

Хмельницький національний університет

# МЕТОДОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

*Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт  
для студентів спеціальностей «Галузеве машинобудування»  
та «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»*

*Затверджено на засіданні кафедри  
машин та апаратів, електромеханічних  
та енергетичних систем.  
Протокол № 2 від 25.10.2019*

Хмельницький 2019

Методологія та організація наукових досліджень : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу для студентів спеціальностей «Галузеве машинобудування» та «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В. С. Неймак, Г. М. Драпак, Т. П. Романець, О. С. Поліщук – Хмельницький : ХНУ, 2019. – 42 с.

Укладачі: Драпак Г. М., канд. техн. наук, проф.;  
Неймак В. С., канд. техн. наук, ст. викл.;  
Романець Т. П., канд. техн. наук, доц.;  
Поліщук О.С., докт. техн наук, доц..

Відповідальний за випуск: Поліщук О. С., докт. техн. наук, доц.

Редактор-коректор: Яремчук В. С.

Технічне редагування та верстка: Карпанасюк В. П.

Макетування здійснено редакційно-видавничим центром Хмельницького національного університету (м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1). Підп. 31.10.2019. Зам. № 79е/19, електронне видання, 2019.

© ХНУ, 2019

## ВСТУП

---

Наукові дослідження – це творчий процес, спрямований на встановлення чогось нового, раніше невідомого. Тому в багатьох склалася думка, що наукові дослідження не можна планувати, а їхні результати неможливо прогнозувати. Однак, розвиток науки в передових країнах у тій або іншій мірі планується й організовується. Це викликано багатьма причинами.

По-перше, одержання наукової інформації та проведення досліджень на сучасному рівні вимагає значних матеріальних витрат, що навіть для найбільш розвинутих країн складають істотну частку їхнього бюджету, а слабо-розвиненим в економічному відношенні країнам вони просто не під силу.

З середини ХХ ст. витрати на наукові дослідження подвоювалися кожні 15 років, що стало непосильним для людства, тому виникла необхідність планування науки та скорочення найбільш дорогих програм (СОІ, космічні дослідження, розробка ядерних озброєнь та т.п.), а також до інтеграції, об'єднання декількох країн для вирішення найважливіших проблем (створення термоядерних установок, систем космічної навігації та зв'язку, інформаційних систем).

Плани наукових досліджень, як правило, містять формулювання перспективних напрямів, цілей досліджень та черговості досягнення результатів. Плани повинні бути досить гнучкими, щоб давати можливість їхньої корекції залежно від отриманих на попередніх етапах результатів. Природно, що легше планувати результати прикладних досліджень, ніж фундаментальних.

Добре розроблений план допомагає правильно організувати роботу наукових колективів, раціонально перерозподілити науковців та сконцентрувати фінансово-матеріальні ресурси на найважливіших напрямках.

У навчальний план підготовки фахівців спеціальностей «Галузеве машинобудування» та «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»; спеціалізації: «Машини та апарати легкої промисловості»; «Мехатроніка та робототехніка в галузі»; «Енергетичний менеджмент»; «Електропобутова техніка» включено курс «Методологія та організація наукових досліджень».

Роботи виконуються кожним студентом індивідуально, на своєму робочому місці, за тематикою магістерської роботи. Лабораторна робота завершується оформленням звіту та її захистом та вважається зарахованою, якщо звіт містить необхідну інформацію, а також, якщо студент відповів на питання викладача, показавши знання з будови та принципу роботи об'єкта досліджень та розуміння процесів, що пояснюють отримані результати.

При виконанні лабораторної роботи та захисту звіту до неї, використовують наступну систему критеріїв оцінювання.

Оцінку «*відмінно*» (шкала ECTS – A) студент отримує за глибоке та повне опанування теоретичного матеріалу; легко в ньому орієнтується та вміло використовує понятійний апарат; уміє пов'язувати теорію з практикою, вирішувати практичні завдання, впевнено висловлювати та обґрунтовувати свої судження. Відмінна оцінка передбачає грамотний, логічний виклад відповіді (як в усній, так та у письмовій формі), якісне зовнішнє оформлення роботи. Студент не вагається при видозміні запитання, вміє робити детальні та узагальнюючі висновки. При відповіді допустив дві-три несуттєві *похибки*.

Оцінку «*добре*» (шкала ECTS – B) студент отримує за повне засвоєння теоретичного матеріалу, володіння понятійним апаратом, орієнтування у вивченому матеріалі; свідомо використовує теоретичні знання для вирішення практичних задач; виклад відповіді грамотний, але у змісті та формі відповіді можуть мати місце окремі неточності, нечіткі формулювання закономірностей тощо. Відповідь студента має будуватися на основі самостійного мислення, але з наявністю нечітких формулювань.

Оцінку «*добре*» (шкала ECTS – C) студент отримує за повне засвоєння теоретичного матеріалу, володіння понятійним апаратом, орієнтування у вивченому матеріалі; свідомо використовує теоретичні знання для вирішення практичних задач; виклад відповіді грамотний, але у змісті та формі відповіді можуть мати місце окремі неточності, нечіткі формулювання закономірностей тощо. Відповідь студента має будуватися на основі самостійного мислення. Студент у відповіді допустив дві-три *суттєві помилки*.

Оцінку «*задовільно*» (шкала ECTS – D) студент отримує за достатні знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, справляється з виконанням практичних завдань, передбачених програмою. Як правило, відповідь студента будується на рівні репродуктивного мислення, студент має слабкі знання структури курсу, допускає неточності та *суттєві помилки* у відповіді, вагається при відповіді на видозмінене запитання. Разом з тим набув навичок, необхідних для виконання нескладних практичних завдань, які відповідають мінімальним критеріям оцінювання та володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді.

Оцінку «*задовільно*» (шкала ECTS – E) студент отримує за неповне опанування теоретичного матеріалу, однак отримані знання відповідають мінімальним критеріям оцінювання; розрахунки, графіки, блок-схеми та ви-

снówki виконані з певними неточностями; звіт захищений після закінчення встановленого терміну.

Оцінку *«незадовільно»* (шкала ECTS – FX) студент отримує за розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне та другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекручує їх зміст, хаотично та невпевнено викладає матеріал, не може використовувати знання при вирішенні практичних завдань.

Оцінку *«незадовільно»* (шкала ECTS – F) студент отримує за повне незнання та нерозуміння теоретичного матеріалу та невиконання роботи.

При оцінюванні використовуються різні засоби контролю, зокрема: засвоєння теоретичного матеріалу перевіряється тестовим контролем; якість виконання, набуття теоретичних знань та практичних навичок перевіряється шляхом захисту кожної лабораторної роботи.

Оцінка, яка виставляється за лабораторне заняття, складається з таких елементів: усне опитування студентів перед допуском до виконання лабораторної роботи; знання теоретичного матеріалу з теми; вільне володіння студентом спеціальною термінологією та уміння професійно обґрунтувати прийняті конструктивні рішення; своєчасний захист лабораторної роботи.

Термін захисту лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо студент захистив її на наступному після виконання роботи занятті. Пропущене лабораторне заняття студент зобов'язаний відпрацювати в лабораторіях кафедри у встановлений викладачем термін з реєстрацією у відповідному журналі кафедри, але не пізніше, ніж за два тижні до кінця теоретичних занять у семестрі.

Студенти, які завершили вивчення дисциплін, повинні:

**уміти:** формувати тему, актуальність та мету наукових досліджень; проводити інформаційні дослідження, патентний пошук та формувати задачі досліджень; основними принципами отримання математичних моделей, проводити кореляційний та дисперсійний аналізи, розробляти план-програму експериментальних досліджень, формувати методику проведення експериментальних досліджень, проводити обробку результатів експериментальних досліджень, оформляти результати наукових досліджень в виді звіту, наукових статей, тез доповідей, магістерської роботи, проводити публічний захист результатів проведених досліджень.

**володіти:** дослідницькими принципами науки, методами інформаційних досліджень; методами теоретичних досліджень; методами формування математичних моделей процесів та обладнання; методами експериментальних досліджень та планування експерименту; аналізом результатів дослідження, оформлення наукових дослідження, опублікуванням в наукових виданнях та захисту.

### **Вибір теми наукових досліджень. Обґрунтування актуальності теми. Формування задач наукових досліджень**

*Мета роботи:* освоїти методику вибору теми наукових досліджень, обґрунтування актуальності теми, формування задач наукових досліджень.

#### **Теоретичні відомості**

Вибір теми є початковим етапом будь-якого наукового дослідження. Він істотно впливає на тривалість, вартість, глибину подальших досліджень, можливість їх здійснення в конкретному науковому колективі. Точність, тривалість та ефективність вибору теми багато в чому залежить від досвіду та наукової ерудиції виконавця, від рівня та потенційних можливостей творчого колективу, де будуть проводитися дослідження, від значимості теми, фінансових, технічних, організаційних підтримок досліджень та багатьох інших чинників.

У загальному випадку тематика наукових досліджень впливає з державних, галузевих, відомчих планів та завдань з науки та техніки. Самі ж плани та завдання складаються на підставі зустрічних пропозицій наукових колективів або великих учених, а для нових напрямів – на підставі наукових прогнозів (наукового передбачення).

Планування та прогнозування науки (наукових досліджень) на тому або іншому рівні ведеться завжди. Глибина та детальність пророблень залежить від багатьох чинників, наприклад, від типу державної системи (ринкової або з жорстко планованою державною економікою), від рівня, на якому ведеться планування (державний, відомчий, рівень наукової установи), виду досліджень (фундаментальні або прикладні) тощо.

За часом, планування ведеться на період від одного року до п'ятдесяти років. Прогнозування на 15–20 років (середнє значення циклу «дослідження–розробка–виробництво»), рідше – на 40–50 років.

Проблеми прогнозування вивчає нова наука – прогностика. Вона використовує різні методи: екстраполяції, аналогій, експертних оцінок, моделювання.

На рівні творчих колективів, звичайно, провідними ученими формуються одна або декілька наукових проблем, вирішуваних у цьому колективі.

