

MPHTI 64.33.81

Ж.Б. Байжанова¹ – основной автор, ©
К.Д. Кожаберженова², С.М. Базарбаева³,
Е.О. Омарова⁴, Г.А. Касымова⁵



^{1,2}Канд. техн. наук, ассоц. профессор, ³Д-р техн. наук, профессор,
⁴Канд. техн. наук, ассистент профессор, ⁵Ст. преподаватель

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0002-9160-9633> ²<https://orcid.org/0000-0003-2589-3119>
³<https://orcid.org/0000-0003-4634-7061> ⁴<https://orcid.org/0000-0002-8222-2189>
⁵<https://orcid.org/0000-0001-9165-9027>



^{1,2,4}Казахский Университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова,
Астана, Казахстан



³Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
Астана, Казахстан

⁵Таразский университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан

@

⁵kasymova.galiya@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/QGDW9712>

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ СПЕЦОДЕЖДЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МНОГОФАКТОРНОГО РЕГРЕССИОННОГО ПОДХОДА

Аннотация. В исследовании проведена лабораторная оценка физико-механических характеристик тканей различного состава, предназначенных для спецодежды строителей, в условиях, приближенных к эксплуатации. Установлено влияние многократных стирок на прочностные показатели, износостойкость, воздухо- и пылепроницаемость материалов. Для описания выявленных зависимостей применена регрессионная многофакторная математическая модель, обеспечивающая прогнозирование эксплуатационной надежности спецодежды.

Ключевые слова: спецодежда, текстильные материалы, физико-механические свойства, износостойкость, многократные стирки, регрессионная модель.



Байжанова, Ж.Б. Анализ и прогнозирование физико-механических свойств материалов спецодежды для строителей на основе многофакторного регрессионного подхода [Текст] / Ж.Б. Байжанова, К.Д. Кожаберженова, С.М. Базарбаева, Е.О. Омарова, Г.А. Касымова // Механика и технологии / Научный журнал. – 2026. – №1(91). – С.195-205. <https://doi.org/10.55956/QGDW9712>

Введение. Проектирование специальной одежды представляет собой комплексный процесс, включающий анализ физико-механических, защитных и эстетических характеристик материалов и изделий, определяющих их функциональное назначение и эксплуатационную надежность. Существенную роль в формировании качества спецодежды играют художественно-композиционные решения и конструктивные параметры, которые обеспечивают соответствие изделий условиям труда, эргономическим требованиям и современным критериям конкурентоспособности [1]. Научно обоснованный выбор материалов на этапах проектирования требует

применения достоверных методов исследования, позволяющих объективно оценить эксплуатационные свойства спецодежды. Проведение лабораторных испытаний физико-механических характеристик текстильных материалов является эффективным подходом, обеспечивающим сокращение временных и материальных затрат по сравнению с экспериментами в производственных условиях. Вместе с тем, воспроизведение реальных условий эксплуатации в лабораторной среде связано с определенными трудностями, что обуславливает необходимость использования математических методов обработки и интерпретации экспериментальных данных.

В этой связи применение регрессионных многофакторных математических моделей приобретает особую значимость, поскольку позволяет установить количественные зависимости между параметрами воздействия и свойствами материалов, а также повысить достоверность оценки результатов испытаний. Использование таких моделей создает предпосылки для прогнозирования эксплуатационной эффективности спецодежды и обоснования проектных решений на ранних этапах разработки изделия [2-5].

Актуальность темы исследования. В условиях интенсивной производственной эксплуатации специальная одежда подвергается воздействию совокупности механических и эксплуатационных факторов, приводящих к изменению геометрических параметров, ухудшению формы и снижению защитных свойств изделий. Возникающие в процессе носки нагрузки, как правило, имеют величину, существенно меньшую разрывных, однако их многократное и длительное действие обуславливает накопление деформаций и ускоренный износ текстильных материалов.

Особую значимость в обеспечении долговечности и функциональной надежности спецодежды приобретает способность материалов сохранять упругие свойства при растяжении, сжатии и изгибе. Недостаточная устойчивость тканей к таким видам деформаций приводит к потере формоустойчивости изделий и снижению их эксплуатационной эффективности. В связи с этим актуальным является проведение комплексных исследований физико-механических характеристик текстильных материалов, направленных на обоснование выбора сырьевого состава и структуры тканей, обеспечивающих повышенную износостойкость и стабильность формы спецодежды в реальных условиях эксплуатации [6,7].

Условия и методы исследований. Оценка износостойкости материалов, предназначенных для специальной одежды строителей, осуществлялась на основе комплекса физико-механических показателей, характеризующих эксплуатационную надежность текстильных изделий. В качестве основных критериев использованы показатели разрывной прочности и разрывного удлинения, сопротивления механическим воздействиям, жесткости, воздухопроницаемости, пылепроницаемости, а также устойчивости материалов к стиранию и многократным стиркам.

