

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

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

### Розробка стенду для дослідження процесу встановлення металевих люверсів у виробках легкої промисловості

Назва теми

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Шифр, назва

Спеціальність 131 «Галузеве машинобудування»

Шифр, назва

Освітня програма «Машини і апарати легкої промисловості»

Шифр МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 2 курсу  
група МБм-22-1



Підпис

Туз А.В.  
Ініціали, прізвище

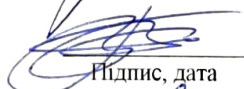
Керівник



Підпис, дата

проф. Драпак Г.М.  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер



Підпис, дата

доц. Тимошук О.Г.  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри МАЕЕС



Підпис, дата

проф. Поліщук О.С.  
Ініціали, прізвище

11 12 2023 р.

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту і архітектури  
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем  
Освітній рівень магістр  
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»  
Шифр і назва  
Спеціальність 131 «Галузеве машинобудування»  
Шифр і назва  
Освітня програма «Машини і апарати легкої промисловості»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

д.т.н., проф. Поліщук О.С.

22 . [підпис] . 2023р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Туз Андрій Валерійович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка стенду для дослідження процесу встановлення металевих люверсів у виробках легкої промисловості

керівник роботи к.т.н., проф. Драпак Г.М.

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

Затверджено наказом ректора університету від 15 08 2023 р. № 30

2. Строк подання студентом роботи на кафедру \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Технічні характеристики обладнання аналогів, металевої фурнітури, швейних та взуттєвих матеріалів.

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

Вступ. 1. Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень з тематики магістерської роботи. 2. Аналітичне дослідження процесу встановлення металевих люверсів на пресовому обладнанні. 3. Експериментальне дослідження процесу встановлення металевих люверсів у виробках легкої промисловості. Висновки. Перелік джерел посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) Аркуш 1. Робочі інструменти для встановлення фурнітури. Документ оглядовий (A1). Аркуш 2. Фізична модель. Результати розрахунків (A1). Аркуш 3. Математична модель. Результати розрахунків (A1). Аркуш 4. Вузол матрицетримача (A2)+Пуансон і матриця (A2). Деталювання. Аркуш 5. Стенд. Документ ілюстраційний (A1). Аркуш 6. Робочі інструменти. Документ оглядовий (A1). Аркуш 7. Процес встановлення фурнітури. Документ технологічний (A1). Аркуш 8. Блок-діаграма. Документ ілюстраційний (A2)+Встановлення металевої фурнітури. Документ

ілюстраційний (А2). Аркуш 9. Результати експериментальних досліджень  
Документ дослідницький (А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

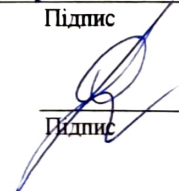
Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень з тематики магістерської роботи	до 30.10.22р.	
2. Аналітичне дослідження процесу встановлення металевих люверсів на пресовому обладнанні	до 10.11.22р.	
3. Експериментальне дослідження процесу встановлення металевих люверсів у виробках легкої промисловості	до 20.11.22р.	
4. Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	до 12.12.22р.	

Студент

  
Підпис

А.В. Туз  
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

  
Підпис

Г.М. Драпак  
Ініціали, прізвище

# АНОТАЦІЯ

до магістерської роботи студента  
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

1. Прізвище, ім'я та по батькові Туз Андрій Валерійович

2. Тема магістерської роботи Розробка стенду для дослідження процесу встановлення металевих люверсів у виробках легкої промисловості

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента Яворська О. М.  
к. т. н., доцент кафедри ТК МІВ

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 9 арк., сторінок записки 91

5. Головною метою магістерської дисертації є створення пневматичного преса для монтажу металевої фурнітури у продукцію легкої промисловості. Основна задача пристрою - збільшити продуктивність праці та покращити якість процесу монтажу металевих елементів. Розроблений прес економічний у виробництві та використанні, а також надійний у роботі. Створено та зроблено інструменти для монтажу металевої фурнітури в продукцію легкої промисловості. Виконано експериментальне дослідження процесу встановлення металевих люверсів у продукцію легкої промисловості з використанням розроблених інструментів. В першому розділі проведено огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень з тематики магістерської роботи. В другому здійснюється аналітичне дослідження процесу встановлення металевих люверсів на пресовому обладнанні. В третьому розділі проводиться експериментальне дослідження процесу встановлення металевих люверсів у виробках легкої промисловості.

Підпис студента

" 22 " 12 2023 р.

## РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 2 від " 29 " 12 2023 р.

Оцінка проекту ЕК

Рекомендації ЕК

забрав 4,5/В  
роботу рекомендувати  
до виробництва у навчальній  
процесі




Особливі відмітки

Технічний секретар

" 29 " 12 2023 р.

## ЗМІСТ

		стор.
	Вступ.....	6
1	Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень з тематики магістерської роботи.....	9
1.1	Місце легкої промисловості в структурі промисловості та народного господарства України.....	9
1.2	Загальні відомості про технологічну операцію встановлення металевої фурнітури у виробі легкої промисловості.....	10
1.3	Огляд існуючих конструкцій пресів для встановлення металевої фурнітури.....	21
1.4	Огляд існуючих конструкцій робочих інструментів для встановлення металевої фурнітури.....	24
1.5	Існуючі математичні моделі для опису процесу встановлення металевої фурнітури у виробі легкої промисловості.....	29
1.6	Висновки до розділу.....	39
2	Аналітичне дослідження процесу встановлення металевих люверсів на пресовому обладнанні.....	41
2.1	Загальні відомості.....	41
2.2	Фізична модель процесу встановлення металевої фурнітури на пресовому обладнанні.....	43
2.3	Математична модель процесу встановлення металевої фурнітури на пресовому обладнанні.....	45
2.4	Висновки до розділу.....	49
3	Експериментальне дослідження процесу встановлення металевих люверсів у виробі легкої промисловості.....	50

<b>МРМА23.00.00.000 ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Виконав		Гуз		
Перевір.		Драмак		
Н контр		Тимощук		
Затвер.		Поліщук		
Розробка стенду для дослідження процесу встановлення металевих люверсів у виробі легкої промисловості				
		Літера	Аркуш	Аркушів
			4	92
ХНУ гр.МБм-22-1				

3.1	Розробка конструкції робочих інструментів.....	50
3.2	Розробка стенду для дослідження процесу встановлення металевих люверсів.....	60
3.3	Підбір реєструючої апаратури для проведення експерименту.....	74
3.4	Результати експериментальних досліджень.....	84
3.5	Висновки до розділу.....	88
	Висновки.....	89
	Перелік посилань.....	90
	Додатки	

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

У недавні роки якість та різноманітність одягу, взуття та шкіргалантереї, вироблених в Україні, значно покращилися, завдяки дотриманню ряду стандартів. Металева фурнітура вирішально впливає на довговічність і безпеку продукції легкої промисловості, але при використанні неякісної фурнітури термін служби виробів може скоротитися до декількох днів. В Україні майже немає підприємств, що виробляють фурнітуру, більшість існуючих перетворені на малі майстерні або закриті, що веде до дефіциту фурнітури і інструментів для її встановлення на ринку, таких як пробійники, пуансони та матриці.

Якість фурнітури і відповідних інструментів безпосередньо впливає на дефекти готових виробів. Одним із ключових аспектів якості є точність пробивання отворів для металевої фурнітури. Підприємства, що виготовляють одяг, взуття та шкіргалантерейні вироби, стикаються з проблемою формування отворів для металевої фурнітури, що здійснюється за допомогою фізичних і механічних методів, таких як свердління, вирубування пробійником або пропалювання паяльником.

Перед встановленням люверсу необхідно пробити отвір у матеріалі, тому розробка інструментів, які можуть одночасно виконувати обидві операції, є важливою для підвищення ефективності і якості роботи. Отвори, отримані шляхом свердління, часто мають нерівну поверхню, а пропалювання вимагає додаткової енергії і може призводити до низької якості отвору. Найвища продуктивність досягається при вирубуванні пробійником.

Різні методи вирубування, від ручних до механічних, часто призводять до травм на виробництві та зниження якості продукції. Вони також сповільнюють виробничий процес, спричиняючи витрати енергії, брак матеріалів та зниження продуктивності та ефективності роботи.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Головною метою цієї магістерської дисертації є створення пневматичного преса для монтажу металевої фурнітури у продукцію легкої промисловості. Основна задача пристрою - збільшити продуктивність праці та покращити якість процесу монтажу металевих елементів. Прес повинен бути економічним у виробництві та використанні, а також надійним у роботі.

Для реалізації цих цілей були виконані наступні завдання:

- аналіз патентної інформації та технічної літератури, що стосується робочих інструментів, металевої фурнітури та методів її монтажу;
- розробка дизайну робочих інструментів для монтажу металевих люверсів;
- створення математичної моделі процесу монтажу металевої фурнітури з використанням розроблених інструментів;
- проведення експериментальних досліджень для вимірювання зусилля, тиску та переміщення робочих інструментів під час монтажу металевої фурнітури на різні види матеріалів, використовуючи програмне середовище LabVIEW.

Задачі, визначені в цій роботі, розв'язуються за допомогою передових математичних підходів, які включають в себе традиційні принципи теорії механіки та фізики. Це також передбачає проведення експериментальних досліджень та комп'ютерне моделювання для аналізу процесів.

Створено та зроблено інструменти для монтажу металевої фурнітури в продукцію легкої промисловості;

Виконано експериментальне дослідження процесу встановлення металевих люверсів у продукцію легкої промисловості з використанням розроблених інструментів.

Суть розробки полягає в можливості застосування створених робочих інструментів не тільки на підприємствах легкої промисловості, але й в освітній сфері, зокрема на кафедрі машин та апаратів, електромеханічних та енергетичних систем. Ці інструменти можуть бути використані для підготовки

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

студентів спеціальності «Галузеве машинобудування» під час лабораторних робіт з дисципліни «Механічна технологія та обладнання підприємств».

Ключові тези та результати цього дослідження були представлені, обговорені на науковій конференції студентів кафедри машин та апаратів, електромеханічних та енергетичних систем, яка відбулася в Хмельницькому у 2023 році та опубліковані в Збірнику наукових праць «Технічна творчість» №7 2023 року.

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ З ТЕМАТИКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

## 1.1 Місце легкої промисловості в структурі промисловості та народного господарства України

Легка промисловість України представляє собою різногалузевий комплекс, який на зламі тисячоліть включав 25 підгалузей і забезпечував більше 500 тисяч робочих місць. У 1990 році вартість її продукції оцінювалась у 15 мільярдів доларів, що становило понад 10% від усієї промислової продукції країни і майже п'яту частину державних доходів.

Проте, через економічні перипетії, галузь зазнала значної кризи: виробництво скоротилося у 5-10 разів, її частка в промисловому виробництві впала до 1,6%, а в бюджетних надходженнях - до 0,8%, при цьому було втрачено понад 250 тисяч робочих місць. Проте в останні три роки галузь показала одні з найвищих темпів зростання серед інших галузей промисловості, досягнувши у 2014 році 123,7%, у 2015 році - 155,5%, а у 2016 році - 113,7%, що призвело до зміцнення позицій вітчизняних товарів на внутрішньому ринку.

Значне зменшення імпорту товарів легкої промисловості в країні досягнуто завдяки скасуванню ПДВ (20%) та ввізного мита (15-25%). Легка промисловість, яка займає провідне місце серед галузей, що виробляють товари народного споживання, включає 25 підгалузей і понад 600 підприємств і організацій. У 2015 році обсяги виробництва в галузі становили лише 25% від показників попереднього року, зокрема виробництво тканин - 7,4%, взуття - 4,5%, трикотажу - 2%. Це було зумовлено рядом причин, серед яких порушення кооперативних зв'язків, вразливість внутрішнього споживчого ринку та низька купівельна спроможність населення.

Легка промисловість України, що включає текстильну, швейну, шкіряну, взуттєву, хутрову галузі, трикотажне виробництво та інші, орієнтує свої

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підприємства на потреби споживача, наявність трудових ресурсів та сировини. Загальний обсяг виробництва галузі становить 11,6%. В 2015 році до її складу належали 868 підприємств, що займалися переробкою льону, конопель, вовни, виробництвом різних видів тканин, нетканих матеріалів, текстильної галантереї, трикотажу, швейних виробів, виготовленням натуральних та штучних шкір, хутрових виробів та взуття.

Однак, легка промисловість також зіткнулася зі спадом виробництва, спричиненим економічною кризою, відсутністю ринків збуту, застарілими технологіями та недостатніми інвестиціями.

## 1.2 Загальні відомості про технологічну операцію встановлення металевої фурнітури у виробі легкої промисловості

Сьогодні існує розмаїття металевих швейних і взуттєвих фурнітурних елементів, таких як блочки для взуття, кнопки, хольнітени, люверси, гачки для взуття тощо, які об'єднані під загальною назвою "металева фурнітура". Їх монтаж зазвичай потребує спеціалізованого обладнання з реципрокуючим рухом, і вони встановлюються в продукцію за допомогою розклепування та розвальцьовування. Ця фурнітура широко застосовується для прикраси та підвищення функціональності виробів, таких як одяг, взуття, шкіргалантерея, тентові покриття, палатки тощо.

У сучасному світі люверси визначаються як засоби механічного посилення отворів у тонких матеріалах, таких як тканини, папір, картон, шкіра, пінокартон, ДВП та інші, де міцність матеріалу менша за міцність троса. Люверси також часто використовуються як декоративний елемент. Існують два типи люверсів: металеві та пластикові, останні призначені для більш тонких та делікатних матеріалів.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У наукових роботах [1], [2] наведено огляд металевої швейної та взуттєвої фурнітури для монтажу в продукцію легкої промисловості. Детальний вигляд люверса та його креслення представлені на рисунку 1.

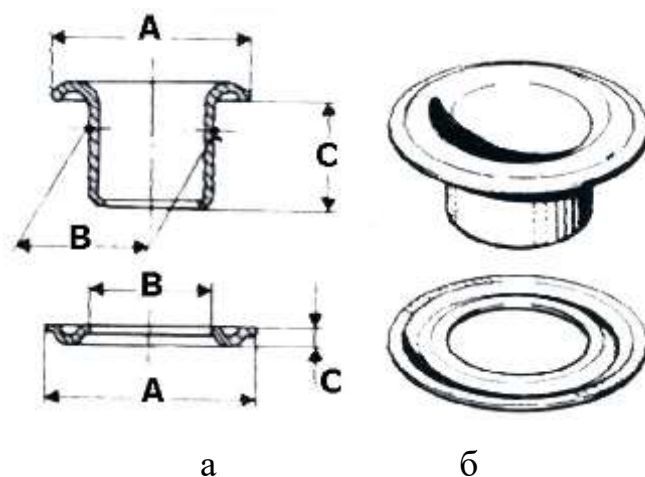


Рисунок 1 - Креслення люверса (а) і його загальний вигляд (б)

Ідеальна форма люверсів представлена на рисунку 2.