Проблема – це складний комплекс питань, що вимагають теоретичного, експериментального або практичного дозволу шляхом усунення протиріч та розробки теорій, що задовільно описують досліджувані процеси та результати, що спостерігаються.

Проблема перебуває з наукових завдань, що охоплюють визначені конкретні напрями досліджень у загальній області, обкресленою проблемою.

Проблема може вирішуватися в рамках докторської дисертації, наукове завдання – у рамках кандидатської.

Якщо проблема, розв’язувана колективом, чітко сформульована, а самий творчий колектив має достатній професіоналізм та технічні можливості, що дозволяють виконати необхідні дослідження, науковець відносно легко може самостійно вибрати тему досліджень.

Вибору теми передусе ознайомлення з публікаціями, технічними звітами, аналітичними оглядами й іншими видами інформації в передбачуваній та суміжних областях досліджень. Результати отриманої на цьому етапі інформації корисно обговорити з керівником досліджень або інших відомих учених.

Після попереднього ознайомлення з відомими досягненнями в області досліджень науковець (виконавець, ад’юнкт, аспірант) робить доповідь керівнику та колективу, у якому обґрунтовує постановку завдання й аналізує стан розробок на цей момент. На цьому етапі можна підготувати один–два реферати, провести пошуковий експеримент, проконсультуватися у відомих наукових, навчальних та виробничих колективах.

Обрана тема повинна бути актуальною, науково значимою, відповідати профілю наукового колективу, бути здійсненою в задані терміни. Результати досліджень повинні мати практичну значимість, економічну або соціальну ефективність.

Вплив кожного з перерахованих чинників на вибір теми умовно може бути оцінено бальною шкалою, де кожному чиннику приписується визначений бал. При остаточному виборі теми, з декількох можливих, у цьому випадку робиться експертна оцінка за розробленою бальною шкалою. Перевага віддається тій темі, що набирає найбільший сумарний бал.

Іноді для конкретних прикладних тем підраховується очікуваний показник ефективності, що має дуже наближене значення. Наприклад, показник ефективності  $K_E$  теми можна визначити з найпростішого вираження(1.1):

$$K_E = \frac{E_0}{E} (1 - P), \quad (1.1)$$

де  $E_0$  - очікуваний економічний ефект;

$E$  - витрати на наукові дослідження;

$P$  - імовірність ризику (призначається на підставі експертних оцінок).

Вибір теми дисертації в першу чергу визначається областю наукових інтересів керівника та реальних можливостей виконання досліджень у науковому колективі.

Тема кандидатської дисертації повинна вирішувати наукове завдання, докторської - наукову проблему. У дисертації й авторефераті вказується, у рамках яких планів, програм або завдань виконані дослідження.

*Приклади* вибору теми дисертаційної роботи, обґрунтування її актуальності та формування задач дослідження.

**ПРИБЕГА ДМИТРО ВОЛОДИМИРОВИЧ**

**Дисертація на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук**

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗКРОЮВАННЯ ТА ПЕРФОРУВАННЯ  
ДЕТАЛЕЙ ВЕРХУ ВЗУТТЯ**

**Спеціальність 05.19.06 – технологія взуттєвих та шкіряних виробів**

Актуальність роботи. На сучасному етапі важливий вплив на формування економічної ситуації в Україні має енергетичний фактор. В зв'язку з цим енергозбереження у всіх сферах діяльності суспільства – є одним із пріоритетних напрямків економічного розвитку України. Завдання економії енергоресурсів загострюється, оскільки стає необхідним зростання масштабів виробництва та підвищення якості продукції на основі використання сучасної техніки та технологій.

При виконанні таких технологічних операцій, як вирубування та перфорування деталей верху взуття, невірний вибір геометричних параметрів різачка та матеріалу вирубної плити зокрема призводить до зменшення стійкості різачка, що в свою чергу викликає додаткові витрати енергії, та роботу обладнання в режимі перевантаження. З іншого боку, така невідповідність призводить як до неякісного виконання даних технологічних операцій, так та до інтенсивного зношення поверхні вирубної плити, що відповідно призводить до додаткових витрат матеріалів та енергії, пов'язаних з переробкою, відновленням та виготовленням нових плит, а також до зниження продуктивності праці. Крім того, неякісна поверхня різання після вирубування призводить до погіршення товарного виду взуття, що вимагає проведення додаткових технологічних операцій.

Покращення якості виконання технологічних операцій вирубування та перфорування деталей верху взуття з одночасним зменшенням енергетичних витрат за рахунок використання нових типів приводів обладнання, а також шляхом підбору оптимальних технологічних режимів є актуальною проблемою та представляє інтерес для галузі легкої промисловості.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація відповідає напрямку наукових досліджень Хмельницького національного університету (Тема № 4Б – 2003. Напрямок “Наукові основи проектування вискоелективних приводів легкої промисловості”. Номер державної реєстрації: 0103U001204).

Мета та завдання дослідження. Метою досліджень є удосконалення технології розкроювання та перфорування деталей верху взуття з натуральних шкір з одночасним зменшенням енерговитрат.



Для досягнення поставленої мети були визначені та вирішені завдання, які дозволили:

- виявити можливість та умови вирубування без розриву матеріалу;
- розробити математичну модель процесу різання натуральних шкір з урахуванням зусилля пружного опору матеріалу на вістрі леза різачка, в'язкопружних властивостей натуральної шкіри, геометричних параметрів та величини зношення вістря леза різачка, а також матеріалу вирубної плити;
- підвищити якість деталей верху взуття, не збільшуючи при цьому енергетичні витрати;
- визначити зусилля пружного опору матеріалу на вістрі леза різачка;
- розробити програмований метод визначення напружень стискання матеріалу різачком з метою розв'язку математичної моделі;
- розробити метод проектування магнітно-імпульсного пресового обладнання для виконання технологічних операцій легкої промисловості з урахуванням результатів досліджень.

Об'єктом дослідження є технологічний процес розкроювання та перфорування деталей верху взуття з натуральних шкір.

Предметом дослідження є технологія вирубування при розкроюванні та перфоруванні деталей верху взуття з натуральних шкір.

Методи дослідження. Завдання, що поставлені в даній роботі, вирішувалися на основі сучасних математичних методів з використанням класичних положень теорії механіки, фізики, електротехніки, а також шляхом комп'ютерного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

- розроблено математичний опис визначення технологічного зусилля занурення різачка в матеріал з урахуванням кута загострення різачка, матеріалу вирубної плити та фізико-механічних властивостей натуральної шкіри;
- виконано моделювання процесу обтікання матеріалом клину на основі методу маркерів та комірок;
- отримані графічні залежності питомого значення максимального напруження стискання матеріалу від глибини занурення різачка, які забезпечують розрахунок технологічного зусилля вирубування та перфорування деталей верху взуття;
- вперше запропоновано механізм дослідження умов виникнення випереджаючої тріщини на основі перерозподілу напружень в теоретичних точках занурення різачка в матеріал, а також виявлено можливість та умови вирубування без розриву на малих та великих швидкостях;
- розроблено інженерний метод розрахунку технологічного зусилля вирубування та перфорування деталей верху взуття, що враховує швидкість руху інструменту, його геометричні параметри та ступінь зношення леза, фізико-механічні властивості матеріалу заготовки та вирубної плити.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що:

- розроблено обчислювальний алгоритм, на основі якого створено розрахункову програму моделювання процесу занурення різака в матеріал;
- встановлена доцільність застосування магнітно-імпульсної установки для виконання технологічних операцій вирубування та перфорування з метою підвищення їх якості;
- адаптовано конструкцію магнітно-імпульсного пресового обладнання ударної дії для виконання технологічних операцій вирубування та перфорування, технічна новизна якого підтверджена патентом України;
- удосконалено метод проектування енергозберігаючого обладнання, працездатність якого перевірена в наукових лабораторіях Хмельницького національного університету (м. Хмельницький).

Отримані результати дослідження процесу занурення різака в матеріал та його взаємодії з вирубною плитою можуть бути використані при проектуванні пресового обладнання з іншими приводами.

Результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі Хмельницького національного університету при підготовці спеціалістів по спеціальності 7.090222 “Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування” в курсах “Механічна технологія та обладнання підприємств” та “Хімічна технологія та обладнання підприємств”.

#### *Приклад*

**ХАЙДАР ХАДЖДЖІ**

**Дисертація на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук**

### **УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДАЧІ ТА НАТЯГУ НИТОК ОСНОВИ РОТОРНИМИ ПРИСТРОЯМИ НА ТКАЦЬКИХ СТАНКАХ Спеціальність 05.19.03 – технологія текстильних матеріалів**

Актуальність теми. Значні резерви для збільшення випуску тканин лежать в зменшенні часу простою технологічного обладнання, зокрема ткацьких станків, що виникає при обривності ниток основи.

Суттєвий вплив на обривність ниток основи чинять циклічні коливання натягу ниток основи всередині кожного циклу утворення тканини. Виникають циклічні коливання натягу ниток основи, як правило, внаслідок невідповідності теоретичної та дійсної функцій подачі ниток основи.

Одним з найбільш перспективних, з точки зору відтворення теоретичної функції подачі ниток основи, є використання на технологічному обладнанні ротаційних компенсаторів подачі та натягу ниток основи. Практика показала, що ротаційні компенсатори подачі та натягу ниток основи функціонують на основов'язальних машинах при високих робочих швидкостях та забезпечують 60-70% степінь стабілізації натягу ниток основи та 70-80% степінь відтворення теоретичної функції подачі ниток.

Широке використання ротаційних компенсаторів подачі та натягу ниток основи на ткацьких станках обмежується відсутністю досліджень уда-

рної дії ротаційних компенсаторів на нитки основи та суттєвою різницею функцій споживання ниток основи на ткацьких станках та основов'язальних машинах, як по формі так та по абсолютній величині.

Виходячи з вищесказаного, можна зробити висновок, що удосконалення процесу подачі та натягу ниток основи на ткацьких станках можна забезпечити ротаційними компенсаторами подачі та натягу ниток основи, при цьому необхідно виконати цикл експериментально-теоретичних досліджень з наступною конструктивною адаптацією цих пристроїв.