Исследования физико-механических свойств материалов спецодежды строителей были проведены в испытательной лаборатории ТОО «ТЕКС». При исследовании использованы материалы различного волокнистого состава и структур, такие как:

- арт. 369008 – 67% хлопка, 33% - лавсана;
- арт. 81408 – 33% хлопка, 67% - полиэстра;
- арт. 9022 – 51% хлопка, 49% - полиамид;

- арт. 10407 – 100% хлопка;
- арт. 9018– 54% вискоза, 46% хлопок.

В работе изучались ткани различного волокнистого состава и структурного исполнения, включающие хлопчатобумажные, смешанные и синтетические материалы. Анализируемые образцы отличались соотношением натуральных и химических волокон, что позволило оценить влияние сырьевого состава на формирование прочностных и эксплуатационных характеристик.

Износостойкость материалов спецодежды, предназначенной для защиты от механических воздействий, определялась по значениям разрывной нагрузки и относительного удлинения при разрыве. Установлено, что уровень прочности тканей обусловлен плотностью и структурой волокон, параметрами пряжи и особенностями отделочных процессов. При этом прочностные показатели по основе превышали аналогичные значения по утку, тогда как деформационные свойства характеризовались обратной зависимостью.

Испытания проводились с учетом воздействия многократных циклов стирки, сопровождающихся изменением прочностных характеристик и линейных размеров тканей. Дополнительно оценивалась усадка материалов, оказывающая влияние на стабильность формы и внешний вид спецодежды. Полученные результаты показали, что исследуемые ткани обладают незначительной усадкой, что связано с присутствием в их структуре синтетических волокон с пониженной усадочной способностью. Все рекомендуемые нами материалы характеризуются небольшой усадкой, что объясняется наличием в структуре материала синтетических малоусадочных волокон, особенно с наименьшим уровнем для ткани арт. 369008. Количественные зависимости исследуемых параметров от числа стирок представлены в таблицах 1-5.

Таблица 1
Матрица уровней и интервалов варьирования разрывной нагрузки по основе

| Фактор | Нижний уровень фактора | Основной уровень фактора | Верхний уровень фактора | Интервал варьирования фактора |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | -1 | 0 | 1 | |
| X1-Количество стирок | 4 | 10 | 16 | 6 |
| X2-Разрывная нагрузка по основе, Н | 809,25 | 898,375 | 987,5 | 89,125 |

Таблица 2
Матрица уровней и интервалов варьирования разрывной нагрузки по утку

| Фактор | Нижний уровень фактора | Основной уровень фактора | Верхний уровень фактора | Интервал варьирования фактора |
|----------------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | -1 | 0 | 1 | |
| X1-Количество стирок | 4 | 10 | 16 | 6 |
| X2-Разрывная нагрузка по утку, Н | 777,25 | 853,625 | 930 | 76,375 |

Таблица 3

Матрица уровней и интервалов варьирования истирания

| Фактор | Нижний уровень фактора | Основной уровень фактора | Верхний уровень фактора | Интервал варьирования фактора |
|----------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| | -1 | 0 | 1 | |
| X1-Количество стирок | 4 | 10 | 16 | 6 |
| X2-Истирание, циклы | 1906 | 1958 | 2010 | 52 |

Таблица 4

Матрица уровней и интервалов варьирования воздухопроницаемости

| Фактор | Нижний уровень фактора | Основной уровень фактора | Верхний уровень фактора | Интервал варьирования фактора |
|---|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| | -1 | 0 | 1 | |
| X1-Количество стирок | 4 | 10 | 16 | 6 |
| X2-Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \text{ с}$ | 27,3 | 32,5375 | 37,775 | 5,2375 |

Таблица 5

Матрица уровней и интервалов варьирования пылепроницаемости

| Фактор | Нижний уровень фактора | Основной уровень фактора | Верхний уровень фактора | Интервал варьирования фактора |
|---|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| | -1 | 0 | 1 | |
| X1-Количество стирок | 4 | 10 | 16 | 6 |
| X2-Пылепроницаемость, $\text{г}/\text{м}^2 \text{ с}$ | 505 | 569 | 633 | 64 |

Результаты исследований и их обсуждение. Построение регрессионной многофакторной математической модели, описывающей зависимость исследуемых показателей от числа циклов стирки, осуществлялось на основе предварительного планирования эксперимента. Определение регрессионной многофакторной математической модели исследуемых параметров от количества стирок основывается на построении плана проведения эксперимента, в случае когда на основе известной информации о процессе определяют значение основного уровня факторов X_{0i} интервалы варьирования факторов I_i , верхний и нижний уровни факторов X_{vi} и X_{ni} .