Рисунок 2 - Люверс ідеальної форми

У більшості випадків (99%) металеві люверси складаються з блочки та кільця. Менш поширені так звані кільця Пікколо (люверси діаметром до 4-5 мм), які представляють собою блочку, формовану у вигляді тонкої трубочки, що при розвальцьовуванні перетворюється на кільце певного розміру. Ці люверси знаходять широке застосування в оформленні поліграфічної продукції після друку.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

В аналізі металевих люверсів можна виокремити кілька ключових характеристик:

- зовнішній діаметр шляпки (А);
- діаметр отвору (В);
- висота (або глибина) витяжки блочки (С);
- профіль формування шляпки і кільця.

Є чітка залежність: чим більший номер люверса, тим він дорожчий і має більші зовнішні розміри, а також потребує більше зусиль для розвальцювання і витримує більші навантаження. Це дозволяє протягувати через отвір товстіші троси або мотузки.

Люверси бувають різних форм, як показано на рисунку 3:

- круглої;
- овальної форми.



Рисунок 3 - Люверси овальної форми

Круглі люверси вигідні завдяки своїй здатності адаптуватися до зміни векторів навантаження, наприклад, коли вітер діє на матеріал з різних сторін. Вони визначають чітке положення тросу і є простішими у виготовленні. Інструменти для роботи з круглими люверсами є дешевшими та ширше доступними.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Овальні люверси підходять для ситуацій, де вектор навантаження відомий і його відхилення мінімальні. При цьому довга сторона люверса розташовується перпендикулярно до вектору навантаження. Овальні люверси забезпечують можливість зсуву тросу відносно матеріалу і підходять для структур, що допускають деформацію та зсуви, як у випадку з тентовими конструкціями вантажних автомобілів.

Щодо матеріалів і покриття металевих люверсів, вони відрізняються за типами матеріалів та способами обробки:

Люверси з нержавіючої сталі, які не мають покриття і можуть поліруватися, є найбільш довговічними і стійкими до зовнішніх впливів, але водночас є найбільш вартісними.

Латунні люверси, які не покриті, але мають хімічну пасивацію, відрізняються насиченим жовтим кольором і зручністю у встановленні, що робить їх ідеальними для оформлення інтер'єрів.

Сталеві люверси з гальванічним покриттям є більш доступними, проте мають меншу стійкість до корозії порівняно з нержавіючими люверсами.

Нержавіючі люверси є найдорожчими через високу вартість матеріалу та складності обробки, що призводить до меншого попиту та обмеженої пропозиції на ринку. Латунні люверси, з іншого боку, вимагають менших зусиль при встановленні, що робить їх зручними для використання з ручним обладнанням (рис.4).



Рисунок 4 - Люверси із нержавіючої сталі

Латунні люверси мають кілька недоліків:

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Хімічна нестійкість: з часом латунні люверси можуть темніти і покриватися зеленуватим нальотом. Це особливо важливо, коли вони використовуються надворі, особливо у комбінації з оцинкованим сталевим тросом, що може прискорити окислення.

Обмежена міцність: латунні люверси не призначені для великих навантажень.

Вартість. Латунь дорожча за оцинковану сталь у 3-5 разів.

Для збільшення стійкості латунних люверсів до атмосферних впливів, вони іноді піддаються хімічній пасивації, надаючи їм світло-золотий відтінок і знижуючи хімічну активність. Втім, пасивний шар може пошкоджуватися при механічному напруженні під час розвальцьовування, що веде до корозії (рис.6).



Рисунок 5 - Латунний люверс

Сталеві люверси, зазвичай, покриті гальванічним цинком, який легко відрізнити за неоднорідностями поверхні та тьмяним відтінком, як видно на фотографії. Поцинкування є недорогим і ефективним способом захисту від корозії. Відтінки покриття варіюються залежно від виробника. Цинк як м'який метал розтікається по поверхні під час розвальцьовування, що забезпечує надійний захист від корозії. Неякісно оцинковані люверси, які можна зустріти на рекламних банерах, часто іржавіють.

Для досягнення кращого зовнішнього вигляду з мінімальними витратами може застосовуватися нікелювання (рис.6). Такі люверси відрізняються блискучою поверхнею, але мають нижчу стійкість до корозії та вищу ціну, їх часто використовують для інтер'єрних рішень.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 6 - Люверс нікельований

Нікелеве покриття, через свою пористу структуру, не є найкращим захисником від корозії. Для покращення цієї властивості нікель наноситься багат шарово або на шар міді. Це, разом з використанням дорожчих хімікатів і додаткових технологічних операцій, підвищує вартість нікелевих люверсів на 30-50% порівняно з оцинкованими.

Нікелеві люверси часто використовуються в інтер'єрах, але їх можна знайти і в зовнішніх умовах. У місцях з високою вологістю, як у саунах чи аквапарках, навіть сталеві люверси в інтер'єрі мають бути корозійно-стійкими.

Обміднення сталевих люверсів є економічним способом досягнення світло-жовтого латунного відтінку, хоча такі люверси менш стійкі до корозії, ніж оцинковані. Попри це, вони естетично привабливіші. Вартість обміднених і оцинкованих люверсів майже однакова, але знайти обміднені люверси на ринку складно через обмежену пропозицію.

Існують інші методи декоративного оздоблення люверсів, як-от лакування, фарбування чи напилення.

Виготовлення люверсів є складним процесом, оскільки готовий продукт має відповідати ряду вимог:

- гостра, міцна і без дефектів ріжуча кромка;
- точна геометрія блочки;
- здатність правильно розвальцьовуватися.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Якість люверсів залежить від правильного вибору металу і якісного, багатоетапного штампування. Не всі виробники дотримуються цих стандартів. Наприклад, при штампуванні з оцинкованої стрічки, процес порушує цинкове покриття, що негативно впливає на корозійну стійкість.

Точність виготовлення отворів для люверсів залежить від оптимальних параметрів леза пробійника та властивостей матеріалів і обладнання, що використовується для їх створення.

Більшість підприємств, які займаються пошиттям одягу, виготовленням взуття та шкіргалантерейних виробів, стикаються з викликом створення отворів для установки металевої фурнітури. Сучасні методи отримання таких отворів включають контактні способи, такі як:

- вирубка за допомогою пробійника;
- свердління спеціальними свердлами;
- пропалювання за допомогою жала паяльника.

Свердління вимагає використання спеціалізованих інструментів і часто призводить до нерівних країв отвору. Пропалювання зажадає додаткових витрат електроенергії та може призвести до низької якості отвору. Найбільш продуктивним є вирубування за допомогою пробійника. Методи вирубки варіюються від ручних (удар молотком) до використання спеціалізованих механічних пристроїв, що може спричинити травми на робочому місці та зниження якості продукції.

Сьогодні наявні різноманітні способи установки люверсів, але їх можна оптимізувати чи замінити на один ефективніший метод. Традиційно для установки люверса спочатку потрібно виготовити отвір у матеріалі, а потім розклепати саму фурнітуру. Проте існують способи, які дозволяють здійснити цю операцію одним дією.

При цьому методі установки блячка і шайба люверса розміщуються з різних боків матеріалу між матрицею та пуансоном. Процес створення отворів починається, коли пуансон опускається, натискаючи матеріал до гострих

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

країв втулки блочки. Повне пробивання отвору відбувається, коли пуансон проходить через отвір у шайбі і втулці блочки. Під час цієї операції торець втулки блочки розвальцьовується, щільно притискаючи краї отвору до шайби, забезпечуючи міцне з'єднання.

У виробничих умовах для традиційного методу встановлення металевої фурнітури спочатку необхідно виготовити отвір в матеріалі. Це стосується блочок, люверсів, кнопок, але не трикотажних кнопок.

На сьогоднішній день є кілька методів закріплення металевої фурнітури у виробках:

- ручне встановлення фурнітури у вже готовий отвір, застосовуючи розклепування чи розвальцьовування;
- одночасне пробивання отвору і встановлення фурнітури за допомогою пресового обладнання та відповідних інструментів - матриці та пуансона;
- встановлення фурнітури без попереднього пробивання отвору, де закріплення відбувається розклепуванням чи розвальцьовуванням.

Наприклад, трикотажні кнопки з зубчиками, які вплітаються між нитками, дозволяють встановити їх без пошкодження матеріалу.

Методи встановлення металевої фурнітури залежать від її типу. Наприклад, хольнітени з двох частин встановлюють розклепуванням, заклепку розміщують з внутрішнього боку, а головку хольнітену - з зовнішнього, після чого їх ретельно з'єднують. Циліндричну порожнисту фурнітуру, як блочки та люверси, також встановлюють розклепуванням. Блочку ставлять у отвір з зовнішньої сторони, надівають шайбу і після цього розвальцьовують. Правильне розвальцьовування втулки блочки без надривів забезпечує міцне стискання між шайбою і блочкою.

Перша методика установки металевої фурнітури вимагає створення отвору в матеріалі заздалегідь, у точці, де буде розміщена фурнітура.

Створення отворів - це процес, що включає видалення частини матеріалу по замкненому контуру для формування отвору у заготівлі. Пробивання

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отворів під фурнітуру може здійснюватися за допомогою різних ручних інструментів, таких як дираколи, пробійники, матриці, або за допомогою пресових машин з належним технологічним оснащенням, таким як пуансон-пробійник. Різні види і розміри фурнітури вимагають застосування відповідних інструментів або обладнання відповідного діаметру.

Ручні інструменти можуть бути оснащені спеціальними насадками для різних розмірів фурнітури або використовуватися для одного певного розміру. Такі інструменти часто використовуються для роботи з щільними тканинами та матеріалами, такими як натуральна або штучна шкіра. Таким чином, перша техніка установки металевої фурнітури включає створення отвору в матеріалі на місці майбутнього розташування фурнітури.

Пробивання отворів - це процедура, що включає повне видалення частини матеріалу уздовж замкненої лінії для створення отвору у заготівлі. Виконувати пробивання отворів для металевої фурнітури можна за допомогою ручних інструментів, таких як дираколи, пробійники і матриці, або з використанням пресів та спеціалізованого технологічного обладнання, наприклад, пуансона-пробійника. Залежно від типу та розміру фурнітури використовуються відповідні ручні інструменти або технологічне устаткування необхідного діаметру.

Ручні інструменти можуть бути оснащені змінними насадками для різних розмірів фурнітури або використовуватися тільки для певного діаметру. Такі інструменти зазвичай застосовуються для створення отворів у щільних тканинах та матеріалах, як-от шкіра чи шкірзамінник.

Процес встановлення металевої фурнітури за цим методом включає наступні етапи: спочатку за допомогою ручного інструменту або преса з пуансоном-пробійником пробивають отвір потрібного діаметру в матеріалі в місці майбутнього закріплення фурнітури. Далі в отвір встановлюють металеву фурнітуру вручну або за допомогою устаткування. Матеріал з фурнітурою розміщують на матриці, а пуансон розташовують точно над фурнітурою. По-

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

тім за допомогою молотка або преса проводиться процес встановлення фурнітури та її закріплення у матеріалі шляхом розвальцьовування або розклепування.

Аналіз існуючих методів пробивання отворів у заготовках або деталях для установки металевої фурнітури веде до таких висновків:

При пробиванні отвору важливо враховувати не тільки внутрішній діаметр фурнітури, але й характеристики самого матеріалу. Для щільних матеріалів, як-от натуральна або штучна шкіра, міцні тканини, рекомендується пробивати отвір, розмір якого відповідає внутрішньому діаметру фурнітури.

Для еластичних матеріалів, таких як трикотаж, краще пробивати отвір трохи меншого діаметра, ніж внутрішній діаметр фурнітури.

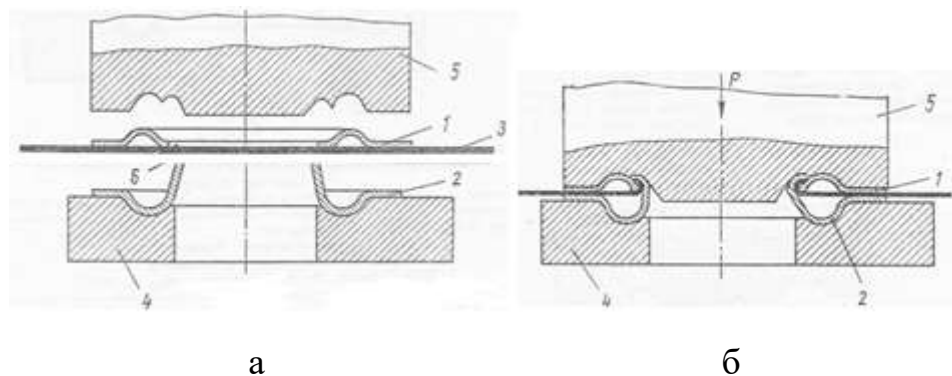
Не рекомендується встановлювати металеву фурнітуру великого діаметра на тонкі або неміцні тканини, оскільки вони можуть порватися або розтягнутися. Щоб уникнути цього, місце встановлення фурнітури можна укріпити вставкою з щільнішого матеріалу або використовувати спеціальні пластикові кільця-прокладки.

Що стосується другого способу встановлення, він застосовується для металевої фурнітури з циліндричною порожнистою формою та гострою ріжучою кромкою. Така фурнітура, як спеціальні блочки та люверси, здобула популярність у поліграфічній і рекламній галузях для зміцнення отворів у різних матеріалах, включаючи картон, пластик, банери, розтяжки тощо. На нашу думку, ці люверси та блочки з гострою кромкою підходять для використання в швейній, взуттєвій та шкіргалантерейній промисловості, переважно для щільних матеріалів, таких як різні види шкіри, шкірзамінників та текстилю. Проте, метод має обмеження при використанні на високоеластичних синтетичних матеріалах. Якщо кромка люверса недостатньо гостра, матеріал може витягуватися і потрапляти в зазор між люверсом та шайбою під час розвальцьовування, що ускладнює якісне встановлення.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Люверси складаються з блочки та шайби (або кільця), які разом створюють більш міцне з'єднання. Під час установки шайба 1 і блочка 2 розташовуються по різні боки матеріалу 3, між матрицею 4 та пуансоном 5 (рисунок 7, а).

Процес створення отвору починається, коли пуансон натискає матеріал до гострих країв втулки блочки, ініціюючи підрізання контурів отвору. Повне пробивання отвору відбувається, коли пуансон 5 проходить через отвір у шайбі та втулці блочки 2. В процесі розвальцьовування торець блочки стискає краї утвореного отвору б до шайби 1, що забезпечує міцність та щільність з'єднання (рисунок 7, б).



а – положення складових частин металевго люверса і деталі виробу на початку виконання технологічної операції, б - положення складових частин металевго люверса і деталі виробу в закріпленому стані;

Р - прикладене зусилля до пуансона

Рисунок 7 - Спосіб пробивання отвору в матеріалі з одночасним закріплення металевго люверса

Третій метод установки використовується для фурнітури, яка не вимагає пробивання отворів у матеріалі, як-от трикотажні кнопки, що складаються з чотирьох частин. При установці одна з частин кнопки зі спеціальними зубчиками (зазвичай їх буває п'ять) встановлюється в матеріал. Зубчики дозволяють проникнути крізь матеріал, не руйнуючи ниткові переплетення або

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

волокна. Потім матеріал з кнопкою розміщують на матриці, зверху кладуть відповідну частину кнопки, і пуансон опускається для закріплення кнопки. Аналогічно встановлюються інші частини кнопки.

### 1.3 Огляд існуючих конструкцій пресів для встановлення металевої фурнітури

Устаткування для встановлення фурнітури, що виконує пресувальну та ударну дію з реципрокуючим рухом, найчастіше включає механічні, електромеханічні та пневматичні приводи.

