

УДК 677.027.27
МРНТИ 64.29.23

<https://doi.org/10.48184/2304-568X-2020-4-30-38>

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА БЕЛЕНИЯ ЛЬНЯНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПЕРИОДИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

А.М. АЙТЖАН¹, И.М. ДЖУРИНСКАЯ¹, Л.В. ЛОГИНОВА¹

(Алматинский технологический университет¹)

E-mail: llil.ru@mail.ru

В статье предлагаются результаты исследований эксплуатационных свойств льняного материала, отбеленного по разработанному совмещенному периодическому способу. Изучено влияние состава и концентраций компонентов в рабочем растворе на качественные показатели отбеливания. Результаты исследования показывают, что применение предлагаемого совмещенного способа для отбеливания льняных и смешанных тканей позволяет получить высокие значения степени белизны и капиллярности с сохранением прочностных показателей и минимальной деструкцией целлюлозного волокна.

Ключевые слова: льняное волокно, беление, капиллярность, степень белизны, коэффициент спектрального отражения, спектрофотометр, прочностные показатели, усадка.

ЗЫҒЫР МАТЕРИАЛДАРЫН МЕРЗІМДІК ТӘСІЛМЕН АҚУЫЗДАУДЫҢ ОҢТАЙЛЫ РЕЖИМІН ӨЗІРЛЕУ

А.М. АЙТЖАН¹, И.М. ДЖУРИНСКАЯ¹, Л.В. ЛОГИНОВА¹

(Алматы технологиялық университеті¹)

E-mail: llii.ru@mail.ru

Мақалада зығыр материалының біріктірілген кезеңдік әдісі бойынша азартылған және пайдалану қасиеттерін зерттеу нәтижелері ұсынылады. Жұмыс ерітіндісінде компоненттердің құрамы мен концентрациясының азартудың сапалық көрсеткіштеріне әсері зерттелді. Зерттеу нәтижелері зығыр және аралас маталарды бірлескен әдісті қолдана отырып азарту үшін ұсынылған, беріктілік көрсеткіштерін және целлюлоза талшығының ең аз деструкциясын сақтай отырып, азарту және капиллярлылық деңгейінің жоғары мәнін алуға мүмкіндік беретінін көрсетеді.

Негізгі сөздер: зығыр талшығы, азарту, капиллярлығы, азарту дәрежесі, спекторлық шағылысу коэффициенті, спектрофотометр, беріктік көрсеткіштері, матаның отыруы.

DEVELOPMENT OF THE OPTIMAL MODE OF BLEACHING OF LINEN MATERIALS BY PERIODIC METHOD

A.M. AITZHAN¹, I.M. JURINSKAYA¹, L.V. LOGINOVA¹

(Almaty Technological University¹)

E-mail: llii.ru@mail.ru

The article presents the results of research on the operational properties of linen material bleached by the developed combined periodic method. The influence of the composition and concentration of components in the working solution on the quality indicators of bleaching was studied. The results of the study show that the use of the proposed combined method for bleaching linen and mixed fabrics allows you to obtain high values of the degree of whiteness and capillarity with the preservation of strength indicators and minimal destruction of cellulose fiber.

Keywords: flax fiber, bleaching, capillary action, degree of whiteness, the coefficient of spectral reflectance, spectrophotometer, strength indicators, shrinkage.

Введение

Льняные ткани всегда пользуются приоритетом среди натуральных текстильных материалов вследствие не только красивого внешнего вида и комфортности в эксплуатации. Они высоко гигроскопичны, прекрасно регулируют теплообмен, не вызывают раздражения кожи или других аллергических реакций, «дышащие» и гигиеничные, обладают бактерицидным действием и отражают ультрафиолетовое излучение. Кроме того, они долговечны и одежда из льна при правильном уходе не садится и не растягивается. Недостатком этих тканей является их дороговизна, так как получение и отделка их весьма

