

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Розробка пристрою для дослідження покрить лакових шкір на багаторазовий згин

Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

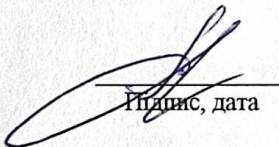
Шифр БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
3 курсу групи РМс-22-2


Підпис

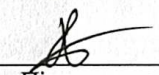
Любінецький А.О.
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

д.т.н., проф. Поліщук О.С.
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата


Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

к.т.н., доц. Неймак В.С.
Ініціали, прізвище

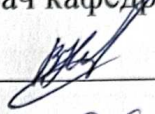
2 06 2025 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
Освітній рівень бакалавр
Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 131 «Галузеве машинобудування»
Освітня програма Робототехнічні та мехатронні системи галузі

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС



2. 06 2025

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Любінецький Артем Олегович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи **Розробка пристрою для дослідження покрить лакових шкір на багаторазовий згин**

керівник роботи **Поліщук О.С., д.т.н, професор**

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 7 02 2025 р. № 23

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 2.06.25

3. Вихідні дані до роботи: **технічні характеристики пристроїв-аналогів для дослідження фізико-механічних властивостей взуттєвих матеріалів**

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 **Огляд патентної та технічної літератури по пристроям для дослідження фізико-механічних властивостей взуття**

2 **Розробка пристрою для дослідження покрить лакових шкір на багаторазовий згин**

3 **Розрахунки, що підтверджують працездатність пристрою**

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Аркуш 1. **Пристрої для дослідження фізико-механічних властивостей взуттєвих матеріалів. Документ оглядовий (A1).** Аркуш 2. **Пристрій для дослідження покрить лакових шкір. Схема функціональна (A1).** Аркуш

3. **Пристрій для дослідження покрить лакових шкір. Вид загальний (A1).** Аркуш

4. **Пристрій для дослідження покрить лакових шкір. Документ**

ілюстраційний (A1). Аркуш 5. Розрахунок стиску поверхні покриття шкіри. Розрахунки (A1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Огляд патентної та технічної літератури по пристроям для дослідження фізико-механічних властивостей взуття	20.05.25р.	
2 Розробка пристрою для дослідження покриття лакових шкір на багаторазовий згин	01.06.25р.	
3 Розрахунки, що підтверджують працездатність пристрою	07.06.25р.	
4 Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	15.06.25р.	

Студент

Підпис

Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Підпис

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи студента
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

1. Прізвище, ім'я та по батькові **Любінецький Артем Олегович**

2. Тема бакалаврської роботи **Розробка пристрою для дослідження покритть лакових шкір на багаторазовий згин**

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента _____

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 67

5. Під час носіння взуття його передня частина піддається циклічним деформаціям в зоні плюснево-фалангового зчленування. У результаті цього на поверхні верху виникають зморшки, які при недостатній еластичності або низькій якості лакового покриття можуть призвести до формування мікротріщин і подальшої деградації зовнішнього вигляду виробу. Тому для розробки покриттів, які б відповідали вимогам стандартів щодо еластичності, довговічності й естетичної стійкості, необхідне випробування шкір для верху взуття на багаторазовий згин. Саме тому розробка спеціалізованого пристрою для випробування лакованих шкір на стійкість до циклічного згину є актуальною задачею. В першому розділі проведено огляд патентної та технічної літератури по пристроям для дослідження фізико-механічних властивостей взуття. В другому розділі здійснено розробку пристрою для дослідження покритть лакових шкір на багаторазовий згин. В третьому розділі виконано розрахунки, що підтверджують працездатність пристрою.

Підпис студента _____

" 2 " 06 2025 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 1 від " 18 " 06 2025 р.

Оцінка проекту ЕК _____

Рекомендації ЕК _____





Особливі відмітки _____

Технічний секретар _____

" 18 " 06 2025 р.

ЗМІСТ

	стор.
Вступ	6
1 Огляд патентної та технічної літератури по пристроям для дослідження фізико-механічних властивостей взуття	8
1.1 Пристрій для визначення термостійкості шкіри для верху взуття	8
1.2 Пристрій для визначення садки лица юфті	11
1.3 Пристрій для визначення міцності кріплення підошви у взутті	14
1.4 Пристрій для визначення міцності кріплення підошви клеєвого взуття без її руйнування	17
1.5 Пристрій для дослідження стійкості шкіри до багаторазових механічних впливів	19
1.6 Пристрій до динамометра для визначення жорсткості конструкції взуття	23
1.7 Пристрій до динамометра для визначення жорсткості конструкції взуття	26
1.8 Пристрій для визначення жорсткості носка і задника у взутті	28
1.9 Висновки до першого розділу	31
2 Розробка пристрою для дослідження покрить лакових шкір на багаторазовий згин	32
2.1 Загальні відомості	32
2.2 Розробка функціональної схеми пристрою	33
2.3 Розробка основних вузлів пристрою для дослідження покрить лакових шкір на багаторазовий згин	36

БРМА25.00.00.000 ПЗ										
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Розробка пристрою для дослідження покрить лакових шкір на багаторазовий згин			Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Любінецький								4
Перевір.		Поліщук			ХНУ гр.РМс-22-2					
Н.контр.		Гундик С.І.								
Затвер.		Неймак								

2.4	Вибір електричного двигуна для пристрою	40
2.5	Вибір лампи освітлення	43
2.6	Загальний вигляд пристрою	45
2.7	Принцип роботи пристрою для дослідження покрить лакових шкір на багаторазовий згин	47
2.8	Технічні характеристики пристрою для дослідження покрить лакових шкір на багаторазовий згин	49
2.9	Висновки до другого розділу	51
3	Розрахунки, що підтверджують працездатність пристрою	53
3.1	Кінематичний розрахунок приводу пристрою	53
3.2	Розрахунок з'єднувальної муфти	55
3.3	Розрахунок абсолютного і відносного стискання поверхні покриття матеріалу	59
3.4	Висновки до третього розділу	62
	Висновки	63
	Перелік джерел посилання	65
	Додаток А	

ВСТУП

У період існування колишнього СРСР взуттєві фабрики, шкіряні заводи та інші підприємства легкої промисловості систематично оснащувалися новим лабораторним та випробувальним обладнанням. Зокрема, надходили прилади для комплексного аналізу основних матеріалів, що використовувалися у виробництві взуття та шкіряних виробів, дослідження покриттів, допоміжних речовин, а також апарати для вивчення процесів гарячої вулканізації підошви, методів оцінки експлуатаційних властивостей готового взуття, прилади для зняття контурів стопи та вимірювання параметрів колодок. Окрему категорію складали універсальні прилади загального призначення, адаптовані під потреби галузі [1-7].

Паралельно з розробкою нових моделей активно проводилися модернізація та вдосконалення вже існуючих приладів. До них належали: віскозиметри, пластометри, копри для визначення твердості фурнітури та комплектуючих, установки для оцінки кільцевого модуля пружності, прилади для визначення стійкості лакофарбових покриттів до стирання, а також тестери водонепроникності та аналогічного призначення.

Усі ці прилади розроблялися з урахуванням реальних технологічних потреб виробництва, запитів галузевих науково-дослідних лабораторій, а також інженерно-технічних пропозицій з боку винахідників та фахівців підприємств.

В останні роки ситуація суттєво змінилася: шкіряна та взуттєва промисловість практично не отримує сучасного лабораторного устаткування, що ускладнює проведення якісних досліджень та здійснення достовірного контролю фізико-механічних параметрів матеріалів і готової продукції.

Раніше розробку та постачання такого обладнання забезпечували профільні науково-дослідні інститути взуттєвого і шкіряного напрямків, а також експериментальні механічні заводи, які мали відповідну технічну базу.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Однак на сьогодні значна частина цих установ припинила діяльність, що призвело до дефіциту відповідного випробувального обладнання.

У зв'язку з цим актуальним є завдання створення простих у конструкції, економічно доступних, надійних і точних приладів для визначення фізико-механічних характеристик взуття. Зокрема, важливим є дослідження поведінки матеріалів верху взуття при багаторазовому згині, що моделює реальні умови експлуатації.

Під час носіння взуття його передня частина піддається циклічним деформаціям в зоні плюснево-фалангового зчленування. У результаті цього на поверхні верху виникають зморшки, які при недостатній еластичності або низькій якості лакового покриття можуть призвести до формування мікротріщин і подальшої деградації зовнішнього вигляду виробу.

Тому для розробки покриттів, які б відповідали вимогам стандартів щодо еластичності, довговічності й естетичної стійкості, необхідне випробування шкір для верху взуття на багаторазовий згин. Саме тому в межах даної бакалаврської роботи ставиться завдання розробити спеціалізовану установку для випробування лакованих шкір на стійкість до циклічного згину, що дозволить об'єктивно оцінювати їхню експлуатаційну придатність [8-14].

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ПАТЕНТНОЇ ТА ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ПО ПРИСТРОЯМ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВЗУТТЯ

1.1 Пристрій для визначення термостійкості шкіри для верху взуття

У процесі виготовлення взуття методом гарячої вулканізації нерідко виникає пошкодження лицьового шару шкіри верху в зоні стикування її із затяжною крайкою матриці прес-форми. Це явище обумовлено тим, що заготівка верху повинна щільно прилягати до загостреного контуру металевій губки, яка перешкоджає витіканню надлишків гумової суміші під час формування. В результаті цього шкіра опиняється затиснутою між корпусом формуючої колодки та металевією губкою і піддається одночасному стиску та тепловому впливу протягом тривалого часу [2, 12].

Особливість цього впливу полягає також у наявності проміжного шару - багат шарової системи у вигляді устілки, підкладки та дублюючих елементів, які змінюють розподіл тепла та тиску в зоні контакту. Це створює складні умови деформації і теплового навантаження, які можуть критично впливати на фізико-механічні властивості шкіри.

Для моделювання реальних умов термічного та механічного навантаження, що діє на верх взуття під час гарячої вулканізації, розроблено спеціалізований прилад для визначення термостійкості шкіри. Цей пристрій дозволяє змінювати основні параметри впливу, такі як температура, питоме навантаження, тривалість впливу, а також враховує конструктивні характеристики шкіри: її товщину, вологість, ступінь попередньої деформації, кількість дубильних речовин і жирів, спосіб дублювання та кривизну опорної поверхні краю вікна матриці.

Процедура оцінювання термостійкості полягає в механічному випробуванні зразків після їх обробки в приладі: якщо в зоні впливу зразок

руйнується при розтягуванні, це свідчить про критичне погіршення властивостей шкіри. Кількісно термостійкість характеризується відсотковим зменшенням міцності зразків після теплового впливу порівняно з контрольними, необробленими зразками.

Конструктивно прилад для визначення термостійкості (рис.1.1, аркуш [БРМА25.00.00.000ДО]) складається з реверсера і прес-форми. Реверсер має нижню балку (1) з циліндричним хвостовиком, до якої кріпляться вертикальні напрямні колонки (2), об'єднані верхньою площадкою (3). Верхня частина колонок обладнана різьбовими з'єднаннями з фіксацією гайками (4).

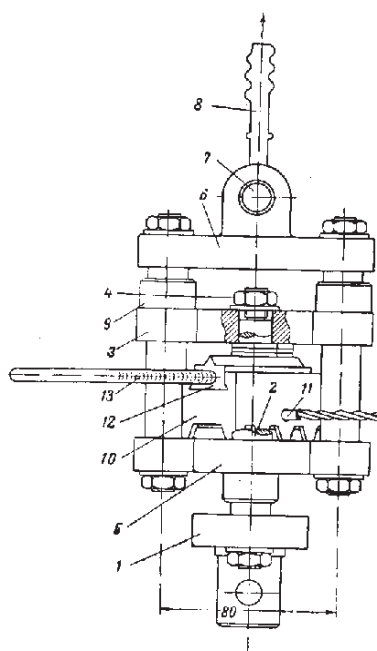


Рисунок 1.1 - Пристрій для визначення термостійкості шкір для верху взуття

Між верхньою площадкою та нижньою балкою вільно встановлена рухома нижня площадка (5), яка, в свою чергу, сполучена додатковими колонками з верхньою балкою (6). Розташування колонок у взаємно перпендикулярних площинах забезпечує просторову стабільність і симетрію навантаження.

Верхня балка має проушини, які через вісь (7) з'єднані з підвіскою (8), геометрія якої відповідає притискним губкам розривної машини. Для забезпечення паралельності робочих поверхонь застосовані довготривкі бронзові втулки-напрямні (9), які встановлені в місцях контакту з колонами.

Під час випробувань реверсер монтується в розривну машину: хвостовик нижньої балки приєднується до ходового гвинта за допомогою штифта, а верхня балка фіксується у тисках. Між робочими поверхнями реверсера розміщується прес-форма, що складається з основи (10) з електронагрівачем (11). Уздовж основи розміщено паз для змінного вкладиша (12), у якому передбачено місце для термометра або термопари (13).

Верхня частина вкладиша має гребінь із загостреним кутом вершини 30° і заокругленням, що забезпечує концентрацію навантаження.

Після досягнення робочої температури 150 ± 3 °С (для випробування юфті) на гребінь вкладиша лицьовою стороною донизу кладеться зразок шкіри шириною 10 мм. Поверх нього розміщується багатошарова модель устілки: прошарок з устілкової шкіри (товщиною 2–2,5 мм), скріплений гумовим клеєм із прошарком із спецкартону (2 мм) і підкладкою з ворітка (1,5 мм).

Далі за допомогою ручного приводу розривної машини здійснюється стискання пакета матеріалів із зусиллям 30 кг (відповідає питомому навантаженню 3 кг/пог.мм). Тривалість витримки під навантаженням становить 12 хвилин.