Зв'язок роботи з науковими напрямками, планами, темами. Дисертація відповідає напрямку наукових досліджень Хмельницького національного університету (Тема №4Б-2003. Напрямок «Наукові основи проектування високоефективних приводів машин легкої промисловості». Номер державної реєстрації: 0103U001204).

Мета та задачі дослідження. Удосконалення процесу подачі та натягу ниток основи роторними компенсаторами подачі та натягу ниток основи, здатного зменшити обривність ниток основи та підвищити продуктивність ткацьких станків.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішені та виносяться на захист наступні задачі досліджень:

- теоретичні та експериментальні дослідження по визначенню впливу конструктивних параметрів роторних компенсаторами подачі та натягу ниток основи на форму та значення функції подачі-вживання ниток основи на ткацькому станку;

- модернізація роторних компенсаторів подачі та натягу ниток основи на предмет 90-95% відповідності теоретичної та дійсної функції подачі-вживання ниток основи при 80-90% степені стабілізації натягу ниток основи;

- теоретичні та експериментальні дослідження процесу ударної взаємодії робочих органів роторного компенсатора подачі та натягу ниток основи з нитками основи та зниження їх негативної дії;

- розробка цільових функцій та програмного забезпечення проектування роторних компенсаторів подачі та натягу ниток основи, що забезпечать необхідний натяг ниток основи в період зівоутворення;

- доведення ефективності використання роторних компенсаторів подачі та натягу ниток основи на ткацьких станках.

Об'єкт дослідження – процес подачі та натягу ниток основи при зівоутворенні на текстильних машинах.

Предмет дослідження – роторні компенсатори подачі та натягу ниток основи.

Методи дослідження. Завдання, що поставлені в даній роботі, вирішувалися теоретичними та експериментальними методами з використанням класичних положень теорії механіки, електротехніки, а також шляхом комп'ютерного моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розробці науково-обґрунтованого методу удосконалення процесу подачі та натягу ниток основи в період зівотворення, заснованого на використанні роторного компенсатора подачі та натягу ниток основи, необхідність розробки якого доведена науковим обґрунтуванням причин, що обмежують його використання.

При цьому вперше:

- отримана математична модель для визначення функції вживання ниток основи та кутів охопту нитками рухомих направляючих як функція конструктивних параметрів роторних компенсаторів подачі та натягу ниток основи;

- запропоновано алгоритм та програмне забезпечення для визначення кутів охопту нитками основи рухомих направляючих роторного компенсатора подачі та натягу ниток основи на основі математичної формалізації модифікованого методу Ньютона для чисельного рішення системи трансцендентних рівнянь при визначенні подачі ниток основи;

- описано процес ударної взаємодії робочих органів роторного компенсатора подачі та натягу ниток основи з нитками основи та одержано вирази для визначення величини динамічного та статичного натягу ниток основи при зміні заправної лінії в момент удару;

- розроблена методика проведення експериментальних досліджень з використанням електротензометричної апаратури та сконструйована оригінальна установка для дослідження процесу взаємодій робочих органів роторного компенсатора подачі та натягу ниток основи з нитками основи ткацького станка;

- в результаті обробки одержаних даних побудовані поверхні відгуку та відповідні перерізи, визначена значимість коефіцієнтів в рівнянні регресії при оцінці впливу конструктивних параметрів роторних компенсаторів подачі та натягу ниток основи на величину питомої розривного навантаження та відносного розривного видовження для капронової комплексної нитки 28 текс та бавовняної пряжі 27,6 текс, визначено координати екстремуму на поверхні відгуку.

Практична значимість отриманих результатів. Визначені шляхи удосконалення роторних компенсаторів подачі та натягу ниток основи в бік зменшення величини натягу ниток основи в період зівотворення та доведення степені відтворення теоретичної функції споживання ниток основи до 87-98%.

Запропоновані нові конструкції роторних компенсаторів подачі та натягу ниток основи для безчовникових ткацьких станків типу СТБ-2-216.

Використання роторних компенсаторів подачі та натягу ниток основи на безчовникових ткацьких станках СТБ-2-216 дозволяє підвищити: питоме розривне навантаження для капронової комплексної нитки 28 текс на 23%, для бавовняної пряжі 27,6 текс на 35%. Підвищити відносно розривне видо-

вження для капронової комплексної нитки 28 текс на 30%, для бавовняної пряжі 27,6 текс на 32%.

**Приклад**

**БУХАНЦОВА ЛЮДМИЛА ВАСИЛІВНА**

**Дисертація на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук**

**Спеціальність 05.19.04 – технологія швейних виробів**

**Тема «Удосконалення процесу формування жіночих головних уборів»**

Актуальність теми. Розширення асортименту та підвищення конкурентноздатності швейних виробів можливе за рахунок впровадження інноваційних технологій та обладнання, створених на основі досягнень вітчизняної науки.

На сьогодні значна увага приділяється розробці нових енергозберігаючих технологій виготовлення швейних виробів, серед яких чільне місце займають процеси волого-теплового оброблення (ВТО).

Формування деталей швейних виробів відбувається статичними та динамічними методами шляхом зміни грубої та тонкої структури матеріалів. На відміну від статичних, динамічні методи формування дозволяють більш ефективно трансформувати плоско орієнтований матеріал у деталі об'ємної форми.

Серед швейних виробів складною формою вирізняються головні убори. Сучасна технологія формування головних уборів з швейних матеріалів передбачає застосування конструктивного способу та формування шляхом ВТО. У основі класичної технології формування головних уборів лежать стадії ВТО, тобто підготовки матеріалу до формування, його деформації та фіксації отриманої форми.

При формуванні головних уборів операції по підготовці деталей до формування та операції їхнього кінцевого оброблення є трудомісткими. У зв'язку з цим виникає необхідність зменшення трудових та енергетичних витрат процесу формування головних уборів та підвищення якості формованих деталей за рахунок виключення ряду операцій. Перспективними напрямками при цьому є застосування динамічних навантажень та активних робочих середовищ. Серед останніх новим та не дослідженим є напрямок формування деталей швейних виробів у рідинно-активному робочому середовищі (РАРС).

Саме тому, виникає необхідність удосконалення процесу формування головних уборів при застосуванні динамічних навантажень та РАРС шляхом розробки нового методу формування деталей високого рівня якості з різних тканин.

Метою роботи є підвищення якості головних уборів при мінімізації енергетичних та трудових витрат на основі використання РАРС з урахуван-

ням властивостей грубої структури тканин. Для досягнення поставленої мети у дисертації вирішені наступні завдання:

проведено аналіз існуючих методів формоутворення деталей швейних виробів;

розроблено теоретичні підходи до гідродинамічного формування деталей головних уборів;

розроблено спосіб та установку для гідродинамічного формування деталей головних уборів, а також методику оцінки їхньої якості;

досліджено закономірності зміни грубої структури тканин в процесі гідродинамічного формування деталей об'ємної форми;

досліджено вплив основних параметрів на якість процесу гідродинамічного формування деталей з тканин;

визначено оптимальні значення параметрів процесу гідродинамічного формування деталей головних уборів;

проведено оцінку якості деталей головних уборів з різних тканин.

Об'єктом дослідження є процес формування деталей головних уборів із тканин.

Предметом дослідження є спосіб формування головних уборів у PASC.

Наукова новизна отриманих результатів полягала в тому, що:

розроблений механізм процесу гідродинамічного формування деталей головних уборів з тканин;

отримані аналітичні закономірності зміни грубої структури тканин в процесі гідродинамічного формування, які дозволяють прогнозувати якість формованих деталей та їхню формостійкість;

вперше визначені залежності коефіцієнта формостійкості від основних параметрів гідродинамічного формування деталей головних уборів;

розроблена математична модель процесу гідродинамічного формування деталей головних уборів;

розроблений узагальнений показник якості деталей головних уборів, який реалізований у методиці оцінки якості гідродинамічного формування.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

розроблена установка для формування деталей головних уборів, новизна якої підтверджена деклараційним патентом України;

запропоновані залежності зміни грубої структури костюмно-пальтових тканин після гідродинамічного формування для раціонального підбору матеріалів верху при виготовленні головних уборів;

запропоновані поперечний та поздовжній коефіцієнти, які відображають співвідношення висоти голови спереду  $V_{гсп}$ , поздовжнього  $d_{позд}$  та поперечного діаметрів  $d_{поп}$  голови, які використовують для визначення внутрішньої форми головного убору та форми матриці;

визначена раціональна область параметрів процесу гідродинамічного формування деталей головних уборів, що дозволяє отримати високий рівень якості форми деталей з вовняних костюмно-пальтових тканин;

розроблений фотограмметричний метод оцінки формостійкості деталей головних уборів після їхнього гідродинамічного формування;

запропонований спосіб формування деталей головних уборів дозволяє досягнути скорочення трудомісткості процесу на 45,5 %, а також зменшення енергетичних витрат на 3,5 %.

Результати дисертації знайшли практичне використання при виконанні науково-дослідних робіт студентів та магістерських робіт, впроваджені на ТОВ ательє «Силует» (м. Хмельницький) та ЗАТ «Хмельницька трикотажна фабрика».

### **Зміст звіту**

1. Тема магістерської наукової роботи.
2. Актуальність магістерської наукової роботи.
3. Задачі магістерської наукової роботи.

### **Контрольні питання**

1. Поняття наукового знання (знання, пізнання, поняття, мислення, наукова ідея, гіпотеза, закон, теорія, методологія).

2. Методи емпіричних досліджень (спостереження, порівняння, вимірювання, експеримент).

3. Методи теоретичних досліджень (Ідеалізація, метод формальної логіки, гіпотеза та пропозиція).

4. Теорія, вимоги, що висуваються до побудови нової теорії, єдність теорії та практики.

5. Вибір теми досліджень. Загальні відомості.

6. Обґрунтування актуальності теми досліджень.

