

Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка

Природничо-географічний факультет

Кафедра біології людини, хімії та методики навчання хімії

**Мардоян Влад Грайрович**

**ОСОБЛИВОСТІ ФАРБУВАННЯ ВОВНЯНИХ ТКАНИН  
КИСЛОТНИМИ БАРВНИКАМИ**

Спеціальність: 014 Середня освіта (Хімія)

Галузь знань: 01 Освіта/Педагогіка

Кваліфікаційна робота

на здобуття освітнього ступеню магістра

Науковий керівник:

\_\_\_\_\_ Ю. В. Харченко,  
кандидат хімічних наук, доцент,  
ст. викладач кафедри біології людини,  
хімії та методики навчання хімії

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

Виконавець:

\_\_\_\_\_ В. Г. Мардоян

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД .....	5
1.1. Фізико-хімічні властивості вовни .....	5
1.2. Вовняні тканини .....	8
1.3. Класифікація вовняних тканин .....	10
1.4. Підготовка вовняних тканин до фарбування .....	11
1.5. Фарбування та друкування тканин.....	15
1.5.1. Барвники для фарбування та друкування тканин. ....	15
1.5.2. Процес фарбування та друкування тканин.....	17
1.5.3. Процес фарбування та друкування вовняних тканин.....	19
1.6. Способи інтенсифікації процесу фарбування .....	24
РОЗДІЛ 2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА .....	28
2.1. Правила техніки безпеки .....	28
2.2. Перевірка якості вовняної тканини .....	31
2.3. Фарбування вовняної тканини кислотними барвниками.....	31
2.4. Фарбування вовняної тканини кислотними барвниками із використанням колоїдної системи «Кололевел» .....	33
2.5. Фарбування вовняної тканини кислотними барвниками в умовах ультразвукового опромінення.....	34
2.6. Перевірка стійкості фарбування до сухого тертя .....	35
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ .....	36
3.1. Перевірка якості вовняної тканини.....	36
3.2. Фарбування вовняних тканин із використанням колоїдної системи «Кололевел».....	36
3.3. Фарбування вовняних тканин в умовах ультразвукового опромінення ..	41
3.4. Дослідження якості фарбування.....	44
ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	50

## ВСТУП

### **Актуальність теми.**

Вовна вважається цінною сировиною для виробництва широкого спектру різноманітних виробів. Адже вовняне волокно володіє цілим набором цінних властивостей, серед яких: висока міцність, низька зминаємість, висока гігроскопічність (вбирання вологи виробом), повітропроникність (забезпечення вільної циркуляції повітря), тощо. Важливим етапом під час виробництва вовняних тканин є їх фарбування. Для цього використовують барвники, що мають різну будову. Але незалежно від класу барвників, фарбування проводять при нагріванні, яке триває протягом певного часу, зазвичай, не менше однієї години. Це, з одного боку, робить цей процес енергозатратним. З іншого, вплив високих температур чинить негативний вплив на вовняне волокно, викликаючи його пошкодження і підвищення обривності.

Тому пошук нових методів, які б дозволили скоротити час фарбування, не знижуючи його якості, і не впливаючи на саме волокно, а також знизити енергозатрати цього процесу, є досить актуальною темою з практичної точки зору.

**Мета дипломної роботи:** оптимізація процесу фарбування вовняних тканин кислотними барвниками.

**Об'єкт дослідження:** процес фарбування вовняних тканин кислотними барвниками.

**Предмет дослідження:** вплив ультразвукового опромінення та обробки колоїдною системою «Кололевел» на швидкість та якість фарбування вовняних тканин.

### **Завдання дослідження:**

1. Аналіз та систематизація даних із оптимізації процесу фарбування вовняних тканин.
2. Дослідження впливу обробки колоїдною системою «Кололевел» на швидкість та якість фарбування вовняної тканини кислотними барвниками.

3. Дослідження впливу ультразвукового опромінення на швидкість та якість фарбування вовняної тканини кислотними барвниками.

**Методи дослідження:** аналіз, систематизація, узагальнення літературних і одержаних експериментальних даних, перевірка стійкості фарбування до сухого тертя.

**Наукова новизна:** вперше було проведено фарбування вовняної тканини кислотними барвниками із використанням колоїдної системи «Кололевел» та в умовах ультразвукового опромінення.

**Практичне значення:** можливість використання результатів для подальших досліджень умов інтенсифікації фарбування вовняних тканин кислотними барвниками.

**Апробація результатів:** матеріали роботи опубліковані у збірнику наукових праць «Природничі науки» та у збірнику матеріалів II Всеукраїнської заочної наукової конференції «Освітні та наукові виміри природничих наук».

Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, 15 рисунків, 2 таблиць, загальний обсяг сторінок – 53, кількість використаних джерел становить 27.

## РОЗДІЛ 1

### ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

#### 1.1. Фізико-хімічні властивості вовни

Вовна за всіх часів цінувалася за цілющі властивості. Ще у давнину люди позбавлялися зубного і головного болю, обмотуючи голову вовняною хусткою [2].

Завдяки своїм особливим властивостям, схожим на властивості людської шкіри, вовна підтримує той температурний режим, який необхідний для організму. Недарма сини пустелі з часів Мухаммеда і донині носять бурнуси з вовни, які вдень захищають голову від палючого сонця, а вночі від холоду.

Коефіцієнт теплопровідності у вовни нижчий, ніж у багатьох текстильних волокон. Саме тому вовняна постіль є найтеплішою [2].

Вовна пружна, еластична, міцна, має звивистість волокна (чим тонше вовна, тим вона більш звита). Звивистість сприяє отриманню пухкої пухнастої і пружної пряжі, а також збільшенню терміну носіння виробів. Завдяки гарній пружності вовняні вироби не змінюються і довго зберігають гарний зовнішній вигляд [4].

Вовняне волокно побудоване з двох або трьох шарів: лускатого, коркового та серцевинного.

Лускатий шар складається з лусочок, що представляють ороговілі клітини. Від розміру, форми та розташування лусочок залежить блиск вовняного волокна. Чим лусочки більші і щільніше розташовані на волокні, тим сильніше проявляється блиск вовни.

Корковий шар складається з довгих веретеноподібних клітин, розташованих по довжині волокна. Між клітинами є пори, заповнені повітрям. З цим шаром пов'язані міцність, пружність, розтяжність, гнучкість та інші важливі властивості волокон. У клітинах кіркового шару залягає пігмент (барвник), що надає вовняному волокну певний природний колір [15].

Серцевинний шар складається з пухких тонкостінних клітин, заповнених повітрям. Цей шар має меншу міцність, ніж корковий. Чим більший серцевий шар, тим грубіше волокно і гірше його властивості. Цей шар мають не всі шерстяні волокна.

Вовна гігроскопічна, тобто здатна поглинати воду. При високій вологості вона може увібрати в себе до 33% вологи від власної ваги, не будучи мокрою на дотик, і повільно віддає її в навколишнє [16].

Вовняне волокно майже повністю складається з білкових сполук групи кератинів. Відмінною особливістю кератину вовни є значно більший (від 3 до 5%) вміст у ньому Сульфуру, ніж в інших білках. Так, наприклад, капська мериносова шерсть I сорту містить 4% Сульфуру, австралійська мериносова – 3,8%, новозеландська кросбредна – 3,2%, лінкольнська – 3,1%.

До складу кератину входить близько 20 амінокислот, основними з яких є: аргінін, цистеїн, цистин та метіонін [6].

Кератин вовни представлений двома його різновидами: кератин А та кератин С. Кератин А утворює речовину лускатого шару, а кератин С – коркового та серцевинного шарів. Кератин С на відміну кератину А містить амінокислоту тирозин [5].

Макромолекули кератину, крім головних поздовжніх ланцюгів, мають бічні відгалуження, що містять функціональні групи -  $\text{NH}_2$ , -  $\text{COOH}$ , -  $\text{OH}$ . Вони можуть взаємодіяти між собою та з функціональними групами іншої макромолекули, утворюючи бічні поперечні зв'язки між головними полімерними ланцюгами. Таким чином, кератин вовни має складну просторову структуру у вигляді складчастих ланцюгів, пов'язаних один з одним ковалентними дисульфідними, сольовими (йонними) та водневими зв'язками (див. рис. 1.1.) [3].

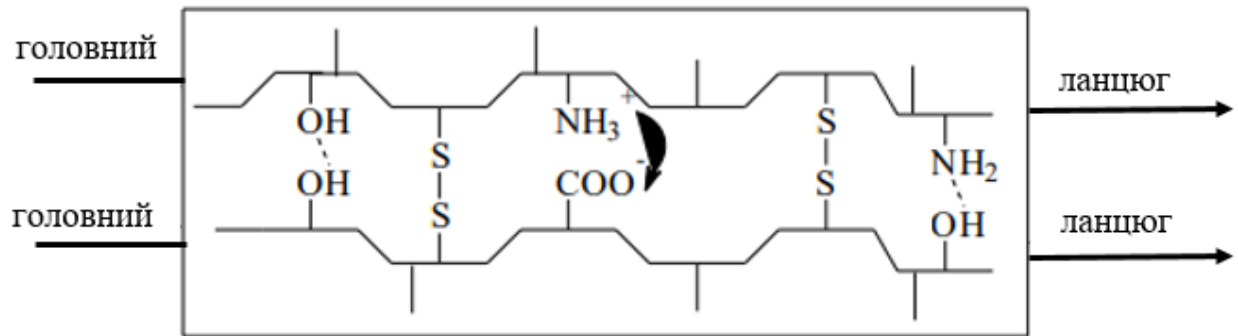
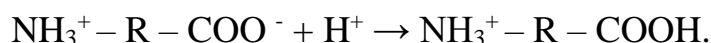
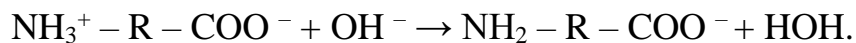


Рисунок 1.1. Будова кератину вовни

Утворенню складчастої структури головних ланцюгів сприяє електростатичне тяжіння сусідніх протилежно заряджених аміно ( $-\text{NH}_3^+$ ) та карбоксильних ( $-\text{COO}^-$ ) груп. Складчата структура поліпептидних ланцюгів кератину та наявність між ними міцних поперечних зв'язків зумовлюють звивистість та високу еластичність вовняних волокон. Під дією вологи, тепла, механічних навантажень волокна можуть витягуватися і знову повертатися до вихідної форми, що не властиве целюлозним матеріалам. Завдяки присутності основних ( $-\text{NH}_2$ ) та кислотних ( $-\text{COOH}$ ) груп, кератин вовни виявляє амфотерні властивості. Він може перебувати в нейонізованому ( $\text{NH}_2 - \text{R} - \text{COOH}$ ) або частіше йонізованому ( $\text{NH}_3^+ - \text{R} - \text{COO}^-$ ) станах. При зануренні в розчин кислоти пригнічується йонізація кислотних груп, і волокно набуває позитивного заряду:



Якщо волокно занурити в лужний розчин, то пригнічується йонізація аміногруп і волокно набуває надлишкового негативного заряду:



Вовняне волокно стійке до дії органічних розчинників. При нагріванні понад  $100\text{ }^\circ\text{C}$  воно жовтіє, втрачає міцність та еластичність, при температурі  $130\text{ }^\circ\text{C}$  – руйнується [3].

Розведені мінеральні кислоти (до 5%) на вовняне волокно не діють, але якщо температуру розчину підвищити до  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , вовна пошкоджується.

Органічні кислоти діють слабо. Порівняно з целюлозою вовна до дії кислот є значно стійкішою.

Луги руйнують йонні зв'язки між макроланцюгами, дисульфідні групи цистину та частково гідролізують пептидні зв'язки макромолекул кератину. Під дією лугів шерсть жовтіє, волокна стають крихкими та ламкими. У 3%-их киплячих розчинах КОН та NaOH вовна майже миттєво розчиняється.

Окисники (натрій гіпохлорит та хлорит) у слабколужному середовищі руйнують зовнішній лускатий шар волокон вовни. Кератин взаємодіє з активним хлором із утворенням хлоровмісних амінокислот, які і викликають пожовтіння волокна. У розведених водних розчинах гідроген пероксиду за температури не вище 40 °С значних змін у волокні не спостерігається. Фотохімічну руйнуванню під дією світла кератин піддається значно інтенсивніше, ніж целюлоза.