ресурсо- и энергозатратны. В последнее время вопрос доступности таких материалов для широких слоев населения решается в производстве смешанных льняных тканей и полотен на основе добавления более дешевого хлопкового сырья при изготовлении. Таким образом сохраняются все преимущества льняных материалов и снижается их себестоимость. Это, в свою очередь, требует пересмотра и усовершенствования технологии отделочных операций, оптимизации и снижения ресурсоемкости. Поэтому, целью настоящей работы является разработка наиболее эффективного способа беления льняных материалов периодическим способом, обеспечивающим

высокие качественные показатели процесса, сокращение времени обработки и снижение расхода воды.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования является льняная смешанная ткань группы 125р25-БД, артикул 1040, производство ТОО «Техт Трейд», Россия. Технические характеристики ткани приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические характеристики льняной смешанной ткани

| Наименование, артикул | Поверхностная плотность, г/м | Состав % | Ширина ткани, см | Переплетение |
|-----------------------|------------------------------|------------------------|------------------|--------------|
| Лен 1040 | 140±8 | 51% лен 49 % хлопок | 230±2,5 | полотняное |

Образцы льняной ткани отбеливают по совмещенному периодическому способу активными красителями по неизотермическому режиму при 90°C согласно технологической схемы (рис. 1) с варьированием компонентов белящего раствора:

- А – противозаломный, смачивающий препарат – 1-2,5 г/л
- В – едкий натр NaOH (100%) – 2,5-10 г/л
- С – силикат натрия Na₂SiO₃, стабилизатор – 7-20 г/л
- Д – пероксид водорода H₂O₂ (37%) – 12-20 г/л.

По результатам предварительного эксперимента были построены математические модели (по полному факторному эксперименту) технологического процесса отбеливания льняной смешанной ткани по совмещенному периодическому способу с использованием программного обеспечения научных исследований «MatLab» и получены оптимальные значения рецептуры и параметры технологического процесса обработки для разных концентраций составляющих рабочего раствора.

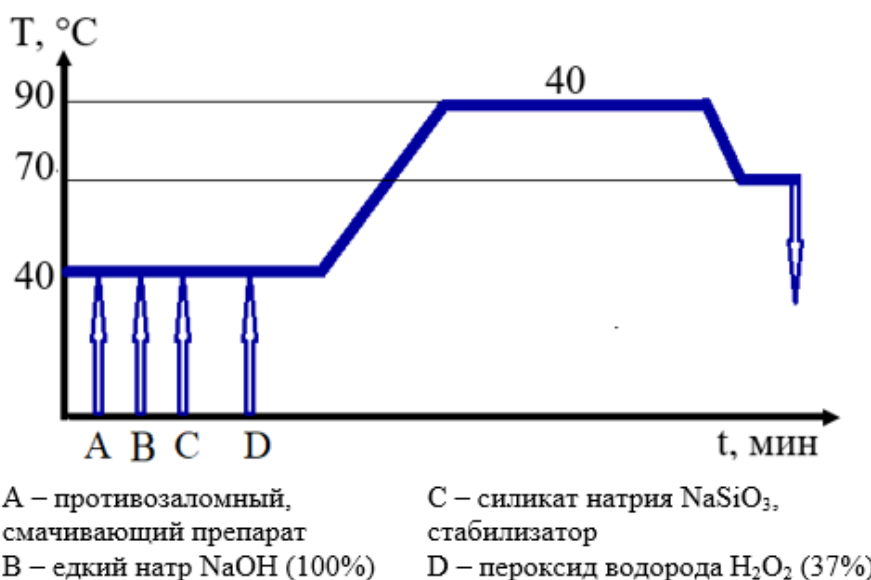


Рисунок 1 – Технологическая схема совмещенного режима отбеливания льняной смешанной ткани

Параметры моделирования представлены в таблице 2, матрицы планирования, рабочие матрицы и результаты экспериментов по изучению влияния концентраций компонентов и температурного режима на степень бе-

лизны, разрывную нагрузку, капиллярность и усадку льняного смешанного материала представлены в таблицах 3, 4, 5 и 6 и на рисунках 2 – 6.