*Література:* [1, 2, 4]

## Лабораторна робота 2

### **Інформаційний пошук. Обґрунтування мети досліджень. Формування основних науково-дослідних завдань**

**Мета роботи:** освоїти методику інформаційного пошуку, обґрунтування мети досліджень, формування основних науково-дослідних завдань.

#### **Теоретичні відомості**

Після вибору теми приступають до детального вивчення науково-технічної інформації (НТІ) для уточнення теми, обґрунтування мети досліджень, формулювання основних науково-дослідних завдань. Науково-технічна інформація утворюється й аналізується в результаті інформаційного пошуку.

Існує багато джерел одержання науково-технічної інформації: монографії, наукові журнали, збірники наукових праць та інші періодичні видання; патентна документація; рефератні журнали; аналітичні огляди та переклади; інформаційні комп'ютерні мережі. Ефективними формами одержання НТІ є симпозиуми, конференції, семінари, курси, публічні захисти дисертацій, наукові дискусії й інші форми колективного спілкування вчених, на яких подається, обговорюється й аналізується науково-технічна інформація, установаються ділові та творчі контакти.

Розрізняють первинні та вторинні джерела інформації.

Первинними джерелами можуть бути друкарські видання: книги; брошури; статті; нормативно-технічна та патентна документації; промислові каталоги; прейскуранти; інформаційні листки або неопубліковані матеріали: науково-технічні звіти, дисертації, автореферати та т.п.

Вторинні джерела створюються в результаті аналізу та синтезу первинних джерел. До них відносяться: сигнальна інформація; експрес-інформація; реферативні журнали; огляди; переклади. обов'язковим елементом цих інформаційних видань є бібліографічний опис, що містить мінімум зведень про первинне джерело НТІ: заголовок; зведення про автора, назва видавництва; місце та рік видання.

Книги, брошури та статті є найбільш відомими класичними джерелами науково-технічної інформації.

Під книгою розуміють неперіодичне друкарське зброшуроване видання обсягом більш 48 с., що пройшло редакційно-видавничу обробку. Брошура відрізняється від книги меншим обсягом (до 48 с.). Стаття – це повідомлення в періодичних виданнях, присвячене окремому питанню.

Для інформаційного пошуку крім основного тексту друкарського видання важливими є зміст, анотація, висновок, список використовуваних літературних джерел. З цих допоміжних підрозділів звичайно починають ознайомлення з друкарським інформаційним джерелом.



Спочатку уважно аналізують назву видання, його зміст, анотацію, знайомляться з автором. При цьому створюється загальне представлення про місце та важливість видання для здійснюваного інформаційного пошуку, встановлюються основні питання, що висвітлюються в досліджуваному джерелі.

Далі проходить попереднє ознайомлення з основним змістом. На цьому етапі важливо вловити постановку завдання, глибину пророблення, методику досліджень, осмислити отримані результати та коректність висновків.

На другому етапі можна повернутися до найбільш цікавих місць тексту для більш детального вивчення та запам'ятовування необхідної інформації.

Залежно від важливості прочитаного запис може виконуватися в різній формі: виписка (короткий зміст або фрагменти окремих підрозділів, глав, сторінок); анотація (стилий зміст); конспект (докладний зміст).

Найбільш поширеним видом запису є конспект. Це послідовний виклад прочитаного або почутого. У ньому містяться не тільки основні ідеї джерела інформації, але та їхнє обґрунтування, підтвердження цитатами, фактами, цифрами.

Після друкарських видань найбільш відомими первинними джерелами інформації є спеціальні види технічних видань – нормативно-технічна та патентна документація. Патентна документація є сукупністю документів, що містять зведення про винаходи або патенти. Інформація про винаходи буває повною, реферативною або бібліографічною. Повна – це опис винаходів, реферативна – бюлетені патентних відомств, бібліографічна – бібліографічні картки.

Патентна інформація найбільш систематизована, містить зведення про основні досягнення людства за останні 250 років. Світовий патентний фонд нараховує біля 15 млн винаходів. Патентна інформація найбільш достовірна. Кожний патентний опис містить інформацію тільки про один винахід.

Пошук патентної інформації істотно спрощується завдяки введенню Міжнародної класифікації винаходів (МКВ).

Найменш доступними первинними джерелами інформації є інформаційні листки, дисертації, автореферати, науково-технічні звіти. Вони випускаються малими тиражами (від 3-х до 100 екземплярів), у зв'язку з чим, із ними практично можна ознайомитися тільки за місцем роботи автора або шляхом одержання мікрокопій.

Нормативно-технічна документація, промислові каталоги, преїскуранти мають другорядне значення для наукового інформаційного пошуку.

Вторинними джерелами інформації служать спеціальні видання, що містять інформацію в переробленому, узагальненому виді.

Основне призначення сигнальної інформації – оперативне повідомлення про публікації з наступним забезпеченням замовлень на копії. Сигнальна інформація випускається інститутами або центрами науково-технічної інфор-

мації (НТІ) та є систематизованими списками бібліографічних описів вітчизняних та закордонних джерел.

Експрес-інформація містить розширені реферати джерел, що надійшли в органи НТІ в рамках місячного терміну.

У реферативних журналах публікуються бібліографічні описи, анотації або реферати первинних джерел, що дозволяє стежити за виходом найбільш цінних видань та ефективно здійснювати інформаційний пошук.

Ознайомлення з друкарськими виданнями в бібліотеці починається з каталогів. Вони бувають алфавітними, алфавітно-предметними та систематичними.

Статті, представлені в рідких виданнях, можна знайти в «Літописі журнальних статей» або в інших бібліографічних покажчиків.

Крім ручного пошуку інформації існують технічні засоби та системи інформаційного пошуку.

Найбільш потужною, сучасною та доступною є міжнародна комп'ютерна інформаційна мережа Інтернет. Обсяг інформації в інтернеті практично необмежений. Крім знайомства з інформацією та її копіювання Інтернет дозволяє обмінюватися інформацією.

При організації інформаційного пошуку важливе значення має систематизація документів. Основа систематизації – індексування документів. Для індексування встановлюються поняття (теми), яким привласнюються індекси (предметні рубрики). Перелік індексів є в задалегідь складених таблицях, словниках або інших носіях інформації.

Пошук робиться за визначеними правилами, за допомогою інформаційної пошукової мови (ПМ). В усіх пострадянських державах прийнятий особливий ПМ бібліотечного-бібліографічного типу, що одержав назву універсальної десяткової класифікації (УДК). УДК складається з основних, допоміжних таблиць та алфавітно-предметного покажчика.

Основна таблиця містить індекси, за допомогою яких матеріал систематизується за змістом. Кожному поняттю (темі), відбитому в основній таблиці відповідає визначений індекс УДК.

Уся сума людських знань ділиться на 10 основних класів: 0 – загальний розділ; 1 – філософія; 2 – релігія; 3 – суспільні науки; 4 – вільний; 5 – математика, природничі науки; 6 – прикладні науки, медицина, техніка; 7 – мистецтво, спорт; 8 – художня література, мовознавство; 9 – географія, біографія, історія.

Кожна наступна цифра, що добавляється до позначення основного відділу, уточнює його. Така побудова індексів дозволяє поділяти саме загальне поняття на вузько спеціальне. Чим більше ступінь дроблення, тим більше число знаків входить в індекс. Для кращої видимості індексу після кожних трьох знаків ставиться крапка. У межах одного поділу індекси розташовуються від загального до часткового.

Поряд з основними індексами в УДК використовуються спеціальні визначники (місця, часу, мови, матеріалу та т.п.), а також різні знаки, що вказують операції.

Знак приєднання (+) вказує, що розглядаються декілька питань рівного значення.

Знак поширення (/) об'єднує поняття, що є суміжними в десятковому ряду УДК.

Знак відношення (: ) вказує, що між питаннями є внутрішній зв'язок.

Знак об'єднання (\* ) приймається при класифікації матеріалів по хімічних сполуках або сплавам.

Усі визначники, ознаки та знаки УДК доводяться в основних та допоміжних таблицях.

### Приклади оформлення бібліографічного опису в списку джерел.

Характеристика джерела	Приклад оформлення
1	2
Монографії. Посібники (один, два або три автори)	Олуйко В.М. Кадри в регіоні України: становлення та розвиток: Монографія / За ред. Н.Р. Нижник та Г.І. Лелікова. - К.: Науковий світ, 2001. – 237 с. Професійна педагогіка: учебник для студентов по пед. спеціальностям и направлениям. С.Я. Батышева. – М.: Профессиональное обозрение, 1997. – 512 с. Кремень В.Г., Ткаченко В.М. Україна: шлях до себе. Проблеми суспільної трансформації. – К.: Видавничий центр “Друк”, 1999. – 446 с. Рудницька О.П., Болгарський А.Г., Свистельнікова Т.Ю. Основи педагогічних досліджень: Навч.-метод. посіб. Нац. пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова. – К., 1998. – 142 с.: ілюстр.
чотири автори	Культура в законі: Стан та проблеми правового регулювання культури в Україні / В.Солодович, О. Гриценко, М. Стріха, В. Вечерсткий; За ред. О. Гриценко; Укр. центр культ. досліджень, Ін-т культурної політики. – К., 1998. – 100 с.
п'ять та більше авторів	Розвиток народної освіти та педагогічної думки на Україні (X – поч. XX ст.): Нариси / Редколегія: М.Д.Ярмаченко, Н.П. Калениченко, С.У. Гончаренко та ін. - К.: Рад. шк., 1991. – 384 с.
Колективний автор	Програма для загальноосвітніх навчальних закладів / М-во освіти України, гол. упр. серед. освіти. – К.: Ірпінь; Вид. торг. фірма “Перун”, 1998. – 63 с.: табл.
Багатотомні ви-	Ушинський К.Д. Про народність у громадянському ви-