В соответствии с матрицами полного факторного эксперимента, представленными в таблицах 1-5, был выполнен основной цикл испытаний, направленный на получение значений выходных параметров. Для повышения достоверности экспериментальных данных и оценки воспроизводимости результатов проведена статистическая обработка, включающая расчет средней дисперсии. Проверка гипотезы об однородности дисперсий в сериях опытов осуществлялась с применением соответствующего статистического критерия, выражаемого расчетной зависимостью.

Для определения средней дисперсии результатов эксперимента проверка гипотезы об однородности дисперсий в опытах матрицы применяется формула (1):

$$S_{(1)}^2\{Y\} = \frac{\sum_{u=1}^N S_u^2\{Y\}}{N}, \quad (1)$$

согласно которой число степеней свободы для средней дисперсии – $f\{S_{(1)}^2\} = N(m-1)$, при m возможном количестве опытов.

Результаты полного факторного эксперимента были определены по формулам (2-3):

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{Y}_u \quad (i = 0, 1, \dots, M), \quad (2)$$

$$b_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} \bar{Y}_u \quad (i \neq j), \quad (3)$$

Некоторые из коэффициентов регрессии могут оказаться пренебрежимо малыми – незначимыми. Значение дисперсии выходного параметра определяется по формуле (4):

$$S^2\{Y\} = \frac{S_{(1)}^2\{Y\}}{m}, \quad (4)$$

Следующим этапом является определение дисперсии коэффициентов уравнения регрессии согласно формуле (5):

$$S^2\{b_i\} = \frac{S^2\{Y\}}{N}, \quad (5)$$

Определение доверительного интервала для коэффициентов уравнения вычисляется по формуле (6):

$$\Delta b_i = \pm t_{\tau} S\{b_i\}, \quad (6)$$

где: t_{τ} – значение критерия Стьюдента, определяемое при числе степеней свободы $f\{S_{(1)}^2\} = N(m-1)$ и $P_D=0.95$.

Если коэффициент регрессии $|b_i|$ меньше по модулю величины доверительного интервала $\Delta|b_i|$, то коэффициент уравнения считается незначимым и исключается из уравнения регрессии.

Для оценки дисперсии адекватности применима формула (7):

$$S_{(2)}^2 = \frac{m \sum_{u=1}^N (\bar{Y}_u - Y_{Ru})^2}{N - M - 1}, \quad (7)$$

где, M – количество факторов.

После этого необходимо определение расчетного значения критерия Фишера по формуле (8):

$$\begin{cases} F_R = \frac{S_{(2)}^2\{Y\}}{S_{(1)}^2}, \text{ если } S_{(2)}^2\{Y\} > S_{(1)}^2\{Y\}, \\ F_R = \frac{S_{(1)}^2\{Y\}}{S_{(2)}^2\{Y\}}, \text{ если } S_{(1)}^2\{Y\} > S_{(2)}^2\{Y\}, \end{cases} \quad (8)$$

где, $S_{(1)}^2\{Y\}$ – средняя дисперсия, или дисперсия воспроизводимости.

Уравнение регрессии считается адекватным, если выполняется условие $F_R < F_T$, которое определяет при доверительной вероятности $P_D=0.95$ и числе степеней свободы дисперсий $f\{S_{(2)}^2\}$ и $f\{S_{(1)}^2\}$.

Коэффициенты регрессии в натуральных значениях факторов определяют по формулам (9)-(12):

$$a_0 = b_0 - \left(\frac{b_1 X_{01}}{I_1} + \frac{b_2 X_{02}}{I_2} \right) + \left(\frac{b_{12} X_{01} X_{02}}{I_1 I_2} \right), \quad (9)$$

$$a_1 = \frac{b_1}{I_1} - \frac{b_{12} X_{02}}{I_1 I_2}, \quad (10)$$

$$a_2 = \frac{b_2}{I_2} - \frac{b_{12} X_{01}}{I_1 I_2}, \quad (11)$$

$$a_{12} = \frac{b_{12}}{I_1 I_2}, \quad (12)$$

где: b_0, b_1, b_2, b_{12} – оценки коэффициентов уравнения регрессии; X_{01}, X_{02} – натуральные значения основного уровня факторов; I_1, I_2 – интервалы варьирования факторов.

На основании разработанного алгоритма методического подхода была создана программная реализация полного трёхфакторного эксперимента с использованием табличного процессора Excel. Применение данной программы обеспечивает сокращение временных затрат и упрощает процедуру статистической обработки экспериментальных данных. В автоматизированном режиме выполняется расчет коэффициентов регрессионных уравнений, а также формируется совокупность показателей, необходимых для оценки адекватности построенной математической модели.