Таблица 2 - Интервалы и уровни варьирования факторов

| Уровни факторов | Концентрация компонентов, г/л | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|--|---|
| | X ₁ NaOH (100%) | X ₂ Na ₂ SiO ₃ | X ₃ H ₂ O ₂ (37%) |
| Основной уровень | 6,25 | 15 | 15 |
| Интервал варьирования | 1,25 | 3 | 3 |
| Верхний уровень (x _j =+1) | 7,5 | 18 | 18 |
| Нижний уровень (x _j =-1) | 5 | 12 | 12 |

Концентрация противозаломного, смачивающего препарата для всех опытов эксперимента является величиной постоянной и составляет 1,5 г/л.

Таблица 3 - Значения входных факторов и выходных показателей для каждого выбранного состава обработки

| № | Входные факторы | | | | | | Выходные показатели | | | |
|--|-------------------------------|--|---|----|---|----|---|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | Концентрация (г/л) | | | | | | Y ₁ (L), % | Y ₂ (F), кгс | Y ₃ (H), мм | Y ₄ (Y), % |
| | X ₁ NaOH (100%) | X ₂ Na ₂ SiO ₃ | X ₃ H ₂ O ₂ (37%) | | | | | | | |
| 1 | + | 7,5 | + | 18 | + | 18 | 91,82 | 29 | 220 | 9,8 |
| 2 | - | 5 | + | 18 | + | 18 | 91,87 | 29,5 | 200 | 7,45 |
| 3 | + | 7,5 | - | 12 | + | 18 | 91,55 | 29,5 | 212 | 8,8 |
| 4 | - | 5 | - | 12 | + | 18 | 92,23 | 29 | 194 | 7,45 |
| 5 | + | 7,5 | + | 18 | - | 12 | 92,45 | 30 | 198 | 5,55 |
| 6 | - | 5 | + | 18 | - | 12 | 92,48 | 29,5 | 192 | 6,0 |
| 7 | + | 7,5 | - | 12 | - | 12 | 92,12 | 30 | 190 | 5,8 |
| 8 | - | 5 | - | 12 | - | 12 | 91,80 | 30 | 188 | 6,23 |
| Y ₁ (L), % – степень белизны | | | | | | | Y ₃ (H), мм – капиллярность | | | |
| Y ₂ (F), кгс – разрывная нагрузка | | | | | | | Y ₄ (Y), % – усадка (средние значения) | | | |

Из анализа полученных значений выходных показателей следует, что все моделируемые составы отбеливающего раствора обеспечивают высокие показатели степени белизны и прочностных характеристик (разрывная нагрузка для неотбеленного образца составляет 30 кгс). Таким образом в качестве критериев оптимизации были выбраны показатели капиллярности и усадки.

Число опытов в матрице планирования равно N = 8 для для каждого выбранного режима обработки.

Результаты и их обсуждение

Определение капиллярности тканей проводили согласно ГОСТ 3816-61. Степень капиллярности определяли при этом высотой L (мм), на которую поднимается за это время жидкость.

Степень белизны (коэффициент яркости, светлоту) определяли по коэффициенту спектрального отражения на спектрофотометре Precise Colorimeter CS – 210 при длине 487 нм для отбеленных тканей.

Определение разрывных характеристик проводили на разрывной машине РТ-250 М согласно ГОСТ 3813–72.

Усадку образца определяли согласно ГОСТ 30157.1–95.

По полученным данным эксперимента показано, что по предлагаемому режиму отбеливания достигнуты высокие показатели степени белизны (рис. 2) и практически отсутствует деструкция волокна, так как изменение прочностных показателей (разрывная нагрузка) тканей с учетом усадки составляет 2,1-4,7 % (рис. 3).