дання	хованні. – Твори: В 6 т. – К., 1964. – Т.1: История Украинской ССР: В 10 т./ АН УССР. Институт истории. – К.: Наукова думка, 1984. – Т.6: Великая Октябрьская социалистическая революция и гражданская война на Украине (1917 – 1920). – 655 с.
Перекладні видання	Ноймани Э. Происхождение и развитие сознания: Пер. с англ. / Э. Ноймани. – К.: Ваклер; М.: Рефл-бум, 1998. – 462 с.
Стандарти	Інформація та документація. Базові поняття. Терміни та визначення: ДСТУ 2395-94. – Читальний від 01.01.98. – К.: Держстандарт України, 1994. – 10 с.
Збірники наукових праць	Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: Зб. наук. пр. – Випуск 6. – Київ-Вінниця: ДОВ Вінниця, 2004. – 701 с.
Словники	Современный словарь по педагогике / Сост. Рапацевич Е.С. – Мн.: “Современное слово”, 2001. – 928 с.
Депоновані праці	Філіпова Л.Я. Автоматизовані інформаційно-бібліографічні системи та бази даних / Л.Я. Філіпова; ХДІК. – Х., 1996. – 103 с. – Деп. в ДНТБУ 03.03.97, № 195. – Ук. 97.
<b>Складові частини</b> книги	Бондар В.І. Зміст дидактико-управлінської компетентності директора школи // Теорія та технологія управління процесом навчання в школі. – К.: ФАДА, ЛТД, 2000. – С. 19-31.
збірника	Біницька О.П. Удосконалення системи підготовки педагогів в умовах формування ринкових відносин // Соціальна сфера в економіці: Зб. наук. пр. / НАН України Інститут економіки. – К. – 2000. – С. 44-52.
журналу	Зязюн І. Філософські проблеми гуманізації та гуманітаризації освіти // Педагогіка толерантності. – 2001. – №3. – С. 58-61.
енциклопедії	Золотоверхий І.Д., Михайлов О.О. Культурно-освітні організації та установи // УРЕ. – К.: Гол. ред. УРЕ АН УРСР, 1966. – Т.Українська Радянська Соціалістична Республіка. – С. 524-530.
іноземного видання	Witksn H.A. et al. Psychological Differentiation. – N.Y., 1974. – 350 p. V.Gaidenko, I.Predborska. Post-soviet politics of Ukrainian women’s representation: discourse of Surviving // The End of Socialism ... years on ... Conference Abstract book. L., University of Westminster, 2001/ - P. 24-25.
Тези доповідей	Сутович Е.И. Формирование профессионального само-

	сознания как фактор профессиональной подготовки кадров // профессиональное образование на рубеже тысячелетий: непрерывность и интеграция – состояние, проблемы и перспективы развития: Тез. III Междунар. науч.-практ. конф. ( Минск, 15-16 апр. 1999 г.) – Мн., 1999. – С. 248-250.
Стаття	Зязюн І.А. Неперервна освіта: концептуальні засади та сучасні технології // Творча особистість у системі неперервної професійної освіти: Матеріали міжнародної наукової конференції 16-17 травня 2000 р. / За ред. С.О.Сисоєвої, О.Г. Романовського. – Харків: ХДПУ, 2000. – С. 8-15.
Дисертації	Галус О.М. Удосконалення процесу трансформування наукових ідей в педагогічну практику ( на прикладі дисциплін природничого циклу): Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01. – К., 1995. – 242 с. Абашкіна Н.В. Розвиток професійної освіти в Німеччині (кінець XIX – XX ст.): Дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.04 / АПН України. Ін-т педагогіки та психології проф. освіти. – К., 1999. – 401 с.
Автореферати дисертацій	Гуревич Р.С. Теоретичні та методичні основи організації навчання у професійно-технічних закладах: Автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.04 / АПН України. Ін-т педагогіки та психології проф. освіти. – К., 1999. – 33 с.: табл. – Бібліогр.: 71 назв. Ахметов А.К. Педагогические основы профессионально-экономической ориентации будущих учителей.: Автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.01 / Алмаатинский государственный педагогический университет. – Алма-Ата, 1997. – 43 с.
Збірник документів	Народное образование в СССР. Общеобразовательная школа: Сборник документов. 1917 – 1973 гг. / Составители: А.А. Абакумов и др. – М.: Педагогика, 1974. – 560 с.
Статистичні, інформаційні збірники	Освіта: інформаційно-аналітичний збірник управління освіти Хмельницької облдержадміністрації / Ред. колегія: О.Заярнюк, В. Войтенко, О. Коханко, В. Берека, Д. Куций. – Хмельницький, 1997. – 110 с. Освіта України за роки незалежності: стан, факти, події / За заг. ред. В.Г. Кременя. – К.: Вища школа, 2001. – 159 с.: іл.
Законодавчі та нормативні документи	Постанова Кабінету міністрів України від 24 травня 1997 р. № 507 “Про перелік напрямів та спеціальностей, за якими здійснюються підготовка фахівців у вищих навчальних закладах за відповідальними освітньо-кваліфікаційними рівнями”.

	Державний стандарт загальної освіти в Україні. – К.: Генеза, 1997. – Ч. 1. – 71 с.
Матеріали наукових книгозбірень, архівів	Вернадський В.І. Щоденники (1917 – 1921) // Інститут рукописів ЦНБ України ім. В. Вернадського НАН України. – Ф. 260. – Спр. 758. – Арк. 1-4. Освітнє життя м. Хмельницького в 50-60-х рр. ХХ ст. // спогади Гончарука Ф.Г. (1916 р.н.), жителя м. Хмельницького.

### **Зміст звіту**

1. Аналіз 5-7 наукових публікацій в області вибраної теми наукових досліджень.
2. Формування основних науково-дослідних завдань.
3. Науково-технічна інформація та її аналіз.
4. Робота з літературою та складання огляду по темі.

### **Контрольні питання**

1. Що таке первинні та вторинні джерела інформації?
2. Які є етапи інформаційного пошуку?
3. Що таке сигнальна інформація?
4. Що таке експрес-інформація?
5. Що таке УДК?
6. Які існують визначники УДК?

*Література:* [1, 2, 4]

### Розробка математичної моделі

**Мета роботи:** одержання практичних навиків розробки математичних моделей та оформлення робіт для публікації

#### Теоретичні відомості

У інженерній практиці моделі будуються з метою дослідження закономірностей, які є властиві об'єктам, що нас цікавлять (процесам, явищам). В загальному випадку модель встановлює якісні або кількісні співвідношення між окремими діями або комплексом дій, що визначають співвідношення досліджуваного об'єкта.

Під моделлю тут розуміється деякий об'єкт більш простої в порівнянні з оригіналом (досліджуваним об'єктом, окрім тих ознак та параметрів, вплив котрих повинен бути дослідженим та визначеним). За способом реалізації моделі поділяються на знакові та реальні. Знакові моделі є математичним описом процесу та визначаються у вигляді диференціальних, алгебраїчних рівнянь та інших математичних символів.

Реальні моделі пропонуються в вигляді фізичних об'єктів та поділяються на два види:

- фізичні моделі, що мають однакову фізичну природу з досліджуваним процесом. Результати досліджень на моделі переносяться на оригінал за допомогою методів теорії подібності;

- математичні моделі, що відрізняються за своєю природою від досліджуваного процесу, але мають з ним тотожну знакову модель.

У відповідності з видом реальних моделей розрізняють моделювання фізичне та математичне. В основі фізичного моделювання є теорія подібності, що встановлює умови подібності моделі та оригіналу, дозволяє узагальнювати результати експериментів в безрозмірних критеріях та розповсюджувати знайдені залежності на подібні системи. В фізичних моделях природа моделі та оригіналу не змінюється, відтворюються всі сторони досліджуваного процесу, але реалізація фізичної моделі можлива, якщо в досліджуваного технологічного процесу або апарату може існувати подібна модель.

Під подібною прийнято приймати модель, що відрізняється від оригіналу тільки масштабом вхідних величин, тобто тих, що мають однакову знакову модель в безрозмірній формі.

Теорії подібності присвячується багато робіт, але так як наведено в роботах, для багатьох процесів технологій легкої промисловості побудувати фізичну модель, подібну оригіналу, неможливо, або досить важко.

В останні роки все більше та більше застосування знаходить матема-

тичне моделювання, де відмова від однакової природи моделі та оригіналу при збереженні тотожності знакової моделі розширює можливість моделювання. Математичне моделювання дозволяє складний експеримент замінити більш простим за допомогою засобів іншої фізичної природи. До цих засобів відносяться різні пристрої, що реалізують електричні аналогії (електротеплові, електрогідравлічні та інші), універсальні моделюючі пристрої (електронні обчислювальні машини).

При дослідженні будь-якого процесу методами математичного моделювання необхідно отримати його математичний опис або, як прийнято говорити, математичну модель.

У теорії математичного моделювання об'єкт дослідження зображується у вигляді «чорного ящика» (рисунок 3.1), де відомі вхідні  $X_1...X_n$  – керовані фактори та  $Y_1...Y_n$  – вихідні параметри (характеристики цілей дослідження).

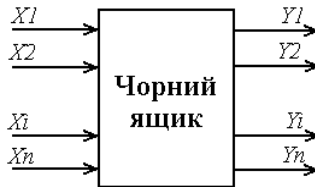


Рисунок 3.1 – Схема «чорного ящика»

Тоді математична модель будь-якого об'єкта дослідження буде представляти собою систему рівнянь виду:

$$(Y, X, a) = 0, \tag{3.1}$$

де  $X$  – вектор вхідних дій;

$Y$  – вектор вихідних змінних;

$a$  – вектор параметрів, що характеризують відсутність інформації про об'єкт.

Типових рекомендацій щодо вибору та побудов моделей не існує. Модель повинна відображати найбільш важливі сторони процесу, що досліджується. Другорядні явища, незначні фактори ускладнюють модель та аналітичні дослідження. Модель повинна бути досить простою, наглядною, але головне адекватною, тобто описувати закономірності об'єкта, що вивчається з необхідною точністю.

Вивчити об'єкт найбільш добре можна лише тоді, коли його модель представлена описом фізичної суті або має математичний вигляд. Наприклад, при вивченні процесів формування виробів з полімерних матеріалів необхідно знати закономірності їх деформування. Нерідко як модель деформування використовується модель Кельвіна (рисунок 3.2).