Також вовна є дуже чутливою до дії відновників, особливо у лужному середовищі. При цьому розриваються йонні та дисульфідні зв'язки, що, у свою чергу, призводить до пошкодження вовни [5].

## **1.2. Вовняні тканини**

У загальному асортименті текстильних товарів вовняні тканини займають порівняно невелику питому вагу за метражем. Це пояснюється тим, що вовняні тканини мають більш вузьке призначення, ніж бавовняні та шовкові, а також великим, зазвичай, терміном їхньої служби.

Вовняні тканини, як відомо, відрізняються вищими теплозахисними властивостями, ніж будь-які інші тканини. Тканини із вовни характеризуються низькою теплопровідністю внаслідок утримання у численних порах тканини малорухомого повітря. Важливе значення має виділення вовняним волокном великої кількості тепла при поглинанні ним вологи із навколишнього середовища. Підраховано, наприклад, якщо людина виходить із приміщення з відносною вологістю повітря 45% на вулицю, де в сиру погоду вологість повітря складає 95%, то її вовняний костюм (завдяки поглинанню

пароподібної вологи з атмосфери) виділяє стільки ж тепла, скільки людське тіло у нормальних умовах за 1,5 години.

Характерною особливістю вовняних тканин є також більш різноманітний сировинний склад, ніж в інших тканинах. Так, для їх виробництва використовують тонку, напівтонку, напівгрубу та грубу овечу вовну, верблюжу та відновлену (вторинну) вовну, бавовняну та штапельну пряжу, нитки віскозного шовку, віскозне, капронове, лавсанове і нітронове штапельні волокна та ін. Застосування настільки різноманітної сировини та напівфабрикатів, які, до того ж, можуть бути взяті в самих різних комбінаціях та пропорціях, обумовлює велику різноманітність як асортименту, так і експлуатаційних властивостей вовняних тканин [1].

Серед вовняних змішаних тканин покищо переважають тканини, що містять віскозне штапельне волокно. Істотним недоліком цих тканин є підвищена зминаємість та знижена зносостійкість у порівнянні з чистововняними тканинами.

Часто тканинам із вовни, що містять лавсанове штапельне волокно, приписуються такі позитивні властивості, якими вони насправді не наділені. Встановлено, що властивості вовняних змішаних тканин багато в чому залежать від вмісту у складі лавсанового штапельного волокна. Так, при 15-20%-ому вмісті лавсану значно зменшується усадка тканин у мокрому стані, але на всі інші властивості ця невелика доза лавсану помітного впливу не чинить. Тканини, що містять 30% лавсану, на вигляд мало чим відрізняються від чистововняних, але перевершують їх за міцністю на розрив [1].

І тільки при введенні до складу суміші не менше 50-55% лавсану повністю виявляються у тканинах його специфічні позитивні властивості, тобто здатність добре зберігати форму одягу в носінні і дуже висока стійкість запросованих і запресованих складок, гофре та пліссе. Тому такий вміст лавсану більш всього є доцільним для камвольних сукняних та костюмних тканин. Вміст у вовняних тканинах широкого споживання понад 55—60% лавсану є недоцільним внаслідок погіршення багатьох експлуатаційних

властивостей. Так, при цьому знижуються водотривкість і теплозахисні властивості, значно підвищується жорсткість і утворюється негарний блиск. Вовняні тканини виробляють полотняним, саржовим, комбінованим, напівтораشارовим, двошаровим та іншими переплетеннями.

Випускають їх найчастіше як гладкофарбовані, однотонні й строкаті, рідше меланжеві і ще рідше – відбільні і набивні. Товщина та маса вовняних тканин зазвичай є більшою, ніж тканин того ж призначення, але вироблених з інших за природою волокон. В останні роки взято курс на полегшення вовняних тканин [5].

### **1.3. Класифікація вовняних тканин**

Залежно від структури пряжі, що характеризується способом прядіння, вовняні тканини ділять на камвольні, сукняні та комбіновані.

Камвольними називають тканини, виготовлені з пряжі гребінного (камвольного) способу прядіння.

Суконні - це тканини, виготовлені з пряжі апаратного способу прядіння.

Комбіновані тканини виробляють із різних поєднань камвольної та апаратної пряжі.

Залежно від волокнистого складу вовняні тканини поділяють на чистововняні, напіввовняні та змішані [5].

Чистововняними називають тканини, що містять 100% вовни. Тканини, до складу яких входить не більше 10% від їх маси вовняних волокон або текстильних ниток, введених виключно з метою покращення естетичних властивостей, також відносять до чистововняних.

Напіввовняними прийнято називати тканини, що містять вовняні текстильні нитки (бавовняну або штапельну пряжу, нитки штучного) шовку, капрону, лавсану тощо). Напіввовняні тканини частіше мають бавовняну основу та вовняний уток, рідше - вовняну основу та бавовняний уток. Часто камвольні напіввовняні тканини виробляють по основі або утку або по обом

системам ниток із кручених ниток, одна з яких вовняна, а інша – бавовняна, штапельна, з віскозного, ацетатного, капронового, лавсанового шовку тощо.[

Змішаними називають тканини, пряжа яких вироблена з суміші різних за природою волокон (вовни та віскозного штапельного волокна, вовни та лавсанового штапельного волокна і т. д.) [7].

Залежно від способу вироблення та характеру обробки вовняні тканини ділять на меланжеві та з меланжевим ефектом, гладкофарбовані, однотонні, відбілені та друковані.

Специфічна особливість вовняних тканин полягає в тому, що часто їх випускають фарбованими в полотні та фарбованими у волокні.

Фарбування в полотні — це тканини, отримані шляхом гладкого їх фарбування в процесі оздоблення. Такі тканини називають гладкофарбованими.

Фарбування в волоконні – тканини, пряжа яких вироблена з волокон або чесальних стрічок, попередньо забарвлених в один колір, (чорний, темно-синій, коричневий, червоний тощо). Такі тканини, на відміну від гладкофарбованих, слід називати однотонними. Фарбованими у волокні випускають, наприклад, дуже щільні чистововняні тканини, (оскільки фарбування їх по всій товщі полотна сильно утруднено). Тканину, фарбовану у волокні, можна відрізнити по кромці іншого часто яскравого кольору або за кольоровими нитками, відокремлюючи край від фону тканини.

Залежно від призначення вовняні тканини ділять на сукняні, костюмні, пальтові, спеціальні та ін [5].

#### **1.4. Підготовка вовняних тканин до фарбування**

У суворому вигляді тканини містять численні домішки:

- природні (присутні у натуральних волокнах);
- технологічні (їх наносять на волокно чи тканину у процесах їх виготовлення).

До технологічних домішок відносяться: замаслювачі та антистатики (наносяться на волокна перед процесом прядіння), шліхтуючі агенти (наносяться на нитки основи в процесі ткацтва підвищення міцності та зменшення обривності пряжі), барвники для позначок та випадкові забруднення.

Перераховані вище домішки додають суворим тканинам жорсткості, гідрофобності (незмочуваності), неприємного сірувато-жовтого кольору, схильності до розвитку мікроорганізмів та ін. Якщо їх не видалити, вони серйозно ускладнюють процеси фарбування, друкування та заключної обробки [3].

Для повного видалення супутніх речовин та надання тканинам хороших капілярних властивостей, високого ступеня білизни та ряду інших необхідних позитивних властивостей потрібен цілий комплекс складних взаємозалежних фізико-механічних та хімічних обробок. Вони реалізуються у процесах підготовки тканин до фарбування та друкування. Найважливішим завданням підготовки тканин є максимальне збереження вихідних цінних властивостей волокон. Оскільки текстильні матеріали мають неоднакову хімічну будову та властивості, а тканини з них містять різні за природою домішки, то до технології підготовки слід підходити диференційовано, відповідно до хімічної структури волокна.

Вовняні тканини поділяються на гребінні та сукняні, що значно розрізняються між собою за сировинним складом і технологією обробки.

Для гребінних тканин необхідно зберегти чіткість вихідного ткацького малюнка, а також форму та лінійні розміри полотна.

Для суконних тканин необхідне проведення процесів, що викликають їх усадку, ущільнення, утворення поверхневого застила.

Більшість вовняних тканин у наш час виготовляється із суміші вовни з хімічними волокнами, що необхідно враховувати під час виборів технології підготовки [5].

Основними підготовчими операціями при обробці вовняних тканин є: обпалювання, промивання, карбонізація, заварка, валка, ворсування та відбілювання.

Опаленню піддають лише гребінні тканини. Процес здійснюється на газоопалювальних машинах.

Промивання здійснюється з метою видалення шліхти та жирових речовин, присутність яких ускладнює проведення наступних процесів фарбування та обробки.

Найчастіше у вовняній галузі шліхтуванню піддають основну пряжу гребінних тканин, оскільки вона має знижену лінійну густину. Для шліхтування використовують склади на основі похідних крохмалю та синтетичних ВМС, наприклад, поліакриламід. Одночасно з шліхтою при промиванні видаляються вовняний віск, замаслювачі, що наносяться перед кардочесанням, різні забруднення. Для промивання можна використовувати органічні розчинники, які здатні видаляти жир. Проте для цього способу необхідно використовувати спеціальне герметичне устаткування [3].

Карбонізація – це процес обробки вовняних тканин розчином сульфатної кислоти з подальшим сушінням та термообробкою з метою видалення целюлозних домішок (залишків реп'яха, корму, затканих ниток з целюлозних волокон). Процес базується на різному відношенні вовни та целюлози до дії кислот. В умовах карбонізації міцність вовняного волокна не змінюється, а целюлоза перетворюється на гідроцелюлозу.

Процес карбонізації здійснюють на потоковій лінії, де тканина спочатку просочується розбавленим (4-6%) розчином  $H_2SO_4$  при 20-25 °C, віджимається до вологості 70%, а потім піддається сушінню при 80 °C і термічній обробці при температурі 110-115 °C протягом 5 хвилин. В кінці проводять наступні операції: вибивання крихкої гідроцелюлози шляхом механічних впливів, промивання та нейтралізацію вовни для видалення залишків кислоти [3].

Карбонізацію можна проводити після промивання або після фарбування. Другий варіант більш переважний, оскільки виключається нерівність забарвлення, що з'являється при фарбуванні карбонізованої тканини [12].

Заварювання (фіксування) тканин – це процес обробки полотен у киплячій воді або в насиченій водяній парі під натягом з наступним охолодженням для надання тканинам стійкою структури. В умовах заварювання кератин переходить у фіксовану  $\beta$ -модифікацію, внаслідок чого відбувається зняття внутрішніх напруг у волокні, що виникли під дією механічних навантажень при прядінні та ткацтві. Це дозволяє запобігти таким вадам, як неоднорідність усадки окремих ділянок тканини, нерівність забарвлення, утворення заминів, смуг і заломів. Крім того, після заварювання тканина менш схильна до звалювання, форма ткацького малюнка остаточно стабілізується, спостерігається деяке підвищення інтенсивності фарбування.

Валка – це процес виготовлення тканин суконної групи, при якому відбувається цілеспрямоване ущільнення тканини (зменшення довжини і ширини при збільшенні товщини) з одночасним звалюванням волокна в поверхневому шарі. В результаті підвищуються теплоізоляційні властивості тканини, збільшується м'якість, пружність, еластичність [5].

Здатність до валяння є специфічною властивістю вовни, що пов'язана з наявністю зовнішнього лускатого шару у волокні, його звивистістю та пружністю, що обумовлено складчастою структурою макромолекул кератину. Завдяки цьому в процесі валки відбувається зчеплення та переплутування волокон, що призводить до утворення застилання. Перебігу процесу сприяють механічні навантаження (тертя, удари, тиск), зволоження та підвищення температури [3].

Валку проводять на сукновалальних машинах, де просочену мильно-содовим розчином тканину піддають механічним впливам, створюваним робочими органами машини. Оптимальною температурою валки є 37–45 °С, а тривалість процесу визначається вимогами до ступеня ущільнення та звалювання.

Відбілювання вовни, що має слабе природне забарвлення, здійснюють гідроген пероксидом у лужному середовищі при  $\text{pH} = 8-9$  або у підкислених розчинах при температурі  $40-50\text{ }^\circ\text{C}$ . Матеріал витримують у підігрітому розчині протягом години, після чого обробку продовжують у остигаючій ванні протягом 8-12 годин при постійній циркуляції розчину. Далі слідує промивання [3].