На даний час механічне обладнання з пресувальною дією переважно використовується в малих швейних виробництвах та в ремонтних майстернях для установки різних видів фурнітури.

Серед переваг такого обладнання можна виділити:

- незалежність від електричної мережі;
- тиху роботу;
- компактність, малі розміри та вага.

Основні недоліки включають:

- обмеження щодо сили, яку може створити;
- потенційна втома оператора при тривалому використанні;
- залежність плавності руху та продуктивності від навичок працівника.

Приклад механічного преса для встановлення швейної металевої фурнітури представлено на рисунку 8.

Електромеханічні приводи мають вищий ККД порівняно з пневматичними, а також легкість у керуванні та гнучкість, дозволяючи вирішувати різноманітні технічні та технологічні задачі. Однак, серед недоліків можна відзначити:

- складність кінематичних ланок з багатьма проміжними елементами;
- потреба в регулярному змащенні;

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- низькі енергетичні показники та швидкий знос через роботу двигуна зі змінним навантаженням.

Приклад електромеханічної машини для встановлення взуттєвих блочок представлено на рисунку 9.



Рисунок 8 - Ручний механічний прес для встановлення металевої фурнітури



Рисунок 9 - Електромеханічна машина ВБ-2 для встановлення взуттєвих блочок

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Пневматичні приводи часто застосовуються в машинах, яким потрібні невеликі технологічні зусилля в робочих частинах, оскільки вони мають обмежені силові характеристики.

Головні переваги пневматичного приводу включають:

- тривалий термін служби та високу надійність;
- швидке реагування;
- простота та економічність, що забезпечуються завдяки одноканальній системі подачі повітря.

На рисунках 10 та 11 демонструються популярні конструкції ручних пресів, призначених для встановлення металевих люверсів.



Рисунок 10 - Ручний прес для встановлення металеві фурнітури



Рисунок 11 - Ручний прес для встановлення металеві фурнітури з механічним ударом

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Одним з основних недоліків пневматичного приводу є ризик ударних навантажень, що можуть виникати через здатність повітря накопичувати енергію під час стискання, яка потім може перетворюватися в кінетичну енергію рухомих частин. Ця проблема вимагає використання додаткових спеціальних пристроїв для забезпечення плавності та точності руху робочих елементів машини.

#### 1.4 Огляд існуючих конструкцій робочих інструментів для встановлення металевої фурнітури

Пуансони та матриці є ключовими компонентами інструментів та обладнання, використовуваних для встановлення металевої фурнітури [1]. Вони піддаються значним силовим навантаженням під час роботи, тому виготовляються з високоякісної інструментальної вуглецевої сталі марок У8 та У8А. Ці компоненти проходять процес загартування і відпуску, а також шліфуються і поліруються для покращення якості їх робочих поверхонь (аркуш [МРМА23.00.00.000ДО]).

В даний час різні виробники пропонують різноманітні робочі інструменти для установки металевих люверсів. Ці інструменти відрізняються за такими параметрами:

- геометричними розмірами робочих поверхонь;
- матеріалами, з яких вони виготовлені;
- терміном служби та іншими характеристиками.

Робочі інструменти для встановлення металевої фурнітури можуть бути поділені на дві основні групи:

- насадки для пробивання отворів у матеріалі.
- насадки, що використовуються для закріплення металевих люверсів в матеріалі.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

На рисунку 12 представлені насадки, призначені для пробивання отворів під металеву фурнітуру.



а



б



в

а - 1,5 мм; б - 3 мм; в - 10 мм

Рисунок 12 - Насадки для пробивання отворів в матеріалі під металеву фурнітуру різного діаметру:

На рисунках 13 –23 представлено конструкції різних видів насадок для встановлення металевих люверсів та блочок.

На рисунку 13 приведено насадку для встановлення блочок, що мають діаметр 1,5 мм.



Рисунок 13 - Насадки для встановлення блочок діаметром 1,5 мм

На рисунку 14 представлено насадку для встановлення металевого люверса №17 3мм.



Рисунок 14 - Насадка для встановлення металевого люверса №17 (3мм)

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

На рисунку 15 наведено насадку для встановлення металевого люверса 4мм.



Рисунок 15 - Насадка для встановлення металевого люверса (4мм)

На рисунку 16 представлено насадку для встановлення металевого люверса №5 (8мм).



Рисунок 16 - Насадка для встановлення металевого люверса №5 (8мм)

На рисунку 17 розміщено насадку для встановлення металевого люверса №24 (10мм).



Рисунок 17 - Насадка для встановлення металевого люверса №24  
(10 мм)

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

На рисунку 18 наведено насадку для встановлення металевого люверса №28 (13 мм).



Рисунок 18 - Насадка для встановлення металевого люверса №28  
(13 мм)

На рисунку 19 представлено насадку для встановлення люверса №31 (17 мм).



Рисунок 19 - Насадка для встановлення металевого люверса №31  
(17 мм)

На рисунку 20 зображено насадку для встановлення металевого люверсу №3 (5мм зірочка)



Рисунок 20 - Насадка для встановлення люверсу №3 (5мм зірочка)

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

На рисунку 21 наведено насадку для встановлення металевого люверсу №4 (6мм зірочка)



Рисунок 21 - Насадка для встановлення люверсу №4 (6мм зірочка)

На рисунку 22 представлена насадка для встановлення люверсу №5 (8мм).



Рисунок 22 - Насадка для встановлення люверсу №5 (8мм)

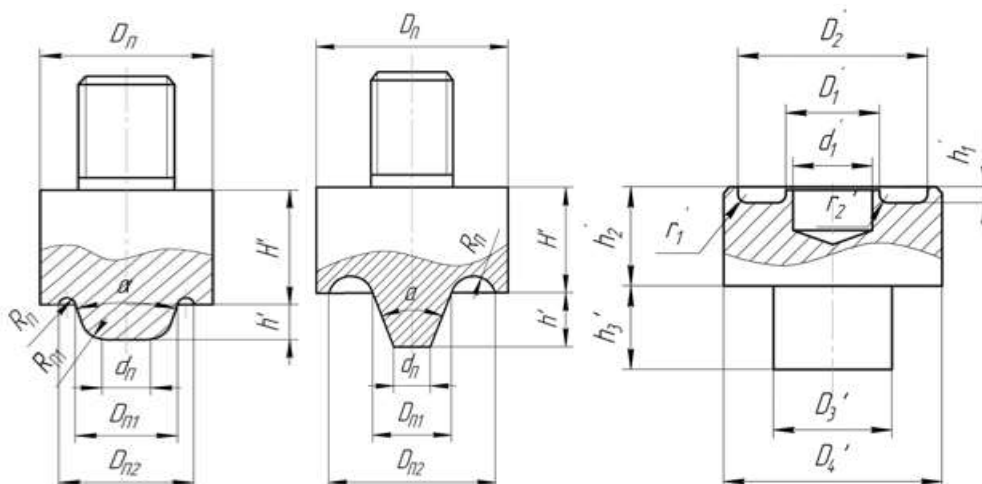
На рисунку 23 зображена насадка для встановлення овального металевого люверса (10 мм).



Рисунок 23 - Насадка для встановлення металевого люверсу овал (10 мм).

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Геометричні параметри пуансонів та матриць із обраних комплектів представлені на рисунку 24.



а, б – пуансони; в – матриця;  $D_{п}$  – діаметр циліндричної частини пуансона;  $d_{п}$  – діаметр торця конічної частини;  $D_{п1}$  – діаметр конічної частини ;  $D_{п2}$  – діаметр тороїдальної частини;  $h$  – висота конічної частини пуансона;  $H$  – висота циліндричної частини;  $\lambda$  – кут конусності пуансона;  $R_{п}$  – радіус тороїдальної ділянки;  $R_{п1}$  – радіус округлення конічної частини;  $D_2$  та  $D_1$  – зовнішній та внутрішній діаметри ділянки для вінчика блочки;  $d_1$  – діаметр отвору матриці;  $D_3$  – діаметр нижньої частини;  $D_4$  – діаметр верхньої частини;  $r_1$  та  $r_2$  – зовнішній та внутрішній радіуси ділянки для вінчика блочки;  $h_1$  – глибина ділянки для вінчика блочки;  $h_2$  – висота верхньої частини матриці;  $h_3$  – висота нижньої частини

Рисунок 24 - Геометричні параметри металевих пуансонів та матриць із обраних комплектів

### 1.5 Існуючі математичні моделі для опису процесу встановлення металевої фурнітури у виробі легкої промисловості

Колючо-ріжучі операції є важливою частиною підготовчих процесів у виробництві швейних і взуттєвих виробів.

Механічне обладнання з робочими інструментами широко використовується у легкій промисловості. Багато механізмів у цій категорії оснащені

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

ріжучими і колючими інструментами, призначеними для виконання відповідних технологічних операцій, які порушують цілісність матеріалу та спричиняють його локальне руйнування. До основних видів таких операцій відносяться:

- проколювання;
- різання;
- вирубування;
- маркування та інші подібні процеси [4].

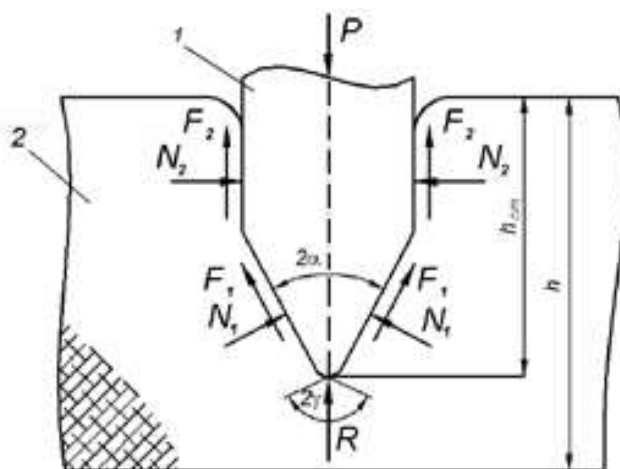


Рисунок 25 - Схема взаємодії леза з матеріалом при виконанні операції вирубування

Процес та характер взаємодії ріжучих і колючих інструментів з матеріалами у швейному та взуттєвому виробництві мають багато спільного, що дозволяє узагальнити дослідження цих процесів для розробки універсальних підходів до моделювання роботи цих інструментів та проектування робочих частин механічних систем. Оскільки спектр використовуваних матеріалів, таких як трикотаж, текстиль, шкіргалантерейні матеріали, є широким і вони мають різні фізико-механічні властивості та структуру, їх врахування є критично важливим при виконанні технологічних операцій.

Високі експлуатаційні вимоги до устаткування визначають його розвиток та необхідність детального вивчення механічних властивостей оброблю-

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

ваних матеріалів. Це включає дослідження особливостей взаємодії робочих частин з еластичними матеріалами, які включають текстиль та схожі матеріали. Такий підхід призводить до розширення спектру спеціалізованого устаткування, орієнтованого на роботу з матеріалами, що мають виражені характеристики, особливо при їх руйнуванні. Руйнування матеріалу є складним багатоетапним процесом з характерними фазами, які є універсальними для всіх матеріалів, що використовуються у швейному та взуттєвому виробництві [1-4]. Проте кожна група матеріалів має свої особливості руйнування, що впливає на проектні параметри робочих частин, враховуючи також те, що взаємодія леза з матеріалом має змінні параметри з ймовірнісним характером оцінки.

Дослідження процесів руйнування технологічних матеріалів у швейному та взуттєвому виробництві для колючо-ріжучих технологічних операцій включають широкий спектр робочих частин технологічних машин та механізмів. Розробка загальних підходів дозволяє визначити процеси руйнування та їх характерні особливості.

Процес руйнування матеріалу робочим інструментом включає декілька фаз, ключовим аспектом яких є силова взаємодія леза з матеріалом та характеристики цього процесу, такі як сила різання та напруження руйнування. Розглянемо цей процес на прикладі вирубування різакром (рис.26). Опис загальної форми леза різакром дозволить адаптувати дослідження до конкретних форм, що є частковими випадками загального дослідження. Ці дослідження також можуть бути застосовані до випадків проколювання та різання матеріалу.

Фази руйнування матеріалу та зусилля вирубування представлені на рисунку 26.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

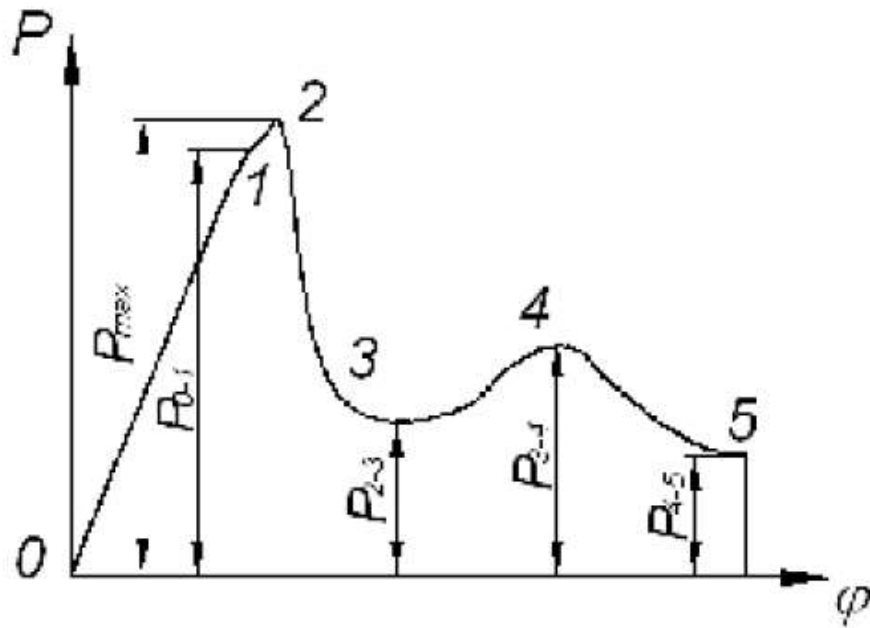


Рисунок 26 - Загальний графік зміни технологічного зусилля

При виконанні операції вирубування лезо різачка стискає матеріал на початковій фазі, що відповідає ділянці 0-1 (рисунок 26).

Величина зусилля, яке діє на вістря визначається:

$$R = E_{ст} \cdot \varepsilon_{ст} \cdot \delta, \quad (1)$$

де  $E_{ст}$  - модуль пружності притискання матеріалу, що залежить від його властивостей;

$\delta$  - ширина ріжучої грані;

$\varepsilon_{ст}$  - деформація матеріалу при стискуванні його лезом різачка.

Ця залежність для матеріалів, які використовуються у швейно-взуттєвому виробництві, є універсальною. Взаємозв'язок між силою стискання та деформацією має нелінійний характер, але для першого наближення можна припустити, що вона наближається до лінійної залежності. Як видно на рисунку 25, кінчик ріжучого леза має закруглення, описуване певним кутом  $2\gamma$  і з часом формує радіус  $r$ .

У випадку використання голки або шила це може бути сферична форма, а у різачка - циліндрична. Для будь-якого загостреного елемента кінчик можна описати у вигляді дуги з певним радіусом. Коли інструмент затупляється, радіус кінцевика збільшується, і якщо він утричі перевищує початковий розмір, інструмент вважається затупленим [10]. Для розрахунків береться ширина ріжучої грані  $\delta = 2r$ .

