testing the resistance of the fabric surface to wetting by spraying (according to the ISO 4920 standard), the treated samples were rated at 4 to 5 points, which is due to the presence of small droplets on the surface of the sample. For untreated fabrics, this value was 0 points, indicating that both sides of the sample were completely wet. The air permeability of the cellulose textile materials treated with the proposed composition meets the regulatory requirements.

Keywords: superhydrophobicity, sol-gel technology, sodium silicate, polymethylsiloxane, acetic acid.

Kipicne

Текстиль бұйымдарының сапасы, эксплуатациялық қасиеттері, сыртқы көрінісі соңғы өңдеу технологиясына тікелей байланысты.

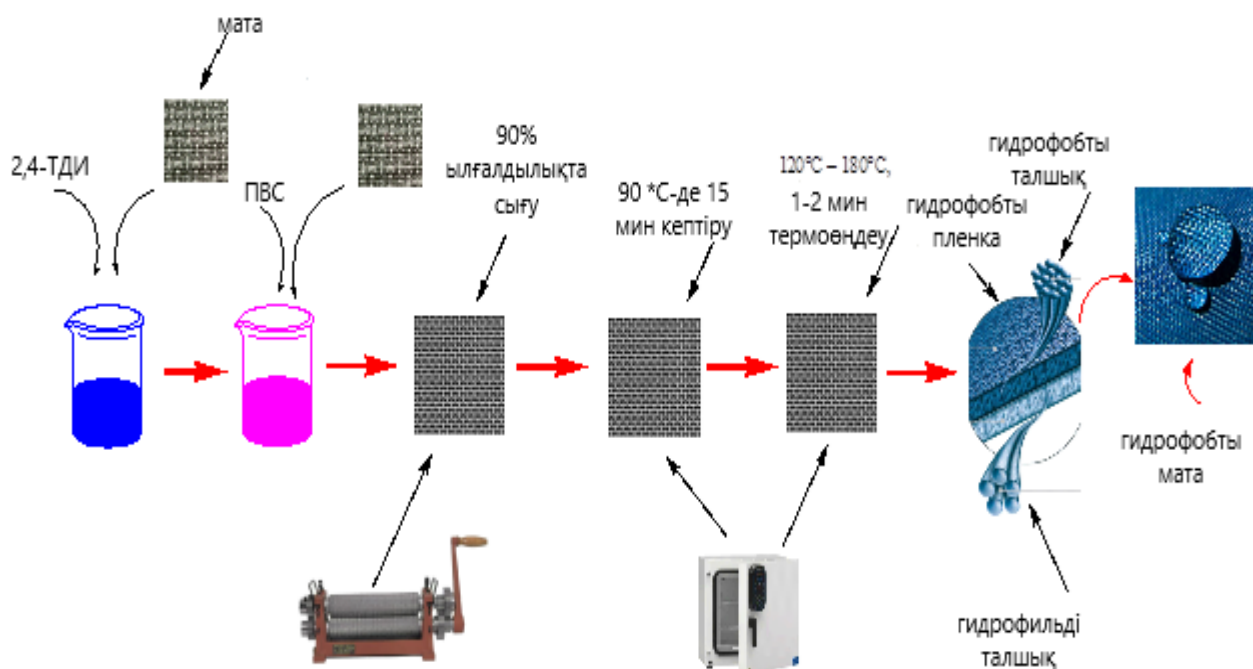
Қоршаған ортаның қазіргі дамуы, технологиялық жағдайлардың, экологиялық және биологиялық апаттардың артуы, аллергиялық ауырулардың көбеюі комплексті қорғаушы қасиеті бар жаңа буын текстиль материалдарының қажеттілігін көрсетеді. Сонымен қатар, көптеген адамдар үшін уақыт тапшылығын тудыратын заманауи өмір салты текстиль бұйымдарына жаңа талап қоюда, мысалы, киімдер көп күтім қажет етпеу керек, жуғанда тез тазаруы тиіс және т.б. Сондықтан текстиль материалдары биотұрақтылық, пішінтұрақтылық, кір итергіштік және жеңіл жуылатын қасиеттерге ие болуы тиіс.