В результате математической обработки экспериментальных данных получены регрессионные зависимости, описывающие изменение разрывной нагрузки исследуемых тканей. Анализ выполнен для материалов арт. 369008, 10407, 81408, 9022 и 9018 на основе результатов лабораторных испытаний их физико-механических свойств.

В таблицах 6, 7, 8, 9, 10 представлены результаты исследования и основные характеристики ткани арт. 369008: разрывная нагрузка по основе и утку; по истиранию; по воздухопроницаемости; по пылепроницаемости.

Проверка адекватности полученных регрессионных уравнений по исследуемым параметрам выполнена на основе результатов статистического анализа и подтверждает корректность построенных математических моделей.

Результаты измерений и представленные математические уравнения подтверждают взаимосвязь и наибольшее влияние количества стирок на

износостойкость материала. Исследование статистических характеристик ткани арт. 369008 основано на соотношении оценок коэффициента регрессии и определения доверительного интервала для коэффициентов выбранного критерия.

Математические модели определения физико-механических свойств материалов спецодежды обосновываются уравнениями регрессии в кодированных значениях на основе оценки значимости коэффициентов уравнения регрессии, а именно определения дисперсии и числа степеней свободы по каждой из выбранных характеристик.

Зависимость разрывной нагрузки по основе и по утку исследуемых материалов от количества стирок представлена на рисунке 1.

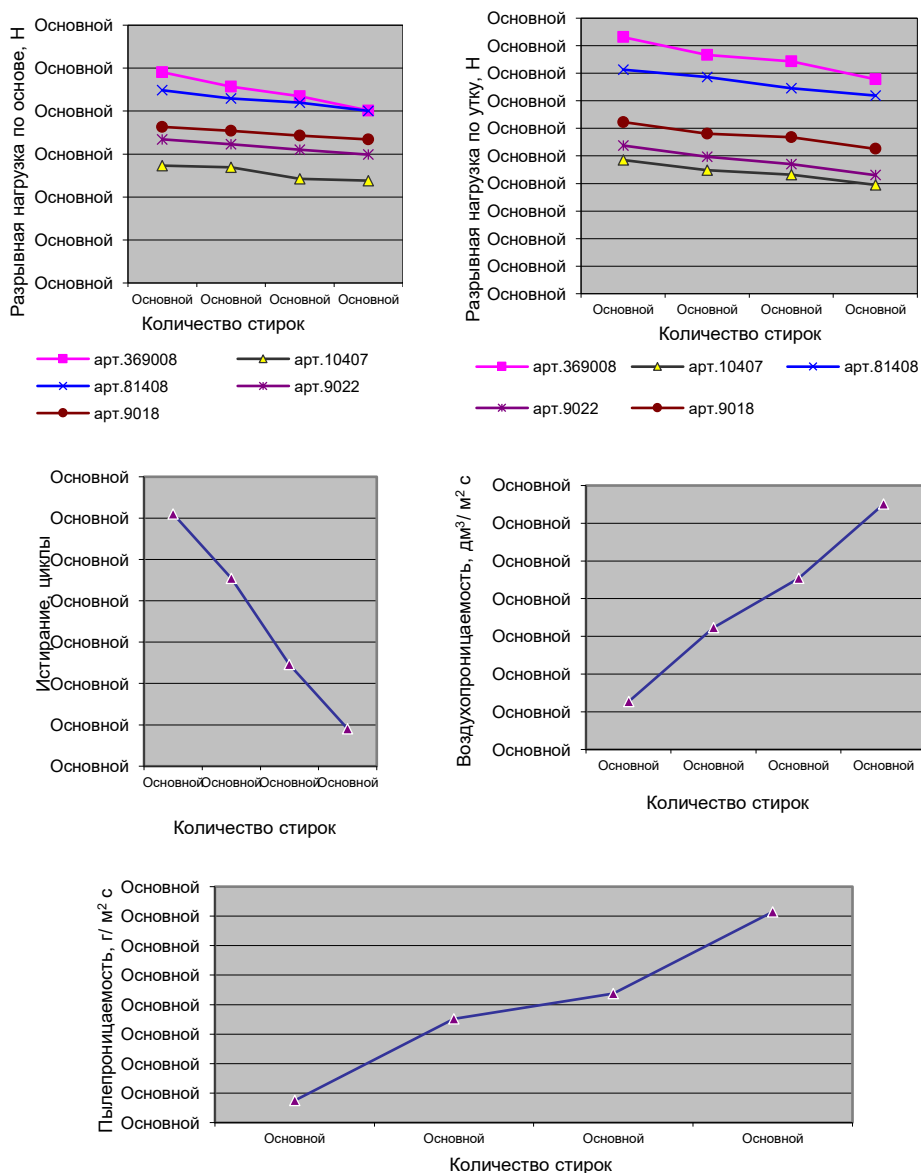


Рис. 1. Зависимость свойств исследуемых материалов от количества стирок лабораторных образцов тканей