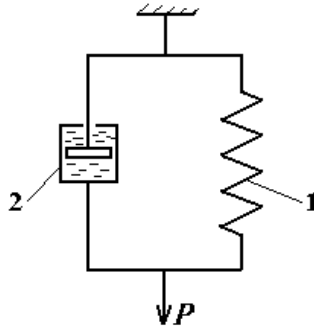


Рисунок 3.2 – Модель Кельвіна

На рисунку 3.2, 1 – пружина, що характеризує пружні властивості тіла, що підпорядковуються закону Гука: величина деформації прямо пропорційна навантаженню  $P$ , що характерно для деформування твердих пружних тіл. В'язкі властивості тіла характеризуються рухом поршня 2 в заповненому в'язкою рідиною циліндрі. Деформація в цьому випадку йде повільно, розвивається за часом та підпорядковується закону Ньютона.

При паралельному з'єднанні двох розглянутих елементів отримаємо модель деформування пружно-в'язкого тіла. Математична модель, що відповідає фізичній моделі, може мати вигляд:

$$P = P_\gamma + P_B = E_\gamma \gamma + \eta \frac{d\gamma}{dt}, \quad (3.2)$$

де  $P_\gamma$  та  $P_B$  – пружне стискання пружини та в'язкий опір рідини відповідно;

$E_\gamma, \gamma$  – модуль пружності та відносна деформація пружини;

$\eta$  – коефіцієнт в'язкості;

$\frac{d\gamma}{dt}$  – швидкість деформування.

Розв'язуючи рівняння 3.2 при початкових умовах  $t = 0, \gamma = 0$ , отримаємо:

$$\gamma = \frac{P}{E_\gamma} \left( 1 - e^{-\frac{E_\gamma}{\eta} t} \right). \quad (3.3)$$

Отримана залежність у багатьох випадках добре узгоджується з експериментом та дозволяє дослідити закони деформування пружно-в'язких матеріалів, наприклад, полімерних матеріалів у в'язко-текучому стані.

Аналогічно доцільно будувати математичні моделі інших досліджуваних об'єктів. Математична модель може бути задана не тільки рівнянням

або системою рівнянь, але й алгоритмом обчислення  $Y$  за відомим  $X$  та  $a$ .

Залежно від виду досліджуваного об'єкта, режиму його роботи, впливу випадкових обурень до математичних моделей пред'являються різні вимоги, але загальна вимога, властива всім моделям, – адекватність моделі досліджуваного об'єкта. Адекватність визначається як різниця:

$$\left[ Y^* - Y(x, a) \right] < \Delta, \quad (3.4)$$

де  $Y(x, a)$  значення реакції об'єкта для фіксованого значення  $a$  та відомого  $x = x^*$ , отримані шляхом підрахунків;

$Y^*$  – значення реакції об'єкта, отримане експериментальним шляхом при значенні вхідної дії  $x = x^*$ ;

$\Delta$  – величина, що характеризує допустиму помилку моделі.

Якщо адекватність математичної моделі лежить в межах 15–20 %, то прийнято вважати, що таку модель можна використовувати для дослідження властивостей та поведінки досліджуваних об'єктів. Зменшуючи діапазон зміни  $X$ , можливо збільшувати точність математичної моделі.

На сьогодні моделювання є загальнонауковим методом дослідження різних об'єктів у багатьох галузях науки та техніки, що визначило багатобічність математичних моделей, методів їх побудови та дослідження.

В ряді робіт була здійснена спроба класифікувати математичні моделі, але до теперішнього часу загально прийнятої класифікації немає.

Математичні моделі систем або об'єктів можна розділити на три рівня: мікрорівень, макрорівень та метарівень.

На мікрорівні складають математичні моделі функціонування базових елементів (машин та апаратів). Математичними моделями об'єктів цього рівня як правило є системи диференційних рівнянь. Внутрішніми параметрами тут можуть бути напруження в матеріалі, питомий тиск, геометричні розміри, концентрація, коефіцієнти теплопровідності тощо.

На макрорівні використовуються моделі з зосередженими параметрами. Елементами моделей на макрорівні є об'єкти, які на мікрорівні розглядались як системи. Тут вихідні параметри мікрорівня стають внутрішніми параметрами. Математичними моделями систем макрорівня можуть слугувати системи звичайних диференційних рівнянь, а іноді алгебраїчних та трансцендентних рівнянь.

На метарівні, який іноді називають інформаційним рівнем функціонування системи, зміна стану елементів розглядається як послідовність подій, що відбуваються в дискретні проміжки часу. Дискретне представлення простору та часу обумовлює дискретність фазових змінних, які характеризують стан елементів. Роль елементів та внутрішніх параметрів виконують системи та вихідні параметри моделей макрорівня. Для побудови математичних моделей метарівня використовуються математична логіка, теорія масового обслуговування, методи теорії автоматичного управління.

Розділення математичних моделей на моделі мікро-, макро- та метарівнів є умовним, на практиці ці рівні можуть поділятися ще на підрівні. На кожному рівні розрізняють математичні моделі елементів та систем. Математичні моделі систем, які отримані безпосереднім об'єднанням математичних моделей елементів в загальну систему рівнянь, іноді називають повними математичними моделями. Розглянуте вище розділення моделей пов'язане з ієрархією рівнів проектування об'єктів.

У подальшому розглядають математичні моделі, що можна розділити на групи.

До першої групи відносяться математичні моделі, параметри котрих змінюються з часом та в просторі. З врахуванням просторових ознак, моделі поділяються на моделі з розподіленими параметрами та на моделі з зосередженими параметрами. Коли основні змінні досліджуваного об'єкта змінюються як за часом так та в просторі, то математичні моделі в такому випадку називаються моделями з розподіленими параметрами та представляються, як правило, диференціальними рівняннями в частинних похідних.

Коли основні змінні процесу не змінюються в просторі, а змінюються лише за часом, то математичні моделі називаються моделями з зосередженими параметрами та пропонуються у вигляді звичайних диференціальних рівнянь.

До другої групи відносяться математичні моделі, що описують невантажений та встановлений режим роботи модельованих об'єктів, дозволяють розрізнити статичні та динамічні моделі. Статичні моделі описують співвідношення між основними змінними процесу в встановлених режимах, тут в математичному описі відсутній такий параметр як час та воно має вигляд алгебраїчних рівнянь. Динамічні моделі описують зв'язок між основними змінними процесу за часом в перехідних режимах. Математичні моделі динаміки будуються за допомогою диференціальних рівнянь.

До третьої групи відносяться математичні моделі, які характеризують природу процесів, що є в досліджуваному об'єкті. Вирізняються моделі детерміновані та стохастичні (випадкові). Якщо досліджувані процеси характеризуються завданням вектора  $X$ , то моделі таких процесів називаються детермінованими. Детерміновані моделі виражають в вигляді диференціальних та інтегральних рівнянь.

Якщо досліджувані процеси за своєю природою випадкові (а в природі всі процеси випадкові), то моделі таких процесів називаються ймовірними. Тут використовують математичний апарат теорії ймовірностей.

До четвертої групи можна віднести математичні моделі, що характеризуються способом їх отримання – формальні та неформальні (теоретичні) математичні моделі.

Теоретичні моделі отримують на основі вивчення фізичних та хімічних закономірностей. Тут структура рівнянь та параметри моделей мають певне тлумачення. Формальні моделі отримують на основі розгляду об'єкта як «чорного ящика». Теоретичні моделі більш універсальні та справедливі для широкого діапазону зміни зовнішніх параметрів. Формальні моделі порівня-

но з теоретичними більш точні в тих межах, в яких проводились вимірювання, але за цими межами їх точність зменшується.

У формальних математичних моделях структура моделі задається з деяких міркувань, не зв'язаних з суттю фізико-хімічних явищ, що протікають в досліджуваному об'єкті. В цьому випадку модель легко будується, але не дозволяє описувати об'єкт на широкому інтервалі  $X$ ,  $Y$  так як не враховує фізико-хімічні особливості об'єкта. Такі математичні моделі в основному використовуються для оптимізації діючих об'єктів при встановленому режимі його роботи.

Структура неформальних математичних моделей виводиться на основі вивчення фізико-хімічних процесів в об'єкті. Неформальні моделі характеризують поведінку  $Y$  та  $X$  в широкому діапазоні їх зміни, несуть інформацію про гідродинаміку, фазових станів та конструктивних параметрах об'єкта. Неформальні моделі знаходять широке застосування для оптимального конструювання об'єктів, моделювання та оптимізації процесів. У той самий час такі моделі мають низьку точність, бо важко оцінити всі процеси, що йдуть в об'єкті, складність структури математичної моделі.

До п'ятої групи відносяться математичні моделі, що відрізняються методом отримання – математичні моделі, отримані експериментальним шляхом, та математичні моделі, отримані аналітичним шляхом.

Експериментальний метод побудови математичних моделей дозволяє побудувати порівняно швидко нескладну модель, так як структура моделі вибирається довільно, експеримент можна провести на діючій установці, легко визначити параметр  $a$ .

Подібна математична модель дійсна тільки для того об'єкта, на якому проводився експеримент, параметр  $a$  не має фізичного змісту. Такий метод використовується, як правило, для побудови формальних математичних моделей.

Аналітичний метод побудови математичних моделей використовується при побудові неформальних моделей. Цей метод важкий, але найбільш перспективний, бо дозволяє розповсюдити результати дослідження на одній моделі на інші однотипні об'єкти, всі коефіцієнти в моделі мають фізичне підґрунтя.

Залежно від характеру властивостей об'єкта моделі можна розділити на функціональні та структурні. Функціональні моделі відображають процеси функціонування об'єкта. Ці моделі часто складаються у вигляді системи рівнянь. Структурні моделі можуть мати форму матриць, графів, списків векторів та виражати взаємне розташування елементів у просторі, наявність безпосередніх зв'язків між елементами у вигляді каналів, транспортерів, провідників, трубопроводів та т.п. Структурні моделі використовуються в тих випадках, коли задачі структурного синтезу рішення, абстрагуючись від особливостей фізичних процесів в об'єкті.