Під час стискання матеріалу в фазі 1-2 відбувається його безпосереднє руйнування - прорубування або проколювання матеріалу. Лезо різачка проникає у матеріал на глибину  $h_{ст}$ , створюючи на ріжучій грані руйнівне контактне напруження  $s_{кр}$ , що призводить до руйнування матеріалу через входження леза в нього з подальшим стисканням. Ця фаза характеризується максимальним зусиллям, яке діє на різак з боку матеріалу, і досягає найвищого значення в точці 2, як показано на рисунку 26.

Розглядаються сили зажиму  $P_{об}$ , які виникають через розширення матеріалу під дією клиноподібного різачка, та сили опору стискання  $P$ , що викликаються нахиленими гранями леза. Ці сили є проекціями нормальної сили  $N_1$ , як показано на рисунку 25.

На початковій фазі 0-1, коли матеріал ще не розділений різачком, силу  $N_1$  не можна розглядати як силу зажиму, оскільки вона виникає в результаті стискання і деформації матеріалу в вертикальній площині. Сили зажиму на цій фазі не існують, оскільки матеріал ще не розділений. Під час руйнування матеріалу (фаза 1-2), сила зажиму з'являється через дію розділеного матеріалу на лезо. Сили стискання і зажиму розглядаються окремо для розуміння впливу сил на різак у вертикальних і горизонтальних площинах [5].

Поверхневі шари матеріалу піддаються розтягувальним напруженням через стискання лезом, але без його розділення. Зона дії цих напружень у матеріалі порівняно з загальним об'ємом зони стискання є невеликою і знаходиться в поверхневих шарах матеріалу, які контактують з лезом. На цьому етапі не відбувається відносного переміщення леза вздовж його грані віднос-

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

но матеріалу, оскільки матеріал ще не розділений. При розтягуванні лезом поверхневих шарів матеріал відносно леза переміщується нерівномірно, відсутнє переміщення в зоні контакту вістря леза, але з'являється та збільшується уздовж грані. Силу тертя, що виникає при цьому, вважаємо характерною для початкового етапу стискання.

Сили, які діють з боку матеріалу на лезо при попередньому стисканні, визначають таким чином:

$$P = \frac{R}{\delta} + 2 \cdot N_1 \cdot \sin \alpha + 2 \cdot P_p + F_{тр.ст.}, \quad (2)$$

де  $P_p$  - сила дії розтягнутого матеріалу на лезо,

$F_{тр.ст.}$  - сила тертя початкового етапу стискання.

Протягом процесу розділення матеріалу спостерігається зміна сил зажиму і стискання через руйнування матеріалу та релаксацію напружень, які виникли. Розтягування поверхневих шарів матеріалу сприяє швидкій релаксації напружень у стиснутому матеріалі біля контактних зон з гранями леза, що дозволяє знизити ступінь стискання та щільність матеріалу в прилеглих до леза зонах. Розглянемо граничний шар матеріалу 1 (рисунок 27), який в певний момент часу розділяє зони зруйнованого розділеного матеріалу та непошкодженого шару. Під цим граничним шаром на похилій площині різача діють сили стискання, тоді як вище – поєднання сил стискання та зажиму. На вертикальній площині переважають сили зажиму. На основі цього можна визначити дію сили  $P$  на різак.

На цій стадії більшість діючих на лезо елементарних сил з боку матеріалу виявляються так:

$$P = \frac{R}{\delta} + 2 \cdot N_1 \cdot \sin \alpha + 2 \cdot f \cdot N_1 \cdot \cos \alpha + 2 \cdot P_p, \quad (3)$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $f$  – коефіцієнт тертя між матеріалом і різакком.

Вище граничного шару елементарна сила визначається:

$$N_1 = \frac{P_{cm}}{\sin \alpha} + \frac{P_{об}}{\cos \alpha}, \quad (4)$$

$$P_{об} = E_{cm} \cdot \varepsilon_p, \quad (5)$$

де  $\varepsilon_p$  – деформація швейного матеріалу при його розширенні;

$$P_{cm} = E_{cm} \cdot \varepsilon_{cm} \quad (6)$$

Максимальна величина абсолютного стиснення матеріалу при його розширенні визначається як половина ширини різачка за умови його повної нерухомості.

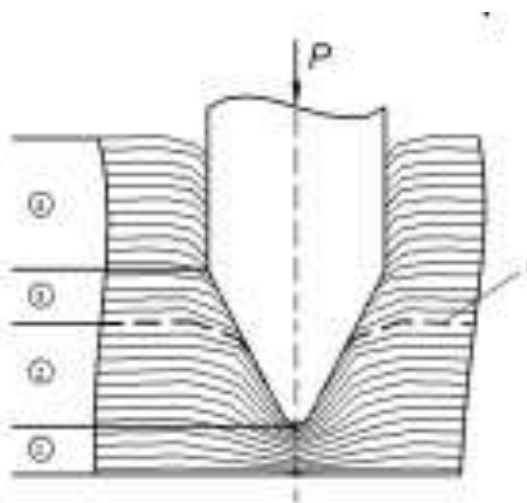
В зоні нижче граничного шару буде:

$$N_1 = \frac{P_{cm}}{\sin \alpha}. \quad (7)$$

Під час швидкого деформування еластично-в'язкого матеріалу виникає значна концентрація напружень навколо ріжучої грані леза різачка. Опір матеріалу до динамічного впливу залежить від швидкості розповсюдження напружень та деформацій у ньому. У еластично-в'язких матеріалах ця швидкість є низькою, тому при високих швидкостях напруження концентруються близько до кінчика леза. Взаємодія леза з матеріалом включає стискання, розтягування та зсув, що спільно впливають на напруження, які безпосередньо викликають руйнування матеріалу. Рух леза зі швидкістю до 0,3 м/с вважається статичним впливом на матеріал, а зі швидкістю понад 0,3 м/с - динамі-

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чним. Схема розподілу шарів матеріалу під час вирубування приведена на рис.27.



- I – граничний шар матеріалу; 1 – зона максимального стискання;  
 2 – зона стискання; 3 – зона дії сил стискання та обтискання;  
 4 – зона дії сил обтискання

Рисунок 27 - Схема розподілу шарів матеріалу при вирубуванні:

При динамічному руйнуванні спостерігається підсилення впливу кількох факторів, що також мають місце при статичному різанні. До цих факторів належать:

- зниження сили сухого тертя;
- підвищення опору матеріалу руху леза;
- значне зменшення кута різання;
- концентрація напружень біля ріжучої грані леза;
- зниження ступеня попереднього стискання матеріалу;
- зменшення деформованого об'єму матеріалу;
- швидше руйнування матеріалу, ніж при статичному різанні;
- покращення чистоти зрізу.

Особливо важливим є значне зниження сили, необхідної для руйнування матеріалу [6]. Концентрація руйнівних напружень біля різальної грані леза призводить до руйнування матеріалу на ранніх стадіях, поряд із зонами попе-

реднього стискання та руйнування, в порівнянні із статичним руйнуванням. Співвідношення впливу різних видів деформації на руйнівне напруження залежить від:

- властивостей матеріалу;
- структури матеріалу;
- форми руйнівного інструменту;
- виду та режиму руйнування;
- змінності в процесі.

Руйнування волокнистих матеріалів здебільшого відбувається через їхнє подовжнє розтягування. Під час руйнування може утворюватися тріщина у матеріалі, яка формується в зоні безпосереднього контакту грані вістря з матеріалом під дією сили тиску різака. Це можна спостерігати під певними умовами руйнування шкіри, картону.

У третій фазі 2-3 лезо розрізає матеріал, і значення сили  $P$  різко знижується.

На четвертій стадії 3-4, коли конічна частина леза проходить через матеріал, розширення конічною частиною леза матеріалу дещо збільшує силу проходження через матеріал.

Таким чином, вплив конічної частини леза на матеріал визначається, а сила  $N_1$  визначається за формулою:

$$P = 2 \cdot N_1 \cdot \sin \alpha + 2 \cdot f \cdot N_1 \cdot \cos \alpha \quad (8)$$

П'ята фаза 4-5 відрізняється певною релаксацією внутрішніх напружень у матеріалі, завершенням процесу розширення зони розділення та проходження вертикальної частини різака чи іншого роздільного робочого органу.

Елементарну силу зажиму розрізаного матеріалу на вертикальну частину різака можна визначити за допомогою наступної методики:

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$N_2 = E_{cm} \cdot \varepsilon_p \quad (9)$$

Сила зажиму при такому виді руйнування, як проколювання, наприклад швейною голкою, може значно нагрівати голку через тертя матеріалу, що в деяких випадках може призвести до плавлення синтетичних матеріалів. Під час розсування розділеного матеріалу розглянемо вплив сил на грань леза, як зображено на рисунку 28.

На цьому рисунку представлено проміжний стан положення грані різачка, де на грань діє елементарна сила  $dN_1$ . Деформацію матеріалу визначимо в горизонтальному та вертикальному напрямках, враховуючи стискання в зоні дії грані леза.

$$\varepsilon_{cv} = \frac{y}{m} \quad (10)$$

де  $m$  – висота робочої грані леза.

Деформація в горизонтальному напрямі визначається за формулою:

$$\varepsilon_{cz} = \frac{x}{n} \quad (11)$$

Елементарна сила стискання по довжині леза  $l$  з врахуванням того що:

$$x = y \operatorname{tg} \alpha .,$$

буде рівною:

$$P_1 = E_c \int_0^n \frac{y}{m} dx = E_c \cdot y \cdot \frac{n}{m} = E_c \cdot y \cdot \operatorname{tg} \alpha . \quad (12)$$

Відповідно елементарна сила обтискання по довжині леза:

$$P_{об.л} = E_c \cdot \frac{x}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (13)$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

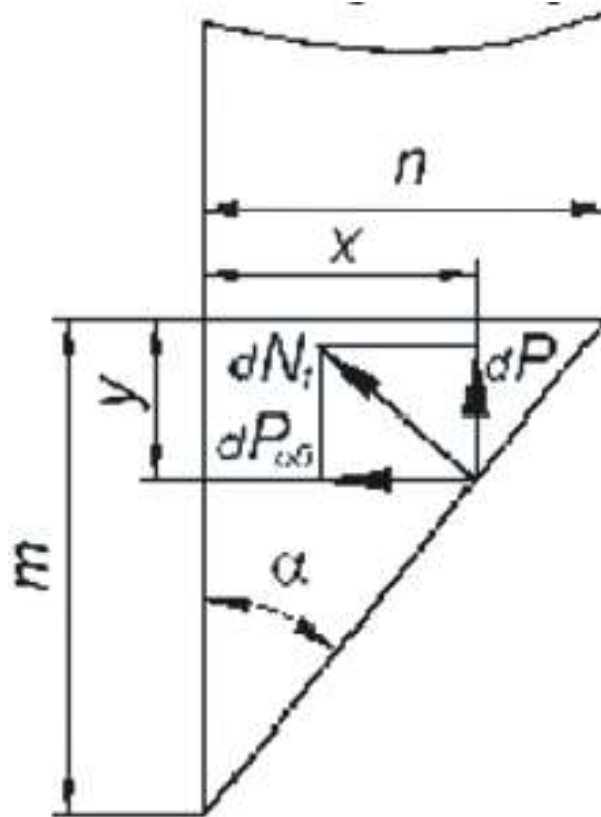


Рисунок 28 - Взаємодія грані леза із матеріалом

При розробці робочих органів, які призначені для руйнування матеріалів, необхідно враховувати фізико-механічні властивості цих матеріалів. Яскравим прикладом, як структура матеріалу впливає на силу руйнування, є дослідження сили проколювання різних кількостей шарів матеріалу [3]. Наприклад, при проколюванні голкою одного шару бортової парусини та чотирьох шарів, сила проколювання зростає в 9,74 рази для сукна сіро шинельного і в 5,64 рази, а для костюмного трикотажу вона залишилася незмінною. Враховуючи геометричні параметри голки та структуру матеріалів, можна зробити висновок, що ущільнення матеріалу значно впливає на силу проколювання.

#### 1.6 Висновки до розділу

У цьому розділі здійснено аналіз існуючих технологій та технічних рішень, пов'язаних з тематикою магістерської роботи. Описано основні прин-

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

ципи технологічної операції монтажу металевої фурнітури на виробі легкої промисловості. Проаналізовано різноманітні конструкції пресів, які використовуються для монтажу металевої фурнітури, а також різні види робочих інструментів, призначених для цієї цілі. В роботі також наведені математичні моделі, які допомагають описати процес встановлення металевої фурнітури в виробі легкої промисловості.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

## 2 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВСТАНОВЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ ЛЮВЕРСІВ НА ПРЕСОВОМУ ОБЛАДНАННІ

### 2.1 Загальні відомості

Будь-який досліджуваний процес або явище підпорядковується впливу численних факторів. Основою для розуміння більшості досліджуваних процесів та явищ є спостереження та вимірювання. Кожне спостереження або вимірювання фіксує лише певні фактори. Для глибокого розуміння процесу чи явища, необхідно зібрати велику кількість даних. Однак, витягнути основне з такої великої кількості результатів часто є складним завданням. Тому велику та різноманітну інформацію намагаються упорядкувати в абстрактне поняття - модель. Процес вивчення досліджуваних об'єктів за допомогою моделей називають моделюванням.

Моделювання - це теоретичне або практичне дослідження об'єкта, де не сам об'єкт вивчається безпосередньо, а штучна або природна система, яка має об'єктивний зв'язок із об'єктом дослідження, може його заміщати в певному відношенні та дає інформацію про нього при дослідженні. Моделювання базується на методах теорії подібності, де подібність визначається як співвідношення, у якому всі або найважливіші процеси у певний момент часу та простору відрізняються від відповідних параметрів іншого явища на стале число разів, зване масштабом. Критерії подібності, що використовуються для встановлення модельної подібності, є чисельно однаковими.

Подібність у явищах буває фізичною та математичною. Фізична подібність має місце, коли процеси в явищах мають однакове походження. У випадку математичної подібності, процеси можуть мати різне походження, але описуються однаковими математичними формулами. Встановлення подібності в математичному моделюванні здійснюється через аналіз рівнянь за допомогою теорії подібності.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Моделі у широкому розумінні - це штучні системи, які можуть бути у вигляді пристроїв, макетів, елементів або набору концепцій, що імітують певні явища або групу явищ. Такі моделі створюються для заміщення реальних об'єктів в процесі дослідження та надають інформацію про вивчені об'єкти.

Моделі поділяються на:

- математичні моделі, які використовуються для вивчення явищ за допомогою систем, що відтворюють математичну подібність;
- геометричні моделі (макети), які відображають лише геометричну подібність без детального відображення процесів;
- фізичні моделі, що дозволяють досліджувати явища на системах, які зберігають подібність основних фізичних процесів.

Фізичне моделювання дозволяє замінити складні об'єкти і процеси на простіші аналоги для дослідження, надаючи змогу наочно спостерігати за багатьма реальними процесами та явищами. Математичні моделі, з іншого боку, забезпечують кількісне дослідження процесів та явищ, що складно дослідити за допомогою фізичних моделей, дозволяючи передбачати властивості або поведінку об'єктів чи процесів ще до їх реального створення або виникнення.