Таблица 6
Результаты измерений и основные статистические характеристики ткани арт. 369008 – разрывная нагрузка по основе

| Факторы | | | Разрывная нагрузка по основе (H), Y _{ит} , % | | | | | Y _{сред} , % | Y _{сред} , % - при кодированных знач. | | | S ² _н {Y} | |
|-----------------------------------|--|--|---|-----------------|-----------------|--------------------|----------------------------------|---|---|--|-----------------|---|--|
| x ₀ | x ₁ | x ₂ | Y _{и1} | Y _{и2} | Y _{и3} | Y _{и4} | Y _{и5} | | x ₁ | x ₂ | x ₁₂ | | |
| 1 | -1 | -1 | 1080 | 1060 | 1010 | 950 | 930 | 987,5 | -987,5 | -987,5 | 987,5 | 4330 | |
| 1 | 1 | -1 | 920 | 910 | 907 | 905 | 910 | 908 | 908 | -908 | -908 | 33,3 | |
| 1 | -1 | 1 | 900 | 887 | 885 | 870 | 810 | 863 | -863 | 863 | -863 | 1253,3 | |
| 1 | 1 | 1 | 837 | 820 | 810 | 805 | 802 | 809,25 | 809,25 | 809,25 | 809,25 | 200,7 | |
| СУММА | | | | | | | | 3567,75 | -133,25 | -223,25 | 25,75 | 5817,3 | |
| Определение средней дисперсии | Число степеней свободы для средней дисперсии | Определение оценок коэффициентов регрессии | Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии | | | | | Определение дисперсии выходного параметра | Определение дисперсии коэффициентов уравнения регрессии | Определение доверительного интервала для коэффициентов уравнения | | | В рассматриваемом случае 6,4375<17,78812 незначим, следовательно, уравнение регрессии в кодированных значениях имеет вид |
| | | | | | | | | | | при (f {S ² _(i) } и P _D =0,95), t=2,086 | | | |
| S ² _(i) {Y} | f {S ² _(i) } | v ₀ | v ₁ | v ₂ | v ₁₂ | S ² {Y} | S ² {b _i } | S {b _i } | (±, -) tS {b _i } | | | Y _R =891,9375-33,3125X ₁ -55,8125X ₂ | |
| 1454,33 | 20 | 891,9375 | -33,3125 | -55,8125 | 6,4375 | 290,865 | 72,71625 | 8,527382365 | 17,7881196 | | | | |

Таблица 7
Результаты измерений и основные статистические характеристики ткани арт. 369008 – разрывная нагрузка по утку

| Факторы | | | Разрывная нагрузка по утку (H), Y _{ит} , % | | | | | Y _{сред} , % | Y _{сред} , % - при кодированных знач. | | | S ² _н {Y} | |
|-----------------------------------|--|--|---|-----------------|-----------------|--------------------|----------------------------------|---|---|--|-----------------|---|---|
| x ₀ | x ₁ | x ₂ | Y _{и1} | Y _{и2} | Y _{и3} | Y _{и4} | Y _{и5} | | x ₁ | x ₂ | x ₁₂ | | |
| 1 | -1 | -1 | 1050 | 1010 | 990 | 900 | 820 | 930 | -930 | -930 | 930 | 8630 | |
| 1 | 1 | -1 | 880 | 875 | 870 | 865 | 860 | 867,5 | 867,5 | -867,5 | -867,5 | 62,5 | |
| 1 | -1 | 1 | 855 | 850 | 849 | 848 | 830 | 844,25 | -844,25 | 844,25 | -844,25 | 91,3 | |
| 1 | 1 | 1 | 820 | 810 | 809 | 780 | 710 | 777,25 | 777,25 | 777,25 | 777,25 | 2018,2 | |
| СУММА | | | | | | | | 3419 | -129,5 | -176 | -4,5 | 10802 | |
| Определение средней дисперсии | Число степеней свободы для средней дисперсии | Определение оценок коэффициентов регрессии | Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии | | | | | Определение дисперсии выходного параметра | Определение дисперсии коэффициентов уравнения регрессии | Определение доверительного интервала для коэффициентов уравнения | | | В рассматриваемом случае -1,125<-24,2393739 незначим, следовательно, уравнение регрессии в кодированных значениях имеет вид |
| | | | | | | | | | | при (f {S ² _(i) } и P _D =0,95), t=2,086 | | | |
| S ² _(i) {Y} | f {S ² _(i) } | v ₀ | v ₁ | v ₂ | v ₁₂ | S ² {Y} | S ² {b _i } | S {b _i } | (±, -) tS {b _i } | | | Y _R =854,75-32,375X ₁ -44X ₂ | |
| 2700,5 | 20 | 854,75 | -32,375 | -44 | -1,125 | 540,1 | 135,025 | 11,62002582 | 24,2393739 | | | | |