Кейде целлюлозалық талшықтардың маталарына гидрофобтық, яғни су итергіштік қасиет беру қажет болады. Мұндай талаптар шатырға, қаптауға және орауға арналған техникалық маталарға қойылады. Бірқатар арнайы киімдер гидрофобтық талаптарды қанағаттандыру қажет. Тұрмыстық қолданыстағы маталардан қардың және жаңбырдың әсеріне

түсіп тұратын сыртқы киімдерге арналған костюмдік, пальтолық материалдар су итергіш болуы тиіс. Гидрофобтық материалдарға салыстырғанда гидрофилдік талшықтардың бұйымдары тез кірлейді, өйткені сумен бірге шаң, түтін матаға жеңіл сіңеді [1 - 4].

Бұл өңдеуді шайырлардың ғана емес, қарапайым химиялық қосылыстардың көмегімен жүргізуге болады. Целлюлозаның су сіңіргіштігін төмендету үшін әртүрлі тәсілмен гидроксильді топтарды бұғаттап, олардың су молекуласымен әрекеттесуінің алдын алу керек.

Мысалы, [5] жұмыста поливинил спирті және толуилен-2,4-диизоцианаты негізінде целлюлозалық талшықтардың материалдарына су итергіштік қасиет берілген (1-сурет). Мұнда матаның гидрофобтық қасиетін ылғал сіңіру көрсеткіші арқылы зерттеген. Ылғалды жоғары мөлшерде сіңірген өңделмеген мата, өңделген үлгілерге салыстырғанда әлдеқайда жай кебеді. Мәселен, 15 минут кептіргеннен кейін ұсынылған тәсілде өңделген үлгілердегі ылғал мөлшері 47 – 65 %, ал өңделмеген үлгіде 145 % құраған.



Сурет 1. Мақта матасына жоғары гидрофобтық қасиет беру процесінің схемасы

Қазіргі таңда ғалымдар текстиль материалдарын гидрофобтық өндеудің жетілдірілген тәсілін үздіксіз іздестіру үстінде [6-10]. Өйткені қазіргі қолданыстағы гидрофобтық препараттарының қымбаттығына, зияндылығына және технологиясының күрделі болуына байланысты бірқатар кемшіліктері бар. Сонымен қатар, көптеген препараттар бірнеше ылғалды өндеуден кейін су итергіштік қасиетін күрт төмендетеді.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Бұл жұмыста зерттеу нысаны ретінде мақта (артикул МКТ-101), зығыр (артикул ЗҮР-204) және вискоза (артикул ARL-309) талшықтарының маталары алынды. Әр мата үлгісі 20×20 см өлшемде дайындалды.

Келесі химиялық материалдар қолданылды: натрий силикаты, полиметилсилоксан, сірке қышқылы.

Полиметилсилоксан (*ПМС*) - силикан майлары - минералды майлардан айтарлықтай ерекшеленеді. Олар -40°С-ден +200°С-ге дейін температураға төзімді. ПМС әртүрлі беттерде жұқа қабықша түзуге қабілетті. Силикон майының гидрофобтық қасиеті өте жоғары.