## **1.5. Фарбування та друкування тканин.**

### **1.5.1. Барвники для фарбування та друкування тканин.**

Барвники – хімічні сполуки, що володіють здатністю інтенсивно поглинати і перетворювати енергію електромагнітного опромінення у видимій та ближніх ультрафіолетовій та інфрачервоній областях спектру, та використовуються для надання цієї здатності іншим тілам. Термін «барвник» своїм походженням завдячує А. Є. Порай-Кошицю і був введений ним у наукову термінологію у 1908 році.

Важлива характеристика барвника – здатність за рахунок капілярних і дифузійних процесів просочувати матеріал, що піддається фарбуванню, (наприклад, текстиль, папір, хутро, волосся, шкіру, деревину, їжу — харчові барвники) – і давати колір по всьому його об'єму, фіксуючись тим чи іншим способом на активних центрах [10].

У наш час у світі виробляється кілька тисяч марок барвників для колорування текстильних матеріалів з різних видів волокон. Для зручності їх застосування користуються технічною класифікацією барвників.

Технічна класифікація враховує технологічні особливості барвників, їх відношення до волокон різної природи, характер зв'язку барвника з волокном, а також здатність барвника розчинятися або не розчинятися у воді.

Найбільшого використання у текстильній промисловості отримали наступні групи барвників:

– розчинні у воді – прямі, активні, кислотні, катіонні;

- нерозчинні у воді – кубові, сірчисті, дисперсні, пігменти;
- ті, що утворюються на волокні – чорний анілін.

Оскільки основний асортимент тканин, що випускається зараз, включає суміші волокон, то для їх фарбування створені композиції на основі барвників різних класів. Вони поступово і однотонно зафарбовують компоненти волокнистої суміші в стійкі кольори. При складанні таких композицій враховують колористичні характеристики барвників (колір, відтінок, яскравість), показники стійкості забарвлень та умови фарбування відповідних волокон певним класом барвників [9].

В останні роки широкого поширення набули барвники комплексу 1:2, які забезпечують високу стійкість забарвлень. Істотною особливістю цих барвників є те, що в їх утворенні бере участь один атом металу та молекули двох різних барвників. Це, як правило, стійкі асиметричні барвники, що відрізняються вмістом сульфогрупи в одному з двох використовуваних при синтезі барвників.

На відміну від спочатку випущених повністю симетричних барвників комплексу 1:2, в освіті яких бере участь один атом металу та дві молекули одного і того ж барвника, сучасні асиметричні барвники комплексу 1:2 не можна розглядати як дисоційованої солі, де комплексний аніон має негативний заряд, який рівномірно розподіляється на всю молекулу, що виступає в ролі моноосновної кислоти.

З'ясовано, що фіксація сучасних асиметричних барвників комплексу 1:2 на волокні здійснюється певною мірою за рахунок електровалентного приєднання комплексних аніонів барвника до іонізованих  $+NH_3$ -груп волокна, а приєднання решти, пояснюють виникненням міжмолекулярних сил різної природи, зокрема можливістю прояву гідрофобних сил взаємодії між барвником і гідрофобним волокном.[10]

Виникненням міжмолекулярних сил різної природи між барвником і волокном пояснюють підвищену стійкість забарвлень і складність одержання

рівних забарвлень на поліамідних волокнах, які відрізняються хімічною та фізичною неоднорідністю.

Таким чином, особливості будови та властивості сучасних несиметричних металокомплексних барвників типу 1:2, перспективних з позиції отримання забарвлень високої міцності, ускладнюють перебіг процесу фарбування і при фарбуванні тканин з вовни та поліаміду необхідно враховувати їх знижену здатність до вирівнювання забарвлення [10].

### **1.5.2. Процес фарбування та друкування тканин**

Під фарбуванням розуміють фізико-хімічний процес взаємодії волокнистого матеріалу з барвниками, при якому виріб набуває однотонного забарвлення, стійкого до різних зовнішніх впливів.

Друкування тканин – це художньо-колористичне їх оформлення, що відрізняється від гладкого фарбування тим, що фарбування тканини відбувається тільки в місцях нанесення малюнка, що складається з одного або декількох кольорів.

Ці процеси мають багато спільного: використовуються ті ж класи барвників; фізико-хімічні процеси, що протікають при фарбуванні та друкуванні, розрізняються незначно; хімізм фіксації барвників на волокні однаковий. Однак для нанесення барвника на тканину способом друкування потрібні деякі специфічні умови та обладнання, складніше, ніж для гладкого фарбування [10].

У процесі фарбування частинки барвника переходять з фарбувального розчину на волокно мимовільно у вигляді молекул або йонів з їх подальшим міцним закріпленням усередині полімеру, що утворює волокно.

При друкуванні використовують в'язкий розчин барвника, який називається друкарською фарбою. Наявність у ній загусника забезпечує отримання чітких контурів малюнка та утримування друкарської фарби у гравюрі друкованих валів, за допомогою яких малюнок наноситься на тканину. Як загусники використовують високомолекулярні сполуки

природного або хімічного походження, здатні утворювати в'язкі розчини. Широке застосування як загусників знаходять крохмаль та продукти його модифікації; ефіри целюлози; альгінат натрію, що отримується з морських водоростей; каміди - застигли соки рослин; а також синтетичні загусники – полівініловий спирт, полімери акрилової та метакрилової кислот [6].

Барвники, що використовуються для колорування текстильних матеріалів, являють собою пофарбовані органічні сполуки, здатні мимоволі переходити на волокно (виявляти спорідненість до волокна) і фіксуватися на реакційноздатних групах волокноутворюючого полімеру за допомогою різних за природою зв'язків.

Процес перерозподілу барвника між розчином та волокном, а також його подальше закріплення у волокні можна умовно поділити на кілька фізико-хімічних стадій, які протікають практично одночасно: зовнішня дифузія, адсорбція, внутрішня дифузія та фіксація барвника активними центрами волокна.

Дифузія барвника у розчині до поверхні зануреного у нього матеріалу протікає досить швидко. Її можна прискорити створенням на поверхні волокон зарядів, протилежних заряду барвника, або шляхом нейтралізації однойменних зарядів волокна та барвника. У реальних умовах фарбування висока швидкість зовнішньої дифузії досягається підвищенням температури та інтенсивним перемішуванням.

Процес адсорбції є поглинанням барвників активними центрами поверхні волокна. Ця стадія як процес екзотермічний прискорюється при зниженні температури і залежить, насамперед, від спорідненості барвника до волокна. Адсорбція значною мірою визначає рівномірність одержуваного забарвлення.

Найповільнішою стадією, що лімітує швидкість процесу фарбування в цілому, є внутрішня дифузія - процес проникнення барвника всередину волокна. Його швидкість зростає з збільшенням температури внаслідок підвищення розчинності та рухливості частинок барвників, ступеня набухання

волокна, а головне – руйнування сил адсорбції, що утримують барвники на поверхні матеріалу [7].

Проникнувши в пори волокна, барвник фіксується на його реакційноздатних групах (активних центрах) з утворенням різних за своєю природою зв'язків. Їх енергія впливає на міцність забарвлень, що одержуються.

У процесі фарбування можливе утворення таких типів зв'язку барвника з волокном:

- фізичні сили міжмолекулярної взаємодії – сили Ван-дер-Ваальса – характеризуються найнижчою енергією (До 8,5 кДж/моль);
- водневі зв'язки, енергія яких складає 21–42 кДж/моль;
- йонний хімічний зв'язок, що виникає за наявності у волокна та барвника протилежних зарядів, її енергія 42–82 кДж/моль;
- ковалентний хімічний зв'язок – найміцніший, що забезпечує найбільш стійке забарвлення, енергія зв'язку відповідає 113-680 кДж/моль.

Перші два види зв'язків визначають сили адсорбції і притаманні практично всім барвникам.

Стійкість забарвлення залежить не тільки від характеру зв'язків, але і від розчинності барвника та його розподілу у волокні. Остання властивість характеризується міцністю забарвлення до тертя. Світлостійкість забарвлення залежить, в першу чергу, від стійкості хромофорної системи барвника (сукупності функціональних груп барвника, що зумовлюють його кольоровість) до дії сонячних променів [9].

### **1.5.3. Процес фарбування та друкування вовняних тканин**

Основна маса вовняних тканин випускається в гладкофарбованому вигляді. У набивному вигляді вовняна промисловість випускає в основному штучні вироби (хустки, палантини, скатертини) високої художньої цінності. У малому обсязі виробляють також вовняні та напіввовняні набивні тканини.

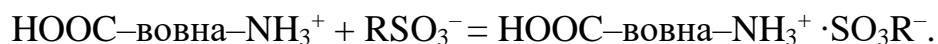
Для колорування вовняних тканин використовують переважно кислотні, хромові та кислотні металокомплексні барвники.

Кислотні барвники відносяться до класу водорозчинних аніонних барвників і є натрієвими солями складних органічних сульфокислот. Тому їхня загальна формула, подібно прямим барвникам, має вигляд  $R - SO_3Na$ . Однак будова органічного радикала у них інша, ніж у прямих барвників, тому вони не виявляють спорідненості до целюлозних волокон. Ці барвники здатні фарбувати лише білкові та поліамідні матеріали, тобто ті волокна, в молекулах яких містяться аміногрупи, що надають волокну основний характер [14].

Назву кислотні барвники отримали тому, що їх фіксація на волокні відбувається переважно в кислому середовищі. У присутності кислот йони Гідрогену, що утворюються при їх дисоціації у водних фарбувальних розчинах ( $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$ ), нейтралізують негативний заряд карбоксильних груп і одночасно створюють позитивний заряд на аміногрупах волокна:



В результаті аніон барвника взаємодіє з позитивно зарядженими аміногрупами волокна за рахунок сил електростатичного тяжіння, утворюючи йонний хімічний зв'язок:



Енергія йонного хімічного зв'язку коливається у широких межах від 41 до 82 кДж/моль, тому стійкість забарвлень до мокрих обробок значною мірою залежить від хімічної природи барвника. Остання визначає характер переходу барвника на волокно і рівномірність одержуваних забарвлень [3].

Наявність протилежних зарядів у волокна та барвника забезпечує дуже швидкий перехід частинок барвника на волокно, внаслідок чого вони вкрай швидко сорбуються поверхнею волокна, не встигаючи проникнути в його структуру. Для підвищення рівномірності фарбування його необхідно проводити в присутності електролітів чи спеціальних вирівнювачів. Електроліти поставляють у розчин негативно заряджені неорганічні йони малого розміру:



Вони загальмовують сорбцію аніонів барвника, частково нейтралізуючи позитивний заряд аміногруп волокна. У зв'язку з цим електроліти використовуються як вирівнювачі фарбування [6].

Як спеціальні вирівнювальні речовини можуть бути використані ПАР аніонного, катіонного та неіоногенного характеру. Аніонактивні препарати частково нейтралізують позитивний заряд волокна; катіонактивні вступають у реакцію з аніонами барвника і збільшують їх розміри, ускладнюючи рух до волокна та зменшуючи здатність до електростатичного тяжіння. Неіоногенні препарати сольватують молекули барвників та впливають на активні групи волокна [4, 15].

Залежно від хімічної природи та технологічних властивостей (спорідненості до волокна, дифузійної та вирівнюючої здібностей) всі кислотні барвники поділяються на три групи.

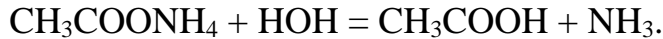
1. Гарновирівнюючі кислотні барвники мають малу молекулярну масу, високу розчинність, низьку спорідненість до волокна та високу швидкість дифузії. Стійкість забарвлень у них найнижча. Тому фарбування слід проводити за низького значенні  $\text{pH}=2-4$ , яке досягається введенням у фарбувальний розчин мінеральної кислоти ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Застосування вирівнювачів не потрібно.

2. Середньовирівнюючі кислотні барвники. Характеризуються середньою молекулярною масою, низькою розчинністю, схильністю до агрегації, виявляють високу спорідненість і низьку швидкість дифузії. Стійкість забарвлення до мокрих обробок у цих барвників хороша. Фарбування ними проводять при  $\text{pH} = 4-6$ , що досягається введенням оцтової кислоти. Для покращення рівномірності забарвлення доцільно використовувати електроліти.