Після завершення теплового впливу зразки занурюють у воду на 18 годин для стабілізації залишкових напружень, а потім висушують при температурі 30–40 °С до повітряно-сухого стану. Зони, що зазнали дії гребеня, позначаються на лицьовій поверхні олівцем. Заключним етапом є випробування зразків на розривній машині з метою визначення залишкової міцності та оцінки термостійкості шкіри при умовах, що імітують гарячу вулканізацію.

1.2 Пристрій для визначення садки лица юфті

Садка лица юфті - один із характерних дефектів лицьового шару натуральної шкіри, що знижує її якість і може повністю унеможливити використання такої сировини для виготовлення деталей верху взуття. Такий порок призводить до локального зминання, деформації або втрати еластичності поверхні шкіри внаслідок впливу зовнішнього навантаження або під час технологічних процесів обробки [2, 12]..

Для об'єктивного визначення наявності садки та оцінювання ступеня її вираженості була розроблена спеціалізована конструкція випробувального пристрою (рис.1.2). Даний прилад дозволяє моделювати умови подвійного згину юфті, з наступним прикладенням контрольованого зусилля стискання в зоні утворення згину, що відповідає експлуатаційним або виробничим навантаженням.

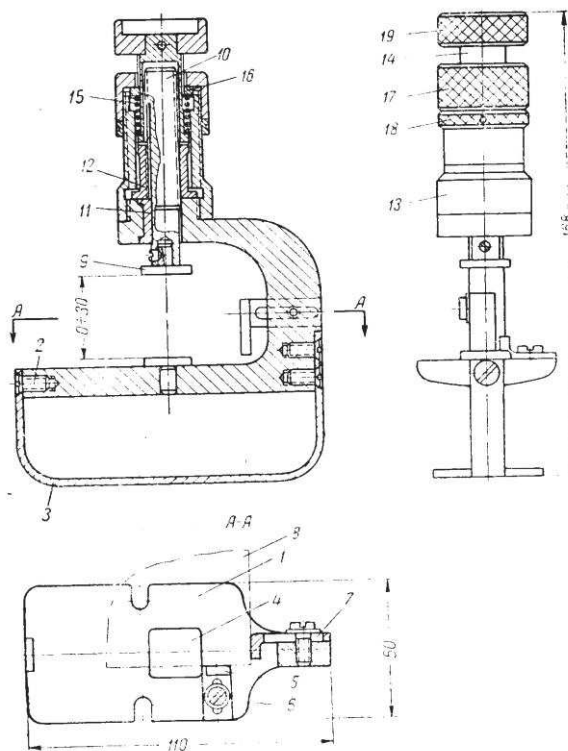


Рисунок 1.2 - Пристрій для визначення садки лица юфті

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

11

пружиною (15), що розміщена між буртом втулки та регулювальним кільцем (16), яке прилягає до ковпачкової гайки (17). Остання фіксується контргайкою (18).

Принцип роботи.

Обертання накатної головки (19) втулки (14) призводить до обертання гайки (12), яка в свою чергу рухає гвинт (10) і притискач (9) донизу, створюючи тиск на зразок юфті. У момент досягнення заданого опору з боку матеріалу виникає контрольоване просковзування зубців — притискач припиняє рух, а головка обертається холостим ходом. Це сигналізує про досягнення граничного зусилля стиску.

Щоб звільнити зразок, головку (19) обертають у зворотному напрямку. У цьому випадку зубці вступають у контакт своїми вертикальними гранями, що запобігає просковзуванню, і гайка (12) рухає гвинт у протилежному напрямку, піднімаючи притискач.

Регулювання зусилля стискання.

Необхідність зміни зусилля притискання юфті може бути реалізована шляхом регулювання сили фрикційного зчеплення — стисканням або ослабленням пружини за допомогою обертання ковпачкової гайки (17). Це дозволяє точно налаштувати прилад на різні типи шкір за жорсткістю і товщиною.

Контроль зусилля.

Для оперативного контролю прикладеного навантаження пристрій оснащено спеціальним калібрувальним пристосуванням, що дозволяє виконувати налаштування без використання розривної машини чи складного зовнішнього обладнання. Це забезпечує автономність і простоту використання приладу без втрати точності випробувань.

1.3 Пристрій для визначення міцності кріплення підошви у взутті

Визначення міцності кріплення підошви до верху взуття є важливою складовою оцінки експлуатаційної надійності та якості взуттєвих виробів. У випадку застосування шпилькових або ниткових способів кріплення підошви, міцність з'єднання, як правило, визначається на окремих зразках, вирізаних безпосередньо з готового виробу, які випробовують на розрив у зоні з'єднання.

Однак для взуття з клейовим методом кріплення низу, а також взуття, виготовленого методом гарячої вулканізації, доцільно та об'єктивно проводити випробування безпосередньо на виробі, без його руйнування чи розбирання [2, 12]..

З цією метою застосовується спеціальне випробувальне пристосування, що встановлюється на розривній машині. Конструкція приладу представлена на рис.1.3. Вона включає дві основні частини:

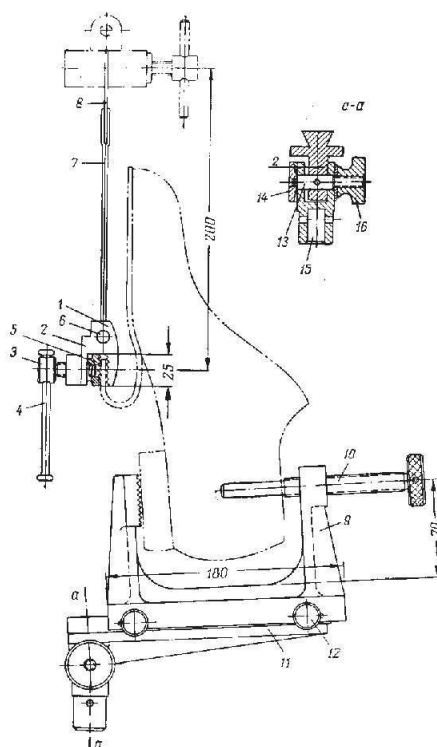


Рисунок 1.3 - Пристрій для визначення міцності кріплення підошви у взутті

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.
14

Пристрій для закріплення взуття у вертикальному положенні, з орієнтацією носком догори;

Система тисків, призначена для надійного захоплення та поступового відриву підошви під дією контрольованого навантаження.

Сама конструкція закріплюється на штоку розривної машини (нижня частина), тоді як тиски встановлюються у верхній затискній частині машини.

Вимоги до умов випробування.

Для забезпечення достовірності результатів та уніфікованості умов, при відриві підошви мають бути дотримані такі вимоги:

- відрив здійснюється у ділянці від пучків до носка, причому ця зона повинна бути розміщена вертикально;

- напрямок прикладання сили повинен проходити вздовж осі штока розривної машини - це виключає виникнення згинального моменту, який може спотворити результати;

- частина підошви, що відривається, повинна рухатись паралельно самій собі для уникнення додаткових деформацій.

Такі умови досягаються завдяки регульованим елементам конструкції пристрою.

Конструкція тисків.

Тиски складаються з двох щічок (1 і 2), з'єднаних заклепками. Одна з щічок має зубчасту поверхню, інша - різьбовий отвір, через який проходить гвинт (3) з приєднаною штангою (4). Кінець гвинта сполучений із рухомою губкою (5), яка забезпечує затиск краю підошви з необхідним зусиллям.

Між губками розташована вісь (6) з підвіскою (7), яка закінчується язичком (8) з м'якої червоної міді. Цей язичок фіксується у затиску розривної машини, не пошкоджуючи при цьому нарізки. Підвіска має подовжену форму, що дозволяє фіксувати підошви навіть у взутті найбільшого розміру.

Пристрій для закріплення взуття

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Пристрій представлений у вигляді С-подібної рамки (9). Одна із її стійок оснащена рифленою площадкою, що слугує упором для п'яткової частини взуття. Друга стійка має різбовий отвір для гвинта (10), який вводиться через відповідне поглиблення в колодці (під штуцер) для фіксації.

З тильного боку рамки передбачено паз, у якому розміщено гребінь кронштейна (11). Між гребенем і стінкою паза встановлено гальмовий клин, у який впираються торці регулювальних гвинтів (12). Рамка та кронштейн виготовлені з алюмінієвого сплаву, що забезпечує поєднання міцності та легкості.

Кронштейн жорстко з'єднаний з віссю (13), голівка якої (14) має радіальні зубці, що замикаються у впадинах вушка (15). Вісь закінчується різбою з накатною гайкою (16). Завдяки цьому вушко можна повертати відносно кронштейна, встановлюючи його в потрібному положенні й фіксуючи за допомогою гайки.

Методика випробування.

Підшову підрізають у зоні каблука та вручну відривають на 20 мм. Якщо взуття без каблука, цей етап пропускається.

На зовнішній стороні підошви (від носка вниз) наносяться відмітки певного кроку крейдою або фарбою. Взуття фіксують у зіві скоби. Кінець гвинта (10) вводять у поглиблення колодки та щільно затискають. Здійснюють регулювання положення взуття, забезпечуючи вертикальність осі сліду. Підшову закріплюють у тисках. Скобу переміщують на кронштейні та повертають кронштейн до вушка, досягаючи співпадіння осі відриву з віссю тисків. Це виключає можливість пошкодження зразка. Включають розривну машину і проводять відрив підошви з фіксацією зусиль згідно з відмітками на підошві.

Оцінювання результатів.

Результатом випробування є середнє зусилля відриву, яке характеризує

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

міцність кріплення. Наприклад, для взуття, виготовленого методом гарячої вулканізації з монолітним низом, зусилля відриву має бути не менше 14 кг.

1.4 Пристрій для визначення міцності кріплення підошви клеєвого взуття без її руйнування

Для контролю міцності приклейки підошов у взутті традиційно використовується метод відриву підошви, який полягає у попередньому розміщенні підошви кожної пари з відібраної партії на серію поперечних зон. В подальшому в кожній із цих зон здійснюється частковий відрив підошви за допомогою спеціального пристосування, а величина прикладеного зусилля визначається на розривній машині [2, 12].

Недоліки традиційного методу.

Головним недоліком зазначеної методики є те, що при проведенні випробувань порушується цілісність з'єднання підошви з заготовкою верху взуття, що унеможливорює подальше використання випробуваної пари без ремонту. Це, в свою чергу, призводить до зменшення вибірки досліджуваних виробів, обмежуючи кількість допустимих випробувань у партії.

Опис вдосконаленого пристрою.

Для усунення зазначених недоліків був розроблений вдосконалений пристрій (рис.1.4, аркуш [БРМА25.00.00.000ДО]), конструкція якого дозволяє оцінювати міцність приклеювання підошви без її повного відриву, що робить можливим проведення багаторазових досліджень на більшій кількості зразків без їхнього руйнування.

Конструкція пристрою.

Основу пристрою становить С-подібна скоба (1), до якої приєднана ручка (2) для створення зусилля. Нижній кінець скоби закінчується опорним валиком, який слугує точкою фіксації при контакті з поверхнею підошви

випробуваного взуття.

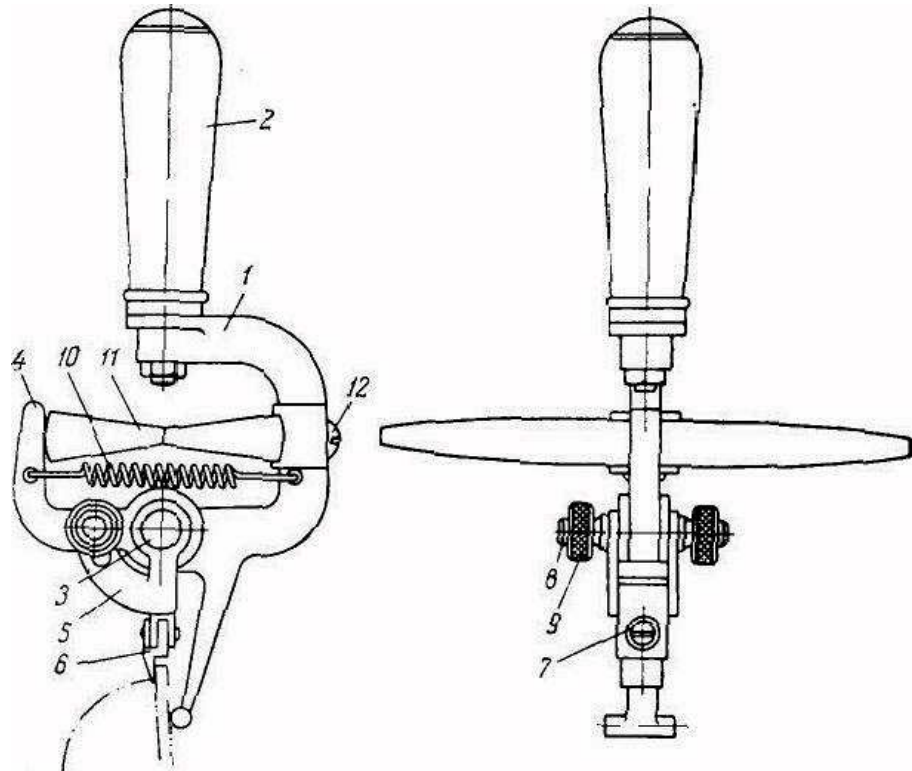


Рисунок 1.4 - Пристрій для визначення міцності кріплення підошви
клейового взуття

На вильоті скоби встановлена вісь (3), на якій обертаються:

- важіль (4), що передає зусилля,
- оправка (5) для кріплення захвату (6), який фіксується в оправці гвинтом (7) та фіксує пальцем (8) з гайками (9).

Важіль підтиснутий до корпусу скоби пружиною (10) і своїм вільним кінцем спирається на дугу медичного динамометра (11), друга дуга якого жорстко закріплена гвинтом (12) до скоби.

Методика проведення випробування.