Під час математичного моделювання існують три основні типи похибок:

- первинна похибка. Виникає через відмінності між реальним значенням фізичної величини в реальному світі та її теоретичним значенням, використаним у моделі;
- вторинна похибка. Виникає через неточності у відтворенні модельованих значень на моделі і помилки, що виникають під час вимірювань;
- принципова похибка. З'являється через неповне врахування у моделі всіх важливих факторів, що впливають на процеси, які досліджуються. Це може бути пов'язано з упрощенням або наближеним підходом до моделювання замість точного відображення реальності.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У теоретичних дослідженнях часто застосовуються моделі-аналоги або моделі-подібності. Використовуючи схожість між різними об'єктами, процесами чи явищами, дослідники спершу вивчають поведінку моделі експериментальним чи теоретичним шляхом, а потім використовують математичні інструменти для визначення реальних закономірностей.

## 2.2 Фізична модель процесу встановлення металевої фурнітури на пресовому обладнанні

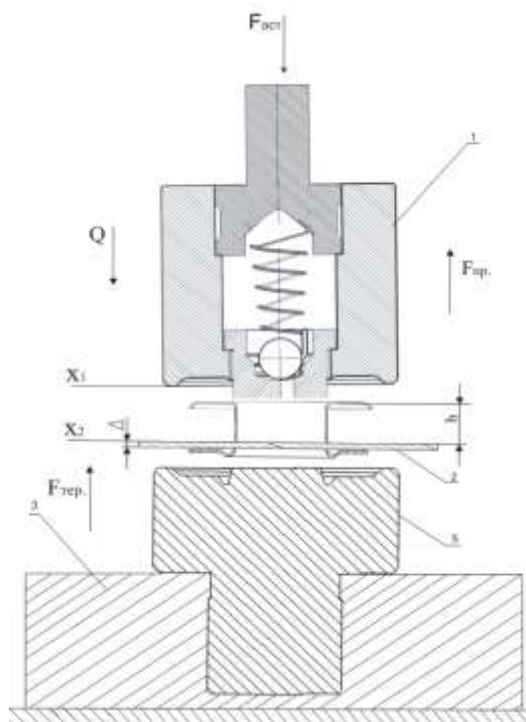
Основною динамічною складовою будь-якого технічного обладнання є його робочі інструменти. Важливо провести детальний аналіз сил, які впливають на ці інструменти під час виконання технологічних операцій [5].

Графічна схема, що демонструє розподіл сил у системі, що включає пристрій, пуансон, металеву фурнітуру та матрицю під час закріплення металевої фурнітури, представлена на рисунку 29 (див. документ [МРМА23.00.00.000РР1]).

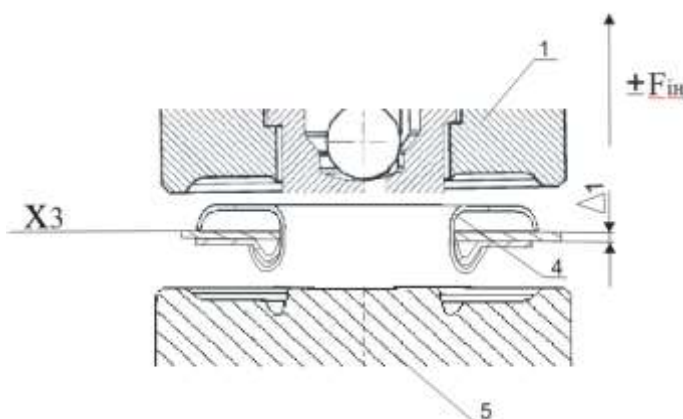
Сили, що впливають на процес, умовно поділено на дві основні категорії. Перша категорія включає сили корисного опору, які сприяють руху пуансона та інших рухомих частин, зазначених як  $Q$ . Основною силою в цій групі є технологічна сила вирубування  $F_{\text{вир}}$ , яка активізується під час встановлення металевої фурнітури. У першому сценарії пуансон функціонує як виконавчий елемент, що впливає на матеріал для пробивання отвору під металеву фурнітуру. У другому випадку пуансон діє на металеву фурнітуру, вже встановлену в матеріалі та матриці.

Друга група містить сили, які протистоять руху пуансона, або сили шкідливих опорів. До них відносяться пружні сили  $F_{\text{пр}}$ , які виникають між пружиною та щупальцями, та сила тертя  $F_{\text{тер}}$ , яка виникає між зовнішньою поверхнею щупалець і внутрішньою поверхнею блочки люверса.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а



б

1 – пуансон; 2 – матеріал; 3 – тримач матриці; 4 – металева фурнітура; 5 – матриця;  $x_1$  – координата старту ударного органу;  $x_2$  – координата початку технологічної операції;  $x_3$  – координата кінця технологічної операції встановлення люверса;  $h$  – висота люверса;  $\Delta$  – товщина матеріалу;  $\Delta 1$  – повне пробивання матеріалу.

Рисунок 29- Схема для визначення сил, які виникають в системі пуансон – металева фурнітура – матриця, при здійсненні технологічної операції пробивання отвору (а) і закріплення металевої фурнітури (б):

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Сила інерції  $F_{ін.}$  в розділі прискорення пуансона до точки вважається силою опору і має від'ємне значення. З моменту початку виконання технологічної операції вирубування та встановлення фурнітури, сила інерції змінює свій знак на протилежний і стає рушійною силою до точки завершення операції.

### 2.3 Математична модель процесу встановлення металевої фурнітури на пресовому обладнанні

Математична модель технологічного процесу встановлення металевої фурнітури за допомогою спеціалізованих робочих інструментів є важливою для зв'язку властивостей матеріалу виробу, характеристик металевої фурнітури, параметрів інструменту та швидкості технологічної операції. Це дозволить аналітично аналізувати процеси, які відбуваються під час встановлення металевої фурнітури (лист [МРМА23.00.00.000РР2]) [7].

При розробці цієї математичної моделі були прийняті наступні вихідні положення:

- Під час занурення пуансона в блочку люверса, технологічна сила  $F_{закр.}$  зростає пропорційно і досягає свого пікового значення  $F_{закр.макс.}$  при повному закріпленні металевого люверса на певній глибині  $\Delta_1$ .

- Вага металевого люверса є незначною порівняно з вагою пуансона, тому її можна ігнорувати при розрахунках.

Робота, необхідна для проведення технологічної операції встановлення металевої фурнітури у виробах легкої промисловості, розраховується на основі значення технологічної сили, потрібної для пробивання отвору, та значення технологічної сили, необхідної для закріплення металевої фурнітури.

$$A_{вст.} = \int F_{вст.} dx . \quad (14)$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Тому, технологічне зусилля пробивання отвору було знайдено за формулою [6]:

$$F_{\text{проб}} = q_{\text{проб}} L_{\text{проб}} k'_{\Delta} k'_{\beta} k'_v, \quad (15)$$

де  $F_{\text{проб}}$  - сила пробивання отворів у матеріалі виробу;

$q_{\text{проб}}$  - погонна сила пробивання отворів;

$L_{\text{проб}}$  - периметр леза пробійника;

$k'_{\beta}$  - коефіцієнт, який враховує кут загострення леза пробійника (1,0 ÷ 3,5 при величині затуплення ріжучої кромки пробійника  $b = 0,1 \div 0,5$  мм);

$k'_{\Delta}$  - коефіцієнт, який враховує притуплення леза пробійника (1,1 ÷ 1,8 при куті загострення пробійника  $\alpha = 10^{\circ} \div 30^{\circ}$ );

$k'_v$  - коефіцієнт, який враховує швидкість процесу пробивання (1...1,95).

Роботу, яка затрачається на пробивання отвору під металеву фурнітуру, можна розрахувати за залежністю:

$$A_{\text{проб}} = \int \frac{q_{\text{проб}} L_{\text{проб}} k'_{\Delta} k'_{\beta} k'_v x_{\text{мит}}}{\Delta_2} dx, \quad (16)$$

де  $x_{\text{мит}}$  – миттєве значення величини занурення пробійника у матеріал та вирубну плиту при пробиванні отворів.

Технологічне зусилля закріплення  $F_{\text{закр}}$  металевих блочок та люверсів можна розрахувати за виразом

$$F_{\text{закр}} = c' \pi (D_e - d) t \sigma_B 2 \cos \alpha, \quad (17)$$

де  $c'$  – коефіцієнт, який враховує зміцнення металу і наявність тертя при деформації втулки блочки люверса,  $c' = 1,5 \dots 2,0$  [7];

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$d$  – внутрішній діаметр фурнітури;

$D_6$  – діаметр відігнутої частини втулки блочка люверса, мм;

$\alpha$  – кут конусності конічної частини пуансона;

$\sigma_B$  – границя міцності при розтязі;

Роботу закріплення  $A_{вст.}$  металевих блочок та люверсів можна поррахувати за формулою,

$$A_{вст.} = \int \frac{c' \pi (D_6 - d) t \sigma_B 2 \cos \alpha x'_{мит.}}{\Delta_3} dx, \quad (18)$$

де  $x'_{мит.}$  – миттєве значення величини пробивання пуансоном матеріалу і одночасним закріпленням металевих блочок та люверсів.

Робота сили пружності, пружини зворотного ходу щупальців пуансона визначається за формулою:

$$A_{np} = \int F_{np} dx \quad (19)$$

де  $k$  – жорсткість пружини;

$$F_{np} = kx \quad (20)$$

Робота сили тертя визначається за виразом:

$$A_{тер} = \int F_{тер} dx \quad (21)$$

Для циліндричної поверхні є відомою формула розрахунку зусилля закріплення:

$$F(d) = k(D - d), \quad (22)$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $k=1.5 \cdot \pi \cdot t \cdot c \cdot \sigma_g$

Для конічної поверхні середнє значення сили можна визначити наступним чином:

$$F_3 = \frac{1}{(d_2 - d_1)} \int_{d_1}^{d_2} N(x) dx . \quad (23)$$

Підставимо (22) в (23) було отримано:

$$F_3 = \frac{k}{(d_2 - d_1)} \int_{d_1}^{d_2} (D - x) dx . \quad (24)$$

Проінтегрувавши отримаємо:

$$F_3 = \frac{k}{(d_2 - d_1)} \left[ D(d_2 - d_1) - \frac{x^2}{2} \Big|_{d_1}^{d_2} \right] . \quad (25)$$

Виконавши елементарні перетворення, було отримано розрахункову формулу:

$$F_3 = k [D - 0.5(d_2 + d_1)] . \quad (26)$$

З формули (26) як частинний випадок, підставивши  $d_2 = d_1 = d$ , можна визначити формулу циліндричної поверхні (22).

Можливий ще один варіант розрахункової формули, що вміщує кут  $\alpha$ . Скориставшись співвідношенням отримаємо:

$$d_2 = d_1 + 2htg\alpha . \quad (27)$$

При цьому розрахункова формула набуде вигляду:

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_3 = k(D - d_1 - htg\alpha). \quad (28)$$

Також і з виразу (27) як частинний випадок, підставивши  $\alpha = 0$  та  $d_1 = d$ , можна вивести формулу циліндричної поверхні (22).

#### 2.4 Висновки до розділу

Цей розділ присвячений аналітичному вивченню процедури встановлення металевої фурнітури за допомогою преса. Розроблено два типи моделей для глибшого розуміння цього процесу: фізичну модель, яка відображає реальні фізичні процеси встановлення металевих люверсів за допомогою преса, та математичну модель, яка надає точний розрахунковий підхід до виконання цієї технологічної операції на пресовому устаткуванні.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВСТАНОВЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ ЛЮВЕРСІВ У ВИРОБАХ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

#### 3.1 Розробка конструкції робочих інструментів

Було зроблено дизайн робочих інструментів або насадок для пресів, що призначені для монтажу металевої фурнітури. Всебічний вигляд цих конструкцій наведено на ілюстрації 30, де детально показано їхні особливості та конфігурацію (див. документ [МРМА23.00.00.000ДІ2], а також [МРМА23.00.00.000СК]) [8].



а



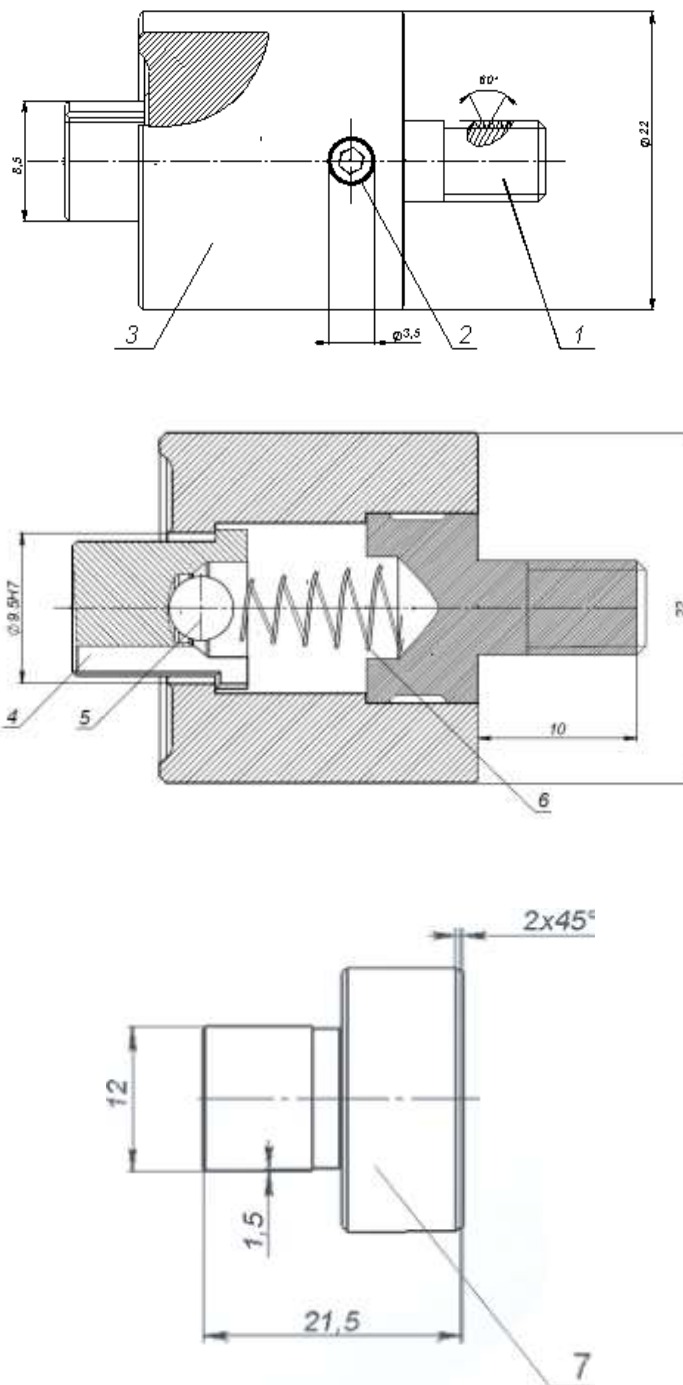
б

а-пуансон; б-матриця (б)

Рисунок 30 – Загальний вигляд робочих інструментів:

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

На рисунку 31 зображено креслення робочих інструментів з вказаними позиціями їхніх елементів.