3. Погановирівнюючі барвники мають високу молекулярну масу, погану розчинність, схильні до агрегації, проявляють високу спорідненість до

волокна і низьку дифузійну здатність. Дають фарбування високої міцності, але низької рівномірності [6].

Фарбування проводять при рН = 6-7, що створюється введенням амоній ацетату ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ), і в присутності електролітів або вирівнювачів. Амоній ацетат в початковий період фарбування, коли концентрація барвника у розчині велика, не знижує рН середовища і по мірі фарбування він гідролізується:



Це призводить до зменшення рН внаслідок утворення оцтової кислоти, що забезпечує більш повний та швидкий перехід барвника, що залишився, з розчину на волокно.

Фарбування вовни кислотними барвниками традиційно проводиться періодичним способом. Фарбування починають за 30–40 °С, вводять у розчин відповідний кислотний агент, якщо треба – вирівнювач і обробляють 10-15 хвилин. Потім вводять розчин барвник, поступово нагрівають ванну до кипіння та фарбують протягом 60 хвилин. Наступним етапом фарбування є промивання.

Хромовими називаються кислотні барвники, що містять угруповання, здатні утворювати із солями тривалентного хрому міцні складні комплексні сполуки. Вони фарбують вовну так само, як звичайні кислотні барвники, але з застосуванням хромових протрав. В результаті барвник фіксується на волокні не тільки за рахунок водневих та йонних зав'язків, але й за допомогою координаційного зв'язку, що зумовлює високу міцність забарвлення до всіх видів фізико-хімічних впливів та значно підвищує світлостійкість фарбування волокна [7].

При хромуванні зазвичай використовують розчини хромпіку  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Відновником, що переводить шестивалентний хром у тривалентний, може служити саме волокно, так як дисульфідні групи цистину, що містяться в шерсті, виявляють відновлюючі властивості.

На практиці застосовують три способи фарбування вовни хромовими барвниками:

- з попереднім хромуванням перед фарбуванням;
- з наступним хромуванням пофарбованих тканин;
- фарбування з одночасним хромуванням.

Хромування ускладнює технологічний процес і призводить до зміни відтінку барвника. Тому більш перспективними є металкомплексні кислотні барвники. У молекули цих барвників атоми металів, здатні утворювати координаційні зв'язки, введені ще на стадії їх синтезу. Технологія фарбування аналогічна тій, що застосовується для звичайних кислотних барвників, а результати фарбування подібні до хромових – виходять більш міцні забарвлення через утворення додаткових координаційних зв'язків та малорозчинних комплексів [10].

Також у вовняній галузі використовують активні барвники [18]. До таких барвників висуваються такі вимоги:

- реакційна здатність барвника по відношенню до вовни має проявлятися в кислому, а не в лужному середовищі;
- реакційна здатність барвника повинна забезпечуватися в умовах, відмінних від тих, у яких протікає сорбція барвника;
- ступінь ковалентної фіксації має становити 80-90%;
- ковалентно незафіксований барвник повинен мати високу спорідненість до волокна, щоб уникнути різкого зниження міцності забарвлень до мокрих обробок.

Фарбування вовни активними барвниками проводиться аналогічно кислотному фарбуванню при  $pH=4,5-5$  протягом 60–90 хвилин із метою забезпечення високого ступеня фіксації. Для видалення ковалентно не пов'язаного барвника фарбувальний розчин охолоджують до  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  і нейтралізують 2-4%-вим розчином амоніаку до  $pH = 8-8,5$ , далі матеріал промивають протягом 10-15 хвилин.

Друкування чистововняних тканин та хусток кислотними та активними барвниками дає необхідну яскравість забарвлень. Метал містять і хромові барвники, хоча і дають тьмяні забарвлення, але використовуються для

друкування деяких ділянок малюнка. Друкування барвниками різних класів можливе, якщо їх фіксація протікає за однакових умов.

Нанесення друкованих фарб здійснюють на машинах із сітчастими шаблонами. До складу друкарських фарб при друкуванні кислотними барвниками вводять: барвник, гліцерол, сечовину, оцтову кислоту та згущувач, при друкуванні активними барвниками – барвник, сечовину, лудигол, оцтову кислоту, натрій ацетат та альгінатний загущувач. Висушену тканину запарюють у середовищі насиченої пари протягом 30-40 хвилин. Наступне промивання дозволяє видалити з тканини загущувач, незафіксований барвник і допоміжні речовини [3].

### **1.6. Способи інтенсифікації процесу фарбування**

Інтенсифікація (із французької – *intensification* або латинської – *intensio* напруга, посилення) – це процес та організація розвитку виробництва, в якому використовуються найбільш ефективні засоби виробництва, а також розширення виробництва. Процес перетворення витрати ресурсів, а також застосування нового обладнання дозволяє досягти зростання продуктивності. Альтернативним підходом є екстенсифікація, де збільшення продуктивності досягається рахунок кількісного збільшення виробничих потужностей.

На сучасному етапі розвитку текстильного виробництва, який супроводжується підвищенням вартості енергоносіїв, жорсткими вимогами до показників санітарних норм стічних вод та економією барвників, стає актуальним питання фіксації барвника на текстильних матеріалах, зокрема до фізичної та хімічної інтенсифікації процесів фарбування, за допомогою яких може бути забезпечене підвищення ступеня фіксації барвників [17].

На сьогодні, як і раніше, важливу роль у інтенсифікації процесів обробки текстильних матеріалів відіграє хімічна інтенсифікація. При чому слід мати на увазі, що удосконалення технологічних процесів передбачає не тільки використання нових, більш ефективних барвників, але й нових, ефективніших

прийомів та методик, які б базувалися на нових підходах до процесів, і фарбування зокрема [19].

Сучасні уявлення про фізико-хімічні процеси, що лежать в основі фарбування, базуються переважно на уявленнях про дифузію молекул барвника всередину структури волокна з подальшою їх фіксацією на активних центрах. Саме ці процеси є визначальними для швидкості фарбування. Стадію дифузії барвника вважають при цьому лімітуючою [20]. Саме тому більшість досліджень стосуються збільшення швидкості дифузії барвника у волокна. Цього можна досягти, наприклад, використанням редокс систем [21, 25]. Принцип дії окисно-відновних добавок передбачає вплив на саму структуру волокна. Також з'ясовано, що використання окисно-відновних реагентів дозволяє підвищити інтенсивність забарвлення волокна на 30-40%. Також розроблені практичні технології використання редокс-систем, які дозволяють заощаджувати барвники, збільшувати інтенсивність фарбування, а також поліпшувати екологію стічних вод.

Ефективним також є використання електролітів [22]. Так, впливати на ступінь насиченості і рівномірності кольору можна, застосовуючи солі деяких металів, наприклад, Na, Ca, Co, Zn, Cu, тощо, а також амоніаку. Причому, різні солі по-різному здатні проявляти свою дію на процес фарбування.

Актуальною сьогодні стає також і біоінтенсифікація обробки текстильних матеріалів. Цей напрям передбачає використання біоактивних барвників, біокаталізаторів-ферментів для проведення фізико-хімічних процесів у м'яких умовах [24, 27].

Нетрадиційні способи обробки текстильних матеріалів, одним з яких є вплив на волокно низькотемпературної плазми, також набувають особливого значення як альтернатива модифікації поверхневого шару волокна хімічними методами. Цей процес є екологічно чистим, економічним, ефективним і ресурсозберігаючим способом модифікації, що визначає перспективність його використання у промисловості.

Обробка низькотемпературною плазмою тканин збільшує капілярність і змочуваність бавовняних, лляних, синтетичних і вовняних тканин водою і водними розчинами, при цьому покращуються фізико-механічні та фізико-хімічні показники, змінюються фрикційні властивості, підвищуються адгезійні характеристики і фарбованість оброблених плазмою матеріалів.

До основних фізичних методів, які на сьогодні вважаються найбільш перспективними, відносяться так звані акустичні методи і методи, що передбачають використання ВЧ- і СВЧ-впливу. Ці технології дають змогу впливати на швидкість дифузії барвника у волокна матеріалу, збільшуючи її, порівняно з традиційними тепловими обробками [26]. Останнім часом особливо підвищився інтерес дослідників до ультразвукових технологій [9, 23], в основі яких лежать ефекти кавітації і струмних течій. Ультразвукові хвилі здатні впливати і на волокно, змінюючи його фізичну і хімічну структуру. На поверхні волокна при цьому з'являються щілини, тріщини й інші дефекти, так само, як це має місце після травлення поверхні. Ультразвукова інтенсифікація процесу фарбування може збільшити глибину відтінку тканини, яку фарбують при більш низькій температурі. Ультразвук при цьому впливає на зменшення розмірів частинок дисперсного барвника в розчині, що зумовлено утворенням кавітації в рідині [8]. При дії ультразвукових коливань швидкість розчинення барвників у розчинах поверхнево-активних речовин збільшується в 10-20 разів, що може бути викликане виникненням в системі стабілізованої ультрамікроемульсійної йонної фази в результаті кавітації [8, 12]. Недоліками названих методів інтенсифікації процесу фарбування можна вважати необхідність створення та використання спеціального обладнання, відносно висока вартість такої апаратури і споживання значної кількості електроенергії.

Також для покращення рівномірності фарбування часто використовують так звані «вирівнювачі», які часто представляють собою поверхнево активні речовини [20].

Основна їх функція полягає в тому, що вони покращують змочування, прискорюють проникнення розчину у внутрішні шари волокна і вирівнюють забарвлення. Вони здатні впливати на фізичний стан барвників, завдяки чому останні рівномірно переходять з розчиненого стану на волокно [11, 13]. Рівномірність забарвлення досягається при повільній сорбції барвника волокном і визначається здатністю барвника до встановлення істинної динамічної рівноваги у процесі його сорбції та десорбції. Будь-який компонент фарби, який сприяє цьому, можна розглядати як вирівнювач. Так, багато звичайних миючих речовин служать вирівнювачами в процесах кислотного фарбування; наприклад, натрій сульфат може використовуватися для фарбування вовни. При кубовому, а іноді і прямому фарбуванні вирівнювачами можуть бути неіоногенні поліоксиетиленові сполуки.

## РОЗДІЛ 2

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 2.1. Правила техніки безпеки

В лабораторії здійснюється робота з хімічними реактивами, скляним посудом, електричними приладами і тому існують відповідні фактори ризику: ушкодження шкіри та очей при роботі зі скляним посудом, сильно діючими хімічними речовинами, отруєння токсичними розчинниками та реагентами, парами розчинників, можливість виникнення пожеж при роботі з вибухонебезпечними продуктами, а також травмування при роботі з електричним обладнанням.

Під час роботи в лабораторії необхідно суворо дотримуватись таких загальних правил техніки безпеки:

#### **Загальні правила:**

1. Працювати одному в лабораторії категорично забороняється, оскільки у випадку нещасного випадку буде нікому надати допомогу потерплому і ліквідувати наслідки аварії.

2. Під час роботи в лабораторії необхідно зберігати чистоту, тишу, порядок і правила техніки безпеки, так як поспішність, часто приводять до нещасних випадків з важкими наслідками.

3. Кожний працюючий повинен знати, де знаходяться в лабораторії засоби проти пожежної безпеки і аптечка, яка містить все необхідне для надання першої медичної допомоги.

4. Категорично забороняється в лабораторії палити, приймати їжу, пити воду.

5. Не можна приступати до роботи, поки дослідник не засвоїть всю техніку її виконання.

6. Досліди потрібно проводити тільки в чистій посудині. Після закінчення експерименту посуд потрібно мити відразу.

7. В процесі роботи необхідно зберігати чистоту, акуратність. Слідити за тим, щоб речовини не попали на шкіру обличчя і рук, так як багато речовин 36 (галогенопохідні, феноли і інші) викликають подразнення шкіри і слизових оболонок.

8. Забороняється пробувати на смак будь-які речовини в лабораторії. Нюхати речовини можна, тільки обережно направляючи на себе пари або газу рухом руки, а не нахилитися до посуду і не вдихати повними легенями.

9. На всіх банках, склянках і іншій посуді, де зберігаються реактиви, повинні бути етикетки з вказаними назвами речовин.

10. Склянки з речовинами або розчинами необхідно брати одною рукою за горло, а другою знизу підтримувати за дно.

11. Категорично забороняється затягувати ротом в піпетки речовини і їх розчини.