Пристрій встановлюється на випробувану пару взуття так, щоб опорний валик щільно притискався до підошви, а захват - охоплював край підошви в

Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.
18

досліджуваній зоні. Ручка (2) опускається вниз для створення достатнього зусилля захвату. Далі ручку повертають в бік ходової частини взуття, імітуючи навантаження на розшарування. Утворене в результаті цього зусилля опору відшаровуванню передається через захват (6), оправку (5) та важіль (4) на динамометр (11).

Стискання динамометра супроводжується переміщенням стрілки на шкалі, яка фіксує максимальну величину прикладеного зусилля

Принцип оцінювання.

Визначення міцності кріплення базується на порівнянні максимального зусилля із контрольним значенням, нанесеним на шкалу динамометра. За умови, що сила прикладеного відриву не перевищує допустиме контрольне значення, взуття вважається таким, що відповідає вимогам до адгезійної міцності приклейки підошви. При цьому кріплення залишається неушкодженим, а саме взуття - придатним до подальшого використання або реалізації.

Цей пристрій забезпечує оперативну, безруйнівну і доступну перевірку приклейки підошов в умовах серійного або вибіркового контролю якості, що робить його ефективним інструментом у виробничій практиці підприємств взуттєвої промисловості.

1.5 Пристрій для дослідження стійкості шкіри до багаторазових механічних впливів

У процесі петлеутворення при швейних операціях, пов'язаних зі з'єднанням деталей верху взуття, спостерігається суттєве зниження розривної міцності ниток, а також зменшення їх здатності до подовження. Експериментальні дослідження встановили, що понад 50% втрати міцності нитки обумовлено багаторазовими згинами та перетиранням у направляючих

елементах швейної машини. Це пояснюється тим, що до моменту фіксації у шві окрема ділянка нитки може проходити крізь систему направляючих до 40 разів як у прямому, так і у зворотному напрямках [2, 12]..

Методика дослідження та конструкція пристрою.

Для визначення зміни міцності ниток до та після дії механічних навантажень, пов'язаних із петлеутворенням, було розроблено спеціалізований пристрій (рис.1.5). Цей пристрій дає змогу оцінити стійкість ниток до багаторазового згину, тертя, натягу, а також дозволяє моделювати умови їх експлуатації в швейних машинах.

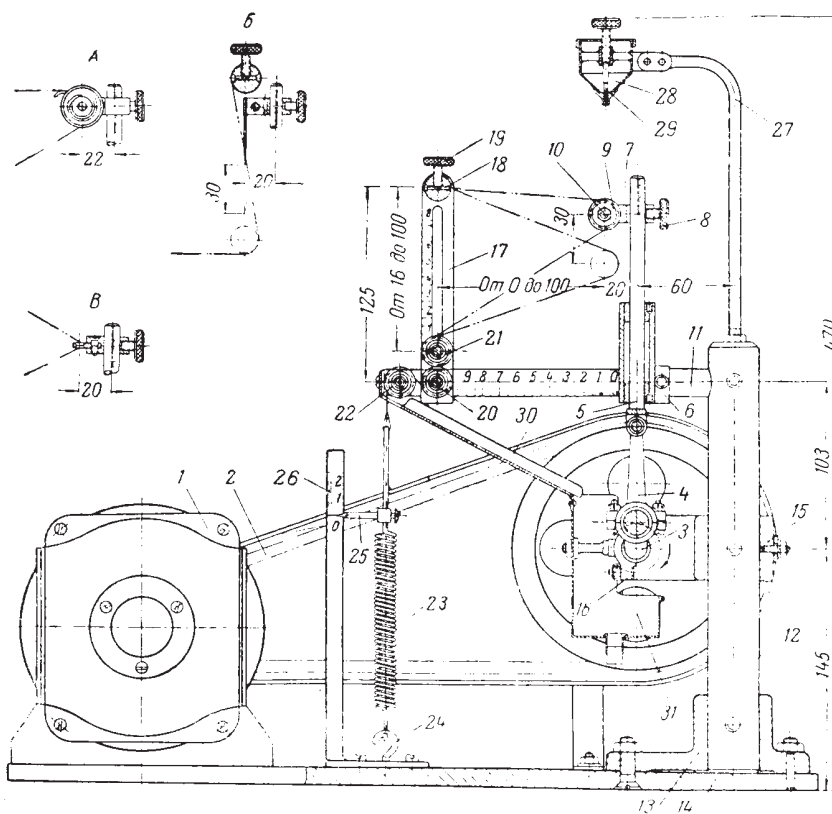


Рисунок 1.5 - Пристрій для дослідження стійкості ниток до багаторазових механічних впливів

Конструкція враховує:

- натяг нитки,

Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.
20

- кут обхвату робочих роликів,
- кривизну напрямних поверхонь,
- кількість зворотно-поступальних циклів,
- стан і тип напрямних (плоскі або жолобчасті),
- наявність і спосіб змащення або просочення нитки.

Загальний устрій приладу.

Пристрій дозволяє одночасно випробовувати три зразки ниток, оскільки складається з трьох ідентичних секцій, об'єднаних спільним приводом. Обертання від електродвигуна передається на колінчатий вал (3) через ремінну передачу (2), що забезпечує 4 швидкісні режими: 600, 800, 1000 і 1200 об/хв.

Колінчатий вал через шатуни (4) приводить у зворотно-поступальний рух штоки (5) з амплітудою ходу 30 мм. Штоки проходять через кронштейни (6) та закінчуються хомутиками (7) з фіксувальними гвинтами (8).

Робочі елементи випробування.

У хомутики встановлюються робочі ролики (9) довільного діаметра з плоскими або жолобчастими напрямними поверхнями. Ролики можуть бути жорстко або вільно закріплені за допомогою центрувальних гвинтів (10). У тих же хомутах можуть закріплюватися направляючі елементи швейних машин — голки, тормозки, вушка ниткопритягувачів тощо.

Кронштейни (6) встановлені на консолях (11), що закріплені до стійок (12) за допомогою башмаків (13). Підшипникові вузли колінчатого вала (15) захищені кришками (16).

Механізм натягу і фіксації нитки.

На кожній консолі розміщено рамку (17), яка пересувається вздовж консолю і фіксується в обраному положенні. Верхня частина рамки має затискач (18) зі стопорним гвинтом (19). Затискач має діаметральний отвір, у якому фіксується один кінець нитки. У нижній частині рамки встановлено ролик (20), а вище в пазу - ролик (21), що може регулюватися по висоті. На кінці консолю

встановлено ролик (22).

Нитка, закріплена в отворі затискача, обводиться навколо роликів 9 → 21 → 20 → 22 і з'єднується з тарованою пружиною (23). Пружина фіксується на гачку (24), встановленому на плиті (14), і має стрілку (25) та шкалу (26) для вимірювання натягу. Ціна поділки шкали — 0,1 кг.

Регулювання параметрів випробування.

Кут обхвату нитки навколо ролика 9 регулюється в межах 0–180° шляхом переміщення роликів 9 і 21 та затискача 18. Взаємне положення вузлів визначається за шкалами, розміщеними на штоку, рамці та консолі.

Для дослідження ниток зі змазуванням пристрій оснащено кронштейнами (27) з крапельницями (28), які регулюються голчастими запорами (29). Надлишки мастила з ниток відводяться через лотки (30) у приймач (31).

Порядок проведення випробування.

Встановлюються відповідні робочі ролики або елементи направляючої системи швейної машини. Обирається швидкісний режим (перестановкою ремня на шківках). Регулюються кути обхвату ниток та положення рамок, роликів і хомутиків відповідно до заданих умов.

У прилад фіксуються зразки ниток довжиною 60 см. Після заданого числа циклів навантаження нитки знімаються і піддаються випробуванню на розрив (зазвичай - на розривній машині), а отримані значення порівнюються з початковими.

Цей пристрій дозволяє достовірно оцінити стійкість ниток до дії згину, тертя, натягу, просочення мастилом, моделюючи реальні умови роботи швейних машин, і є ефективним інструментом у дослідженнях експлуатаційних характеристик швейних ниток у взуттєвому виробництві.

1.6 Пристрій до динамометра для визначення жорсткості конструкції взуття

Для вивчення жорсткості конструкції взуття, характеру її змін у процесі багаторазових згинань, впливу різних матеріалів деталей верху та низу, а також для дослідження ефективності засобів зниження жорсткості, був розроблений спеціалізований стенд (рис.1.6; аркуш [БРМА25.00.00.000ДО]).

Прилад призначений для дослідження усіх типів взуття, включаючи робочі чоботи різних фасонів і розмірів. Конструктивно він складається з станини (1), виготовленої зі сталевого кутикового профілю, на якій змонтовані основні вузли [2, 12].

Основні елементи конструкції.

На станині за допомогою стійок (2) закріплена горизонтальна опорна пластина (3). У центральній частині пластини розташований поздовжній паз, у якому встановлюється клин (4) з різьбовим пальцем і фіксувальною гайкою. Клин служить опорою для носкової частини взуття, забезпечуючи початок згину взуття з фіксованої початкової точки.

У приливах пластини (5) розміщені бічні пази, по яких переміщується і фіксується скоба (7) за допомогою осей (6) та фіксуючих гайок (8). Скоба призначена для закріплення взуття на опорній пластині через гвинт (9) з колодочкою (10), до якої приклеєна войлочна подушка (11). Така конструкція запобігає пошкодженню верху взуття під час випробування.

Усередину взуття вставляється дерев'яний вкладиш, що імітує шкарпеткову частину зтягнутої колодки відповідного розміру. Його довжина відповідає довжині жорсткого підноска, забезпечуючи відповідність геометрії випробуваному взуттю.

Підп'ятковий упор і вимірювальна система.

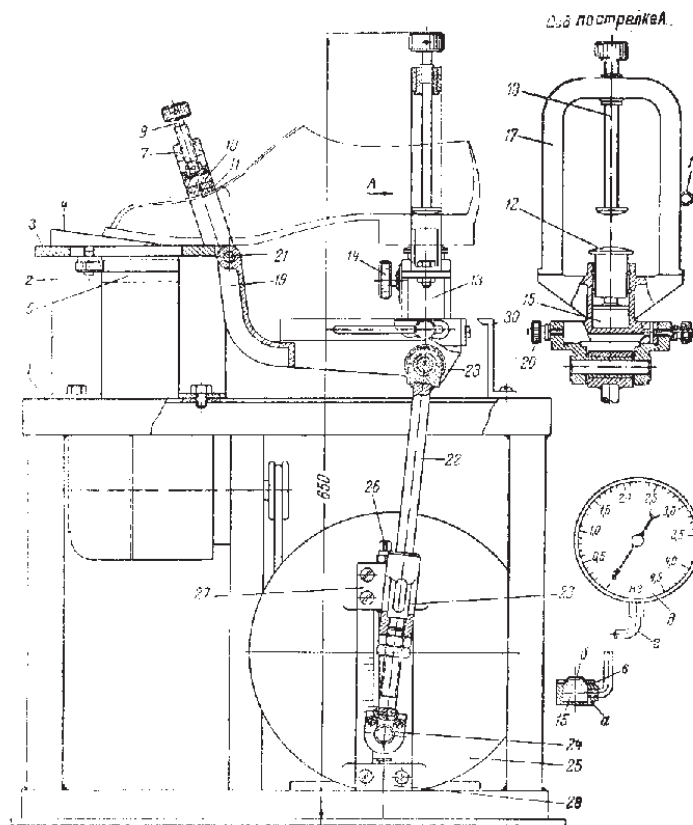


Рисунок 1.6. - Пристрій для дослідження взуття на жорсткість його конструкції при багатократному згині

П'яткова частина взуття встановлюється на сферичну поверхню головки п'яточного упора (12), який має циліндричний хвостовик для рухомого розташування у підставці (13). Упор може бути зафіксований гвинтом (14). Для підвищення чутливості до прикладених згинаючих навантажень у підставці передбачено два ряди кульок, що забезпечують рухливість і точність вимірювання.

У торці упора є порожнина для встановлення мездози (15) – датчика тиску, який застосовується для фіксації початкової та кінцевої твердості взуття при згині. Мездоза складається з:

- камери (а),
- гумової діафрагми (б),
- ущільнювального кільця (в),

- трубки (г),
- манометра (д).

Мездоза фіксується у кронштейні (16), встановленому на скобі (17). Якщо вимірювання не проводиться, мездозу знімають, а п'ятковий упор фіксується гвинтом.

Фіксація взуття й система згинання.

Для утримання взуття у горизонтальному положенні, його фіксують гвинтом (18) із плоскою головкою, закріпленим у середній частині скоби. Він забезпечує щільне прилягання каблука до п'яткового упора без зазору, але без навантаження в початковому положенні (манометр на нульовій позначці).

Підставка (13) з упором розміщена на важелі (19) з можливістю повороту навколо осі (21). Її положення регулюється залежно від розміру взуття й фіксується гайками (20).

Привід та регулювання кута згину

Згинання взуття відбувається за допомогою шатунного механізму, в якому:

- шатун (22) з'єднаний з важелем (19) через вісь (23);
- нижній кінець шатуна встановлений на палець (24), розташований в пазу маховика (25).

Палець змонтовано з регулюванням ексцентриситету, тобто відстані від центру маховика. Це дає змогу змінювати кут згину взуття. Для цього використовується гвинт (26), фіксований у накладках (27) та (28), що дозволяє переміщення основи пальця в пазу.

Щоб визначати кут згину, на напрямній пальця нанесена градусована шкала.

Для збереження горизонтального початкового положення взуття при зміні кута згину необхідно змінювати довжину шатуна, обертаючи з'єднувальну гайку (29). Це регулювання виконується таким чином, щоб

верхній край стійки (30) збігався з верхом важеля (19) — у цьому положенні опорна пластина (3) розташовується в одній площині з верхньою точкою п'яткового упора.

Привідний механізм.

Обертання маховику (25) передається від електродвигуна (31) через:

- пасову передачу (32),
- редуктор (33),
- привідний вал (34).