Натрий силикаты - бұл натрий (Na), кремний (Si) және оттегінен (O) тұратын

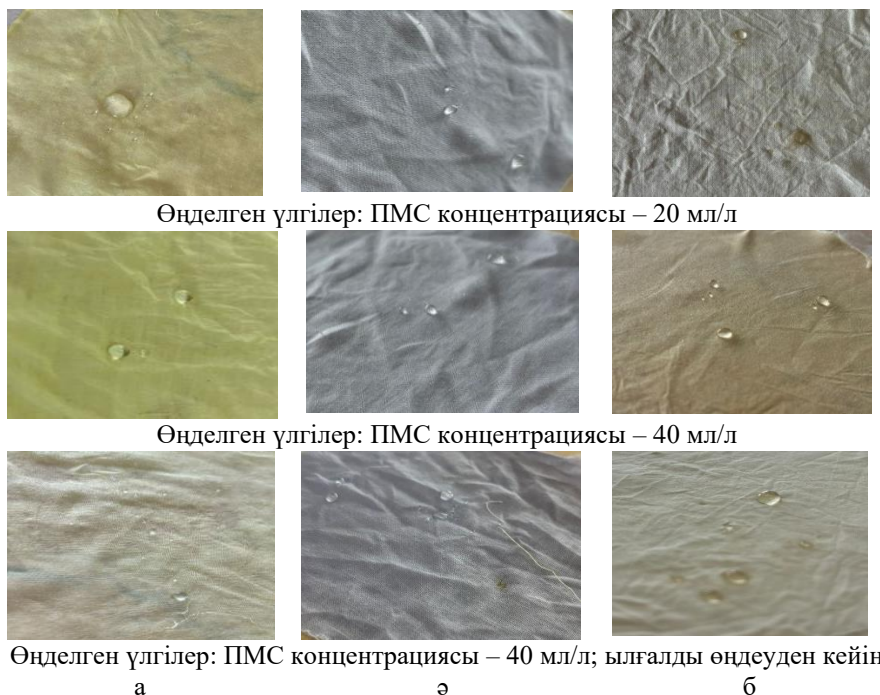
бейорганикалық қосылыс. Жалпы формуласы: $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$. Қышқылдармен реакцияға түсіп, кремний қышқылын немесе гель түзетін қабілеті бар.

Целлюлозалық текстиль материалдарының гидрофобтық қасиеті ISO 811-2021 бойынша пенетрометрде, шашырату әдісімен ISO 4920 бойынша анықталды.

Нәтижелер және оларды талқылау

Целлюлозалық текстиль материалдарына жоғары гидрофобтық қасиет беру мақсатында ПМС 20 – 40 мл/л концентрациясында өндеуден өткіздік. ПМС 20 мл/л концентрацияда өңделген маталардың суитергіштігі біршама артқаны байқалады, алайда, белгілі уақыттан кейін су тамшылары үлгі бетіне сіңе бастағаны байқалды (2-сурет).

ПМС концентрациясын 40 мл/л дейін көтерген кезде маталар жоғары гидрофобтық қасиетке ие болды. Бірақ осы үлгілердің ылғалды өндеуден кейін (жуудан кейін) суитергіштік қасиеті төмендегені байқалады. Сол себепті гидрофобтық препараттың матаға бекітілуін қамтамасыз ету мақсатында золь-гель технология пайдаланылды (3-сурет).



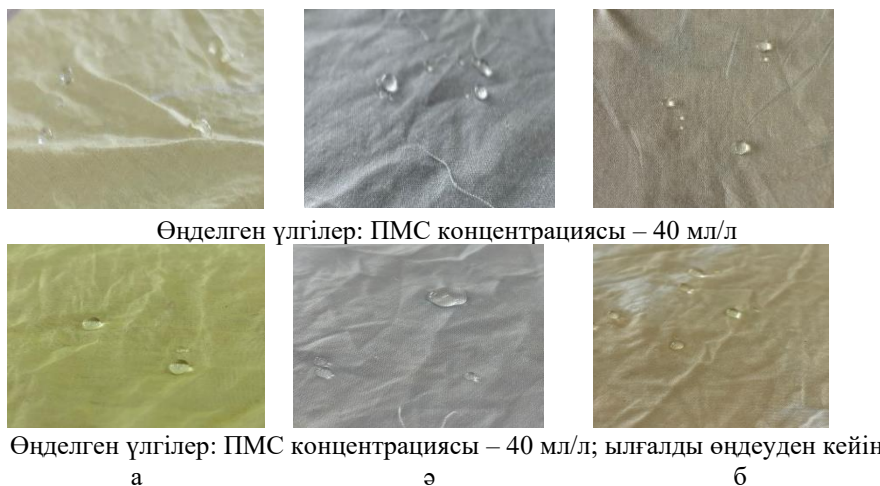
Сурет 2. Целлюлозалық текстиль материалдарының суитергіштігі (ПМС концентрациясы – 20 г/л): а-мақта матасы; ә-зығыр матасы; б-вискоза матасы

Маталарға золь-гель технология негізінде гидрофобтық қасиет беру үшін натрий силикаты ерітіндісі әзірленді. Натрий силикаты мен судың қатынасы - 1:2. Ерітіндіде қышқыл орта 5 мл сірке қышқылының көмегімен алынды. Натрий силикатында өңделген үлгілер термошкафта 80°C-де, 15 мин кептірілді. Одан кейін

мата үлгілері полиметилсилоксан 20 - 40 мл/л ерітіндісінде өңделді, сығу және кептіруден кейін 120 °С температурада 1 минут термоөңдеуден өтті [11-16]. Маталарға золь-гель технология негізінде гидрофобтық қасиет беру мақсатында жүргізілген өңдеу тәсілі төмендегі сұлбада көрсетілген (3-сурет).