12. Під час нагрівання рідин або твердих речовин в пробірках і колбах не можна направляти їх отвором на себе і сусідів. Не можна також заглядати зверху у відкриті нагріваючі посудини, щоб уникнути можливого поранення при викиданні горючої маси.

13. Після закінчення роботи необхідно виключити газ, воду, електроенергію.

14. Категорично забороняється виливати в раковину концентровані розчини кислот і лугів, а також різні органічні розчинники, сильно пахучі і вогнебезпечні речовини. Всі ці відходи потрібно зливати у спеціальну посудину.

15. В кожній лабораторії обов'язково повинні бути захисні маски, окуляри, протигази, респіратори.

16. В кожному приміщенні необхідно мати протипожежні засоби: перманганат калію, борна кислота, вата, пластир, мазі від опіків.

17. У випадку припинення роботи вентиляції всі роботи, пов'язані з виділенням шкідливих речовин, газів і парів, негайно припинити.

18. Виходячи з лабораторії, не залишати ввімкнених нагрівних приладів, пальників, що горять, відчинених газових кранів.

19. Слід остерігатися потрапляння токсичних рідин на одяг. У випадку пролиття отруйних рідин на одяг, його треба негайно зняти, прополоскати або випрати. Якщо рідина потрапила на тіло, то ці місця необхідно ретельно промити.

20. Під час роботи в лабораторіях необхідно пам'ятати про можливість утворення вибухонебезпечних сумішей парів, газів і пилу з повітрям.

21. Перед запуском до роботи того чи іншого лабораторного обладнання ретельно перевірити його технічний стан і лише після усунення всіх дефектів, вмикати прилад. Усі електронагрівальні прилади обов'язково установлювати на листовому азбесті товщиною 8-10 мм.

### **Правила роботи з кислотами і лугами:**

Найчастіше опіки виникають при переливанні кислот і лугів з великих бутилів у більш дрібний посуд. Крім того переливання кислот і лугів нахиланням бутилів завжди зв'язаний з небезпекою перекидання їх, розлиття речовини, тому доцільніше переливати такі рідини за допомогою сифону. Для усунення розбризкування, зливання кислот і лугів необхідно проводити за допомогою лійки.

Концентровану мурашину кислоту необхідно вливати в чистий та сухий посуд, бо при наявності у посуді води відбувається сильний розігрів, подібно кип'ятінню, і може відбутися викидання кислот, яке може призвести до опіків.

Для розведення концентрованої мурашиної кислоти її слід вливати у воду тонким струменем, перемішуючи розчин скляною паличкою.

1. Всі роботи з кислотами і лугами необхідно проводити в захисних окулярах або масках.

2. Кислоти та луги не можна затягувати ротом в сифони і піпетки.

3. Розбавляти мурашину кислоту можна, тільки добавляючи її до води в жорсткій посудині, а не навпаки. При цьому очі повинні бути в захисних окулярах.

4. Відпрацьовані кислоти, луги не можна зливати в одну посудину, бо при цьому відбувається нейтралізація, яка супроводжується розігрівом і сильним випаровуванням.

5. Розчинення гідроксидів натрію і калію проводить тільки в захисних окулярах, додаючи до води невеликі порції лугу. Шматки лугу можна брати тільки щипцями, а не руками.

## **2.2. Перевірка якості вовняної тканини**

*Обладнання і реактиви:* термостійкий хімічний стакан (250 мл), вовняна тканина, 5 %-вий розчин NaOH, електроплитка, металеве сито, скляна паличка, електронні терези, ножиці.

### *Хід роботи*

За допомогою ножиць відрізають та зважують на електронних терезах шматок вовняної тканини масою 3 г. У термостійкий хімічний стакан наливають 120 мл 5 %-вого розчину NaOH та вносять відрізаний шматок вовняної тканини. Стакан нагрівають до температури 70 °C на електроплитці. Такі умови підтримують протягом 30 хв., періодично помішуючи вміст стакану. Після цього вміст стакану виливають у металеве сито над раковиною водостоку та спостерігають за тим, щоб на ситі не залишалося шматків тканини. Повне розчинення тканини свідчить про те, що дослідний зразок складається на 100 % із вовни.

## **2.3. Фарбування вовняної тканини кислотними барвниками**

*Обладнання і реактиви:* термостійкі хімічні стакани (200 мл і 600 мл), хімічні пробірки, скляні палички, мірний циліндр (250 мл), кристалізатор, електроплитка, годинник, електронні терези, бюкси, фільтрувальний папір, шпатель, градуйовані піпетки (2 мл), дозатор, вовняна тканина, кислотний металокомплексний (1:2) барвник Neoset yellow 2R, кислотний барвник Lanaset blue 2R, миючий засіб, мурашина кислота, вода.

### *Хід роботи*

Готують розчини кислотних металокомплексних барвників концентрацією 1 мг/мл. Для цього, спочатку зважують на електронних терезах, використовуючи бюкси, як тару, наважки барвників Neoset yellow 2R і Lanaset blue 2R, масою по 200 мг. За допомогою мірного циліндру відміряють по 200 мл води. Наважку з барвником Neoset yellow 2R висипають до першого термостійкого хімічного стакану об'ємом 600 мл. Залишки наважки у бюксі промивають водою з мірного циліндру та вносять цю суміш у стакан з барвником. Після цього воду, що залишилася в мірному циліндрі, повністю виливають у перший хімічний стакан та перемішують утворену суміш скляною паличкою. Таку ж операцію проводять з наважкою кислотного барвника Lanaset blue 2R. Потім барвники розчиняють, нагріваючи до 60 °C на електроплитці, періодично помішуючи їх вміст скляними паличками. Коли весь барвник розчиниться, вміст стаканів охолоджують до кімнатної температури. В кристалізаторі готують розчин миючого засобу для вовни. Для цього в кристалізатор наливають 500 мл водопровідної води та розчиняють в ній 2 г миючого засобу для вовни. Після цього зважують на електронних терезах шматки вовняної тканини масою по 2 г, які промивають спочатку розчином миючого засобу, а потім великою кількістю водопровідної води. У термостійкий хімічний стакан об'ємом 200 мл додають 39 мл води і занурюють у нього підготовану тканину. Вміст стакану перемішують і через 5 хв додають 0,04 мл мурашиної кислоти та витримують 5 хв. Потім за допомогою градуйованої піпетки додають по 1 мл підготованого розчину кислотного металокомплексного барвника Neoset yellow 2R та, використовуючи мірний циліндр, 40 мл розчину барвника Lanaset blue 2R. Вміст стакану перемішують та нагрівають на електроплитці до кипіння, після чого фіксують час початку фарбування. Фарбування проводять до повної адсорбції барвників тканиною, періодично перемішуючи вміст стакану. Кінець фарбування визначають за допомогою візуального контролю забарвлення розчину. Для цього у пробірку наливають 2 мл фарбувального розчину та на білому тлі фіксують його забарвлення. Відсутність забарвлення свідчить про закінчення фарбування.

Після цього, пофарбовану вовняну тканину промивають спочатку теплою, а потім холодною водою. Промиту тканину віджимають за допомогою фільтрувального паперу та висушують на повітрі.

#### **2.4. Фарбування вовняної тканини кислотними барвниками із використанням колоїдної системи «Кололевел»**

*Обладнання і реактиви:* термостійкі хімічні стакани (200 мл і 600 мл), хімічні пробірки, скляні палички, мірний циліндр (250 мл), кристалізатор, електроплитка, годинник, електронні терези, бюкси, фільтрувальний папір, шпатель, градуйовані піпетки (2 мл), дозатор, вовняна тканина, кислотний металокомплексний (1:2) барвник Neoset yellow 2R, кислотний барвник Lanaset blue 2R, миючий засіб, мурашина кислота, колоїдна система «Кололевел», вода.

##### *Хід роботи*

Готують розчини кислотних металокомплексних барвників, як це зазначено у підпункті 2.2.

У термостійкий хімічний стакан об'ємом 200 мл додають 39 мл водопровідної води за допомогою градуйованої піпетки додають 0,04 мл колоїдної системи «Кололевел». В кристалізаторі готують розчин миючого засобу для вовни. Для цього в кристалізатор наливають 500 мл водопровідної води та розчиняють в ній 2 г миючого засобу для вовни. Після цього зважують на електронних терезах шматки вовняної тканини масою по 2 г, які промивають спочатку розчином миючого засобу, а потім великою кількістю водопровідної води. Підготовану тканину занурюють у розчин з колоїдною системою «Кололевел». Вміст стакану перемішують і через 5 хв додають 0,04 мл мурашиної кислоти та витримують 5 хв. Потім у стакан за допомогою градуйованої піпетки додають 1 мл підготованого розчину кислотного металокомплексного барвника Neoset yellow 2R та, використовуючи мірний циліндр, 40 мл розчину барвника Lanaset blue 2R. Вміст стакану перемішують за допомогою скляних паличок та нагрівають на електроплитці до кипіння,

після чого фіксують час початку фарбування. Даний процес проводять до повної адсорбції барвників тканиною, періодично перемішуючи вміст стакану. Кінець фарбування визначають за допомогою візуального контролю забарвлення розчину. Для цього, у пробірку наливають 2 мл фарбувального розчину та на білому тлі фіксують його забарвлення. Відсутність забарвлення свідчить про закінчення фарбування. Після цього пофарбовану вовняну тканину промивають спочатку теплою, а потім холодною водою. Промиту тканину віджимають за допомогою фільтрувального паперу та висушують на повітрі.

## **2.5. Фарбування вовняної тканини кислотними барвниками в умовах ультразвукового опромінення**

*Обладнання і реактиви:* термостійкі хімічні стакани (200 мл і 600 мл), хімічні пробірки, скляні палички, мірний циліндр (250 мл), кристалізатор, електроплитка, годинник, електронні терези, бюкси, фільтрувальний папір, шпатель, градуйовані піпетки (2 мл), дозатор, вовняна тканина, кислотний металокомплексний (1:2) барвник Neoset yellow 2R, кислотний барвник Lanaset blue 2R, миючий засіб, ультразвукова ванна УВМ-5, мурашина кислота, вода.

### *Хід роботи*

Готують розчини кислотних металокомплексних барвників, як це зазначено у підпункті 2.2.

У термостійкій хімічній стакан об'ємом 200 мл додають 39 мл води. В кристалізаторі готують розчин миючого засобу для вовни. Для цього в кристалізатор наливають 500 мл води та розчиняють в ній 2 г миючого засобу для вовни. Після цього зважують на електронних терезах шматки вовняної тканини масою по 2 г, які промивають спочатку розчином миючого засобу, а потім великою кількістю водопровідної води. Вміст стакану перемішують і поміщають в ультразвукову ванну, яку попередньо заповнюють водою. Після цього у стакан додають 0,04 мл мурашиної кислоти та витримують в

ультразвуковій ванні. Потім у стакан за допомогою градуйованої піпетки додають 1 мл підготованого розчину кислотного металокомплексного барвника Neoset yellow 2R та, використовуючи мірний циліндр, 40 мл розчину барвника Lanaset blue 2R. Вміст перемішують за допомогою скляних паличок та знову піддають дії ультразвуку. Після цього стакан нагрівають на електроплитці до кипіння, після чого фіксують час початку фарбування. Даний процес проводять до повної адсорбції барвників тканиною, періодично перемішуючи вміст стаканів. Кінець фарбування визначають за допомогою візуального контролю забарвлення розчину. Для цього, у пробірку наливають 2 мл фарбувального розчину та на білому тлі фіксують його забарвлення. Відсутність забарвлення свідчить про закінчення фарбування. Після цього, пофарбовану вовняну тканину промивають спочатку теплою, а потім холодною водою. Промиту тканину віджимають за допомогою фільтрувального паперу та висушують на повітрі.

## **2.6. Перевірка стійкості фарбування до сухого тертя**

*Обладнання і реактиви:* крокметр, зразки пофарбованої вовняної тканини, біла бавовняна тканина, білий екран.