Ця система забезпечує автоматичне циклічне згинання взуття на встановлений кут з заданою частотою.

Призначення приладу.

Даний прилад дозволяє:

- оцінити жорсткість конструкції взуття на різних етапах експлуатації;
- виявити вплив матеріалів підноска, каблука, підошви та верху на загальну жорсткість;
- перевірити ефективність антишокових прокладок або демпфувальних матеріалів;
- контролювати зміну жорсткості після встановленої кількості циклів згинання.

1.7 Пристрій до динамометра для визначення жорсткості конструкції взуття

Для оцінки жорсткості конструкції взуття, а саме опору деформації під час згинання у зоні передньої частини, проводиться випробування на розривній машині при постійній швидкості переміщення нижнього затискача - 60 мм/хв. Цей режим дозволяє імітувати вплив навантажень, які виникають у процесі експлуатації при ходьбі, з достатньою точністю [2, 12]..

Конструкція пристосування.

Для забезпечення правильного кріплення зразка взуття використовується спеціальне пристосування (рис.1.7, аркуш [БРМА25.00.00.000ДО]).



Рисунок 1.7 - Пристрій до динамометра для визначення жорсткості конструкції взуття

Воно складається з двох основних елементів:

- скоби для фіксації носкової частини взуття, що встановлюється у верхньому затиску розривної машини.
- опорного вузла, призначений для закріплення взуття по лінії пучків, що монтується у нижній клемі машини

Конструкція пристрою дозволяє здійснювати точне позиціонування взуття в області, яка найбільше піддається деформаціям під час експлуатації. Відповідно до біомеханічних особливостей стопи, лінія пучків приймається на відстані 0,66 довжини стопи від п'яtkової частини. Це положення відповідає типовому місцю утворення згину під час кроку.

1.8 Пристрій для визначення жорсткості носка і задника у взутті

Матеріали шкарпеткової (носкової) і п'яtkової (задникової) частин взуття в процесі виготовлення та експлуатації зазнають багаторазових механічних навантажень, згинів, ударів і деформацій. За умови зниженої жорсткості цих елементів конструкція взуття не забезпечує необхідної форми, не здатна захищати стопу від зовнішніх впливів, що безпосередньо впливає на експлуатаційні характеристики та зручність носіння [2, 12]..

Для об'єктивного визначення твердості носка і задника без пошкодження взуття та втрати товарного вигляду, розроблено спеціалізований прилад (рис.1.8; аркуш [БРМА25.00.00.000ДО]).

Принцип роботи приладу.

Суть методу полягає у створенні контрольованого прогину поверхні носка або задника кульовим сегментом. Фіксуються два параметри:

- абсолютна деформація під дією навантаження протягом 30 секунд;
- залишкова деформація, що залишається через 3 хвилини після зняття навантаження (визначає пластичність матеріалу).

Конструкція приладу.

Базовим елементом приладу є плита (1) з жорстко закріпленою стійкою (2). У верхній частині стійки розміщений шток (3) з ходовою посадкою, який не обертається завдяки впресованій у нього осі (4), що ковзає у вертикальних напрямних отворів.

На кінцях осі розміщені ролики (5), які спираються на роздвоєне плече важеля (6), встановленого шарнірно на палець (7). Шток фіксується у піднятому положенні накидним кільцем (8). На верхню частину штока встановлюється набір змінних вантажів (9), що забезпечують задане навантаження. Щоб вага важеля (6) не впливала на результат, його підтримує пластинчаста пружина (10), закріплена гвинтом (11) до стійки.

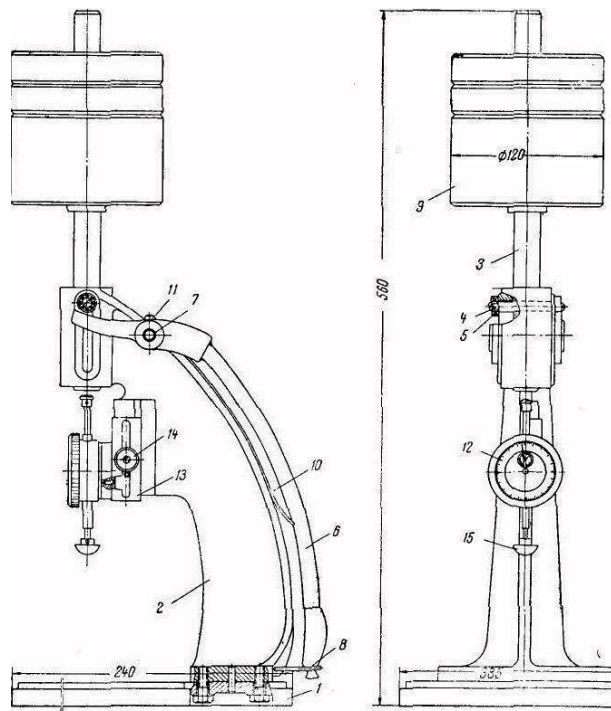


Рисунок 1.8 - Пристрій для визначення жорсткості носка і задника у взутті

Система вимірювання.

Під нижнім кінцем штока встановлено індикатор годинникового типу (12), змонтований на регульованому кронштейні (13). Кронштейн може переміщуватися вертикально вздовж стійки та фіксуватися накатною гайкою (14). Наконечник індикатора (15) має форму кульового сегмента радіусом 17,5 мм, що контактує з поверхнею носка або задника.

Пристосування для фіксації взуття.

До комплекту приладу входять два типи пристосувань:

- приспособа для визначення жорсткості носка;
- рамка (16) з опорною площадкою (17).

Збоку рамки закріплене кільце (18) з радіальними зубцями. Через кільце і приливи проходить вісь (19), також із зубцями. До осі штифтом (20) кріпиться основа (21) з накладкою (22).

Накладка встановлюється під заданим кутом відносно площадки — для

цього роз'єднуються зубці, вісь повертається, і фіксація виконується гайкою (23). Уздовж рамки встановлено гвинт (24) з гайкою-повзуном (25), на якій шарнірно закріплена губка (26) через вісь (27). Друга губка (28) рухома і фіксується гайкою (29) в пазу бічної стінки рамки. Губки слугують для фіксації каблука взуття, а накладка — для опори шкарпеткової частини, враховуючи її піднесення.

Приспособа для визначення жорсткості задника складається з рамки (30) з двома стійками. Одна має рифлену опорну поверхню для каблука. Інша - затискний гвинт (31) для фіксації взуття зсередини.

Порядок проведення випробування.

На поверхні носка визначається точка прикладання навантаження - вона розташовується на поздовжній осі носка, між краєм підноски і краєм верху біля підошви. Взуття встановлюється у пристосування. Каблук затискається губками через обертання гвинта (24). Носок фіксується накладкою (22), яку встановлюють у заданому положенні та фіксують гайкою (23). Вся система встановлюється на плиту приладу. Наконечник індикатора опускається в зазначену точку - фіксується початкове значення деформації. Після зняття кільця (8) важіль звільняється, і вантажі передають зусилля на сегмент. Через 30 секунд зчитується абсолютна деформація за шкалою індикатора. Після цього вантаж піднімається, і через 3 хвилини фіксується залишкова деформація.

Оцінювання результатів.

Загальна (абсолютна) деформація = різниця між показанням індикатора до навантаження і після 30 с.. Залишкова деформація - різниця між показанням після 30 с і через 3 хв після зняття навантаження.

Ці показники характеризують відповідно жорсткість та пластичність матеріалів носка або задника.

1.9 Висновки до першого розділу

У результаті проведеного огляду встановлено, що вітчизняна і зарубіжна технічна література містить широкий спектр конструкцій випробувальних пристроїв, призначених для дослідження основних фізико-механічних властивостей взуття та матеріалів, з яких воно виготовляється. Розглянуті прилади дозволяють моделювати реальні експлуатаційні навантаження: стиск, згин, термічну дію, зусилля відриву, знос, розшарування, ослаблення ниток та деформацію окремих зон конструкції взуття (носка, задника, пучкової частини).

Усі пристрої мають конструктивні особливості, що забезпечують відтворюваність випробувань, можливість точного налаштування параметрів навантаження та реєстрацію ключових показників: термостійкості, жорсткості, міцності кріплення, залишкової деформації, втрати міцності після циклічного навантаження тощо. Особливу увагу приділено приладам, які дозволяють проводити безруйнівний контроль у готовому взутті, що є актуальним для серійного виробництва.

Огляд підтверджує важливість і актуальність подальшого вдосконалення таких пристроїв для потреб виробництва, стандартизації випробувань та підвищення якості готової продукції.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКРИТЬ ЛАКОВИХ ШКІР НА БАГАТОРАЗОВИЙ ЗГИН

2.1 Загальні відомості

У процесі експлуатації взуття його конструкція, зокрема матеріали верху, піддається значним циклічним навантаженням, серед яких найбільш критичним є багаторазовий згин в області пучків стопи та плюснефалангового зчленування. Ця ділянка зазнає постійної деформації під час кожного кроку людини, що створює умови для накопичення втомних пошкоджень у матеріалі верха, особливо в місцях, де конструкція найбільш напружена або де спостерігається локальне розтягування поверхні.

Унаслідок цих багаторазових згинів на зовнішній поверхні взуття утворюються складки, що мають кумулятивний ефект і спричиняють деградацію захисно-декоративного покриття. Якщо покриття має недостатню еластичність, низьку адгезію до підкладки або зазнає передчасного старіння, в зонах складок можуть виникати мікротріщини, які згодом переростають у видимі пошкодження. Такі тріщини істотно погіршують зовнішній вигляд взуття, а також призводять до зниження його споживчих властивостей, втрати водостійкості, гігієнічності та експлуатаційної надійності [1-6].

Особливо критичними є ці дефекти для модельного або спеціального взуття (військового, службового, ортопедичного), де естетика та захисна функція конструкції мають принципове значення. Тому розробка покриттів, які б забезпечували достатню еластичність, стійкість до тріщиноутворення та збереження цілісності під дією згинального навантаження, є ключовим завданням для виробників верху взуття.

З цією метою на шкіряних заводах та взуттєвих підприємствах повинні впроваджуватись систематичні лабораторні випробування шкір на стійкість до

багаторазового згину. Такі дослідження дозволяють:

- оцінити зміну фізико-механічних властивостей шкіри після визначеної кількості згинальних циклів;
- виявити недоліки у технології дублення, покриття, просочення чи оздоблення шкіри;
- порівняти поведінку різних видів сировини при згині (юфті, хромових шкір, лакованих, покритих поліуретаном тощо);
- прогнозувати довговічність готового взуття в умовах реальної експлуатації.

Проведення таких випробувань є необхідною умовою для забезпечення відповідності продукції нормативним документам, технічним умовам та міжнародним стандартам якості. Результати досліджень стають підґрунтям для коригування складу покриттів, режимів обробки шкіри та удосконалення конструктивних рішень взуття, спрямованих на підвищення його ресурсу та споживчої привабливості [8, 10, 12].

2.2 Розробка функціональної схеми пристрою

Для дослідження стійкості лакових покриттів взуттєвих матеріалів до багаторазового згинання розроблено спеціалізовану лабораторну установку, кінематична та функціональна схема якої представлена на рис.2.1 (аркуш [БРМА25.00.00.000С1]) [12].

Зразок шкіри (позиція 1) виготовляється у вигляді прямолінійної стрічки шириною 10 мм і довжиною 100 мм. Один з його кінців закріплюється у тисках за допомогою рухомої притискної губки (2), що дозволяє фіксувати зразок без додаткового проколювання чи пошкодження. Далі зразок проводиться під формувальним валиком (3) і підпирається знизу пружинним притискачем (4),

який утримує стрічку в зоні згину та забезпечує її стабільний контакт з валиком у процесі деформації.

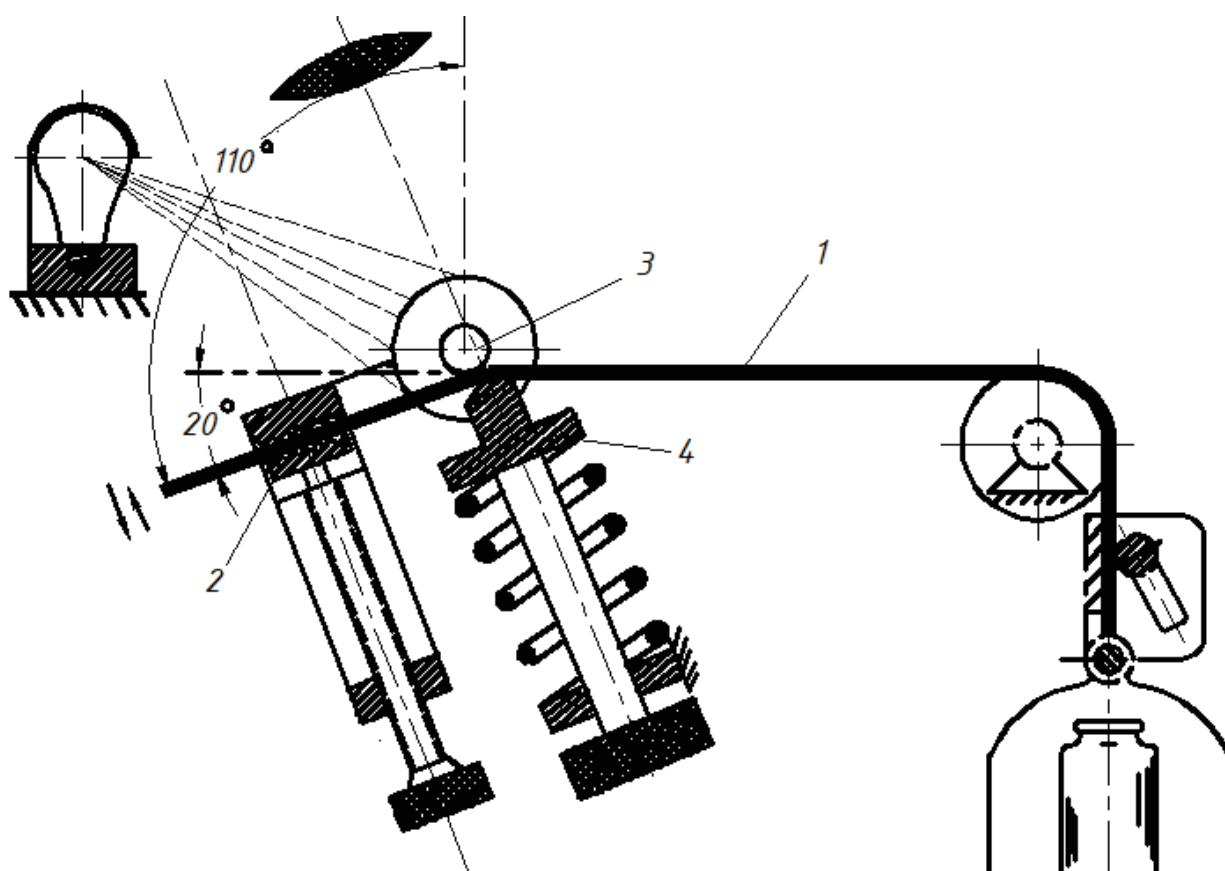


Рисунок 2.1 - Схема пристрою для дослідження покрить лакових шкір на багатократний згин

Щоб забезпечити умови розтягування зразка, подібні до натягу верхньої частини взуття при носінні, на вільний кінець стрічки навішується калібрований вантаж. Внаслідок цього стрічка виявляється попередньо натягнутою та вирівняною, що імітує стан поверхні шкіри у взутті до моменту утворення складок.

Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.
34

Процес згину моделюється шляхом радіального переміщення тисочків з рухомою губкою (2) навколо валика (3). У результаті цього край зразка згинається під визначеним кутом, при цьому центральна частина зразка проходить по заздалегідь сформованому вирізу на поверхні валика, глибиною 3 мм. Цей виріз виконує важливу функцію - він дозволяє вільно утворювати складку в середині ширини стрічки, роблячи зону максимального навантаження доступною для спостереження та фіксації дефектів.

Візуалізація зони згину здійснюється за допомогою збільшувального оптичного пристрою (лупи або мікроскопа), встановленого під заданим кутом до осі валика. Кут згину зразка відносно вертикалі складає 110° , а кут нахилу тисочків під час згину – приблизно 20° , що імітує реальну траєкторію згину верху взуття в ділянці плюснефалангового зчленування.

Завдяки заданій геометрії вузлів (позиції 3 і 4) і дії розтягуючого навантаження, на зразку виникає локальна складка, в якій найчастіше утворюються мікротріщини, розшарування або втрата блиску лакового шару. Це дозволяє фіксувати момент появи першого дефекту, визначати стійкість покриття до циклічного навантаження, а також порівнювати різні варіанти обробки шкіри за критерієм тріщиностійкості.

Таким чином, розроблена установка (рис.2.1) дозволяє відтворювати умови згину, наближені до реальних умов експлуатації взуття, з мінімальними витратами часу та матеріалів. Завдяки простоті конструкції та використанню стандартних механічних елементів вона може бути впроваджена як у виробничих лабораторіях взуттєвих фабрик, так і у профільних науково-дослідних центрах для оперативного контролю якості та порівняльних випробувань лакових і полімерних покриттів шкір.

2.3 Розробка основних вузлів пристрою для дослідження покриттів лакових шкір на багаторазовий згин

Конструкція пристрою для дослідження покриттів взуттєвих матеріалів на багаторазовий згин складається з декількох функціонально пов'язаних вузлів, об'єднаних у єдину систему, яка забезпечує точне позиціонування зразка, створення згину та реєстрацію кількості циклів деформації. Загальний вигляд пристрою представлено на рис. 2.2 і 2.3 (аркуш [БРМА25.00.00.000ВЗ]) [15-19].

Основу пристрою становить масивна плита (1), в якій передбачено канали для прокладки електричної проводки (2). Елементи електричної частини закриті знімною захисною кришкою (3). На плиті встановлена вертикальна стійка (4), в середині якої на підшипникових опорах змонтовані вали (5) і (6). Вали з'єднані між собою за допомогою шатунного механізму (7), що працює через кривошипи (8) та пальці (9). Спряження кривошипів і шатуна виконане на голчастих підшипниках, які змащуються густим мастилом з ущільненням для запобігання витіканню.

Привід пристрою реалізується через електродвигун (10), з'єднаний з валом (5) за допомогою еластичної муфти (11) та черв'ячної пари (12). Остання змонтована в корпусі (14), прикріпленому до стійки, і має передавальне відношення 7:1. При обертанні вала (5) за рахунок шатунно-кривошипного механізму вал (6) здійснює коливально-обертальний рух із заданим кутом відхилення - 110° , що відповідає реальному куту згину у взутті в зоні пучків.

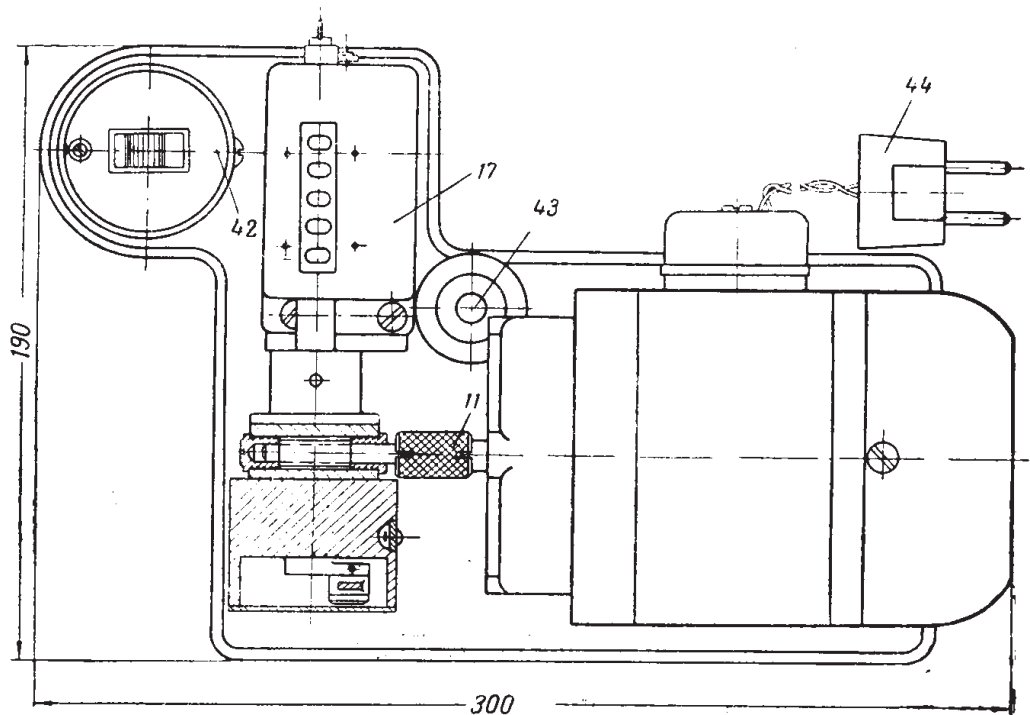
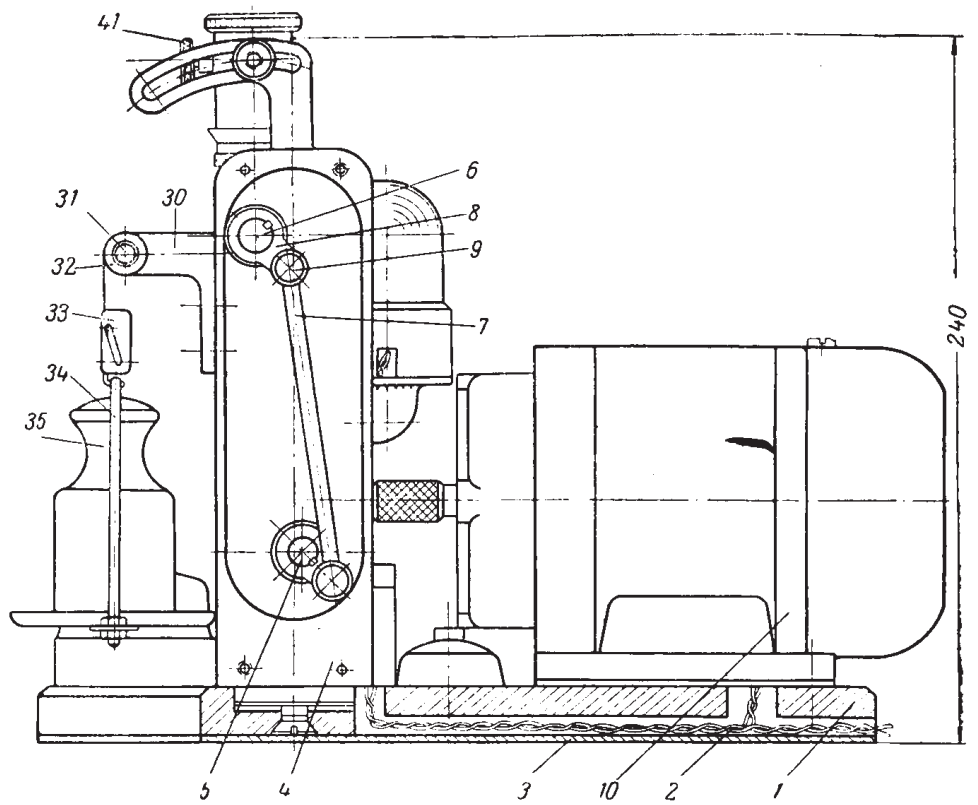


Рисунок 2.2 - Креслення пристрою для дослідження покриттів

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.
37

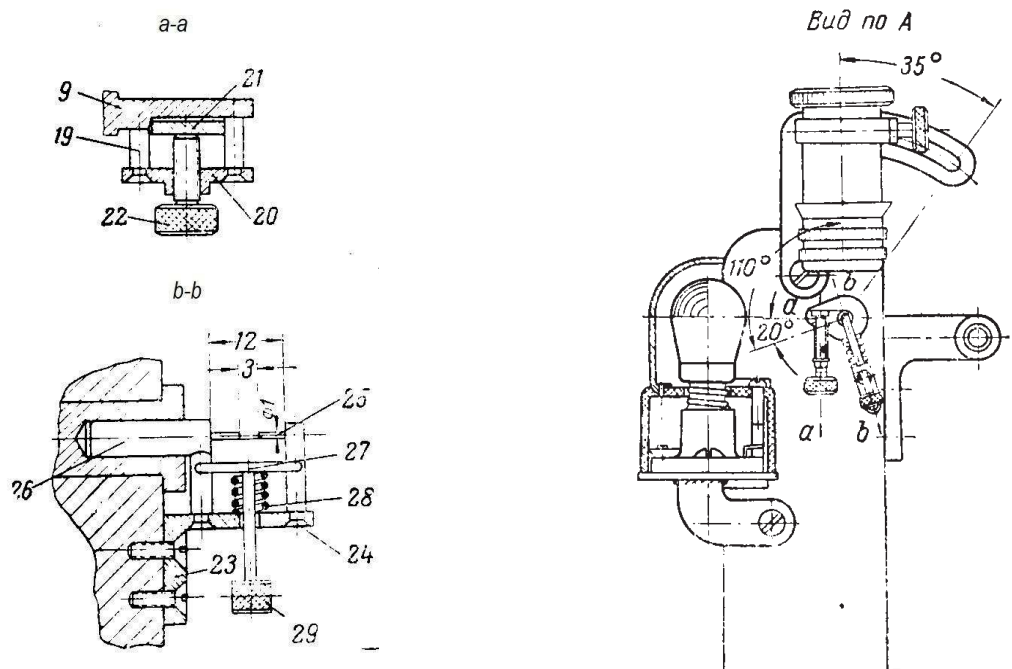
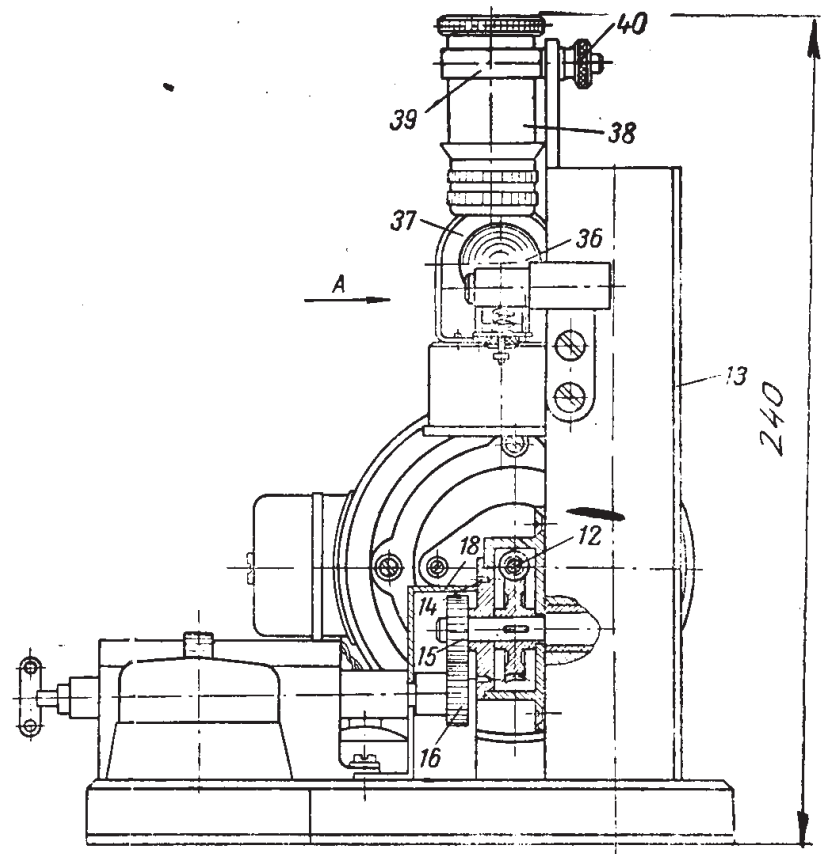


Рисунок 2.3 - Креслення пристрою для дослідження покриттів

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.
38

На вихідному кінці вала (5) встановлена шестерня (15), з'єднана з другою шестернею (16), яка приводить у дію вал лічильника (17). Передатне число між шестернями дорівнює одиниці, що дозволяє точно фіксувати кількість циклів згину зразка без похибки. Лічильник (17) закріплений на плиті пристрою, його привідна шестерня захищена огороженням (18). Скидання показників лічильника може здійснюватись як вручну, так і автоматично після досягнення значення 10 000 циклів.