За формою зв'язків між вихідними, внутрішніми та зовнішніми параметрами моделі можна розділити на моделі у вигляді систем рівнянь – алго-

ритмічні моделі, та моделі у вигляді явних залежностей вихідних параметрів від внутрішніх та зовнішніх – аналітичні моделі (рисунк 3.3.).

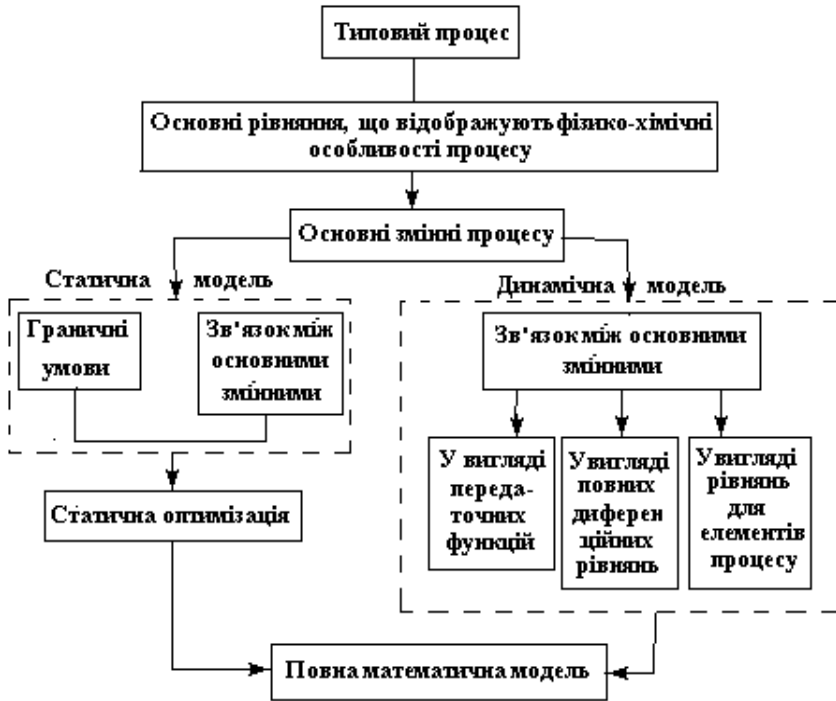


Рисунок 3.3 – Структурна схема математичної моделі.

Динамічні моделі враховують інерційність процесів об'єкта, а статичні моделі її не враховують.

Можна було б продовжити класифікацію математичних моделей за іншими властивостями об'єктів та процесів, що в них протікають, яка була б більш повною, але зміст використаних моделей дозволяє обмежитись перерахованим раніше.

До математичних моделей пред'являють вимоги щодо точності, економічності та універсальності.

Точність математичної моделі – це властивість, яка характеризує ступінь адекватності розрахованих за допомогою моделі параметрів об'єкта істинним значеннями цих параметрів. Кількісна оцінка точності моделі можлива, але пов'язана з рядом труднощів (наявність кількох параметрів, залежність параметрів від зовнішніх умов функціонування об'єкта, труднощів отримання істинних значень параметрів тощо). Іноді кількісна оцінка точності проводиться в так званих тестових ситуаціях.

Економічність математичних моделей визначається витратами часу (машинного) або кількістю арифметичних операцій, які виконуються при однократній реалізації рівнянь моделі. Показником економічності моделі може слугувати також кількість наявних внутрішніх параметрів. Чим більша кількість таких параметрів, тим більші витрати машинної пам'яті, тим більше зусиль потрібно для отримання інформації про чисельні значення параметрів та їх розсіювання.

Ступінь універсальності математичної моделі визначається її можливістю застосування для аналізу чисельної групи однотипних об'єктів. Використання машинних методів розрахунку стає незручним, якщо в процесі аналізу об'єкта при кожній зміні режиму функціонування потрібна заміна математичної моделі.

Вимоги великої універсальності, високої точності, з одного боку, та високої економічності, з іншого, протилежні.

**Приклад.**

**Розробка математичної моделі натягу текстильних матеріалів при їх транспортуванні фрикційними роликками**

В багатьох текстильних машинах, наприклад, в шліхтувальних, нитки (а в обметувальних машинах тканина) у вигляді неперервної смуги змотується з рулону та переміщується фрикційними (тягнучими) роликками, підпорядковуючись при цьому тим чи іншим технологічним операціям. Звичайно фрикційні ролики, та між якими щільно затиснений транспортуючий матеріал, отримують рух від приводних двигунів, а розмотуваний рулон гальмується спеціальним гальмівним пристроєм. Схематичне зображення таких машин показано на рисунку 3.4.

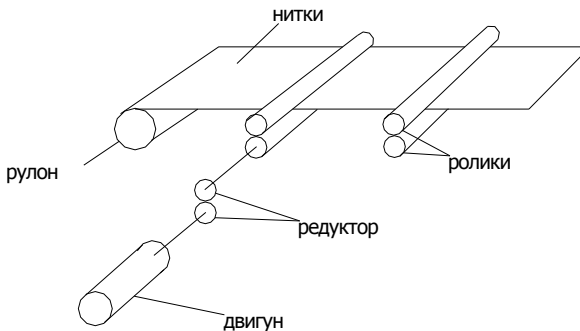


Рисунок 3.4 - Схема транспортування текстильних матеріалів: 1-рулон; 2-фрикційні ролики; 3-текстильний матеріал; 4-привод.

Технологічну лінію таких машин можна розділити на зони, межею між якими служить кожна пара фрикційних роликів. Для проектування оптимального технологічного процесу важливо знати умови формування натягу текстильних матеріалів в зонах транспортування.

Необхідно зазначити, що межа між зонами, утворена щільно прижати один до одного фрикційними роликками, заважає вільному та рівномірному розподілу сил натягу вздовж всього матеріалу, що знаходиться в робочій частині машини. Таким чином, в загальному випадку натяг матеріалу в зоні  $n$  не дорівнює натягу в зоні  $n+1$ . Знаходження залежності між натягом в сусідніх зонах викладено в цій роботі.

При розгляді даного питання зробимо наступні припущення:

Пружні деформації фрикційних роликів незначні та не впливають на хід процесу.

Вага ниток в зоні деформації несуттєво впливає на натяг.

Ступінь стиснення двох фрикційних роликів такий, що проковзування ниток між ними виключається.

Натяг матеріалу не впливає на швидкість обертання фрикційних роликів.

Швидкість поширення пружних деформацій в нитці набагато більша швидкості руху нитки.

Зміна об'єму однієї та тієї ж ділянки нитки не велика та нею можна знехтувати.

Розвиваючись напруження нитки затисненої між двома парами фрикційних роликів знаходиться в межах закону Гука.

Перші п'ять припущень не викликають вагомих похибок при вивченні процесів.

Як відомо, відносна зміна при пружній деформації твердого тіла буде [1]:

$$\frac{v_1 - v}{v} = \varepsilon(1 - 2\mu),$$

де  $v_1$  - об'єм тіла після деформації;

$v$  - об'єм тіла до деформації;

$\varepsilon$  - відносна повздовжня деформація;

$\mu$  - коефіцієнт Пуассона.

Для гуми  $\mu \approx 0.5$ , тобто її об'єм при розтягу практично не змінюється. Для ниток  $\mu < 0.5$ , так що об'єм зразка після деформації дещо зменшується.

Однак для невеликих значень  $\varepsilon$  зміною об'єму при деформації можна знехтувати, що та зроблено в шостому припущенні. Що стосується прийняття останнього припущення, то воно суттєво спрощує дослідження питання – вносить визначену похибку, про значення якої буде сказано при розгляді результатів експерименту. Варто зазначити, що подальші досліди робляться при допущенні, що транспортований матеріал являє собою одинарну нитку.

Розглянемо схему зображену на рисунку. 3.5

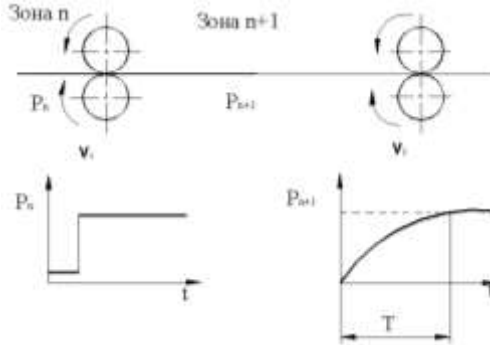


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема та результати вимірювання

Фрикційні ролики, що транспортують одинарну нитку розміщені на відстані  $L$  один від одного. Перша пара їх обертається з визначеною швидкістю  $v_1$ , а друга зі швидкістю  $v_2$ . Натяг в зоні  $n$  позначимо  $P_n$ , а натяг в зоні  $n+1$  - через  $P_{n+1}$ .

В даній схемі можливі два варіанти співвідношення швидкостей  $v_1$  та  $v_2$ .

Розглянемо випадок, при якому  $v_1 = v_2 = v_0$ . З матеріального балансу транспортованої нитки можна написати, що за будь який проміжок часу  $\Delta t$ :

$$v_{bx} - v_{yx} = \Delta v_{n+1}, \quad (3.5)$$

де  $v_{bx}$  – об'єм нитки, що ввійшла в зону  $n+1$ ;

$v_{yx}$  – об'єм нитки, що вийшла з зони  $n+1$ ;

$\Delta v_{n+1}$  - зміна об'єму нитки в зоні  $n+1$ .

Об'єм нитки  $v_{bx}$  за час  $\Delta t$  буде

$$v_{bx} = S_n \cdot v_0 \cdot \Delta t, \quad (3.6)$$

де  $S_n$  - площа поперечного перерізу нитки в зоні  $n$ .

Об'єм нитки  $v_{yx}$  за той же час  $\Delta t$  буде

$$v_{yx} = S_{n+1} \cdot v_0 \cdot \Delta t, \quad (3.7)$$

де  $S_{n+1}$  – площа поперечного перерізу нитки в зоні  $n+1$ .