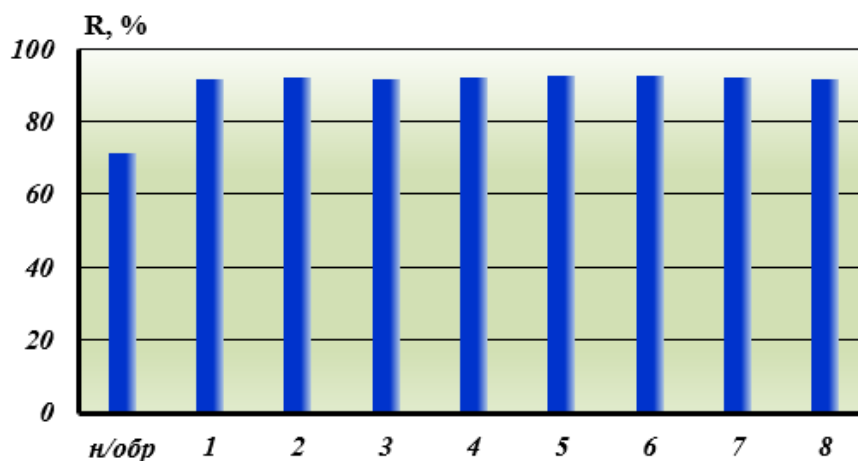


Рисунок 2 – Показатели степени белизны образцов льняной смешанной ткани в соответствии с рецептурой отбеливания

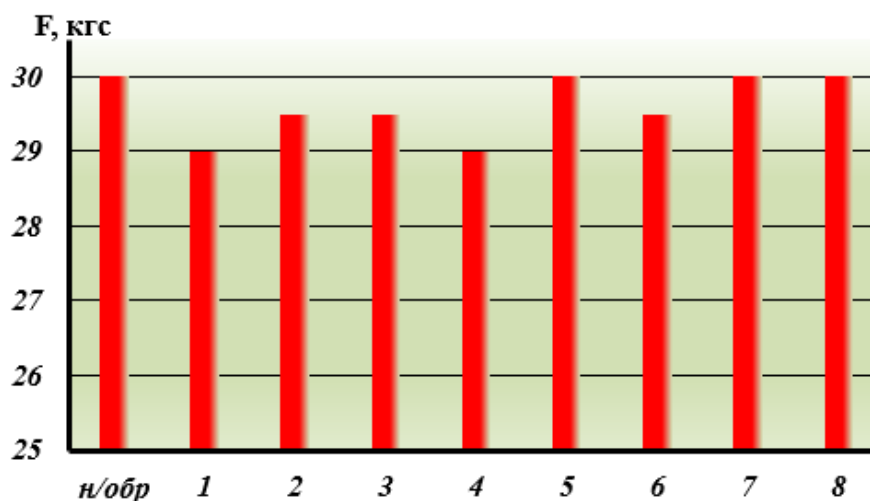


Рисунок 3 – Показатели разрывной нагрузки образцов льняной смешанной ткани в соответствии с рецептурой отбеливания

Для оценки влияния входных факторов на капиллярность отбеленных образцов были построены две математические модели для оценки дисперсии воспроизводимости и оценки дисперсии среднего значения (более точное моделирование). В результате реализации плана исследования были получены следующие частные значения критерия оптимизации (капиллярности), которые представлены в таблицах 4 и 5.

Для оценки влияния входных факторов на усадку отбеленных образцов (по средним значениям) была построена математическая модель для оценки дисперсии среднего значения. В результате реализации плана исследования были получены следующие частные значения критерия оптимизации (капиллярности), которые представлены в таблице 6.

По результатам полного факторного эксперимента был проведен статистический анализ, включающий:

- проверку воспроизводимости эксперимента;
- проверку значимости коэффициентов регрессии для каждого полученного уравнения;
- проверку адекватности уравнений регрессии эксперименту с помощью критерия Фишера.

I Оценка влияния входных факторов на капиллярность отбеленных образцов

Модель 1.1 – по значениям оценки дисперсии воспроизводимости

По полученным данным и произведенному статистическому анализу (таблица 4) было получено следующее уравнение, адекватное исследуемому процессу:

$$Y(1.1) = 199,25 + 5,75X_1 + 7,25X_3$$

Таблица 4 - Расчетные данные соответствия (адекватности) полученной модели 1.1 для разработанного совмещенного режима отбеливания

| № | N | S _{bj} | t (f _y) | d | S _y ² | f _y | S _{ад} ² | f _{ад} | P, % | F _{опыт} | F _{табл.} |
|-----|---|-----------------|---------------------|---|-----------------------------|----------------|------------------------------|-----------------|------|-------------------|--------------------|
| 1.1 | 8 | 1,7 | 2,31 | 3 | 23,1 | 8 | 46,0 | 5 | 95 | 1,99 | 3,69 |