Зовнішній кінець вала (6) оснащений зубчатим виступом (переріз а-а), до якого жорстко прикріплено два стовпчики (19), об'єднані балочкою (20). Між стовпчиками рухомо встановлена притиска губка (21), яка регулюється гвинтом (22). Така конструкція забезпечує надійне й ергономічне затискання зразка стрічки шкіри перед його згинанням.

Для формування згину у зразку до стійки прикріплена жорстка рамка (переріз б-б), що складається з кронштейна (23), колонки (24), двох валиків (25) та центрального коліна (26). Валики запресовані так, що їхні осі точно збігаються з віссю вала (6). Між валами залишено проміжок шириною 3 мм для спостереження зони згину. Коліно (26) однією стороною вставлене з посадкою у торець вала (6) й залишається нерухомим, тоді як сам вал здійснює зворотно-обертальні рухи.

Знизу до валика прилягає притискач (27), навантажений пружиною (28). Для зручності відводу притискача при заправці зразка його хвостовик оснащено повідком (29). Збоку на стійці розташований кронштейн (30), до якого на палець (31) встановлено ролик (32). Через ролик проходить стрічка, що з'єднується за допомогою пряжки (33) з підвіскою (34) для вантажу (35).

Таким чином створюється попередній натяг зразка перед циклічним згинанням.

Конструкція передбачає можливість поступового просування стрічки вздовж її довжини та заправлення з протилежного кінця, що дозволяє досліджувати всю поверхню покриття без повного зняття зразка.

Для візуального контролю зони утворення тріщин пристрій оснащено освітлювальною лампою (36) з рефлектором (37) та лупою (38). Остання встановлена в державці (39), яка дозволяє регулювати її положення по висоті та радіусу, залежно від розміщення ока спостерігача. Фіксація положення лупи здійснюється гвинтами (40) та (41).

Електроживлення подається від мережі змінного струму 220 В, яке забезпечує живлення як електродвигуна (10), так і лампи (36). Для керування передбачено вимикач (42) та пускову кнопку (43), розміщені на плиті пристрою.

Таким чином, розроблена конструкція забезпечує повністю автономне, точне й відтворюване циклічне згинання шкіряного зразка з одночасним спостереженням поведінки покриття в зоні напружень. Комплекс механічного приводу, системи затиску, освітлення та лічильника створює ефективний інструмент для дослідження стійкості лакованих шкір до багатократних деформацій, що актуально як для наукових, так і для виробничих цілей.

2.4 Вибір електричного двигуна для пристрою

Для приводу установки, призначеної для дослідження покриттів взуттєвих матеріалів на багаторазовий згин, обрано електродвигун типу

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

АОЛ011-011-4 (рис.2.4), який відповідає вимогам щодо компактності, енергоефективності та стабільної роботи при малих навантаженнях у режимі тривалого обертання. Р.озрахунок даного розділу здійснено в розділі 3 (пункт 3.1) [21].



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд електродвигуна АОЛ011-011-4

Основні технічні характеристики двигуна:

- потужність – 0,018 кВт (18 Вт);
- номінальна напруга живлення – 220 В (мережа змінного струму, однофазна);
- номінальна частота обертання – 1370 об/хв;
- число полюсів – 4 (індекс “4” в маркуванні).

Обґрунтування вибору.

Потужність 0,018 кВт є достатньою для приводу механізму, який не вимагає значних крутних моментів, оскільки основне навантаження – це привід шатунно-кривошипного механізму, що забезпечує коливально-обертальний рух вала згинального пристрою. Система не виконує роботу з різання чи тертя з

великим опором, тому низька потужність дозволяє мінімізувати споживання енергії при збереженні функціональної надійності.

Напруга 220 В дозволяє підключення двигуна безпосередньо до побутової мережі, що спрощує інсталяцію пристрою в умовах лабораторії чи виробничої ділянки без потреби у трансформаторах або промислових мережах 380 В.

Частота обертання 1370 об/хв оптимально підходить для передачі обертального руху через черв'ячну пару із передавальним числом 7. Це дає змогу забезпечити вихідну швидкість вала порядку 195 об/хв на виході механізму згину, що при відповідному передатному числі дозволяє досягти рекомендованої частоти згинальних циклів (наприклад, 30–60 згинів на хвилину). Така швидкість забезпечує реалістичне моделювання згинів, що виникають при ходьбі або тривалій експлуатації взуття.

Компактність двигуна типу АОЛ011 та його малогабаритне виконання дає можливість вбудувати його безпосередньо в корпус пристрою без збільшення габаритів установки. Двигун має низький рівень шуму, достатню термічну стабільність і не вимагає складного технічного обслуговування.

Двигун легко сполучається з еластичною муфтою і редукторною частиною, що дозволяє реалізувати безударний пуск і зупинку пристрою, а також забезпечити тривалу роботу в повторно-короткочасному режимі без перегріву.

Електродвигун АОЛ011-011-4 є технічно обґрунтованим вибором для даної установки. Його номінальні параметри забезпечують необхідну динаміку роботи, сталість обертання, а також відповідність експлуатаційним вимогам до лабораторного обладнання для механічних випробувань. Його використання

дозволяє підтримувати стабільну частоту згинання зразка та забезпечити точність дослідження довговічності покриттів взуттєвих матеріалів.

2.5 Вибір лампи освітлення

Для освітлення зони згину зразка та забезпечення візуального контролю утворення мікродефектів покриття у складі установки застосовується освітлювальна лампа типу СЦ-21 (рис.2.5). Вибір цієї лампи обумовлений її технічними характеристиками та функціональними можливостями, які відповідають вимогам до лабораторного приладу для дослідження покриттів взуттєвих матеріалів.



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд лампи освітлення

Технічна характеристика лампи:

- тип лампи – СЦ-21;
- потужність: 8 Вт;
- тип живлення – змінний струм напругою 220 В;
- споживання енергії – низьке (енергозберігаюче виконання).

Обґрунтування вибору.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.
43

Невелика потужність (8 Вт) лампи СЦ-21 забезпечує достатню яскравість для локального підсвічування зони спостереження (ділянки згину шкіри), при цьому не створюючи надмірного теплового випромінювання, що могло б вплинути на зразок або спотворити умови експерименту.

Лампа є енергозберігаючою, що відповідає сучасним вимогам до ефективного використання електроенергії в лабораторному обладнанні. Її використання не потребує спеціального електроживлення – підключення здійснюється безпосередньо до мережі змінного струму 220 В, як і електродвигун пристрою, що спрощує електромонтаж і конструктивну уніфікацію системи живлення.

Лампа змонтована на жорсткому тримачі, який дозволяє регулювати її положення по висоті та радіусі. Це дозволяє оператору направити світловий потік точно на зону згину шкіряного зразка, незалежно від його положення, та забезпечити максимальний контраст при візуальному спостереженні через лупу.

Лампа СЦ-21 сумісна з рефлектором дзеркального типу (37), який підвищує ефективність освітлення завдяки концентрації світлового потоку на невеликій площі. Це особливо важливо при виявленні локальних пошкоджень: тріщин, мікророзшарувань або втрати блиску покриття, які можуть бути непомітні при розсіяному освітленні.

Тривалий ресурс роботи та надійна конструкція лампи роблять її придатною для багаторазового використання в циклічних дослідженнях, у тому числі при тривалих випробуваннях зразків (до 10 000 згинальних циклів).

Лампа СЦ-21 потужністю 8 Вт є оптимальним вибором для освітлення робочої зони установки. Вона забезпечує достатню інтенсивність світла при

низькому енергоспоживанні, дозволяє точно спрямовувати світловий пучок завдяки рухомому тримачу з рефлектором і забезпечує комфортні умови для візуального контролю дефектів покриття при багаторазових згинах. Її використання сприяє підвищенню точності діагностики стану лакового шару шкіри без впливу теплових чи механічних спотворень.

2.6 Загальний вигляд пристрою

Розроблений пристрій призначений для експериментального дослідження стійкості покриттів лакових шкір до багаторазового згинання, що дозволяє оцінити їхню придатність для використання у взуттєвій промисловості, зокрема для виготовлення верху модельного та формованого взуття. Основною функцією пристрою є моделювання деформацій, подібних до тих, які виникають під час експлуатації взуття, особливо в області пучково-фалангового згину стопи.

У процесі дослідження зразки шкіри у вигляді вузьких стрічок піддаються багаторазовим циклам згину з фіксованими параметрами, а спостереження за виникненням мікродефектів покриття (тріщин, луцнення, втрати блиску) здійснюється візуально через збільшувальне скло або за допомогою оптичного пристрою. Якісні характеристики покриття визначаються за кількістю повних циклів згину лицьової сторони зразка до моменту появи перших ознак руйнування лакового шару. Цей показник вважається основним критерієм оцінки експлуатаційної тріщиностійкості декоративного покриття.

Під час розроблення конструкції пристрою було поставлено завдання максимально точно імітувати умови реального згину, що виникає у верхі взуття при ходьбі, включаючи геометрію зони згину, частоту повторення деформацій та характер навантаження. Аналіз патентних і технічних джерел засвідчив, що середній радіус кривизни складок, які утворюються на поверхні лакованої шкіри внаслідок експлуатації, становить близько 0,5 мм, при типовому куті згину 60–70° та частоті згинів близько 80 циклів на хвилину. Ці значення відображають природні умови деформації у взутті під час нормальної ходьби.

З метою прискорення експериментального циклу та забезпечення високої ефективності випробувань у лабораторних умовах, параметри майбутньої установки були цілеспрямовано посилені. Зокрема, частоту згинань було підвищено до 140 згинів за хвилину, що дозволяє значно скоротити тривалість випробувань, а кут згину збільшено до 90°, що створює більш жорсткі умови для покриття та дозволяє виявляти потенційні дефекти на ранніх стадіях. При цьому радіус згину залишено незмінним — 0,5 мм, як такий, що відповідає реальним умовам формування складки в зоні носка або пучків.

Таким чином, пристрій об'єднує в собі механічну надійність, точність відтворення деформацій та оптимізовані параметри режиму роботи, що дозволяє ефективно застосовувати його для порівняльної оцінки різних видів шкір, лакованих плівок, технологій дублювання та фінішної обробки в умовах взуттєвого виробництва чи дослідницьких лабораторій.

Загальний вигляд пристрою показаний на рис.2.6 (аркуш [БРМА25.00.00.000ДІ]).



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд пристрою для дослідження покриттів лакових шкір на багаторазовий згин

2.7 Принцип роботи пристрою для дослідження покриттів лакових шкір на багаторазовий згин

Перед початком випробування зразок лакованої шкіри у формі вузької стрічки шириною 10 мм пропускають у робочу зону пристрою згідно з визначеною послідовністю (рис. 2.2, 2.3). Спочатку один кінець стрічки заводять між валами (25) та притискачем (27), при цьому поводок (29) тимчасово відтягується вниз для відкриття проходу. Далі кінець стрічки просувають під губку (21), яка фіксує його в затискному вузлі, після чого затискають гвинтом (22), забезпечуючи надійне кріплення зразка у пристрої.

Другий, вільний кінець стрічки пропускають під рифленим валиком пряжки (33), який потім піднімають догори для створення необхідного натягу

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.
47

та повного притискання шкіри до валика. Стрічку перекидають через направляючий ролик (32) і з'єднують із вантажем (35) через підвіску (34), що створює постійне розтягувальне зусилля. Вантаж забезпечує натяг і фіксацію стрічки в зоні згину, що є критично важливим для формування складки з контрольованим радіусом.

Перед запуском механізму скидають показання лічильника (17) на нульову позначку. Потім вилку живлення (44) підключають до електромережі 220 В, що активує лампу освітлення (36). Вона забезпечує підсвічування зони згину, даючи можливість досліднику візуально контролювати стан покриття через лупу (38). Для коректного налаштування огляду, муфту (11) обертають вручну доти, доки не буде досягнуто початкового згину стрічки вниз на 20° відносно горизонталі, після чого лупу налаштовують відповідно до ока спостерігача, забезпечуючи чітке фокусування в зоні дії між валами (25).

Після попередньої підготовки та візуального налаштування важіль вимикача (42) переводять у робоче положення, а пускову кнопку (43) натискають для запуску електродвигуна. У цей момент механізм починає автоматичну роботу: вал (6) здійснює зворотно-обертальні рухи, приводячи до ритмічного згинання зразка шкіри між валами. Одночасно з цим лічильник (17) фіксує кількість повних циклів згину з високою точністю.

Під час випробування дослідник періодично спостерігає за появою тріщин або порушень цілісності лакового покриття через лупу або за допомогою зовнішнього оптичного пристрою. За появи тріщин, процес одразу припиняють – електродвигун вимикають. У разі необхідності огляд можна здійснити й у статичному положенні, зупинивши пристрій. У такому випадку обов'язковою умовою є переведення затискного вузла (губки 21) у нижнє

положення, щоб забезпечити вільний доступ до зразка та зберегти його положення без додаткових деформацій.