Таблица 8
Результаты измерений и основные статистические характеристики ткани арт. 369008 в лабораторных условиях по истиранию

| Факторы | | | Истирание, циклы | | | | | Y _{сред} | Y _{сред} - при кодированных знач. | | | S ² _н {Y} | |
|-----------------------------------|--|--|---|-----------------|-----------------|--------------------|----------------------------------|---|---|--|-----------------|---|--|
| x ₀ | x ₁ | x ₂ | Y _{и1} | Y _{и2} | Y _{и3} | Y _{и4} | Y _{и5} | | x ₁ | x ₂ | x ₁₂ | | |
| 1 | -1 | -1 | 2030 | 2025 | 2010 | 2005 | 2000 | 2010 | -2010 | -2010 | 2010 | 167,5 | |
| 1 | 1 | -1 | 2000 | 1997 | 1983 | 1982 | 1970 | 1983 | 1983 | -1983 | -1983 | 149,3 | |
| 1 | -1 | 1 | 1960 | 1955 | 1950 | 1940 | 1920 | 1941,25 | -1941,25 | 1941,25 | -1941,25 | 250 | |
| 1 | 1 | 1 | 1920 | 1910 | 1907 | 1905 | 1902 | 1906 | 1906 | 1906 | 1906 | 47,7 | |
| СУММА | | | | | | | | 7840,25 | -62,25 | -145,75 | -8,25 | 614,5 | |
| Определение средней дисперсии | Число степеней свободы для средней дисперсии | Определение оценок коэффициентов регрессии | Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии | | | | | Определение дисперсии выходного параметра | Определение дисперсии коэффициентов уравнения регрессии | Определение доверительного интервала для коэффициентов уравнения | | | В рассматриваемом случае -2,0625<5,7813621 незначим, следовательно, уравнение регрессии в кодированных значениях имеет вид |
| | | | | | | | | | | При (f {S ² _(i) } и P _D =0,95), t=2,086 | | | |
| S ² _(i) {Y} | f {S ² _(i) } | v ₀ | v ₁ | v ₂ | v ₁₂ | S ² {Y} | S ² {b _i } | S {b _i } | (±, -) tS {b _i } | | | Y _R =1960,063-15,5625X ₁ -36,4375X ₂ | |
| 153,625 | 20 | 1960,063 | -15,5625 | -36,4375 | -2,0625 | 30,725 | 7,68125 | 2,77150681 | 5,781363206 | | | | |

Таблица 9
Результаты измерений и основные статистические характеристики ткани арт. 369008 в лабораторных условиях по воздухопроницаемости

| Факторы | | | Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ | | | | | У _{сред.} % | Усред. % - при кодированных знач. | | | S ² _u {Y} |
|-----------------------------------|--|--|---|-----------------|-----------------|--------------------|---|---|-----------------------------------|---|--|---|
| x ₀ | x ₁ | x ₂ | Y ₀₁ | Y ₀₂ | Y ₀₃ | Y ₀₄ | Y ₀₅ | | x ₁ | x ₂ | x ₁₂ | |
| 1 | -1 | -1 | 25,1 | 25,2 | 27 | 28 | 29 | 27,3 | -27,3 | -27,3 | 27,3 | 2,938 |
| 1 | 1 | -1 | 30,1 | 30,2 | 31,1 | 32 | 33,5 | 31,7 | 31,7 | -31,7 | -31,7 | 1,997 |
| 1 | -1 | 1 | 33,1 | 34 | 34,1 | 34 | 35,1 | 34,3 | -34,3 | 34,3 | -34,3 | 0,503 |
| 1 | 1 | 1 | 36 | 37 | 37 | 38 | 39,1 | 37,775 | 37,775 | 37,775 | 37,775 | 1,382 |
| СУММА | | | | | | | | 131,075 | 7,875 | 13,075 | -0,925 | 6,82 |
| Определение средней дисперсии | Число степеней свободы для средней дисперсии | Определение оценок коэффициентов регрессии | | | | | Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии | | | Определение доверительного интервала для коэффициентов уравнения | В рассматриваемом случае 0,23125<0,291976026 незначим, следовательно, уравнение регрессии в кодированных значениях имеет вид | |
| | | | | | | | Определение дисперсии выходного параметра | Определение дисперсии коэффициентов уравнения регрессии | | | | при (f {S ² ₍₁₎ }) и P _D =0,95), t=2,086 |
| S ² ₍₁₎ {Y} | f {S ² ₍₁₎ } | v ₀ | v ₁ | v ₂ | v ₁₂ | S ² {Y} | S ² {b _i } | S {b _i } | (+, -) tS {b _i } | Y _R =32,76875+1,96875X ₁ +3,26875X ₂ | | |
| 1,705 | 20 | 32,76875 | 1,96875 | 3,26875 | -0,23125 | 0,341 | 0,08525 | 0,291976026 | 0,609061991 | | | |