1 – фіксатор; 2 – штифт ; 3 – корпус пуансона; 4 – щупальця; 5 – куляка;  
6 – пружина; 7 – матриця робочого інструменту

Рисунок 31 – Креслення робочих інструментів для вставки металеві  
фурнітури:

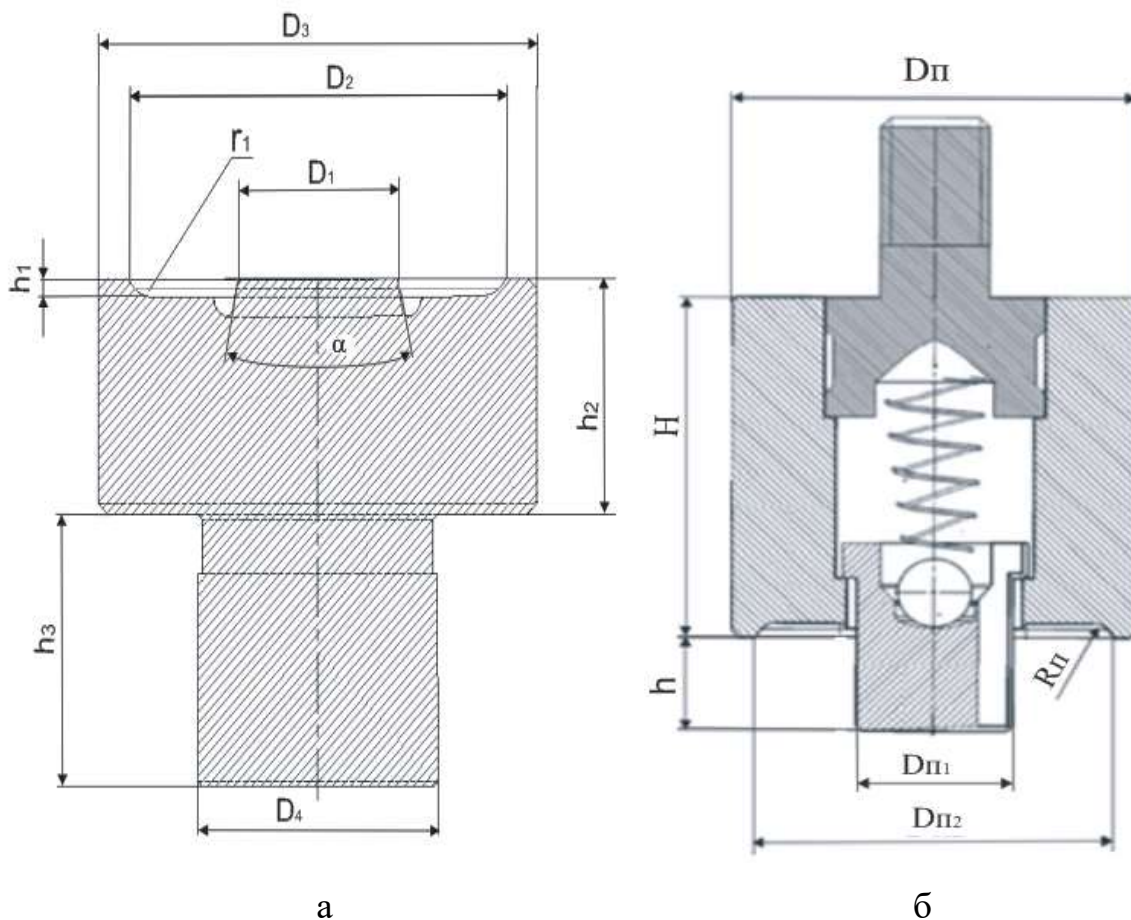
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.

51

На рисунку 32 (аркуш [МРМА23.00.00.000РЗ]) приведені геометричні параметри пуансона та матриці.



$D_{\Pi}$  – діаметр циліндричної частини;  $D_{\Pi 1}$  – діаметр торця циліндричної частини;  $D_{\Pi 2}$  – діаметр робочого торцевого пазу самого пуансона;  $h$  – висота щупальців;  $H$  – висота корпусу пуансона;  $R_{\Pi}$  – радіус торцевого пазу пуансона;  $D_1$  та  $D_2$  – зовнішній та внутрішній діаметри ділянки для фіксуючого кільця люверса;  $D_3$  – діаметр торцевої частини самої матриці;  $D_4$  – діаметр нижньої частини;  $r_1$  – внутрішній радіус ділянки для фіксуючого кільця;  $h_1$  – глибина ділянки для кільця;  $h_2$  – висота верхньої частини матриці;  $h_3$  – висота нижньої частини матриці.

Рисунок 32 - Геометричні параметри матриці (а) і пуансона (б)

Одним з ключових аспектів під час процесу монтажу металевої фурнітури є важливість збереження матриці та пуансона у взаємно вирівняному

положенні, щоб забезпечити якісне встановлення фурнітури без будь-яких дефектів. Люверси, які складаються з двох частин — блочки та шайби (або кільця), забезпечують збільшену міцність з'єднання. Під час монтажу, шайбу (частина 1) та блочку (частина 2) розташовують з протилежних боків матеріалу (частина 3), тобто між матрицею (частина 4) та пуансоном (частина 5), як це зображено на рисунку 33, а.

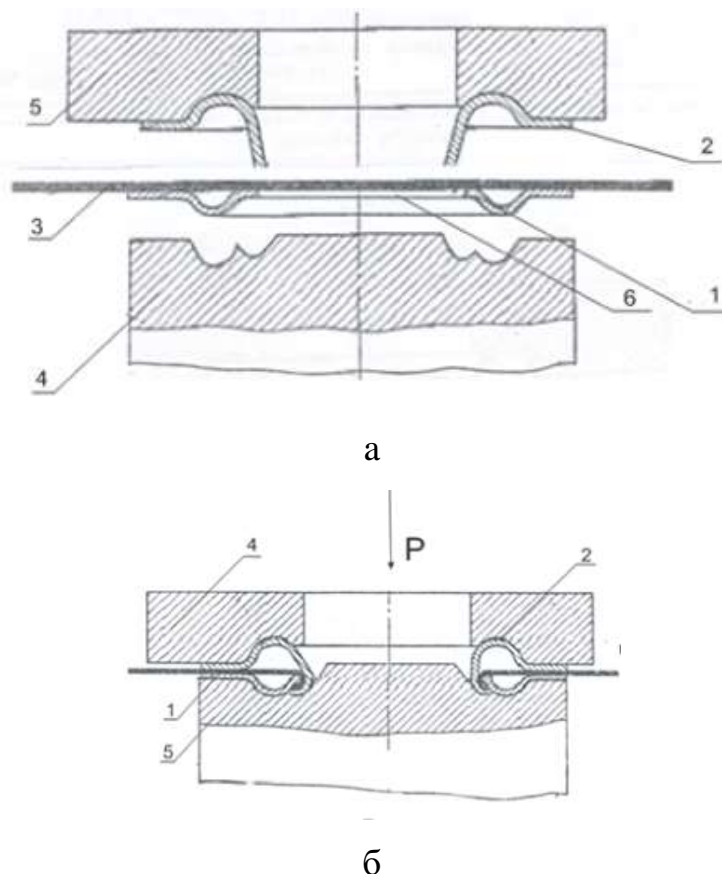


Рисунок 33 - Спосіб пробивання отвору в матеріалі з одночасним закріпленням люверса

Процес створення отвору розпочинається, коли пуансон 5 пускається, тисне на матеріал і притискає його до вістря блочки 2. Кінцеве формування отвору відбувається при подальшому русі пуансона через отвір шайби 1 і блочки 2. Під час цього процесу, край блочки при розвальцьовуванні утримує краї отвору, притискаючи їх до шайби, забезпечуючи тим самим надійне та

щільне з'єднання, як показано на рисунку 33, б. На початку процесу частини люверса та матеріалу знаходяться у відповідних положеннях (а), а після завершення процесу – в закріпленому стані (б), з прикладеним зусиллям на пуансон (Р)

Інструменти ударної дії, що вимагають високої в'язкості, зі сталей У7, У8, У8А піддають відпуску при температурі 280-300°C, досягаючи твердості HRC 56-58. Ріжучі кромки мають твердість 62-65 HRC. Інструмент виготовлено з легованої інструментальної сталі У12А, що містить 0,9 - 1,4 % вуглецю та різні легуючі елементи. Легування забезпечує міцність і в'язкість, а термічна обробка включає гартування та відпуску. Гартування проводять при температурі 800-850°C, а відпуск при 150-200°C забезпечує твердість HRC 61-66, або при 300°C для збільшення в'язкості з твердістю HRC 55-60.

Пружина всередині корпусу пуансона служить для холостого ходу щупальців (рисунок 34). Гвинтові пружини стиску можуть мати циліндричну або конічну форму, причому в даному випадку використовується конічна пружина для забезпечення змінної жорсткості. Робочі витки пружини не дотикаються один до одного, а крайні витки виготовлені із щільною навивкою для плоских опорних торців. Пружина виготовлена з дроту круглого перерізу, а при великих зусиллях стискання використовуються пружини з витками квадратної або прямокутної форми [8].

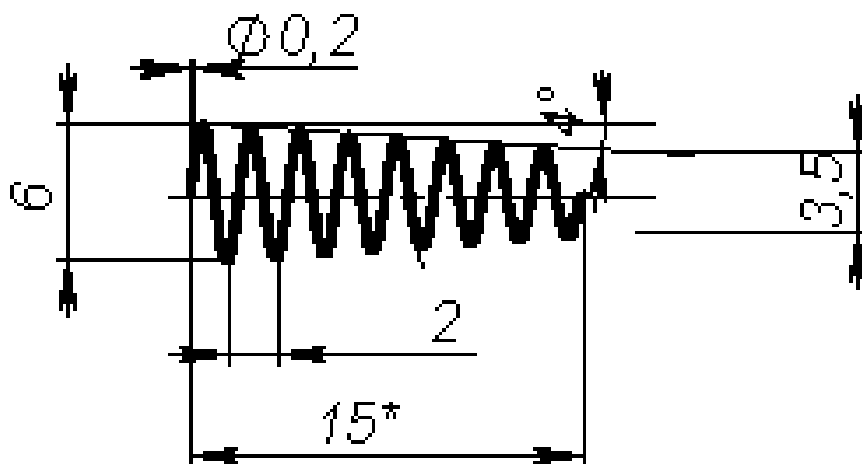


Рисунок 34 – Пружина робочого інструменту

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Пружина має наступні параметри:

- кут підйому витка -  $4^\circ$ ;
- напрямок навивки пружини – правий;
- число робочих витків ( $n$ ) = 8;
- клас міцності пружини 3;
- число підтиснутих кінців з кожного кінця пружини 2;
- діаметр  $D_1 = 6$  мм,  $d_1 = 3.5$  мм;
- \* розміри і параметри для довідок.

Матеріал з якого виготовляється пружина:

Назва	Сталь 65Г.
Стандарт	ГОСТ 14959-79.
Модуль Гука:	77000 МПа.
Модуль Юнга:	200000 МПа.
Стан:	
Твердість	HRC 44-49.
Обробка	закалка $810^\circ$ (масло), відпуск. $360^\circ$ (пов.)
Назва	Проволока пружина з легованої сталі.
Стандарт	ГОСТ 14963-78.

Розрахунок зворотної пружини для пуансона пресу передбачає визначення часу, необхідного для повернення щупалець пуансона до їх вихідного положення після здійснення технологічної операції пробивання та встановлення металевої фурнітури. Ця функція виконується за допомогою пружини стиску, що забезпечує холостий хід щупалець у пуансоні. Час повертання щупалець пуансона визначається при прикладеному зусиллі 196,35 Н, що являє собою робоче навантаження пружини.

$$t_b = (0,02...0,04)(60/n), \quad (27)$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

де  $n$  - частота ходів щупальців;  $n = 40$ ;

$$t_B = (0,02...0,04)(60/20) = 0,02 \cdot 60/40 = 0,03 \text{ с.}$$

Задаємося величиною відносного інерційного зазору пружини стиснення:

$$\delta = 0,05...0,25$$

Розраховуємо силу пружини  $P_1$  при попередній деформації, яка викликана вагою рухомих частин:

$$P_1 = mg \cos \alpha, \quad (28)$$

де  $m = 0,01$  кг - маса рухомих частин пуансона;

$g$  - прискорення вільного падіння,

$\alpha$  - кут нахилу рухомих частин;

Так як  $\alpha = 0$  в даному випадку, то:

$$P_1 = mg = 0,01 \cdot 9,8 = 0,098 \text{ Н.}$$

Розраховуємо силу пружини при робочій деформації за виразом:

$$P_2 = (mh/t_g^2) + P_1 \text{ [6]}. \quad (29)$$

де  $h$  - максимальне переміщення рухомого кінця самої пружини;

$$P_2 = \frac{0,01 \cdot 0,025}{0,03^2} + 0,099 = 0,37 \text{ Н.}$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Розраховуємо при максимальній деформації для крайніх значень  $\delta$  си-  
лу пружини:

$$\delta = 1 - \frac{P_1}{P_3} \quad (30)$$

Звідки:

$$P_3 = \frac{P_2}{1 - \delta} \quad (31)$$

$$P_3 = \frac{0.37}{1 - (0.05 \dots 0.25)} = 0.39 \dots 0.50 \text{ Н}$$

Виходячи з заданого діаметра  $D_1 = 6$  мм та намаганні забезпечувати найбільшу критичну швидкість, було вибрано пружину № 298 з параметрами  $P_3 = 0,50$  Н, діаметр дроту для пружини  $d = 0,2$  мм, зовнішній діаметр пружини  $D_1 = 6$  мм,  $D_2 = 3,5$  мм жорсткість та найбільший прогин одного витка пружини  $z_1 = 0.054$  Н/мм та  $f_3 = 2,789$  мм.

Визначаємо максимальне дотичне напруження при крученні за виразом [9]:

$$\tau_3 \approx 0,5\sigma_B \quad (32)$$

де  $\sigma_B = 190$  кгс/мм<sup>2</sup>;

$$\tau_3 \approx 0,5 \cdot 190 = 95 \text{ кгс/мм}^2.$$

Розраховуємо критичну швидкість за формулою:

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{кр} = \frac{\tau_3 \left(1 - \frac{P_2}{P_3}\right)}{3,85}, \quad (33)$$

$$V_{кр} = \frac{95 \left(1 - \left(\frac{0,37}{0,50}\right)\right)}{3,85} = 6,41 \text{ м/с.}$$

Визначаємо відношення  $\frac{V_o}{V_{кр}} = \frac{4}{6,41} = 0,62 \text{ м/с} < 1 \text{ м/с}$ - пружина працює

без ударів витків, що сприяє її тривалу витривалості.

Визначаємо жорсткість пружини за виразом:

$$z = (P_2 - P_1) / n, \quad (34)$$

$$z = \frac{(0,37 - 0,098)}{40} = 0,0068 \text{ Н.}$$

Визначаємо число витків пружини за формулою:

$$n_1 = \frac{z_1}{z};$$

$$n_1 = \frac{0,054}{0,0068} = 8 \text{ ВИТ.} \quad (35)$$

Приймаємо число витків  $n_1 = 8$  витків.