Згідно з експериментальними даними, для лакованих шкір на основі масляного лаку, середня кількість згинів до появи перших тріщин становить приблизно 2000 циклів. Це значення є орієнтиром для порівняльного оцінювання якості покриття у різних партіях матеріалу.

Окремою перевагою пристрою є його портативність і універсальність. Конструкція дозволяє використовувати установку як у термошафі для імітації впливу підвищеної температури, так і в холодильній камері — для вивчення поведінки покриття при низьких температурах. Це забезпечує можливість моделювати реальні умови експлуатації взуття у різних кліматичних зонах.

Крім лакових шкір, пристрій може застосовуватися для дослідження інших типів еластичних матеріалів, включаючи синтетичні плівки, текстильні основи з покриттям, полімерні композити тощо.

2.8 Технічні характеристики пристрою для дослідження покриттів лакових шкір на багаторазовий згин

У таблиці 2.1 наведено основні технічні характеристики пристрою для дослідження покриттів лакових шкір на багаторазовий згин. Параметри охоплюють ключові конструктивні та експлуатаційні властивості установки, що визначають її функціональні можливості, точність і область застосування. До переліку включено дані про габарити, частоту згинальних циклів, характеристики приводу, радіус і кут згину, тип фіксації зразків, джерело

живлення, можливості спостереження, а також допоміжне обладнання, що входить до складу пристрою.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики пристрою

№ п/п	Характеристики	Показники
1	Кут згину стрічки в град.: від горизонталі вгору від горизонталі униз	90 20
2	Число згинів за хвилину	140
3	Радіус згину на поверхні покриття, мм	0,5
4	Зона огляду місця згину, мм	3
5	Плече згину, мм	8
6	Електродвигун типу АОЛ011-011-4 потужність, кВт напруга, В число оборотів в хвилину	0,018 220 1370
7	Потужність лампи СЦ-21, Вт	8
8	Збільшення оптики в кратностях	4
9	Максимальне показання лічильника	10000
10	Габаритні розміри, мм Висота Ширина глибина	240 300 190

Ці технічні параметри є результатом попередніх розрахунків і конструкторського опрацювання, узгодженого з вимогами стандартів на випробування лакованих шкір і еластичних матеріалів, що використовуються у виробництві взуття. Вони забезпечують достатню достовірність результатів, дозволяють відтворити реальні експлуатаційні навантаження, а також гарантують стійкість, надійність і зручність у роботі з установкою як у лабораторних, так і у виробничих умовах.

2.9 Висновки до другого розділу

У другому розділі було розроблено лабораторну установку для дослідження стійкості покриттів лакових шкір до багаторазового згину, яка дозволяє імітувати умови деформації, характерні для експлуатації взуття в області пучково-фалангового зчленування. Обґрунтовано актуальність створення такого пристрою для оцінювання тріщиностійкості лакованих покриттів, з огляду на їхнє передчасне руйнування при недостатній еластичності та низькій адгезії до шкіряної основи.

У рамках розробки запропоновано функціональну схему пристрою, що включає систему затиску зразка, вузол формування згину з контрольованим радіусом, механізм притиску, освітлення та оптичне спостереження. Описано метод розтягування стрічки зі шкіри із заданим навантаженням, що забезпечує реалістичне натягнення зразка перед деформацією. Передбачено можливість спостереження за зоною утворення тріщин через лупу, розташовану в напрямку вирізу між формувальними валиками.

Детально опрацьовано конструкцію основних вузлів: електромеханічна частина базується на двигуні АОЛ011-011-4, що забезпечує обертання вала з частотою 1370 об/хв, передача руху здійснюється через черв'ячну пару, яка дає

змогу формувати коливально-обертальний рух затискача з амплітудою згину до 110°. Система зразкотримача дозволяє зручно фіксувати шкіряну стрічку, а конструкція валика з вирізом 3 мм створює зону концентрації деформації, що дає змогу точно візуалізувати момент утворення дефекту покриття.

До складу пристрою введено малопотужну енергозберігаючу лампу СЦ-21 (8 Вт), яка створює сконцентроване освітлення без перегріву зони зразка. Її розташування на регульованому тримачі дозволяє точно наводити світловий потік у ділянку згину. Оптична система забезпечує збільшення до 4 разів, що є достатнім для фіксації мікротріщин.

Зовнішній вигляд пристрою, його габарити, компоновання вузлів і органів керування дозволяють використовувати установку як у виробничих, так і в лабораторних умовах. Пристрій адаптований для роботи в умовах охолодження або нагрівання, що розширює сферу його застосування. Окремою перевагою є можливість багаторазового використання одного зразка шляхом його поступового просування, а також тестування з обох боків.

У таблиці технічних характеристик наведено ключові параметри роботи установки, включаючи частоту згинань (140 циклів/хв), кут згину (90°), радіус згину (0,5 мм), максимально допустиму кількість циклів (до 10 000), а також електричні характеристики приводу й освітлення.

Загалом, розділ містить повне технічне обґрунтування й реалізацію лабораторного пристрою, призначеного для оцінки тріщиностійкості лакованих покриттів шкір, що має велике значення для забезпечення якості взуття, прогнозування його довговічності та впровадження ефективних методів контролю у взуттєвій промисловості.

3 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ПРИСТРОЮ

3.1 Кінематичний розрахунок приводу пристрою

Кінематичний розрахунок приводу установки для дослідження покриттів взуттєвих матеріалів виконується з метою визначення необхідних передавальних чисел, швидкостей обертання та переміщень окремих ланок механізму, що забезпечують заданий характер руху робочого органу відповідно до умов експлуатації установки.

У даній роботі розрахунок виконується згідно з методикою, детально викладеною в [22-24], яка передбачає послідовне визначення основних параметрів кінематичної схеми приводу, починаючи з задання вихідних умов роботи установки – частоти згинально-розгинальних циклів, амплітуди коливань, характеру навантаження, тривалості одного циклу тощо.

Згідно з цією методикою, аналіз починається з визначення типу приводу (електричний двигун постійного чи змінного струму), розрахункової швидкості обертання його вала, після чого визначаються передавальні відношення механічної частини приводу (редуктор, пасові чи ланцюгові передачі, кривошипно-шатунний або кулачковий механізм), необхідні для забезпечення потрібної кінематики робочого елемента.

Вихідні дані:

- діаметр вихідного валу $D = 10 \text{ мм}$;
- тягове зусилля $F = 150 \text{ Н}$;
- швидкість вихідного валу $V = 0,1 \text{ м/с}$.

Приймаємо значення коефіцієнту корисної дії:

- черв'ячної передачі $\eta_1 = 0,9$;

- коефіцієнт, що враховує втрати на тертя в опорах двох валів $\eta_0^2 = 0,99^2$.

Коефіцієнт корисної дії всього приводу визначається із формули:

$$\eta = \eta_1 \eta_0^2. \quad (3.1)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$\eta = 0,9 \cdot 0,99^2 = 0,88.$$

Визначаємо потрібну потужність електродвигуна за формулою:

$$P = \frac{FV}{\eta}. \quad (3.2)$$

Підставивши значення було отримано:

$$P = \frac{150 \cdot 0,1}{0,88} = 17 \text{ Вт}.$$

За довідниковими даними [25] було підібрано однофазний електродвигун типу: АОЛБ-011-4, потужністю – 0,018 Вт, число обертів за хвилину – 1370, $S = 4,1\%$.

Номінальна частота обертання валу двигуна буде відповідно:

$$n_{ном} = n_c (1 - S). \quad (3.3)$$

Тоді:

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

$$n_{ном} = 1370(1 - 0,041) = 1305,6 \text{ об/хв.}$$

Передаточне відношення приводу знаходиться за формулою:

$$i = \frac{n_{ном}}{n_p} \quad (3.4)$$

Підставивши значення було отримано:

$$i = \frac{1305,6}{140} = 9.$$

3.2 Розрахунок з'єднувальної муфти

Для з'єднання валу електричного двигуна з валом черв'ячного редуктора використана втулкова муфта, яка закріплена на валах за допомогою конічних штифтів (рис.3.1) [15].

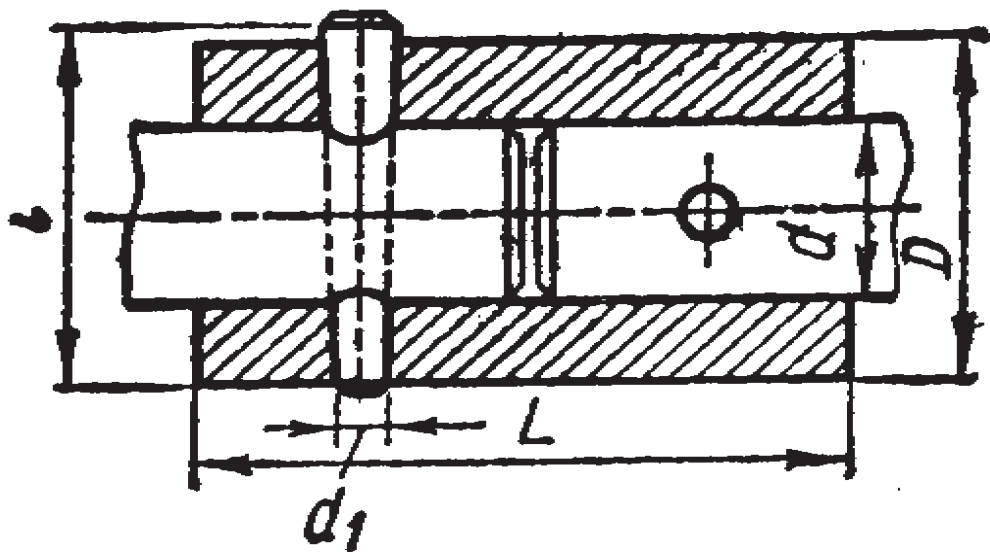


Рисунок 3.1 - Втулочна муфта

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.
55

Здійснимо розрахунок муфти і штифтів на міцність.

Вихідні дані для розрахунку:

- діаметр валу електричного двигуна $d = 9\text{мм}$;

- діаметр валу черв'яка $d_1 = 6\text{мм}$.

1. Зовнішній діаметр муфти D визначається за наступною емпіричною формулою:

$$D \approx (1,7...1,5)d. \quad (3.5)$$

Тоді:

$$D \approx (1,7...1,5)9 = 15,3...13,5\text{мм}.$$

Було прийнято $D = 14\text{мм}$.

Знаходження співвідношення c :

$$c = \frac{d}{D}. \quad (3.6)$$

Підставивши значення було отримано:

$$c = \frac{9}{14} = 0,64.$$

2. Здійснюємо перевірку втулки муфти на кручення за формулою:

$$\tau_k = \frac{T}{W_p} \quad (3.7)$$

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

де W_p - полярний момент опору круглого перерізу валу;

T - крутний момент в поперечних перерізах валу;

$[\tau_k] = 20 \dots 40 \text{ МПа}$ - допустиме напруження на кручення для валів із вуглецевої сталі.

Було прийнято $[\tau_k] = 25 \text{ МПа}$ в зв'язку з послабленням перерізу отворами під штифти.

Коефіцієнт режиму роботи було вибрано із співвідношення $\kappa_p = 1,5 \dots 2$

Було прийнято $\kappa_p = 1,75$.

Крутний момент визначається із виразу:

$$T = \frac{9,55P}{n} \quad (3.8)$$

Тоді:

$$T = \frac{9,55 \cdot 18}{1370} = 0,13 \text{ Н / м.}$$

Визначення розрахункового моменту:

$$T_p = \kappa_p T. \quad (3.9)$$

Підставивши значення було отримано:

$$T_p = 1,75 \cdot 0,13 = 0,23 \text{ Н / м}$$

З іншої сторони τ_k визначається за наступною формулою:

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau_{\kappa} = \frac{16T_p}{\pi D^3(1-c^4)} \quad (3.10)$$

Тоді:

$$\tau_{\kappa} = \frac{16 \cdot 0,23}{3,14 \cdot 14^3(1-0,64^4)} = 5,1 \cdot 10^4 \text{ Па} \approx$$

$$\approx 0,05 \text{ МПа} \leq [\tau_{\kappa}]$$

3. Штифти було перевірено на зріз при $[\tau_{зр}] = 90 \text{ МПа}$ для сталі 45.