Из анализа значений коэффициентов регрессии полученной модели 1.1 следует, что самыми значимыми факторами в исследуемом совмещенном процессе отбеливания, влияющими на капиллярность льняных материалов, являются значения концентраций X3 - пероксида водорода H₂O₂ (37%) и X1 - ед-

кого натра NaOH (100%). Наглядное представление о геометрическом образе изучаемой функции отклика представлено на рисунке 4 в трехмерном пространстве (а) и на факторной плоскости (X1X3) линиями постоянных значений (б).

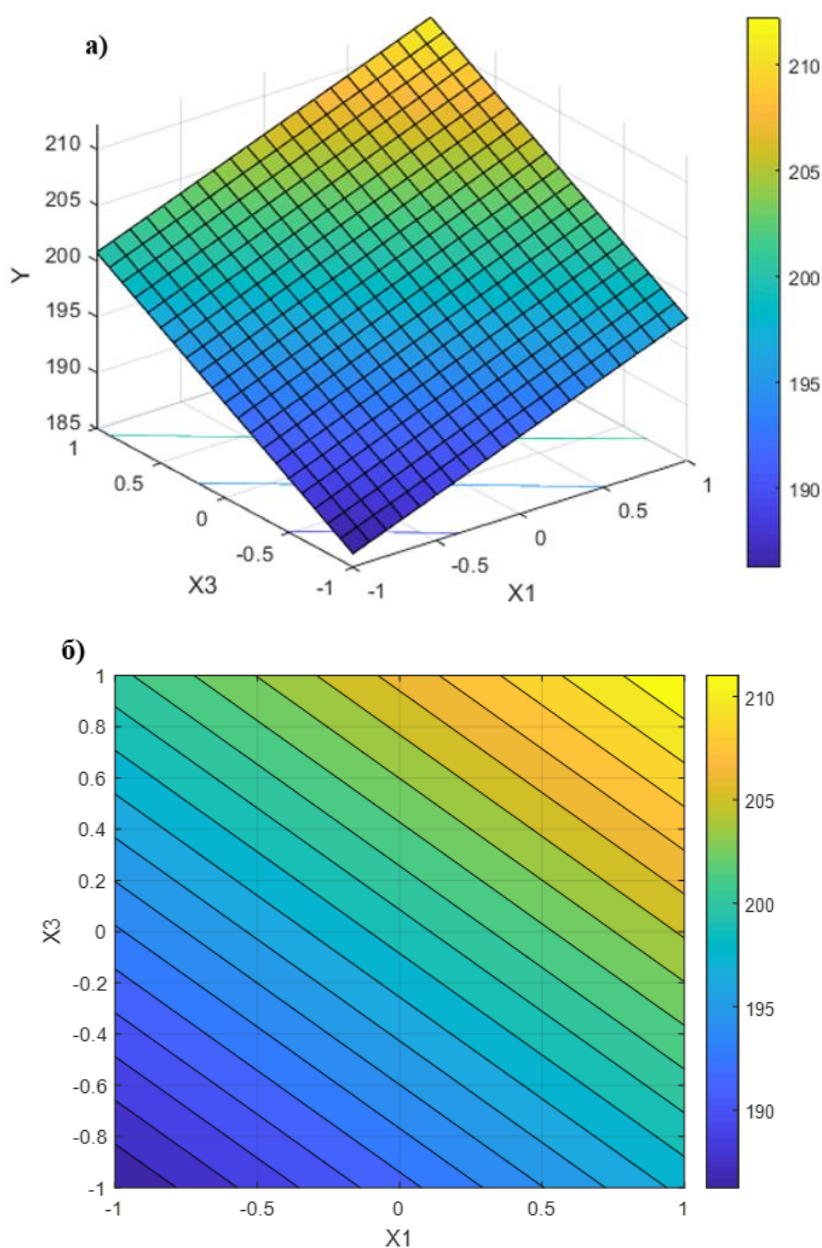


Рисунок 4 – Зависимость значений капиллярности отбеленной ткани от концентраций едкого натра NaOH (100%) – X1 и пероксида водорода H₂O₂ (37%) – X3, $Y = 199,25 + 5,75 \cdot X1 + 7,25 \cdot X3$. (а - трехмерный и б - градиентный графики)