Зміна об'єму  $\Delta v_{n+1}$  пов'язана зі зміною площі  $S_{n+1}$  і, відповідно

$$\Delta v_{n+1} = L \cdot \Delta S_{n+1} \quad (3.8)$$

Тоді рівняння (3.5) з урахуванням виразу (3.6), (3.7) та (3.8) набуде вигляду



$$S_n \cdot v_0 \cdot \Delta t - S_{n+1} \cdot v_0 \cdot \Delta t = L \cdot \Delta S_{n+1}. \quad (3.9)$$

Досягнувши межі отримаємо диференційне рівняння

$$T \frac{dS_{n+1}}{dt} + S_{n+1} = S_n. \quad (3.10)$$

де  $T = \frac{L}{v}$  – постійна часу, с.

Як відомо, коефіцієнт Пуассона

$$\mu = \frac{\Delta d / d_0}{\Delta l / l_0}, \quad (3.11)$$

де  $\Delta d$  – величина зменшення діаметру нитки після деформації;

$d_0$  – діаметр нитки при нульовому натягу;

$\Delta l$  – абсолютне видовження нитки при розтягу;

$l_0$  – довжина нитки в не навантаженому стані.

Використовуючи вираз для відносного видовження нитки запропонований А. Н. Соловйовим маємо

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_1}, \quad (3.12)$$

де  $\varepsilon$  – відносне видовження нитки, %;

$E_1$  – модель жорсткості нитки при розтязі;

$\sigma$  – напруження нитки,  $\text{кг}/\text{мм}^2$ .

З виразу (3.12) для абсолютного видовження нитки під навантаженням  $P_n$  отримаємо

$$\Delta l_n = \frac{P_n \cdot l_0}{E_1 \cdot S_0 \cdot 100}, \quad (3.13)$$

Підставляючи значення  $\Delta l_n$  з формули (3.13) в формулу (3.11), отримаємо

$$\frac{\Delta d_n}{d_0} = \frac{P_n \cdot \mu}{E_1 \cdot S_0 \cdot 100}, \quad (3.14)$$

Вважаючи, що нитка має циліндричну форму, площа її поперечного перерізу (для даної нитки) при відсутності навантажень буде

$$S_0 = \frac{\pi d_0^2}{4} = \text{const}. \quad (3.15)$$

Підставляючи рівняння (3.15) в рівняння (3.14), отримаємо

$$\Delta d_n \cdot d_0 = \mu \frac{4P_n}{100 \cdot \bar{n} \cdot E_1}. \quad (3.16)$$

Площа поперечного перерізу нитки при навантаженні  $P_n$  буде

$$S_n = \frac{\pi}{4} (d_0 - \Delta d_n)^2. \quad (3.17)$$

Відкриваючи дужки та нехтуючи квадратом  $\Delta d_n$  отримаємо

$$S_n = \frac{\pi}{4} (d_0^2 - 2d_0 \cdot \Delta d_n) = S_0 - \frac{\pi \cdot d_0 \cdot \Delta d_n}{2}. \quad (3.18)$$

Підставляючи рівність (3.16) у формулу (3.18) (для даної нитки), отримаємо

$$S_n = S_0 - AP_n, \quad (3.19)$$

де  $A = \frac{2\mu}{100E_1} = const$ .

Вираз (3.19) дає залежність між площею поперечного перерізу нитки після деформації та силою, що викликала цю деформацію. Аналогічно формулі (3.19) для площі поперечного перерізу нитки  $S_{n+1}$  при відповідному навантаженні отримаємо:

$$S_{n+1} = S_0 - AP_{n+1}. \quad (3.20)$$

Підставляючи вираз (3.19) та (3.20) в рівняння (3.10), отримаємо:

$$T \frac{dP_{n+1}}{dt} + P_{n+1} = P_n. \quad (3.21)$$

В оперативній формі отримаємо наступну передаточну формулу, що зв'язує  $P_{n+1}$  і  $P_n$ :

$$K(P) = \frac{P_{n+1(p)}}{P_{n(p)}} = \frac{1}{T_p + 1}. \quad (3.22)$$

Таким чином, технологічна схема зображена на рисунку 3.5 являє собою аперіодичну ланку. Слід відмітити, що постійна часу при прийнятих припущеннях не залежить від виду транспортованого матеріалу. Треба також зазначити, що коефіцієнт передачі ланки дорівнює одиниці, тобто, в встановленому режимі  $P_{n+1} = P_n$ . Вид перехідного процесу для  $P_{n+1}$  при стрибкоподібній зміні  $P_n$  показано на рисунку 3.5.

Далі розглянемо випадок при якому  $v_1$  не дорівнює  $v_2$ . Тоді вираз (3.9) матиме вигляд:

$$S_n \cdot v_1 \cdot \Delta t - S_{n+1} \cdot v_2 \cdot \Delta t = L \cdot \Delta S_{n+1}. \quad (3.23)$$

Досягнувши межі  $i$ , підставляючи значення  $S_n$  з (15) та  $S_{n+1}$  із (16), отримаємо рівність:

$$v_1 \cdot (S_0 - A \cdot P_n) - v_2 (S_0 - A \cdot P_{n+1}) = L \frac{d(S_0 - A \cdot P_{n+1})}{dt}. \quad (3.24)$$

Після ряду перетворень отримаємо наступне диференціальне рівняння, що пов'язує  $P_{n+1}$  та  $P_n$ :

$$T_1 \frac{dP_{n+1}}{dt} + P_{n+1} = \frac{v_1}{v_2} \cdot P_n + \frac{S_0}{A} \cdot \left(1 - \frac{v_1}{v_2}\right), \quad (3.25)$$

де  $T_1 = \frac{L}{v_2}$ .

З виразу (3.25) видно, що технологічна схема та в цьому випадку являє собою аперіодичну ланку з постійною часу  $T_1$  незалежно від виду транспортованої нитки. Однак, коефіцієнт передачі ланки тут не дорівнює одиниці. Так, наприклад, у сталому режимі

$$P_{n+1} = \frac{v_1}{v_2} \cdot P_n + \frac{S_0}{A} \cdot \left(1 - \frac{v_1}{v_2}\right). \quad (3.26)$$

Таким чином, абсолютна величина натягу  $P_{n+1}$  при інших рівних умовах визначається видом матеріалу – його  $E_1$  та  $\mu$ , а також його  $S_0$ . В даному випадку при  $P_n = 0$  величина  $P_{n+1}$  визначається з виразу:

$$P_{n+1} = \frac{S_0}{A} \cdot \left(1 - \frac{v_1}{v_2}\right). \quad (3.27)$$

Звідси витікає, що  $P_{n+1}$  буде більше нуля тільки при  $v_2 > v_1$ . Слід відмітити, що рівняння (3.25), (3.26) та (3.27) мають сенс лише при відсутності провисаючої нитки в зоні  $n+1$ . З виразу (3.26) витікає, що  $P_{n+1}$  може бути менше нуля, тобто мати місце провисання тільки при  $v_2 > v_1$ . Однак та в цьому випадку провисання неминуче. Можна визначити граничне значення  $P_n$  при  $v_2 > v_1$  необхідне для транспортування нитки в зоні  $n+1$  без провисання. Вважаючи в рівнянні (3.26)  $P_{n+1} = 0$ , отримаємо:

$$P_{n(\text{граничне})} = \frac{S_0}{A} \cdot \left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right). \quad (3.28)$$

Зменшення значення  $P_n$  нитки рівня  $P_{n(\text{граничне})}$  веде за собою провисання нитки в зоні  $n+1$ .

## Зміст звіту

1. Розроблена математична модель за тематикою магістерської роботи

### Контрольні питання

1. Які види математичних моделей існують?
2. Що таке схема «чорного ящика»?
3. Поясніть суть моделі Кельвіна.
4. Що таке адекватність математичної моделі?
5. Які є рівні математичних моделей систем чи об'єктів?
6. Які є групи математичних моделей?
7. Що таке формальні та неформальні математичні моделі?
8. Які є методи побудови математичних моделей?
9. Що таке функціональна модель?
10. Що таке структурна модель?
11. Яка різниця між статичною та динамічною моделлю?
12. Що таке економічність та універсальність моделі?

*Література:* [5-7]

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Скиба М. Є. Дипломний проект : метод. вказ. для студ. спец. «Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування», «Електропобутова техніка» / М. Є. Скиба, С. В. Смутко, В. І. Онофрійчук [та ін.]. – Хмельницький : ХНУ, 2008. – 40 с.
2. Демківський А. В. Основи методології наукових досліджень [Текст] : навч. посібн. / А. В. Демківський, П. І. Безус. – К. : Акад. муніцип. упр., 2012. – 276 с.
3. Краус Н. М. Методологія та організація наукових досліджень [Текст] : навч.-метод. посібн. / Н. М. Краус ; Полтав. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка, каф. екон.теорії та регіон. економіки. – Полтава : Оріяна, 2012. – 180 с.
4. Текстові документи. Загальні вимоги СОУ 207.01:2017 / Ю. М. Бойко, Г. В. Красильникова, Л. І. Першина , Т.Ф. Косянчук [та ін.]. – 2-ге вид., виправлене. – Хмельницький : ХНУ, 2018. – 45 с.
5. Захаркевич О. В. Основи наукових досліджень : навч. посіб. / О. В. Захаркевич, Г. С.Швець, О. М.Сарана. – Хмельницький : ХНУ, 2013. – 223 с.
6. Методологія наукових досліджень [Текст] : навч. посібн. / В. П. Волков, М. А. Подригало, О. П. Кравченко та ін. ; Харк. нац. автомоб.-дорож. ун-т та ін. – Луганськ : СНУ, 2009. – 351 с.
7. Чупріна Н. В. Методологія сучасних наукових досліджень [Текст] : навч. посібн. для студ. вищ. навч. закл. / Н. В. Чупріна ; Київ. нац. ун-т технологій та дизайну. – К. : КНУТД, 2009. – 246 с.

## Зміст

<b>Вступ</b>	
<b>Лабораторна робота №1</b>	
<b>Лабораторна робота №2</b>	
<b>Лабораторна робота №3</b>	
<b>Перелік джерел посилання</b>	