Таблица 10
Результаты измерений и основные статистические характеристики ткани арт. 369008 в лабораторных условиях по пылепроницаемости

| Факторы | | | Пылепроницаемость, $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ | | | | | У _{сред.} % | Усред. % - при кодированных знач. | | | S ² _u {Y} |
|-----------------------------------|--|--|---|-----------------|-----------------|--------------------|---|---|-----------------------------------|---|---|---|
| x ₀ | x ₁ | x ₂ | Y ₀₁ | Y ₀₂ | Y ₀₃ | Y ₀₄ | Y ₀₅ | | x ₁ | x ₂ | x ₁₂ | |
| 1 | -1 | -1 | 450 | 460 | 490 | 510 | 560 | 505 | -505 | -505 | 505 | 1930 |
| 1 | 1 | -1 | 580 | 585 | 580 | 586 | 570 | 580,25 | 580,25 | -580,25 | -580,25 | 40,2 |
| 1 | -1 | 1 | 575 | 580 | 590 | 620 | 597,5 | 597,5 | -597,5 | 597,5 | -597,5 | 320 |
| 1 | 1 | 1 | 620 | 629 | 630 | 633 | 640 | 633 | 633 | 633 | 633 | 52,3 |
| СУММА | | | | | | | | 2315,75 | 110,75 | 145,25 | -39,75 | 2342,5 |
| Определение средней дисперсии | Число степеней свободы для средней дисперсии | Определение оценок коэффициентов регрессии | | | | | Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии | | | Определение доверительного интервала для коэффициентов уравнения | В рассматриваемом случае -9,9375<11,2877949 незначим, следовательно, уравнение регрессии в кодированных значениях имеет вид | |
| | | | | | | | Определение дисперсии выходного параметра | Определение дисперсии коэффициентов уравнения регрессии | | | | при (f {S ² ₍₁₎ }) и P _D =0,95), t=2,086 |
| S ² ₍₁₎ {Y} | f {S ² ₍₁₎ } | v ₀ | v ₁ | v ₂ | v ₁₂ | S ² {Y} | S ² {b _i } | S {b _i } | (+, -) tS {b _i } | Y _R =578,9375+26,6875X ₁ +36,3125X ₂ | | |
| 585,625 | 20 | 578,9375 | 27,6875 | 36,3125 | -9,9375 | 117,125 | 29,28125 | 5,411215205 | 11,28779492 | | | |

Заключение. Как видно из рисунка 1, зависимость количества стирок от разрывной нагрузки по основе и утку рассмотрена для всех исследуемых артикулов ткани. Высокими значениями прочности принадлежит арт. 369008, что объясняется использованием в структуре ткани лавсановых волокон. Проведенное сравнение позволило выбрать ткань арт.369008 для определения зависимостей по истиранию, воздухопроницаемости и пылепроницаемости. Направление кривых зависимости воздухопроницаемости и пылепроницаемости от количества стирок позволяют сделать вывод, что увеличение количества стирок ведет к интенсивному увеличению показателей воздухопроницаемости, постепенному росту пылепроницаемости. и поэтапному снижению показателей прочности материала. Результаты проведенных исследований определили выбор ткани для дальнейшего проведения экспериментального исследования арт. 369008.

В этой связи моделирование физико-механических свойств материалов спецодежды в лабораторных условиях позволило определить зависимость основных характеристик от уменьшения плотности материала и проведения

стирок, что обусловлено условиями труда строителей и необходимой защитой от порезов, проколов при работе с инструментами или загроможденных проходах, где пыль и температурные колебания внешней среды оказывает негативное влияние на состояние рабочих.

Список литературы

1. Ефремова, О.С. Охрана труда в строительстве [Текст] / О.С. Ефремова. – М.: Альфа-Пресс, 2006. – 466 с.
2. Романов, В.Е. Системный подход к проектированию специальной одежды [Текст] / В.Е. Романов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 58 с.
3. [?] Опыт проектирования специальной одежды [Текст]. – Л.: ЛДНТП, 1972. – 40 с.
4. Афанасьева, Р.Ф., Чубарова, З.С. Гигиена одежды [Текст] / Р.Ф. Афанасьева, З.С. Чубарова. – М., 1985. – 145 с.
5. Романов, В.Е. Теоретические и методологические основы системы оптимального проектирования специальной одежды [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук / В.Е. Романов. – Л.: ЛИТЛП, 1982. – 435 с.
6. Русинова, А.М. Производственная одежда [Текст] / А.М. Русинова. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 160 с.
7. Рыскулова, Б.Р. Разработка методов проектирования специальной одежды для работающих фосфорного производства с учетом защитных свойств материалов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук [Текст] / Б.Р. Рыскулова. – М.: МГАЛП, 1996. – 45 с.