Сурет 3. Мата үлгілерін өңдеу тәсілі

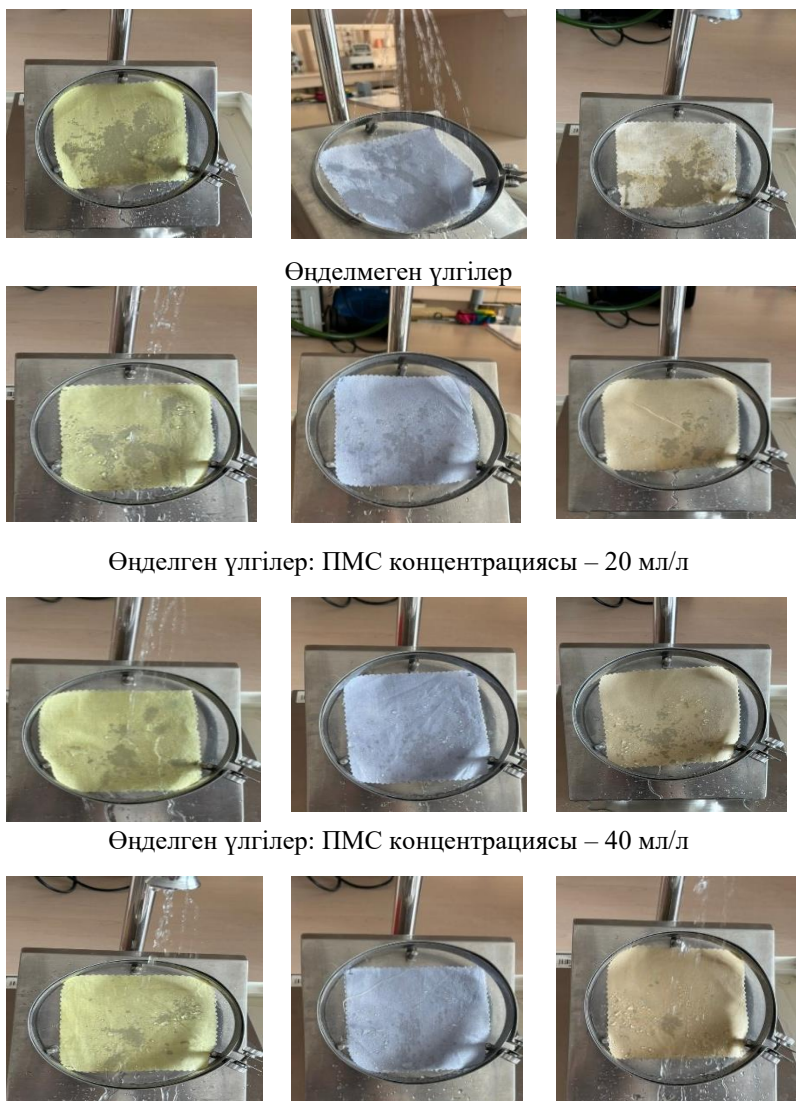


Сурет 4. Целлюлозалық текстиль материалдарының суитергіштігі: а-мақта матасы; ә-зығыр матасы; б-вискоза матасы

Натрий силикаты және ПМС негізінде золь-гель технологияда өңделген үлгілердің ылғалды өңдеуден кейінгі гидрофобтық қасиеті жақсы сақталған (4-сурет).

Целлюлозалық текстиль материалдарының гидрофобтылығы ISO 811 - 2021 бойынша пенетрометрде анықталды. Өңделген маталардың әртүрлі жағдайлардағы бұл көрсеткіші 100 мм су бағанасынан асады.