Модель 1.2 – по значениям оценки дисперсии среднего значения (более точное моделирование)

$$Y (1.2) = 199,25 + 5,75X1 + 3,25X2 + 7,25X3 + 3,75X1X3$$

По полученным данным и произведенному статистическому анализу (табл. 5) было получено следующее уравнение, адекватное исследуемому процессу:

Таблица 5 - Расчетные данные соответствия (адекватности) полученной модели 1.1 для разработанного совмещенного режима отбеливания

| № | N | S _{bj} | t (f _y) | d | S _{усп} ² | f _{усп} | S _{ад} ² | f _{ад} | P, % | F _{опыт} | F _{табл.} |
|-----|---|-----------------|---------------------|---|-------------------------------|------------------|------------------------------|-----------------|------|-------------------|--------------------|
| 1.1 | 8 | 1,19 | 2,31 | 5 | 11,5 | 8 | 1,83 | 3 | 95 | 6,28 | 8,85 |

Анализа значений коэффициентов регрессии полученной модели 1.2 показывает, что в исследуемом совмещенном процессе отбеливания на капиллярность льняных материалов оказывают влияние значения концентраций не только всех трех факторов, но и значение совместного взаимодействия X1X3,

то есть – соотношение концентраций X3 – пероксида водорода H₂O₂ (37%) и X1 - едкого натра NaOH (100%). Графическое представление о геометрическом образе изучаемой функции отклика представлено на рисунке 5 в трехмерном пространстве.

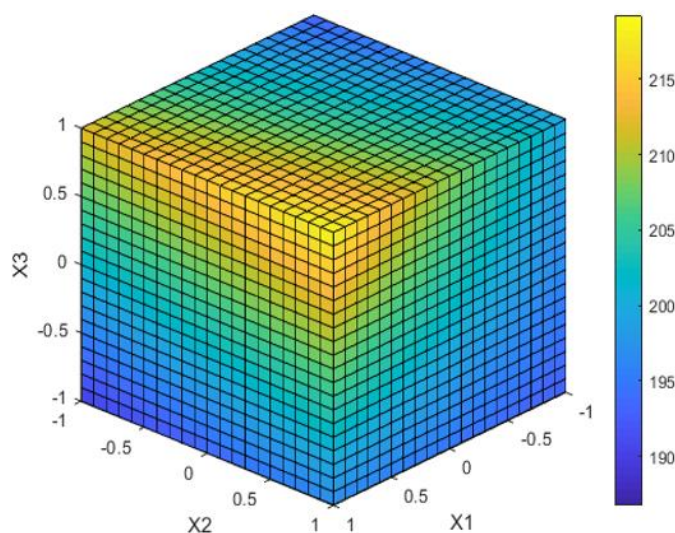


Рисунок 5 – Зависимость значений капиллярности отбеленной ткани от концентраций едкого натра NaOH (100%) – X1, силиката натрия Na₂SiO₃ – X2, пероксида водорода H₂O₂ (37%) – X3 и двойного взаимодействия X1X3, Y = 199,25 + 5,75*X1 + 3,25*X2 + 7,25*X3 + 3,75*X1*X3

II Оценка влияния входных факторов на усадку отбеленных образцов (по средним значениям)

Модель 2 – по значениям оценки дисперсии среднего значения

$$Y (2) = 7,135 + 0,353*X1 + 1,24*X3 + 0,57*X1*X3$$

По полученным данным и произведенному статистическому анализу (табл.6) было получено следующее уравнение, адекватное исследуемому процессу:

Таблица 6 - Расчетные данные соответствия (адекватности) полученной модели 2 для разработанного совмещенного режима отбеливания

| № | N | S _{bj} | t (f _y) | d | S _{усп} ² | f _{усп} | S _{ад} ² | f _{ад} | P, % | F _{опыт} | F _{табл.} |
|-----|---|-----------------|---------------------|---|-------------------------------|------------------|------------------------------|-----------------|------|-------------------|--------------------|
| 1.1 | 8 | 0,135 | 2,31 | 4 | 0,15 | 8 | 0,14 | 4 | 95 | 1,07 | 6,04 |

Из анализа значений коэффициентов регрессии полученной модели 2 следует, что значение концентрации X_2 - силиката натрия Na_2SiO_3 не оказывает решающего значения на усадку льняных тканей в ходе исследуемого совмещенного процесса отбеливания. Самым значимым фактором в данном случае является наличие и соотношение концентраций X_3 – пероксида водорода H_2O_2 (37%), X_1 - едкого натра $NaOH$ (100%) и их парного взаимодействия. Графическое представление о геометрическом образе изучаемой функции отклика представлено на рисунке 6 в трехмерном пространстве (а) и на факторной плоскости (X_1X_3) линиями постоянных значений (б).

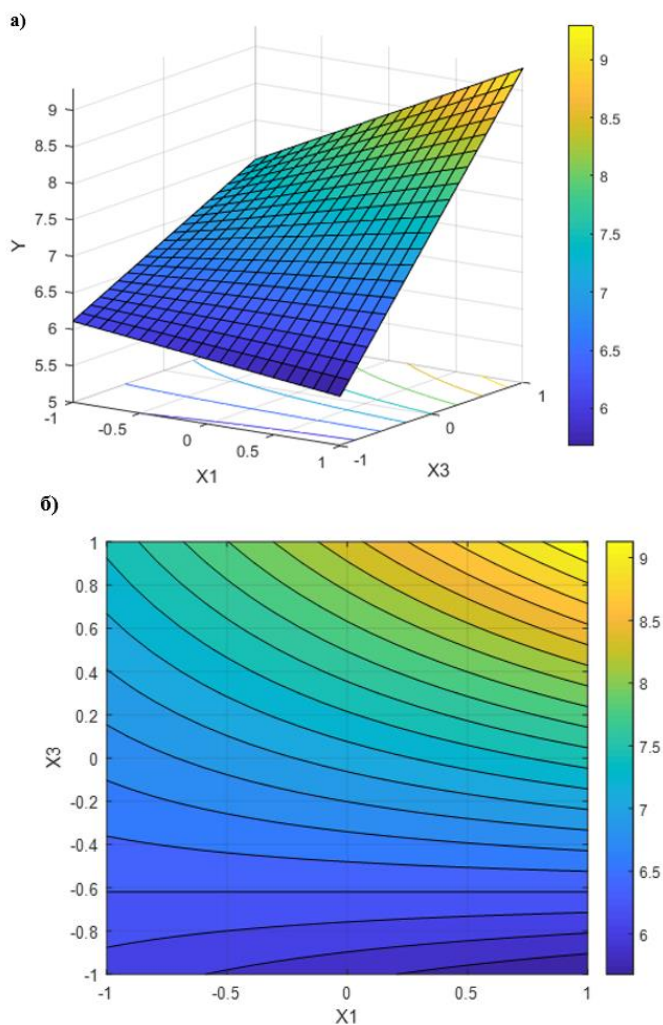
Выводы

1. Разработан периодический совмещенный способ для отбеливания льняных и

смешанных тканей, позволяющий получить высокие значения степени белизны и капиллярности с сохранением прочностных показателей и минимальной деструкцией целлюлозного волокна.

2. Разработаны технологические параметры процесса совмещенного отбеливания с использованием программного обеспечения научных исследований «MatLab» и получены оптимальные значения рецептуры и параметры технологического процесса обработки.

3. Исследовано влияние состава компонентов отбеливающей ванны на критерии оптимизации и установлено рекомендуемое соотношение концентрации пероксида водорода H_2O_2 (37%) к концентрации едкого натра $NaOH$ (100%) (не менее 1,3 раза).