Розраховуємо діаметр пружини за виразом:

$$D_o = D - d,$$

$$D_o = 6 - 0,2 = 5,8 \text{ мм.} \quad (36)$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо уточнене значення жорсткості за формулою:

$$z' = \frac{z_1}{n_1}, H / мм,$$

$$z' = \frac{z_1}{n_1} = 0,054 / 8 = 0,00675 H / мм.$$

Визначаємо попередню робочу та максимальну деформації пружини  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ :

$$F_1 = \frac{P_1}{z'}, мм; \quad (37)$$

$$F_1 = \frac{0,098}{0,00675} = 14,52 мм;$$

$$F_2 = \frac{0,37}{0,00675} = 54,8 мм;$$

$$F_3 = \frac{0,50}{0,00675} = 74,01 мм;$$

Відповідно напруження:

$$\tau_3 = k \frac{8P_3 D_o}{\pi d^3}, \quad (38)$$

де  $k$  – коефіцієнт що враховує кривизну витків пружини;

$$k = \frac{4c-1}{4c-4} + \frac{0,615}{c}, \quad (39)$$

де  $c$  – індекс пружини;

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C = \frac{D_0}{d},$$

$$C = \frac{D_0}{d} = \frac{5,8}{0,2} = 29, \quad (40)$$

$$k = \frac{4 \cdot 29 - 1}{4 \cdot 29 - 4} + \frac{0,615}{29} = 1,048$$

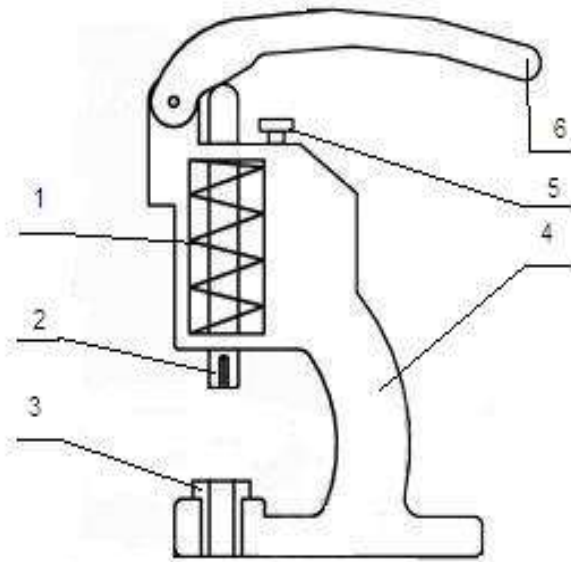
$$\tau_3 = 1,048 \frac{8 \cdot 0,5 \cdot 5,8}{3,14 \cdot 0,2^3} = 972,5 \text{ Н} = 99,16 \text{ кгс} / \text{мм}^2$$

Отримане значення напруження не відрізняється від приведеного в [10] більш ніж на  $\pm 10\%$ , тобто розрахована правильно пружина.

### 3.2 Розробка стенду для дослідження процесу встановлення металевих люверсів

Для дослідження зусиль, необхідних для пробивання матеріалу та переміщення робочих органів, був створений експериментальний стенд на базі простого ручного механічного пресу, модифікованого з використанням пневматичного приводу. Основою для стенду послужив ручний механічний прес марки «Presmak», представлений на рисунку 35. Цей прес складається з набору елементів: пружина 1 для забезпечення зворотного руху штока 2, що рухається вгору і вниз у вертикальній площині. Робочий інструмент пуансон кріпиться до нижньої частини штока, а матриця розміщується та фіксується в спеціальному матрицетримачі 3. Пружина 1 розташована на штоку 2, а в верхній частині преса рукоятка 6 кріпиться до корпусу пресу шарнірним з'єднанням [11].

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – пружина; 2- шток; 3- матрицетримач; 4 – корпус; 5 – фіксатор;  
6 - рукоятка

Рисунок 35 – Загальний вигляд ручного механічного пресу:

Сучасне обладнання пресового типу з механічним приводом переважно застосовується на невеликих швейних фабриках та в ремонтних майстернях для встановлення різних типів фурнітури. Його переваги включають незалежність від електричної мережі, безшумну роботу, а також компактність і легкість конструкції. Однак серед недоліків - обмеженість у створенні великих зусиль, потенційна втома оператора при тривалій роботі, а також залежність плавності руху та продуктивності від досвіду оператора [12].

Для забезпечення необхідного зусилля під час пробивання та встановлення металевих люверсів було розроблено спеціалізований стенд із пневматичним приводом, який представлений на рисунку 35. Пневматичний привід має переваги, такі як надійність, швидкість реакції, простота використання та економічність. Однак слід зазначити, що пневматичний привід може створювати ударні навантаження через здатність повітря акумулювати енергію при стисненні, яка може перетворюватись на кінетичну енергію рухомих частин. Такий недолік вимагає використання спеціальних засобів для забезпечення

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

плавності і точності руху робочих елементів обладнання.

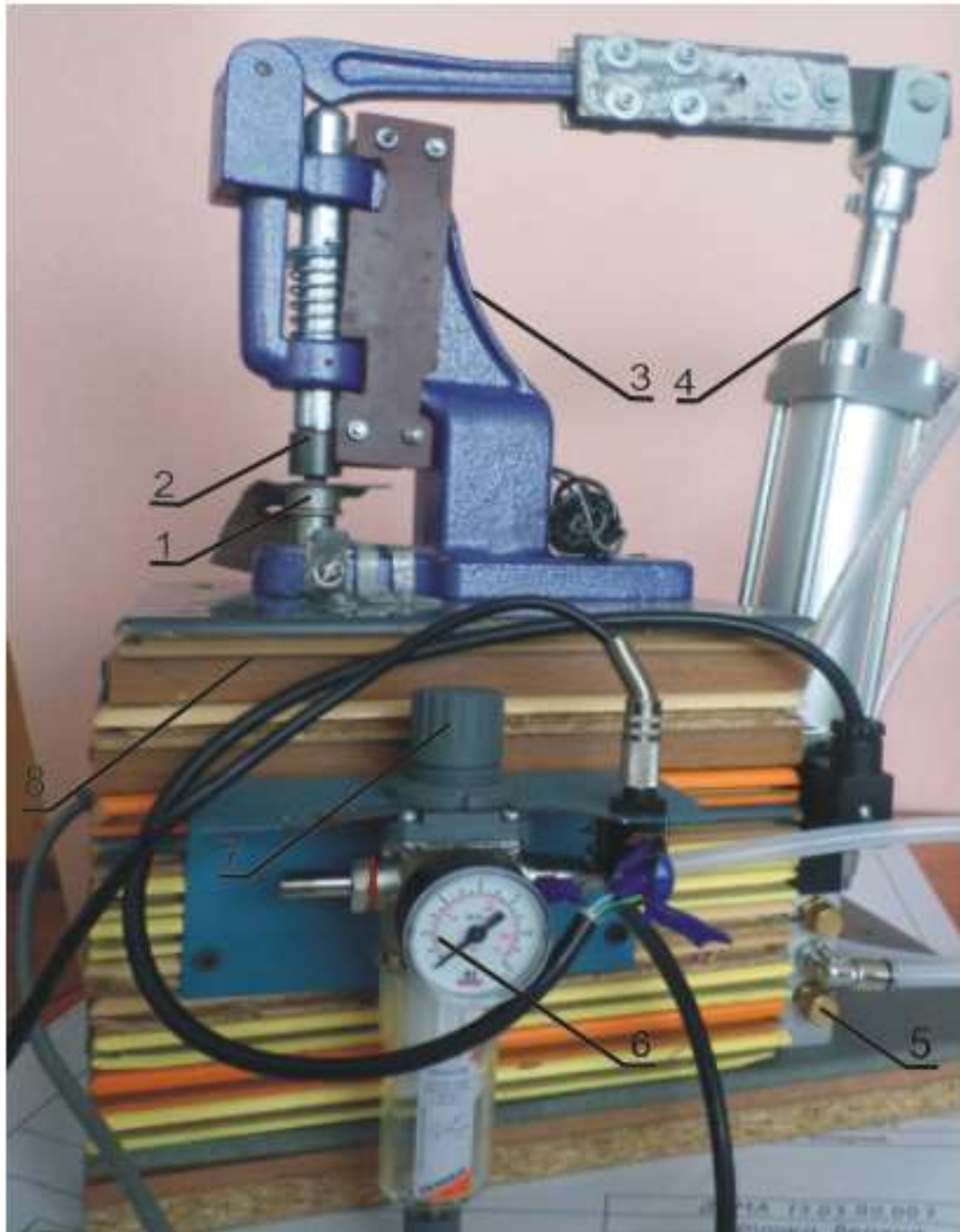
Стенд для дослідження встановлення металевих люверсів складається з наступних елементів: матриці і пуансона для пробивання отворів і встановлення фурнітури в матеріалі, пневмоциліндра, пневморозподільника, манометра-регулятора тиску, корпусу механічного пресу, педалі управління, блоку живлення, компресора, силовимірювального датчика Tedeя 619-2Т від Vishay, змінного тензорезистора, комп'ютерної вимірювальної системи.

Матриця і пуансон служать для вирубівання отворів та встановлення фурнітури. Пневмопривод працює від компресора з робочим тиском 0,4-1,0 МПа. Перед роботою активується компресор і приєднується педаль для керування процесом. Після включення блоку живлення і подачі стисненого повітря, натиснення на педаль спричиняє переключення пневморозподільника і подачу повітря в пневмоциліндр. Манометр та регулятор тиску дозволяють контролювати тиск.

Пневмоциліндр, шарнірно закріплений до корпусу пресу, активує важіль, що рухає шток з пуансоном. Важливо слідкувати за правильним розміщенням робочих інструментів, щоб уникнути зазорів або зміщення, які можуть призвести до браку. Блочка люверса фіксується на щупальцях пуансона, а фіксуюче кільце розміщується на торцевому пазу матриці.

Використовується пневмоциліндр серії 40N2L050AO150 від "Camozzi", Італія [14], з особливостями, такими як демпфери на кінці ходу, пластикові шайби для безшумної зупинки поршня і напрямну бронзову втулку в передній кришці для ковзання штока (рисунок 37) (аркуш [MPMA23.00.00.000ДІЗ]).

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1- матриця; 2- пуансон; 3- ручний механічний прес; 4- пневматичний циліндр; 5- пневматичний розподільник; 6 – манометр, 7- регулятор тиску; 8- основа

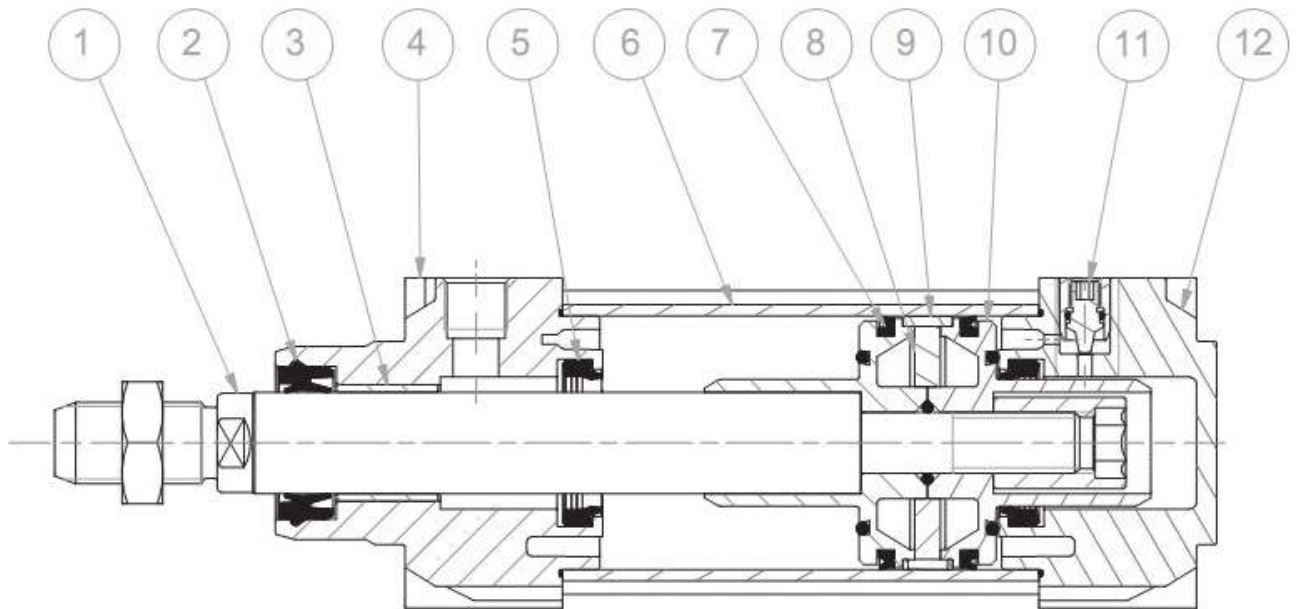
Рисунок 36 – Практичне застосування робочих інструментів на пресовому обладнанні із пневмоприводом:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.

63



1-шток; 2- пластикові шайби; 3- бронзова втулка; 4- передня кришка; 5- ущільнення пневматичного демпфера; 6- гільза; 7- ущільнення поршня; 8- магніт; 9- направляюче кільце; 10- поршень; 11- регулятор демпфера; 12- задня кришка.

Рисунок 37 – Пневмоциліндр у розрізі:

Циліндри діаметром 50 мм із цієї серії відповідають міжнародним стандартам DIN/ISO 6431. На поршні цих циліндрів встановлені магніти, які дозволяють визначати положення поршня. Для цього використовуються магнітні датчики положення, що кріпляться безпосередньо до циліндра.

Матеріали, використані для виготовлення штока, включають нержавіючу сталь AISI 420В, що має діаметр 50 мм. Кришки виготовлені з алюмінію, а гільза з анодованого алюмінію, її внутрішня поверхня також анодована для зниження тертя. Для змащення використовується спеціальне мастило, до складу якого входить фторопласт. Що стосується кріплення, то воно виконується за допомогою різьбових отворів для шпильок, а також передніх і задніх фланців, а також шарнірів.

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Встановлення - у будь-якому положенні.

Робочий тиск - 1...10 бар.

Робоча температура - 0° С ..80° С (при сухому повітрі - 20° С).

Робоче тіло чисте повітря із розпиленням маслом і без масла.

Швидкість (без навантаження) - 10..1000мм/с.

Кодування 40N2L050AO150:

- 40 серія;
- N стандартної не магнітної модифікації;
- 2 двохсторонньої дії, із демпфуванням з двох сторін;
- L шток з нержавіючої сталі AISI 420 , гайки і шпильки оцинкована сталь;
- 50 діаметр, мм;
- А тип кріплення стандартний;
- 0150 хід поршня, мм.

Визначення зусилля і тиску в пневматичній системі допомагає точно визначити силу, яку генерує шток пневмоциліндра. Це дозволяє оперативно і точно визначити силу, що виробляється пневмоциліндром під час його функціонування (рисунок 38).