### *Хід роботи*

З бавовняної тканини вирізають шматки такого розміру, щоб покрити наконечник стрижня крокметра для тертя. Після цього фіксують бавовняну тканину на стрижні за допомогою кільцеподібної пружини-фіксатора. Потім розміщують на основі приладу зразок пофарбованої тканини. В одному з крайніх положень, стрижень для тертя поміщають на елементарну пробу, прилад вводять в дію на 10 ходів туди і назад на довжині 100 мм. Після цього порівнюють зафарбованість зразків бавовняних тканин.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

#### 3.1. Перевірка якості вовняної тканини

Залежно від складу розрізняють вовняні та напіввовняні тканини. Останні лише на 50 % складається із вовни, за рахунок чого вони є набагато дешевшими, що часто використовують з метою фальсифікування. Однак, синтетичні волокна, які входять до її складу значно впливають не тільки на властивості тканини, але ще й на умови її фарбування та вибір барвника. Тому перш, ніж починати процес фарбування, потрібно перевірити якість тканини та пересвідчитись у відсутності синтетичних домішок. Для цього проводять нагрівання дослідних зразків у розчині лугу, як це зазначено у пункті 2.2. Оскільки вовна – це матеріал, що має білкову природу, то під дією лугу відбувається руйнування пептидних зв'язків і, відповідно, розчинення волокон. Синтетичні ж волокна, які додають до вовни, при цьому не розчиняються.

Для перевірки якості досліджуваних зразків вовняної тканини ми проводили їх обробку 5 %-вим розчином натрій гідроксиду за температури 70°C. В результаті спостерігали повне розчинення дослідних зразків тканини, що свідчить про те, що тканина на 100 % складається із вовняних волокон.

#### 3.2. Фарбування вовняних тканин із використанням колоїдної системи «Кололевел»

Рівномірність забарвлення є одним із показників якості фарбування. Для досягнення рівномірного вбирання тканиною барвника часто використовують текстильно-допоміжні речовини, до яких відносяться вирівнювачі, які відрізняються за своїм складом. Колоїдна система «Кололевел», яка являє собою композицію нітрогеновмісних етоксильованих амінів жирних кислот, є прикладом таких речовин, і може бути використана при фарбуванні вовни. Авторами роботи [25] було досліджено вплив цього вирівнювача на

фарбування вовняних тканин, що містять домішки поліамідного волокна, кислотними металокомплексними барвниками (1:2). Було показано, що використання «Кололевел» дозволило досягти якісного рівномірного фарбування тканини. Тому ми вирішили перевірити ефективність системи «Кололевел» для фарбування вовняних тканин кислотними барвниками.

Як кислотні барвники було використано Lanaset blue 2R, який і надає тканині синього кольору, та Neoset yellow 2R – для надання відтінку (див. рис. 3.1).



Рисунок 3.1. Розчини барвників Lanaset blue 2R та Neoset yellow 2R

Lanaset Blue 2R – кислотний барвник, що за своєю структурою є (Z) (натрій-1-аміно-4-(3-(2,3-дибромоакриламід)-2,4,6-триметилфеніламіно)-9,10-диоксо-9,10-дигідроантрацен-2-сульфонатом (див. рис. 3.2).

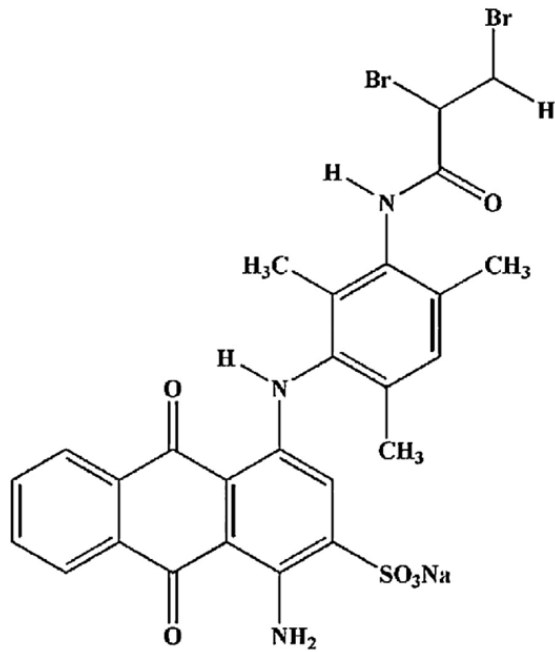


Рисунок 3.2. Будова Lanaset blue 2R

Дослідження впливу колоїдної системи «Кололевел» на процес фарбування вовняних тканин проводили згідно методики, описаної у пункті 2.4. Для цього ми використовували попередньо перевірену на якість згідно методики, описаної у пункті 2.2, вовняну тканину (див. рис. 3.3.).



Рисунок 3.3. Сурова вовняна тканина

Зважаючи, що у вовняній промисловості на сьогодні фарбування проводять переважно шляхом періодичного способу фарбування, ми також

користувались цим способом у своїй роботі. Методику фарбування наведено у пункті 2.4.

Зазначимо, що до початку самого процесу фарбування дослідні зразки було оброблено колоїдною системою «Кололевел». Контрольні ж зразки фарбували згідно методики, зазначеної у пункті 2.3. Протягом експерименту періодично фіксували ступінь вбирання барвників із фарбувальних розчинів. Так, через 30 хв після початку експерименту порівняння експериментального і контрольного зразків показало, що швидкість вбирання барвника у контрольному зразку більша порівняно із дослідним (див. рис. 3.4.), що свідчить про те, що вирівнювач уповільнює процес адсорбції барвника тканиною.

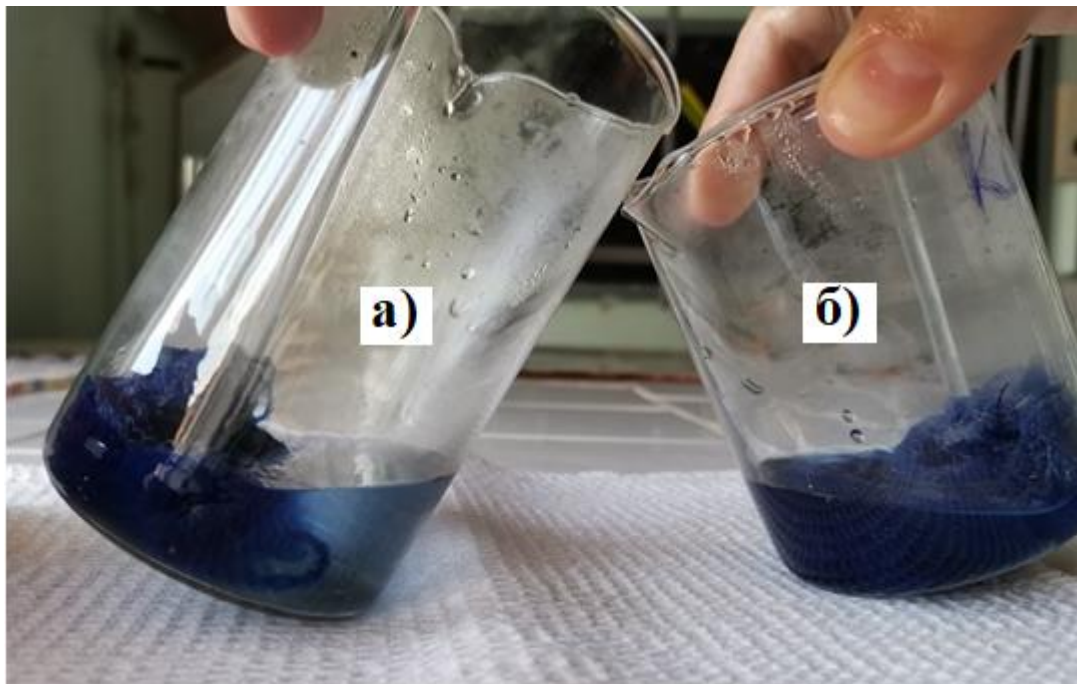


Рисунок 3.4. Забарвлення фарбувальних розчинів з «Кололевелом» **б)** та без нього **а)**.

Загальний час фарбування дослідного зразка вовняної тканини, що була попередньо оброблена колоїдною системою «Кололевел», склав 2 год (див. табл. 3.1). В той час, як повне вбирання барвника контрольним зразком тканини, який попередньо не оброблявся вирівнювачем, відбулося за 1 год 30 хв, тобто на 30 хв раніше, що на 25% менше.

Таблиця 3.1.

Фарбування із використанням колоїдної системи «Кололевел»

Дослідні зразки	Час, за який відбувається повне вбирання барвника
Оброблені «Кололевел»	2 год
Контроль	1 год 30 хв

Дослідні зразки було проаналізовано з метою оцінки якості фарбування, що проявляється у наявності чи відсутності нерівномірного профарбовування країв тканини порівняно із основною частиною полотна чи плямистості по всій поверхні.

Візуальний аналіз показав, що зразки вовняної тканини, фарбування яких відбувалось із використанням вирівнювача «Кололевел», мали більш рівномірне забарвлення країв порівняно із контрольними зразками, які не оброблялися вирівнювачем (див. рис. 3.5.).



Рисунок 3.5. Зразки зафарбованих тканин, що були оброблені «Кололевелом» а) та без нього б).

Таким чином, використання як вирівнювача колоїдної системи «Кололевел» подовжує загальну тривалість процесу фарбування вовняних тканин у середньому на 25%, але дозволяє досягти більш рівномірного забарвлення.

### **3.3. Фарбування вовняних тканин в умовах ультразвукового опромінення**

Аналіз літературних джерел показав, що питання інтенсифікації процесу фарбування, зокрема і вовняних тканин, є надзвичайно актуальним і важливим. Одним із способів впливу на швидкість та якість фарбування може бути використання ультразвуку. Аналіз літературних джерел показав, що в основі впливу ультразвукових хвиль на процес фарбування лежить зменшення геометричних розмірів частинок барвника, що в свою чергу сприяє їх розчиненню і пришвидшує дифузію в структуру волокна. Тому нашим наступним завданням було дослідити вплив ультразвуку на швидкість та якість фарбування зразків вовняної тканини. Як було зазначено у пункті 3.2, використання колоїдної системи «Кололевел» дозволяє досягти більшої рівномірності при фарбуванні вовняних тканин, але уповільнює цей процес. Відповідно, було також доцільно перевірити, чи вплине опромінення ультразвуком на швидкість фарбування тканин, оброблених колоїдною системою «Кололевел».

Фарбування дослідних зразків проводили згідно методики, описаної у пункті 2.5. Для цього етап підготовки контрольних зразків вовняної тканини та дослідних зразків, оброблених колоїдною системою «Кололевел», проводили в умовах ультразвукового опромінення в ультразвуковій ванні протягом 5 хв та 15 хв, фіксуючи час, необхідний для повного вбирання барвника дослідними зразками із фарбувальних розчинів. Так, через 30 хв після початку експерименту порівняння експериментального і контрольного зразків показало, що швидкість вбирання барвника у контрольному зразку більша порівняно із дослідним (див. рис. 3.6., 3.7.), що свідчить про те, що вирівнювач уповільнює процес адсорбції барвника тканиною.

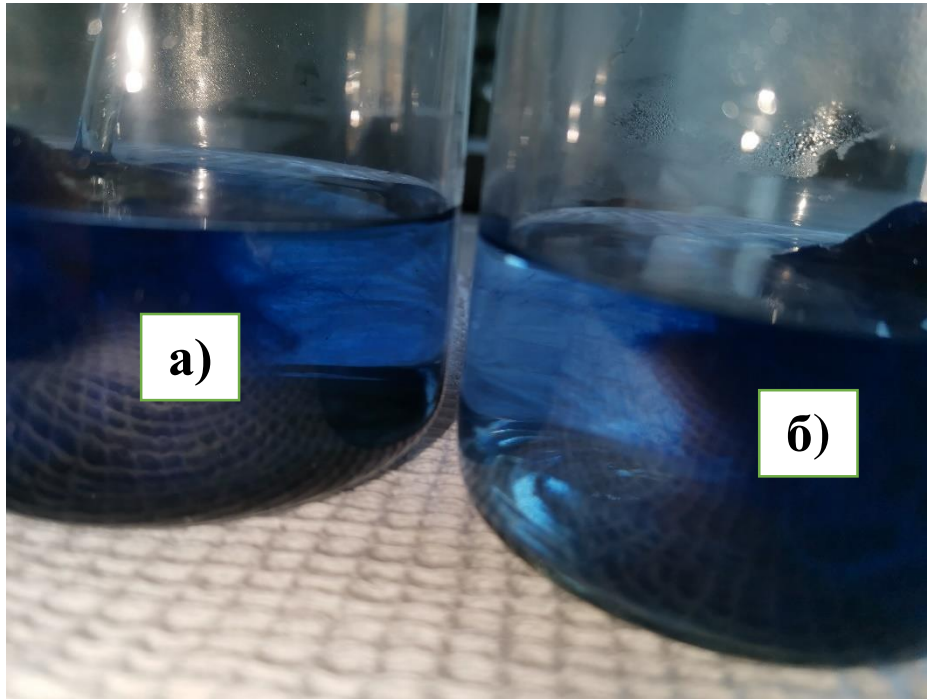


Рисунок 3.6. Забарвлення фарбувальних розчинів з «Кололелелом» **а)** та без нього **б)** в умовах опромінення ультразвуком протягом 5 хв.