(а - трехмерный и б - градиентный графики)

Рисунок 6 – Зависимость значений усадки отбеленной ткани (по средним значениям) от концентраций едкого натра $NaOH$ (100%) – X_1 , пероксида водорода H_2O_2 (37%) – X_3 и двойного взаимодействия X_1X_3 , $Y = 7,135 + 0,353 * X_1 + 1,24 * X_3 + 0,57 * X_1 * X_3$

4. Изменение прочностных показателей (разрывная нагрузка) тканей, обработанных по предлагаемому способу с учетом усадки, составляет 2,1-4,7% и соответствует требованиям технических регламентов ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков» и ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности».

5. Установлено, что применение данного способа беления льняных и смешанных тканей сокращает время технологического процесса в 1,7 – 2,1 раза за счёт совмещения процессов отварки и собственно беления, сокращает время и дополнительные затраты ресурсов на промывку в 1,4 раза.

6. Предлагаемый периодический способ совмещенного беления рекомендован для оборудования эжекторного типа и джиггеров, не требует больших производственных площадей и подходит для малых отделочных предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sustainable Innovations in Recycled Textiles. Textile Science and Clothing Technology [Электронный ресурс] Режим доступа/ Editor: Subramanian Senthilkannan Muthu. - London: Springer, 2018. - 82 p. <http://library.atu.kz/files/43856.pdf>

2. Химическая технология в искусстве текстиля [Текст]: учебник / под общ. ред. В.В. Сафонова. - М.: Инфра-М, 2019. - 351 с.

3. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности [Текст]: учебное пособие. - М.: Форум: Инфра-М, 2018. - 384 с.

4. Физико-химические основы процессов отделки текстильных материалов [Текст]: Лабораторный практикум: Специальность 5В073300-

"Технология и проектирование текстильных материалов". - Алматы: АТУ, 2018. - 103 с.

5. Способ беления льняного волокна для изготовления материалов медицинского назначения [Электронный ресурс]. Режим доступа. URL:<https://edrid.ru/rid/216.012.ea45.html>

6. Вигерс, К. Разработка требований к программному обеспечению [Текст]: учебник - М.: Русская редакция, 2018. - 736 с.

7. Материаловедение и технология материалов [Текст]: учебник / под ред. А.И. Батышева и А.А. Смолькина. - М.: Инфра-М, 2018. - 288 с.

REFERENCES

1. Sustainable Innovations in Recycled Textiles. Textile Science and Clothing Technology [Elektronnyj resurs] Rezhim dostupa/ Editor: Subramanian Senthilkannan Muthu. - London: Springer, 2018. - 82 p. <http://library.atu.kz/files/43856.pdf> (in English)

2. Khimicheskaya tekhnologiya v iskusstve tekstilya [Tekst]: uchebnik / pod obshch. red. V.V. Safonova. - M.: Infra-M, 2019. - 351 s. (in Russian)

3. Tekhnicheskaya ehkspertiza produkci tekstil'noj i legkoj promyshlennosti [Tekst]: uchebnoe posobie. - M.: Forum: Infra-M, 2018. - 384 s. (in Russian)

4. Fiziko-khimicheskie osnovy processov otdelki tekstil'nykh materialov [Tekst]: Labora-tornyj praktikum: Special'nost' 5V073300-"Tekhnologiya i proektirovanie tekstil'nykh mate-rialov". - Almaty: ATU, 2018. - 103 s. (in Russian)

5. Sposob beleniya l'nyanogo volokna dlya izgotovleniya materialov medicinskogo naznacheniya [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa. URL:<https://edrid.ru/rid/216.012.ea45.html> (in Russian)

6. Vigers, K. Razrabotka trebovanij k programnomu obespecheniyu [Tekst]: uchebnik - M.: Russkaya redakciya, 2018. - 736 s. (in Russian)

7. Materialovedenie i tekhnologiya materialov [Tekst]: uchebnik / pod red. A.I. Batysheva i A.A. Smol'kina. - M.: Infra-M, 2018. - 288 s. (in Russian)