Зерттеу нәтижесінде матаның беттік сулануға төзімділігін шашырату әдісімен (ISO 4920) тексеру кезінде өңделген матаның гидрофобтық қасиеттері 4 - 5 баллға бағаланды, себебі үлгі бетінде тамшылар қалмайды (5-сурет). Өңделмеген маталар үшін бұл көрсеткіш 0 баллға тең, яғни үлгінің екі жағы да толығымен суланады.



Өңделмеген үлгілер

Өңделген үлгілер: ПМС концентрациясы – 20 мл/л

Өңделген үлгілер: ПМС концентрациясы – 40 мл/л

Өңделген үлгілер: натрий силикаты және ПМС концентрациясы – 40 мл/л

Сурет 5. Целлюлозалық текстиль материалдарының суитергіштігі

Талшық бетінде қабыршақ түзілу матаның өткізгіштік қасиеттерінің өзгеруіне әкелуі мүмкін. Осыған байланысты зерттелетін мата үлгілерінің ауа өткізгіштік көрсеткіштері МТ-160 (ISO 9237-2013) құрылғысында анықталды. Ұсынылған құраммен өңделген мақта матасының ауа өткізгіштік коэффициенттері 189 –

196 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{сек.}$, ал бастапқы матада – 225 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{сек.}$; өңделген зығыр матасының ауа өткізгіштік коэффициенттері 166 – 173 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{сек.}$, ал бастапқы матада – 186 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{сек.}$; өңделген вискоза матасының ауа өткізгіштік коэффициенттері 199 – 205 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{сек.}$, ал бастапқы матада – 243 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{сек.}$ құрайды. Ұсынылған

композициямен өңделген материалдардың ауа өткізгіштік көрсеткіштері маталардың осы топтары үшін нормативтік талаптарға сәйкес келеді.

Қорытынды

Маталарға золь-гель технология негізінде гидрофобтық қасиет берілді. Целлюлозалық текстиль материалдарының гидрофобтылығы ISO 811 - 2021 бойынша пенетрометрде анықталды. Өңделген маталардың әртүрлі жағдайлардағы бұл көрсеткіші 100 мм су бағанасынан асады.