Так як:

$$S_{зр} = \frac{2\pi d_1^2}{4}; \quad (3.11)$$

$$F_{tp} = \frac{2T_p}{d},$$

ТО ВИПЛИВАЄ НАСТУПНЕ

$$\tau_{зр} = \frac{F_{tp}}{S_{зр}} = \frac{4 \cdot 2 \cdot T_p}{2\pi d_1^2 d} \quad (3.12)$$

$$\tau_{зр} = \frac{F_{tp}}{S_{зр}} = \frac{4 \cdot 0,23}{3,14 \cdot 9 \cdot 6 \cdot 10^{-9}} = 5,4 \cdot 10^6 \text{ Па} =$$

$$= 5,4 \text{ МПа} \leq [\tau_{зр}]$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

58

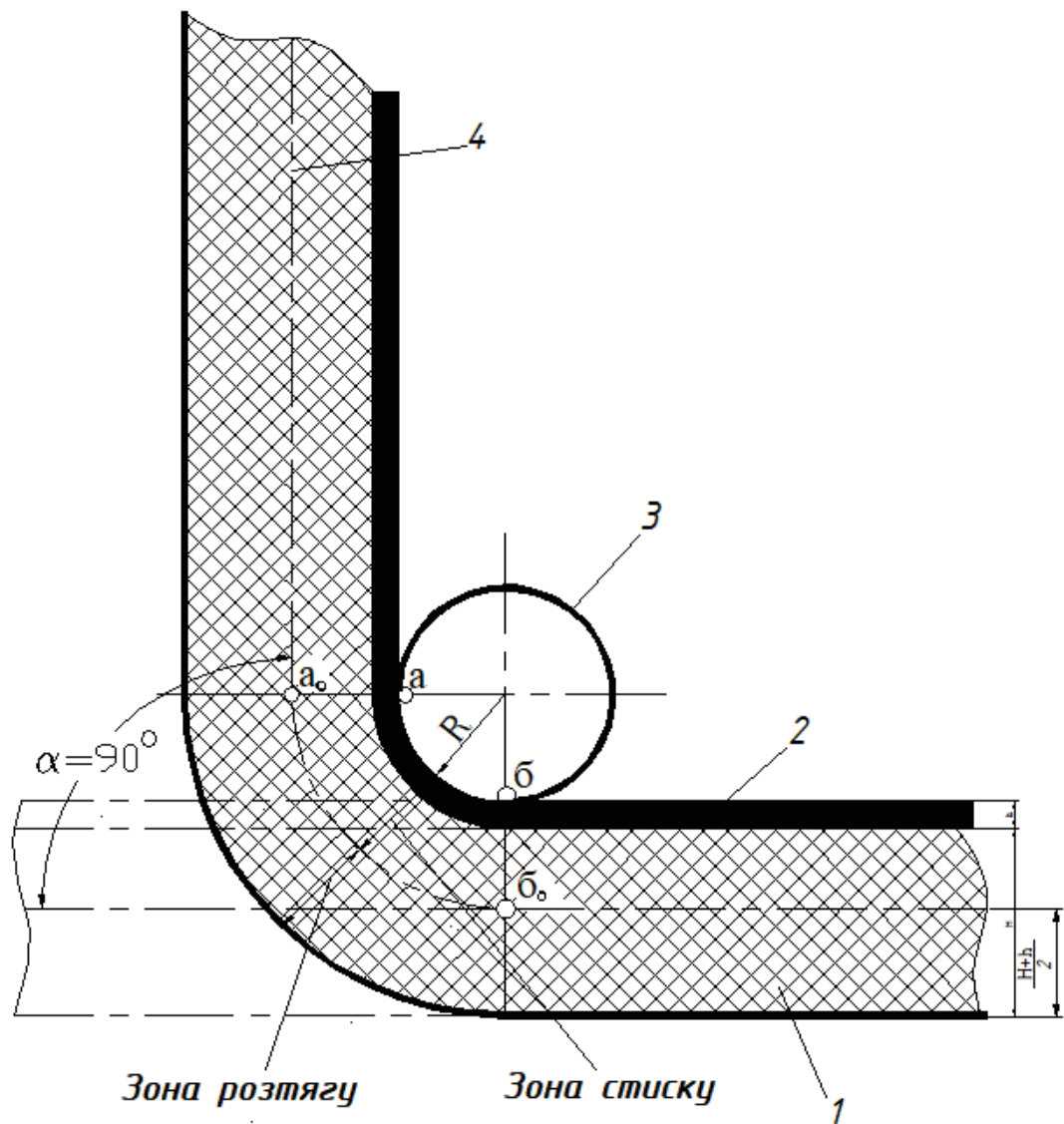
3.3 Розрахунок абсолютного і відносного стискання поверхні покриття матеріалу

У процесі згинання шкіряної стрічки в лабораторному пристрої спостерігаються деформації верхньої поверхні покриття, які можуть викликати його розтріскування. У досліджуваному випадку стрічка згинається вгору на кут 90° відносно горизонталі та вниз — на 20° . Згинання вгору викликає значні деформації у зовнішньому шарі матеріалу, тоді як згин вниз не має помітного впливу на розвиток напружень у покритті через меншу глибину деформації. Проте, під час згину вниз вже існуючі мікротріщини можуть частково розкриватися, що полегшує їх виявлення при візуальному контролі [1-14].

Для теоретичного аналізу деформацій, які виникають при згинанні, приймається припущення, що матеріал шкіри здатен повністю стискатися по зовнішній поверхні у зоні згину (рис.3.2, аркуш [БРМА25.00.00.000PP]). Це дозволяє розрахувати два ключових параметри - абсолютне стискання та відносне стискання зовнішнього шару покриття.

Абсолютне стискання (Δl) визначає реальне зменшення довжини зовнішнього шару матеріалу при згині, і залежить від геометричних параметрів згину та товщини зразка. Відносне стискання (ϵ) показує ступінь деформації в процентному відношенні до початкової довжини шару та є безрозмірною величиною, яка слугує показником рівня напруження в покритті.

Згідно з геометричною моделлю згину, при кутах згинання, характерних для експлуатації взуття в області пучково-фалангового зчленування, максимальні напруження виникають саме у зоні розтягування й стискання верхньої поверхні. Визначення величин стискання дозволяє оцінити ймовірність виникнення мікротріщин та встановити критичні значення деформацій для лакованих шкір різної структури.



1-шкіра, 2-покриття, 3-валик, 4-нейтральний шар

Рисунок 3.2 - Характер деформації при згині шкіри:

Таким чином, розрахунок абсолютного та відносного стискання є важливою частиною методики дослідження тріщиностійкості, оскільки дозволяє кількісно оцінити вплив згинальних деформацій на довговічність декоративного покриття.

Тоді:

3.4 Висновки до третього розділу

У третьому розділі виконано комплекс технічних розрахунків, які підтверджують працездатність експериментальної установки для дослідження тріщиностійкості покриттів взуттєвих матеріалів. Проведено кінематичний розрахунок приводу, що дозволив визначити необхідне передаточне число, оптимальні параметри електродвигуна та тип механічної передачі для забезпечення заданого циклу згинально-розгинальних рухів. У результаті було підібрано однофазний двигун типу АОЛБ-011-4, що відповідає технічним вимогам установки за потужністю, частотою обертання та енергоефективністю.

Здійснено розрахунок з'єднувальної втулкової муфти, яка передає обертання від двигуна до редуктора. Визначено її основні геометричні параметри та проведено перевірку на міцність втулки і штифтів на кручення і зріз. Встановлено, що обрана конструкція муфти забезпечує надійність з'єднання при експлуатаційних навантаженнях.

Розглянуто особливості деформації покриття при згинанні шкіряної стрічки на задані кути. Визначено абсолютне та відносне стискання зовнішнього шару, яке виникає у зоні максимального згину. Показано, що при багаторазовому згинанні, внаслідок обмеженої здатності покриття до стискання (10–15%), утворюються мікроскладки, що сприяють концентрації напружень і виникненню тріщин. Це підтверджує доцільність використання даної установки для дослідження механізмів руйнування декоративних покриттів та їх тріщиностійкості в умовах моделювання реального експлуатаційного згину.

ВИСНОВКИ

У результаті виконаної роботи проведено комплексний аналіз, проектування та обґрунтування конструкції лабораторної установки для дослідження тріщиностійкості покриттів лакових шкір при багаторазовому згинанні, що має практичне значення для забезпечення якості та довговічності взуття.

У першому розділі на основі огляду вітчизняних і зарубіжних технічних джерел узагальнено наявні підходи до випробування фізико-механічних властивостей взуття, зокрема згину, стиску, зносу, міцності кріплення тощо. Встановлено, що більшість існуючих пристроїв дозволяють моделювати експлуатаційні навантаження, проте не всі з них забезпечують адекватну оцінку тріщиностійкості саме декоративних лакованих покриттів.

У другому розділі розроблено нову конструкцію лабораторної установки, яка забезпечує точне моделювання деформації пучково-фалангової зони взуття. Запропоновано технічне рішення, що включає систему затиску, формування згину з контрольованим радіусом, систему освітлення та оптичного спостереження. Визначено методику навантаження шкіряної стрічки, що забезпечує реалістичне і рівномірне розтягування зразка. Конструкція дозволяє виявляти мікротріщини на ранніх етапах їх утворення, а також виконувати випробування в умовах температурних змін.

У третьому розділі виконано всі необхідні технічні розрахунки, які підтверджують ефективність і надійність роботи пристрою. Визначено передаточні числа, обґрунтовано вибір електродвигуна, типу передачі, параметри з'єднувальної муфти. Проведено розрахунок напружень у зоні згину зразка, що дозволило оцінити механізми руйнування лакованого шару.

Загалом, створений пристрій забезпечує достовірне і наочне випробування шкір з декоративними покриттями на тріщиностійкість. Його

використання дає змогу вдосконалити методи контролю якості взуттєвих матеріалів, сприяє запобіганню передчасному руйнуванню покриттів та може бути інтегрованим у систему контролю якості у виробничих і лабораторних умовах.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бабич А.І. Технологія виготовлення виробів з різних матеріалів: навч. посіб. Київ : КНУТД, 2021. 248 с.
2. Коновал В.П., Гаркавенко С.С., Свістунова Л.Т. та ін. Універсальний довідник взуттєвика: Навчальний посібник: – Київ: Лібра, 2006 – 720 с.
3. Рибальченко В.В., Коновал В.П., Хом'як М.Є., Шевченко Г.І. Матеріалознавство виробів легкої промисловості: Підручник. – К: КНУТД, 2008 р. – 320 с.
4. Е.Є. Касьян. Основи технології шкіри та хутра: Навчальний посібник. – К.: КНУТД, 2001 – 252с.
5. Коновал В.П., Рибальченко В.В., Хом'як М.Є., Шевченко Г.І. Натуральні та штучні матеріали для взуття. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: КНУТД, 2005 – 218с.
6. Бохонько О.П. Конструювання і виготовлення виробів із хутра та шкіри: навч.посібник /О.П.Бохонько, В.В.Мица, О.В.Ярошук. – Хмельницький: ХНУ, 2017. – 303 с.
7. Гаркавенко С.С. Взуття спеціального призначення з активним впливом на рефлекторні точки ноги : монографія / [С. С. Гаркавенко, О. В. Ковальчук, Н. В. Первая, Н. Д. Пруднікова] ; за заг. ред. С. С. Гаркавенко. – Київ : КНУТД, 2017. – 116 с.
8. Домбровський А.Б. Основи технології виробів. Технологічні процеси: навч. посіб. / А.Б. Домбровський, Г.Є. Лобанова, О.А. Михайловська, І.Т. Солтик. – Хмельницький : ХНУ, 2019. – 122 с.
9. Бегняк В.І. Основи конструювання і проектування виробів із шкіри /Навчальний посібник. - Хмельницький: ТУП, 2002. - 259 с.
10. Олійникова В.В. Основи технології виробів зі шкіри / В.В. Олійникова. – К.: КНУТД, 2006. – 121с.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

11. Омельченко Н.М., Коновал В.П. Класифікація виробів із шкіри. Підручник. — К.: КНУТД, — 2001, — 203 с.
12. Олійникова В.В, Біленко Н.Я., Свістунова Л.Т. Довідник-каталог взуттєвика. - Київ., КНУТД, 2000, 369 с.
13. Орловський Б. В. Технологічне обладнання галузі: навч. посіб. / Б. В. Орловський, Н. С. Абрінова. – К.: КНУТД, 2013. – 285 с.
14. Щербань В.Ю. Ресурсоощадні технології виробництва текстилю, одягу та взуття. Т. 2 : Підвищення надійності ресурсоощадних виробництв текстилю, одягу і взуття на основі новітніх технологій та системного управління : монографія : в 2 т. [Текст] / [В. Ю. Щербань, Б. Ф. Піпа, В. В. Чабан, Ю. Ю. Щербань, В. В. Каплун, В. Г. Здоренко, О. К. Червонюк, О. Ю. Чубукова]. — К. : КНУТД, 2016. — 372 с.
15. Гайдамака А.В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. – Харків : НТУ «ХП», 2020. – 275 с.
16. Деталі машин : підручник / [Міняйло А.В., Тіщенко Л.М., Мазоренко Д.І. та ін.]. – К. : Агроосвіта, 2013. – 448 с.
17. Мерхель І.І. Деталі машин. Навчальний посібник. – К.: Алерта, 2005. – 368с.
18. Хомик Н.І. Деталі машин: курс лекцій / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш, О.П. Цьонь. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. – 160с.
19. Карнаух, С.Г. Деталі машин : курс лекцій для студентів технічних спеціальностей / С.Г. Карнаух, М.Г. Таровик. – Краматорськ : ДДМА, 2017. – 26с.
20. Електродвигун 0,08 кВт 2760 об/хв тип АОЛ-011-4 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://prom.ua/ua/p1233448655-elektrodvigatel-008-kvt.html?utm_source=google_product&utm_medium=cpc&utm_content=pla&utm_campaign=КТ_cpc_1_5297199152&gad_source=1&gad_campaignid=20983226771&g

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк. 66
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

braid=0AAAAADBxJSVbhPUgMLj97JMH9hX4I1GVz&gclid=Cj0KCQjwoZbBBhDCARIsAOqMEZUJK5sk73ulV7qqNtQi0rVHxmlcJOxVVRPtrBsQCVNgCo0jwuPlIU0aAjKEEALw_wcB.

21. Лампа розжарення Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://epicentrk.ua/ua/shop/mplc-lampa-rozzharennya-berner-ba-15s-24-v-21-w-181650-1ec5d727-5306-68b6-83cd-a97b0669154f.html>.

22. Методичні вказівки з практичних занять розрахунки енергетичних та кінематичних співвідношень у механічних передачах з застосування ПЕОМ / Укл.: Невдаха Ю.А., Пирогов В.В., Невдаха Н.А., Шматько С.І. – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. – 43 с.

23. Деталі машин і основи конструювання : конспект лекцій / укладач В. В. Стрелец. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 150 с.

24. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.

25. Довідник сільського електрика - Електричні двигуни Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://forca.com.ua/knigi/rizne/dovidnik-silskogo-elektrika/Page-9.html>.

ДОДАТОК А

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		