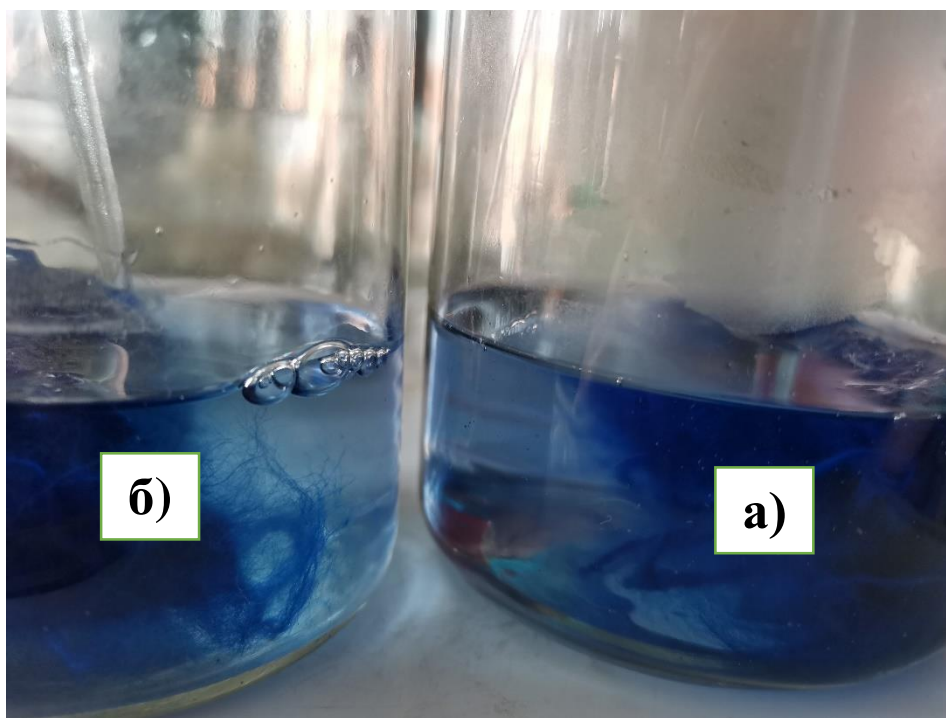


Рисунок 3.7. Забарвлення фарбувальних розчинів з «Кололелелом» **а)** та без нього **б)** в умовах опромінення ультразвуком протягом 15 хв.

Як виявилось, опромінення ультразвуком загалом не вплинуло на швидкість вбирання барвника дослідними зразками, які попередньо

оброблялись колоїдною системою «Кололевел». Загальний час фарбування склав, як і у попередньому досліді (табл. 3.1), склав 2 год. А отже, як свідчать результати експерименту (табл. 3.2.), додаткова інтенсифікація процесу фарбування зразків, оброблених колоїдною системою «Кололевел», шляхом ультразвукового опромінення не є ефективною.

Швидкість фарбування контрольних зразків, які не оброблялися вирівнювачем, в умовах ультразвукового опромінення протягом 5 хв також суттєво не змінилася, натомість збільшення часу опромінення до 15 хв дозволило скоротити час повного вбирання барвника вовняною тканиною до 1 год, тобто приблизно на 33 %.

Таблиця 3.2.

## Фарбування в умовах ультразвукового опромінення

Дослідні зразки	Час обробки УЗ	Час, за який відбувається повне вбирання барвника
Оброблені «Кололевел»	5 хв	2 год
	15 хв	2 год
Контроль	5 хв	1 год 30 хв
	15 хв	1 год

Слід зазначити, що візуальна оцінка якості забарвлення зразків вовняної тканини, які піддавались фарбуванню традиційним способом без ультразвуку, і зразків, фарбування яких проходило із ультразвуковим опроміненням, показала, що рівномірність і насиченість забарвлення при використанні попередньо опромінених фарбувальних розчинів знаходиться на більш високому рівні у порівнянні із традиційним способом.

### 3.4. Дослідження якості фарбування

Якість фарбування тканин визначають за різними критеріями, такими наприклад, як: рівномірність фарбування, стійкість до сухого та вологого тертя, дії світла, води, миючих засобів та поту. Для оцінки якості фарбування дослідних зразків ми вирішили провести перевірку стійкості фарбування до сухого тертя, бо цей метод є одним з найпоширеніших у текстильній промисловості. Методика експерименту описана у пункті 2.6. Перевірку стійкості фарбування до сухого тертя проводять за допомогою крокметра (див. рис. 3.8).

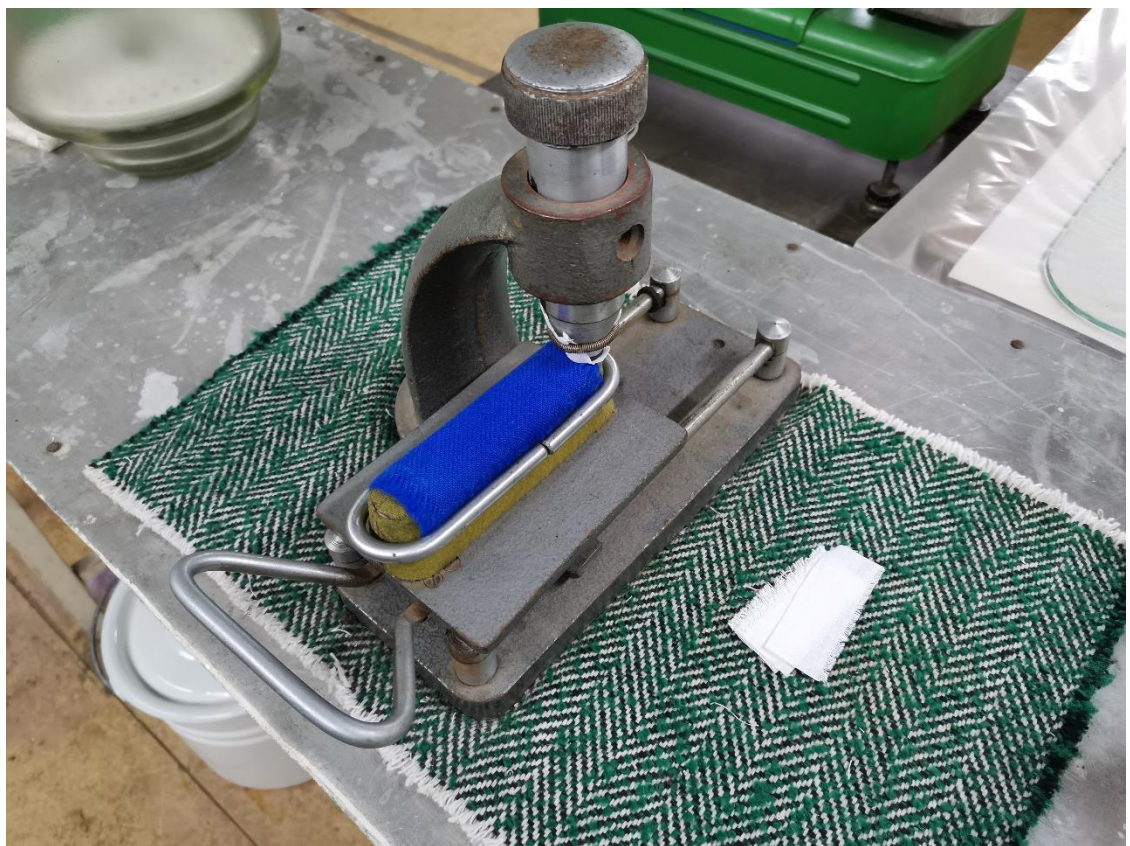


Рисунок 3.8. Перевірка стійкості фарбування до сухого тертя

Показником якості фарбування є відсутність слідів барвника на бавовняній тканині.

Результати перевірки якості фарбування до сухого тертя подані на наступних рисунках:

- 1) Фарбування без «Кололевела» (див. рис. 3.9.)
- Фарбування з «Кололевелом» (див. рис. 3.10.)

- Фарбування без «Кололевела» в умовах опромінення ультразвуком протягом 5 хв. (див. рис. 3.11.)
- Фарбування без «Кололевела» в умовах опромінення ультразвуком протягом 15 хв. (див. рис. 3.12.).
- Фарбування з «Кололевелом» в умовах опромінення ультразвуком протягом 5 хв. (див. рис. 3.13.).
- Фарбування з «Кололевелом» в умовах опромінення ультразвуком протягом 15 хв. (див. рис. 3.14.).



Рисунок 3.9. Фарбування без «Кололевела»



Рисунок 3.10. Фарбування з «Кололевелом»

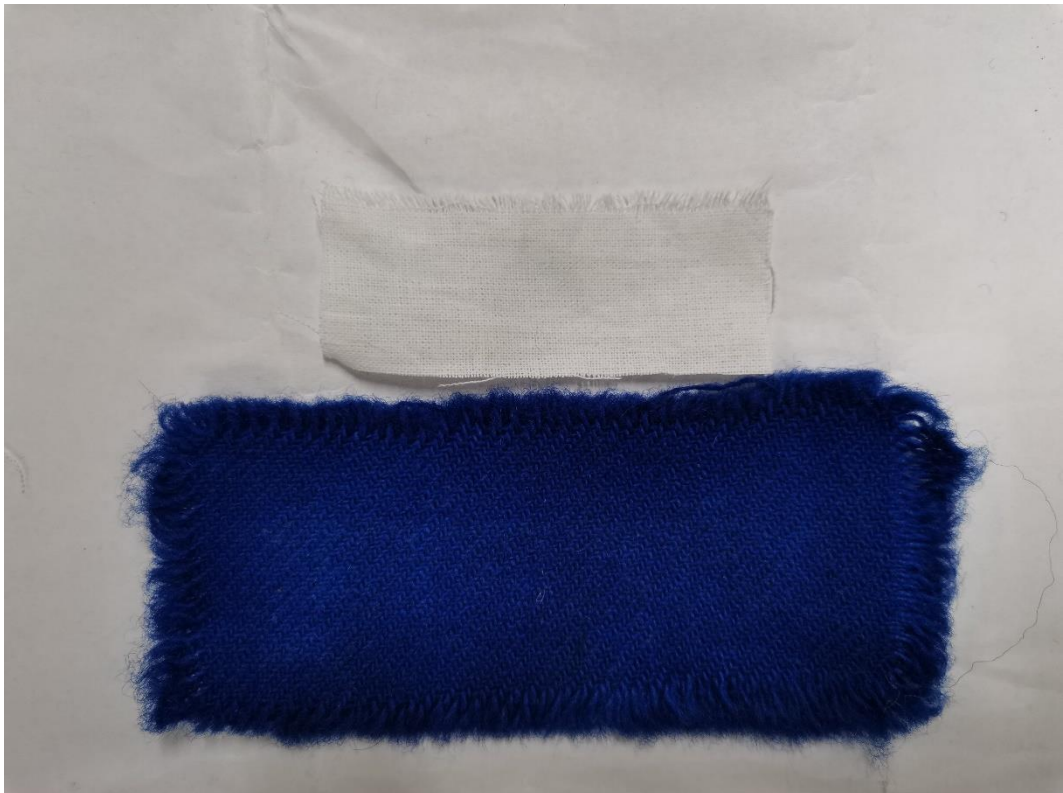


Рисунок 3.11. Фарбування без «Кололевела», в умовах опромінення ультразвуком протягом 5 хв.



Рисунок 3.12. Фарбування без «Кололевела», в умовах опромінення ультразвуком протягом 15 хв.