Зерттеу нәтижесінде матаның беттік сулануға төзімділігін шашырату әдісімен (ISO 4920) тексеру кезінде өңделген матаның гидрофобтық қасиеттері 4 - 5 баллға бағаланды, себебі үлгі бетінде тамшылар қалмайды. Өңделмеген маталар үшін бұл көрсеткіш 0 баллға тең, яғни үлгінің екі жағы да толығымен суланады. Аталған композициямен өңделген материалдардың ауа өткізгіштік көрсеткіштері маталардың осы топтары үшін нормативтік талаптарға сәйкес келеді.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Asim F., Naeem F. Investigation of self-cleaning attributes of denim fabric modified with naturally synthesized ZnO nanoparticles // *Pigment & Resin Technology*. – 2023. – Vol. 52, № 6. – P. 738–746. – DOI: <https://doi.org/10.1108/PRT-04-2022-0042>.
2. Shi F., Xu J., Zhang Z. Study on UV-protection and hydrophobic properties of cotton fabric functionalized by graphene oxide and silane coupling agent // *Pigment & Resin Technology*. – 2019. – Vol. 48, № 3. – P. 237–242. – DOI: <https://doi.org/10.1108/PRT-09-2018-0098>.
3. Zhang W., Liu C., Yao J., Li S. TiO₂/PDMS hybrid system for constructing superhydrophobic surfaces of cotton fabrics with resistance to droplet adhesion // *Pigment & Resin Technology*. – 2023. – Vol. ahead-of-print. – DOI: <https://doi.org/10.1108/PRT-11-2022-0138>.
4. Kumar A., Manshahia M. The rise of sustainable approaches in development of waterproof breathable fabrics for garment: a systematic literature review // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – 2024. – Vol. ahead-of-print. – DOI: <https://doi.org/10.1108/IJCST-01-2024-0015>.
5. Burkitbay A., Dyussenbiyeva K.Z., Sarttarova L.T., Kalmakhanova M.S. Development of cellulose textile materials with high water-repellent properties // *Materials and Manufacturing Processes*. – 2025. – Vol. 40, № 11. – P. 1417–1426. – URL: <https://www.scopus.com/pages/publications/105009497279>.
6. Zhang J., Jiang X. Synthesis and characterization of alicyclic two-component waterborne polyurethane // *Pigment & Resin Technology*. – 2018. – Vol. 47, № 4. – P. 315–322. – DOI: <https://doi.org/10.1108/PRT-07-2017-0064>.
7. Teli M., Annaldewar B.N. Towards superhydrophobic and ultraviolet protective nylon fabrics // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – 2017. – Vol. 29, № 5. – P. 696–705. – DOI: <https://doi.org/10.1108/IJCST-02-2017-0013>.
8. Zhang W., Yao J., Wang S. Multifunctional outdoor fabrics with ATO and TiO₂ embedded PU coatings // *Pigment & Resin Technology*. – 2019. – Vol. 48, № 4. – P. 348–356. – DOI: <https://doi.org/10.1108/PRT-08-2018-0087>.
9. Gayathri A., Varalakshmi P., Sethuraman M.G. Development of trilayered multifunctional superhydrophobic cotton fabric using biogenic materials // *Research Journal of Textile and Apparel*. – 2024. – Vol. 28, № 3. – P. 396–412. – DOI: <https://doi.org/10.1108/RJTA-05-2022-0055>.
10. Syafiq A., Pandey A.K., Balakrishnan V., Shahabuddin S., Rahim N.A. Organic-inorganic composite nanocoatings with superhydrophobicity and thermal stability // *Pigment & Resin Technology*. – 2024. – Vol. 53, № 1. – P. 10–16. – DOI: <https://doi.org/10.1108/PRT-04-2018-0038>.
11. Boukhriss A., Gmouh S., Hannach H., Roblin J.P., Cherkaoui O., Boyer D. Treatment of cotton fabrics by ionic liquid with PF₆⁻ anion for enhancing their flame retardancy and water repellency // *Cellulose*. – 2016. – Vol. 23, № 5. – P. 3355–3364. – DOI: [10.1007/s10570-016-1016-9](https://doi.org/10.1007/s10570-016-1016-9).
12. Liu H., Gao S.W., Cai J.S., He C.L., Mao J.J., Zhu T.X., Chen Z., Huang J.Y., Meng K., Zhang K.Q., Al-Deyab S.S., Lai Y.K. Recent progress in fabrication and applications of superhydrophobic coating on cellulose-based substrates // *Materials*. – 2016. – Vol. 9, № 3. – Article No. 124. – DOI: [10.3390/ma9030124](https://doi.org/10.3390/ma9030124).
13. Zhao Q., Wu L.Y.L., Huang H., Liu Y. Ambient-curable superhydrophobic fabric coating prepared by water-based non-fluorinated formulation // *Materials & Design*. – 2016. – Vol. 92. – P. 541–545. – DOI: [10.1016/j.matdes.2015.12.054](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.12.054).
14. Xue C.H., Li M., Guo X.J., Li X., An Q.F., Jia S.T. Fabrication of superhydrophobic textiles with high water pressure resistance // *Surface and Coatings Technology*. – 2017. – Vol. 310. – P. 134–142. – DOI: [10.1016/j.surfcoat.2016.12.049](https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.12.049).
15. Hao L., Gao T., Xu W., Wang X., Yang S., Liu X. Preparation of crosslinked polysiloxane/SiO₂ nanocomposite via in-situ condensation and its surface modification on cotton fabrics // *Applied Surface Science*. – 2016. – Vol. 371. – P. 281–288. – DOI: [10.1016/j.apsusc.2016.02.204](https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.02.204).
16. Vasiljević J., Gorjanc M., Jerman I., Tomšič B., Modic M., Mozetič M., Orel B., Simončič B. Influence of oxygen plasma pre-treatment on the water repellency of cotton fibers coated with perfluoroalkyl-functionalized polysilsesquioxane // *Fibers and Polymers*. – 2016. – Vol. 17, № 5. – P. 695–704. – DOI: [10.1007/s12221-016-5652-3](https://doi.org/10.1007/s12221-016-5652-3)