Материал поступил в редакцию 12.02.25, принят 12.03.26.

**Ж.Б. Байжанова¹, К.Д. Кожабергенова¹, С.М. Базарбаева²,
Е.О. Омарова¹, Г.А. Касымова³**

¹Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті,
Астана, Қазақстан

²Л.Н Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

³М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан

ҚҰРЫЛЫСШЫЛАРҒА АРНАЛҒАН АРНАЙЫ КИІМ МАТЕРИАЛДАРЫНЫҢ ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН КӨПФАКТОРЛЫ РЕГРЕССИЯЛЫҚ ӘДІСТЕМЕ НЕГІЗІНДЕ ТАЛДАУ ЖӘНЕ БОЛЖАУ

Аңдатпа. Зерттеу барысында құрылысшыларға арналған арнайы киімге қолданылатын әртүрлі талшықтық құрамдағы маталардың физика-механикалық қасиеттері пайдалану жағдайына жақын зертханалық ортада бағаланды. Материалдардың беріктік көрсеткіштеріне, тозуға төзімділігіне, ауа және шаң өткізгіштігіне көп мәрте жуу процесінің әсері анықталды. Анықталған тәуелділіктерді сипаттау үшін арнайы киімнің пайдалану сенімділігін болжауға мүмкіндік беретін регрессиялық көпфакторлы математикалық модель қолданылды.

Тірек сөздер: арнайы киім, тоқыма материалдар, физика-механикалық қасиеттер, тозуға төзімділік, көп мәрте жуу, регрессиялық модель.

Zh.B. Baizhanova¹, K.D. Kozhabergenova¹, S.M. Bazarbaeva²,
E.O. Omarova¹, G.A. Kassymova³

¹K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

³M.H. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan

**ANALYSIS AND PREDICTION OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF
MATERIALS FOR CONSTRUCTION WORKWEAR BASED ON A MULTIFACTOR REGRESSION
APPROACH**

Abstract. The study presents a laboratory assessment of the physical and mechanical characteristics of fabrics of various compositions intended for construction workwear under conditions close to actual use. The effect of repeated laundering on strength properties, wear resistance, air permeability, and dust permeability of the materials was established. To describe the identified relationships, a multifactor regression mathematical model was applied, enabling the prediction of the operational reliability of workwear.

Keywords: workwear, textile materials, physical and mechanical properties, wear resistance, repeated laundering, regression model.

References

1. Efremova O.S. Okhrana truda v stroitelstve [Occupational Safety in Construction]. – Moscow: Alfa-Press, 2006. – 466 p. [in Russian].
2. Rusinova A.M. Proizvodstvennaya odezhda [Industrial Clothing]. – Moscow: Legkaya industriya, 1974. – 160 p. [in Russian].
3. Ryskulova B.R. Razrabotka metodov proektirovaniya spetsialnoi odezhdy dlya rabotayushchikh fosfornogo proizvodstva s uchetom zashchitnykh svoystv materialov: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk [Development of Methods for Designing Protective Clothing for Workers in Phosphorus Production Considering Protective Properties of Materials: Extended Abstract of Doctoral Dissertation]. – Moscow: MGALP, 1996. – 45 p. [in Russian].
4. Romanov V.E. Sistemnyi podkhod k proektirovaniyu spetsialnoi odezhdy [System Approach to the Design of Protective Clothing]. – Moscow: Legkaya i pishchevaya promyshlennost, 1981. – 58 p. [in Russian].
5. [?] Opyt proektirovaniya spetsialnoi odezhdy [Experience in Designing Protective Clothing]. – Leningrad: LDNTP, 1972. – 40 p. [in Russian].
6. Afanaseva R.F., Chubarova Z.S. Gigiena odezhdy [Clothing Hygiene]. – Moscow, 1985. – 145 p. [in Russian].
7. Romanov V.E. Teoreticheskie i metodologicheskie osnovy sistemy optimalnogo proektirovaniya spetsialnoi odezhdy: dis. ... d-ra tekhn. nauk [Theoretical and Methodological Foundations of the System for Optimal Design of Protective Clothing: Doctoral Dissertation]. – Leningrad: LITLP, 1982. – 435 p. [in Russian].