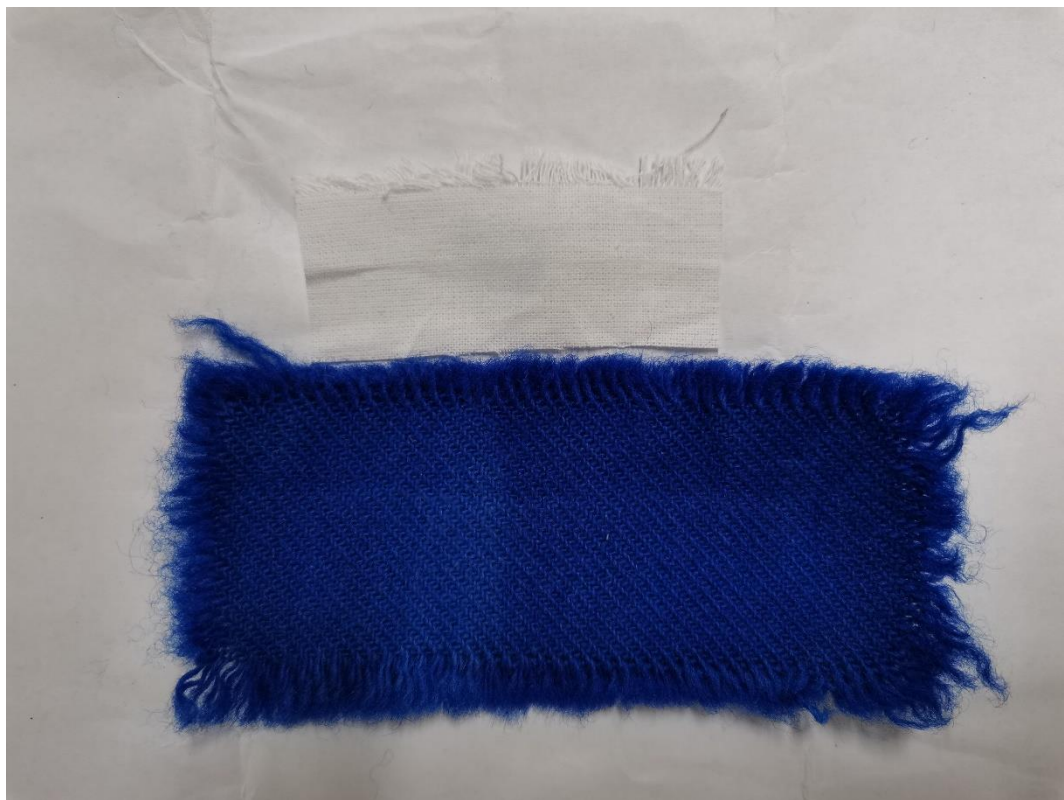


Рисунок 3.13. Фарбування з «Кололевелом», в умовах опромінення ультразвуком протягом 5 хв.

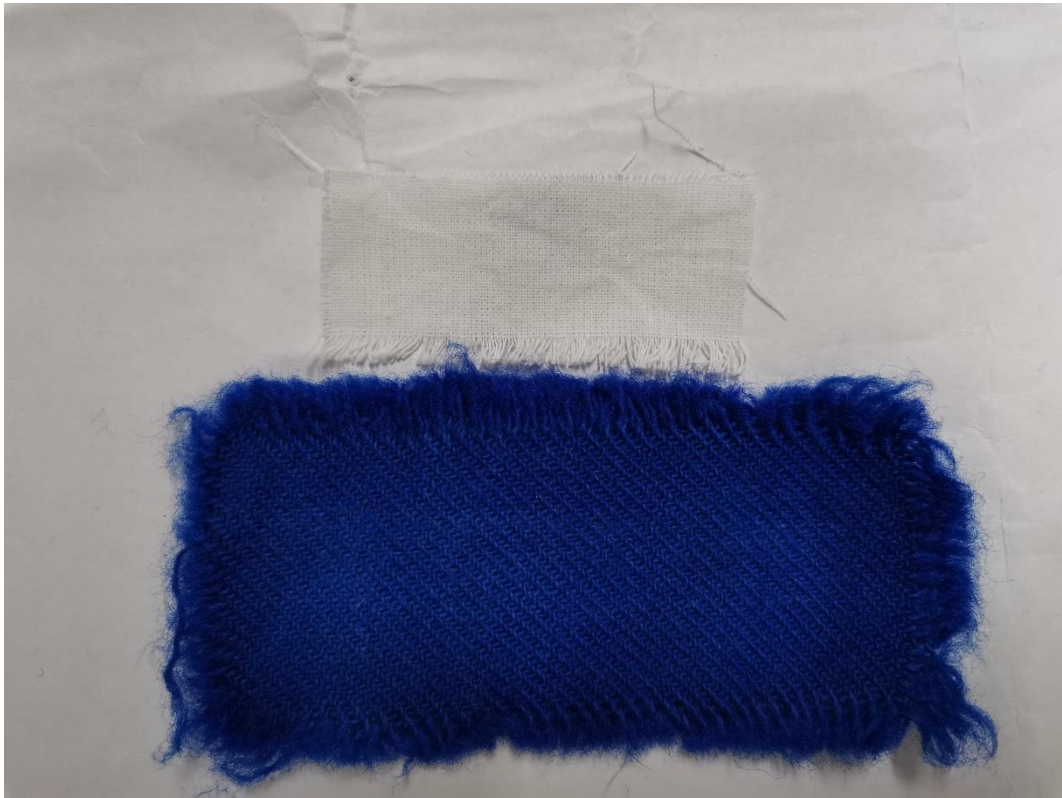


Рисунок 3.14. Фарбування з «Кололелелом» в умовах опромінення ультразвуком протягом 15 хв.

Як видно на рисунках 3.6, 3.7, 3.8, 3.10 та 3.11, після проби на сухе тертя фіксуються сліди барвника на білій бавовняній тканині різної інтенсивності. У той час, як у пробі зразку, що проходив фарбування із опроміненням протягом 15 хв (див. рис. 3.9), слідів барвника не зафіксовано, що свідчить про якість фарбування.

Загалом, аналіз одержаних експериментальних даних, візуальний контроль та перевірка стійкості фарбування до сухого тертя дозволяють зробити висновок про те, що ультразвукове опромінення під час фарбування вовняних тканин протягом 15 хв дозволяє досягти якісного рівномірного фарбування із одночасним скороченням часу фарбування.

## ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано та систематизовано дані щодо оптимізації фарбування вовняних тканин кислотними барвниками.
2. З'ясовано, що використання колоїдної системи «Кололевел» подовжує загальну тривалість процесу фарбування вовняних тканин кислотними барвниками Lanaset blue 2R та Neoset yellow 2R у середньому на 25%, але дозволяє досягти більш рівномірного забарвлення.
3. Встановлено, що фарбування вовняних тканин кислотними барвниками Lanaset blue 2R та Neoset yellow 2R в умовах ультразвукового опромінення протягом 15 хв дозволяє досягти якісного рівномірного фарбування із одночасним скороченням часу фарбування на 33 %.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Айзенштейн, Э. М., Клепиков, Д. Н. Химические волокна на мировом рынке в 2015 г. Вестник химической промышленности. 2016. № 5. С. 36–43.
2. Бойчук Р. М., Бінкевич В. Я., Микитин Л. Є., Білик О. Я. Корисні та лікувальні властивості продукції овець. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Львів, 2013. № 1. С. 19 - 23.
3. Васильев В. В., Гарцева Л.А., Циркина О.Г. Химическая технология текстильных материалов. Ивановская государственная текстильная академия. Учебное пособие. Иваново, 2005. 124 с.
4. Заверач Є. М., Ганзюк А. Я., Побута З. М. Дослідження ефективності сучасних антистатичних препаратів при обробці безворсових килимових покриттів. Вісник Хмельницького національного університету. Хмельницьк, 2017. № 3. С. 103 - 108.
5. Карабаева М. Э. Товароведение однородных групп непродовольственных товаров. ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова. Краткий курс лекций. Саратов, 2017. 142 с.
6. Клименко Л.П., Соловйов С.М., Норд Г. Л. Системи технологій. Вид-во МДГУ ім. Петра Могили. Навчальний посібник. Миколаїв, 2007. 600 с.
7. Комарова, Н. Р. Разработка технологии крашения шерсти на основе целенаправленного использования ТВВ нового поколения: автореферат дис. ... канд. техн. наук / Иваново, 2009. 164 с.
8. Костына М. В. Влияние ПАВ на состояние кислотных красителей в растворе и результаты крашения тканей из шерсти и капрона. Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. 2002. № 6. С. 79–83.
9. Кричевский Г.Е. Роль химии в производстве текстиля. Текстильная промышленность. 2002. № 4. С. 18.

10. Кульнев А. О. Крашение текстильных материалов из полиэфирных волокон с использованием ультразвукового воздействия. Вестник Витебского государственного технологического университета. Витебск, 2017. №1. С. 155 - 163.
11. Петрова О. В., Ермакова Н. Э., Буринская А. А., Гребенников С. Ф. Механизм интенсифицирующего действия окислительно-восстановительных систем в процессе крашения шерсти кислотными и активными красителями. Технология текстильной промышленности. 2006. № 2. С. 16–21.
12. Нестерова Л.А. Интенсификация процесса крашения активными красителями. Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2011. № 4. С. 30-33.
13. Одинцова О. И. Научные принципы создания и применения текстильных вспомогательных веществ на основе синтетических полиэлектролитов и ПАВ : дис. ...доктора техн. наук / Иваново, 2009. 414 с.
14. Прохватилова С. А., Сафонов В. В. Окислительно-восстановительные добавки и изменение крашиваемости волокна. Текстильная промышленность. 2000. № 2. С. 19-20.
15. Смирнова С. В. Влияние ТВВ на результаты крашения шерсти активными красителями. Технология текстильной промышленности. 2012. № 2. С. 76-79.
16. Сафонов В. В. Современные направления в химической технологии текстильных материалов. Текстильная промышленность. 2002. № 4. С. 21-23.
17. Сафонов В.В. Современные направления в химической технологии текстильных материалов. Текстильная промышленность. 2002. № 6. С. 29-32.
18. Сафонов В. В., Венчугова О. Н. Влияние окислительно-восстановительных добавок на крашиваемость капронового волокна кислотными красителями. Технология текстильной промышленности. 1999. № 4. С. 66-69.

19. Семешко О. Я.. Дослідження впливу хімічної будови кислотних барвників на світлостійкість забарвлень. Вісник КНУТД. Херсон, 2019. № 1. С. 56-63. URL: [https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/12636/1/V130\\_P056-063.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/12636/1/V130_P056-063.pdf).
20. Семешко О. Я., Сарибекова Ю. Г., Семенченко О. А. Исследование влияния электроразрядной нелинейной объемной кавитации на изменение свойств воды. Вісник Хмельницького національного університету. Хмельницьк, 2012. № 1. С. 69-74.
21. Скобова Н. В., Ясинская Н. Н., Козодой Т. С. Интенсификация процесса крашения шерстяных волокон. Вестник Витебского государственного технологического университета. Витебск, 2018. №1. С. 103 - 108.
22. Скобова, Н. В., Ясинская, Н. Н., Козодой, Т. С. Исследование процесса колорирования шерстяной пряжи озвученным красильным раствором. Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности. Витебск, 2017, С. 231–234.
23. Смирнова М.В., Шарова Н.Е., Булушева Н.Е. Изучение влияния различных электролитов на степень выбираемости красителя из красильной ванны. Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс – 2002): сборник материалов научно-технической конференции. 27-30 мая 2002 года. Иваново, 2002. С. 125-126.
24. Соколенко Л. Производство и конъюктура мирового рынка синтетических красителей, органических пигментов. Химия Украины. 2001. № 4. С.4-17.
25. Сумская О. П. Инновационные коллоидные системы в процессе крашения для повышения качества окрасок смесовых тканей. Материалы и технологии. 2018. № 1. С. 43 - 48.
26. Попович Т. А., Міщенко Г. В., Скропишева О. В. Сучасні способи інтенсифікації процесів колорирування текстильних матеріалів.

Вісник Херсонського національного технічного університету. Херсон, <http://ekhsuir.kspu.edu/bitstream/handle/123456789/12110/26.pdf?sequence=1>.

27. Хребтань О. Б. Особливості пофарбування пальтових вовняних тканин зі спеціальними обробками кислотними металокомплексними барвниками. Вісник Чернігівського національного технологічного університету. Чернігів, 2013. №1. С. 240 - 245.