Розрахунок сили, необхідної для пробивання отворів та встановлення металевої фурнітури, базується на спеціальних формулах:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}, \quad (41)$$

де D – діаметр циліндра, мм;

P – тиск в камері, бар;

S – площа поперечного перерізу циліндра, мм<sup>2</sup>;

F – зусилля, яке створює система, Н, кгс;

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F = PS$$

(42)

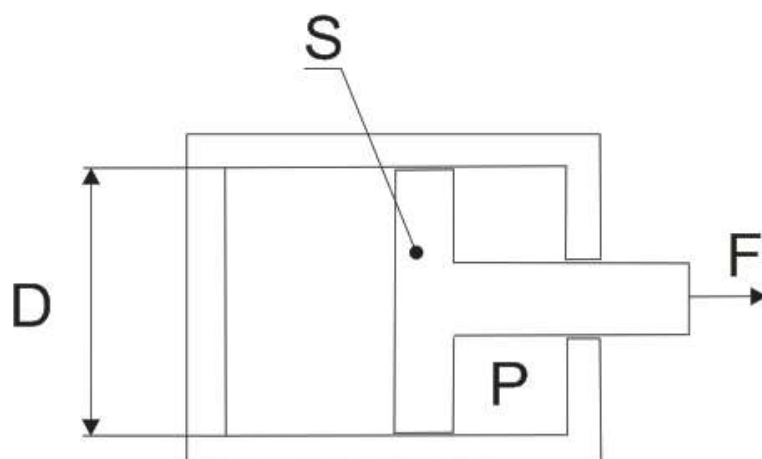


Рисунок 38 – Пневматичний циліндр з позначенням основних параметрів

Визначаємо площу поперечного перерізу пневмоциліндра:

$$S_1 = \frac{3,14 \cdot 50^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 20^2}{4} = 1649,33 \text{ мм}^2.$$

Обчислимо зусилля, яке виникає у пневмосистемі при  $P = 1$  бар:

$$F_1 = 0,1 \cdot 1649,33 = 164,93 \text{ Н} = 16,81 \text{ кгс}.$$

Обчислимо зусилля, яке виникає у пневмосистемі при  $P = 1,5$  бар:

$$F_2 = 0,15 \cdot 1649,33 = 247,39 \text{ Н} = 25,23 \text{ кгс}.$$

Значення зусилля, яке виникає у пневматичній системі при  $P = 2$  бар:

$$F_3 = 0,2 \cdot 1649,33 = 329,86 \text{ Н} = 33,63 \text{ кгс}.$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Значення зусилля, яке виникає у пневматичній системі при  $P = 2,5$  бар:

$$F_4 = 0,25 \cdot 1649,33 = 412,33 \text{ Н} = 42,04 \text{ кгс}.$$

Значення зусилля, яке виникає у пневматичній системі при  $P = 3$  бар:

$$F_5 = 0,3 \cdot 1649,33 = 494,79 \text{ Н} = 50,45 \text{ кгс}.$$

Значення зусилля, яке виникає у пневматичній системі при  $P = 3,5$  бар:

$$F_6 = 0,35 \cdot 1649,33 = 577,26 \text{ Н} = 58,86 \text{ кгс}.$$

Значення зусилля, яке виникає у пневматичній системі при  $P = 4$  бар:

$$F_7 = 0,4 \cdot 1649,33 = 659,73 \text{ Н} = 67,27 \text{ кгс}.$$

Значення зусилля, яке виникає у пневматичній системі при  $P = 4,5$  бар:

$$F_8 = 0,45 \cdot 1649,33 = 742,19 \text{ Н} = 75,68 \text{ кгс}.$$

Значення зусилля, яке виникає у пневматичній системі при  $P = 5$  бар:

$$F_9 = 0,5 \cdot 1649,33 = 824,66 \text{ Н} = 84,09 \text{ кгс}.$$

В таблиці 1 наведено зусилля, які виникають в штоковій та без штоковій частині самого циліндра.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1 – Зусилля, яке виникає у пневматичному циліндрі

Діаметр Поршня, мм	Діаметр штока, мм	Площа поршня, мм <sup>2</sup>	Робочий тиск, бар								
			1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
			Зусилля на штоці, Н								
50	20	без штока., 1963,49	164	247	329	412	494	577	659	742	842
		штока., 314,16	31,4	47,1	62,8	78,5	94,2	109,9	125,6	141,3	157,0

Під час проведення технологічних операцій можливе регулювання рівня тиску за допомогою фільтру-регулятора (рисунок 39).. Цей фільтр-регулятор обладнаний напівавтоматичним клапаном для зливу, який активується при зниженні тиску нижче 0,3 бар після вимкнення компресора. Також напівавтоматичний клапан для зливу може використовуватися в ручному режимі.



Рисунок 39 – Фільтр-регулятор із прозорим стаканом із технічного полімеру

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Регулятор оснащений мембраною з отвором, призначеним для виведення надмірного вихідного тиску, що перевищує встановлений регульований рівень. Прозорий стакан регулятора дозволяє візуально моніторити рівень конденсату.

Загальні характеристики.

1. Конструкція із фільтруючим елементом з поліетилену високої міцності;
2. Матеріал латунь, технічний полімер, нейлон.
3. Приєднання G1/8, G1/4.
4. Об'єм конденсату розмір від 2=28 см<sup>3</sup>.
5. Максимальний об'єм розмір від 1=11 см<sup>3</sup>.
6. Роз'єм для манометра G1/8.
7. Маса 0,370 кг.
8. Робоча температура 5°C..50 °C при 10 бар (при мінусових температурах використовується осушене повітря).
9. Кріплення вертикально на трубопроводах.
10. Тиск на вході 0..16 бар.
11. Щільність фільтрації 25 мкм.
12. Тиск на виході 0,5..10 бар.

Розшифрування кодування фільтра-регулятора N204 - D00:

- N серія виготовлення;
- 2 розмір стакана – стандартний;
- 04 фіксування G1/4;
- D фільтр-регулятор;
- 0 фільтруючий елемент 25мкм;
- 0 злив конденсату – ручний, напів автоматичний із скиданням тиску.

У сучасній промисловості широко застосовуються різні види устаткування для подачі повітря, відомі під загальною назвою "повітрорудки". В ході

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

експерименту в якості джерела енергії для пневмоприводу використовується компресор. Компресорні станції оснащуються однією лінією компресорів для забезпечення надійного постачання стисненого повітря. Стабільність подачі повітря досягається за рахунок використання накопичувачів пневмоенергії (ресиверів), які встановлюються як на окремих ділянках, так і безпосередньо на станції. Пневмолінії зазвичай робляться з можливістю резервування для зручності їх обслуговування та ремонту. Набір пристроїв, що входять до складу системи підготовки повітря, представлений на схемі компресорної установки (див. рисунок 40).

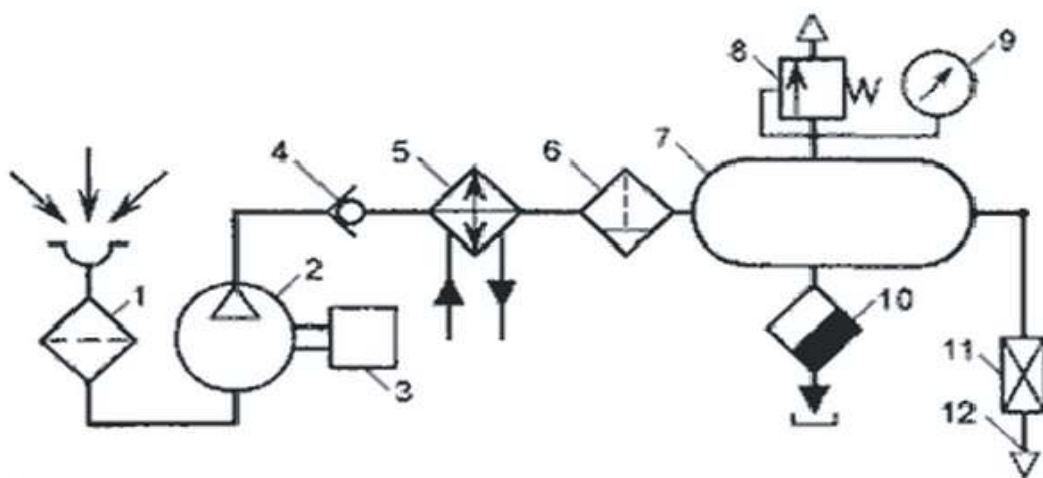


Рисунок 40 - Принципова схема компресорної установки

Компресор 2 з приводним двигуном 3 засмоктує повітря з навколишнього середовища через вхідний фільтр 1, після чого відбувається процес його стиснення і подачі в ресивер 7. Цей процес проходить через зворотний клапан 4, водяний охолоджувач 5 і фільтр-осушувач 6. Охолодження повітря в охолоджувачі 5 сприяє конденсації більшої частини вологи, яка вловлюється фільтром-водовідділювачем. Далі вологе повітря потрапляє в ресивер 7, де відбувається його подальше охолодження та конденсація залишкової вологи, що періодично видаляється через вентиль 10 разом із механічними домішками. Ресивер обладнаний запобіжними клапанами 8 і манометром 9 для контролю та безпеки. З ресивера стиснене повітря надходить у пневмолінію 12

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

через кран 11. Зворотний клапан 4 запобігає різкому перепаду тиску в системі при відключенні компресора.

Мобільні компресори стали широко використовуватися у різних ремонтних та будівельних роботах, зокрема для подачі повітря через гумотканинні шланги.

Для поліпшення автоматизації процесу встановлення металевих люверсів використовується перемикач у вигляді ножної педалі, як показано на рисунку 41.



Рисунок 41 – Загальний вигляд педалі та способу її під'єднання

Електрична частина ножної педалі складається з контактної групи реле, що включає в себе розімкнуті та зімкнуті контакти, з переднім виходом для підключення кабелю. Педаль має можливість фіксації у нижньому положенні, а пружина дозволяє їй автоматично повертатися у вихідне положення.

В робочому обладнанні використовується розподільник з електропневматичним керуванням, представлений на рисунку 42, виробництва компанії

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

"Camozzi". Цей розподільник управляється за допомогою електричних котушок серії U розміром 22x22 мм та має ручний перемикач для зміни положень.



Рисунок 42 – Розподільник із електропневматичним управлінням

Розподільник має наступні параметри.

1. Конструкція - золотникового типу.
2. Спосіб встановлення – будь-яке положення.
3. Матеріали - алюмінієвий корпус, золотник із нержавіючої сталі.
4. Робоче середовище – чисте повітря без мастила.
5. Робоча температура - від 0° С до 60° С (при сухому повітрі -20° С ).

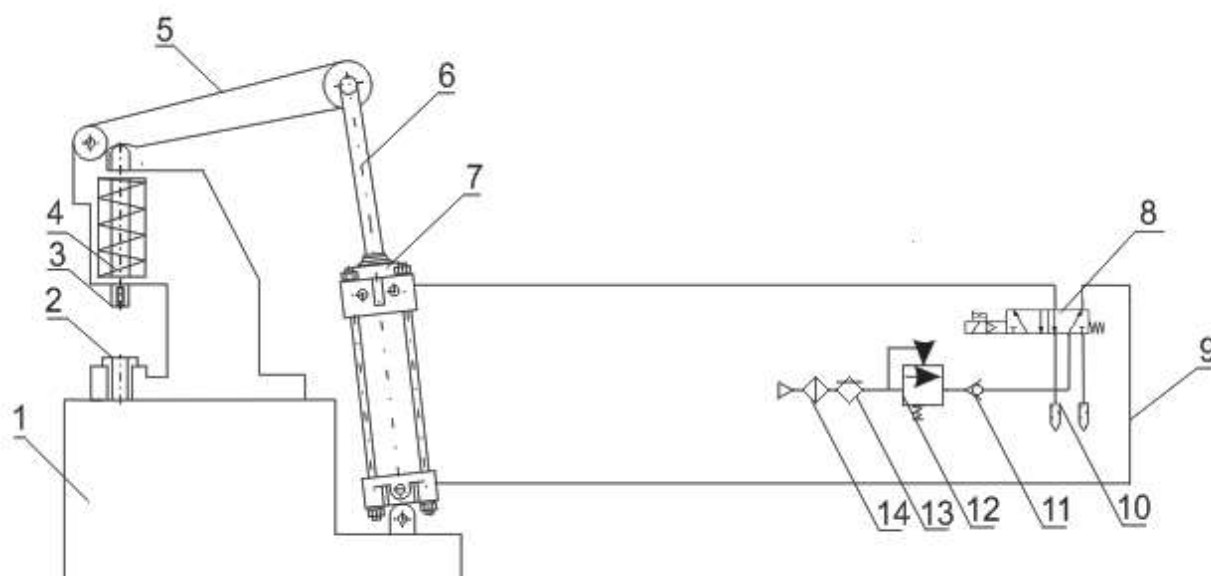
Розподільник має наступне кодування: 358-015-02IL, де:

- 3 – серія;

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 5 – кількість ліній є 5, а позицій 2;
- 8 – спосіб з'єднання G1/8;
- 015 – розподільник управляється одним горизонтальним соленоїдом і має пружинне повернення;
- 02 – приєднання соленоїда 22x22;
- II – ручне управління.

Роботу експериментального пресу також можна представити у вигляді пневматичної схеми, яка приведена на рисунку 43.



1 – основа пресу; 2 – матрицетримач; 3 – шток; 4 – пружина; 5 – важіль;  
 6 – шток пневматичного циліндра; 7 – пневматичний циліндр; 8 – пневматичний розподільник; 9 – трубопровід; 10 – глушник; 11 – впускний клапан; 12 – регулятор тиску; 13 - фільтр ; 14 - вологозбирач

Рисунок 43 – Пневматична схема експериментального пресу:

Технологічний процес встановлення люверса на пресі показано на аркуші [МРМА23.00.00.000ДТ].

### 3.3 Підбір реєструючої апаратури для проведення експерименту

Для вимірювання технологічного зусилля під час вставки металевої фурнітури застосовано силовимірювальний датчик 10 Tedeа 619-2Т фірми Vishay

Силовимірювальний датчик – це пристрій, що представляє собою металеву конструкцію, всередині якої розміщені резистори з електричною схемою (рисунок 44).



Рисунок 44 - Датчик Model 619 Tedeа-Huntleigh для вимірювання сили встановлення металевої фурнітури

Тензодатчик механічно з'єднаний з корпусом вагового механізму. Зміна ваги в механізмі спричиняє деформацію корпусу тензодатчика, яка передається на тензорезистори, підключені за мостовою схемою. Тензодатчик працює на основі основних принципів механіки, де механічна конструкція змінює свою форму у відповідь на зовнішні сили. В невеликих отворах металевої конструкції, які деформуються в еліпс під дією зовнішніх сил, можна ви-

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мірювати деформацію за допомогою наклеєного на отвір плівкового тензорезистора. Тензорезистор ефективно перетворює конструкцію в датчик для вимірювання сили та навантаження.

Тензодатчики класифікуються за:

- максимальним навантаженням (від кількох грам до 10 і 100 тон);
- типами (наприклад, балкові, S-подібні, таблеткові, здвоєнні балки);
- чутливістю (наприклад, 1..2..3 mV вихідного сигналу на 1 V живлення);
- класом точності (кількість повіркових інтервалів).

Області застосування тензодатчиків включають:

- прокатні стани;
- сільськогосподарське обладнання;
- штампові преси;
- контроль зносу обладнання;
- автонавантажувачі;
- охоронні системи;
- вимірювання моментів;
- вимірювання навантажень у конструкціях;
- монорейкові зважувальні системи.

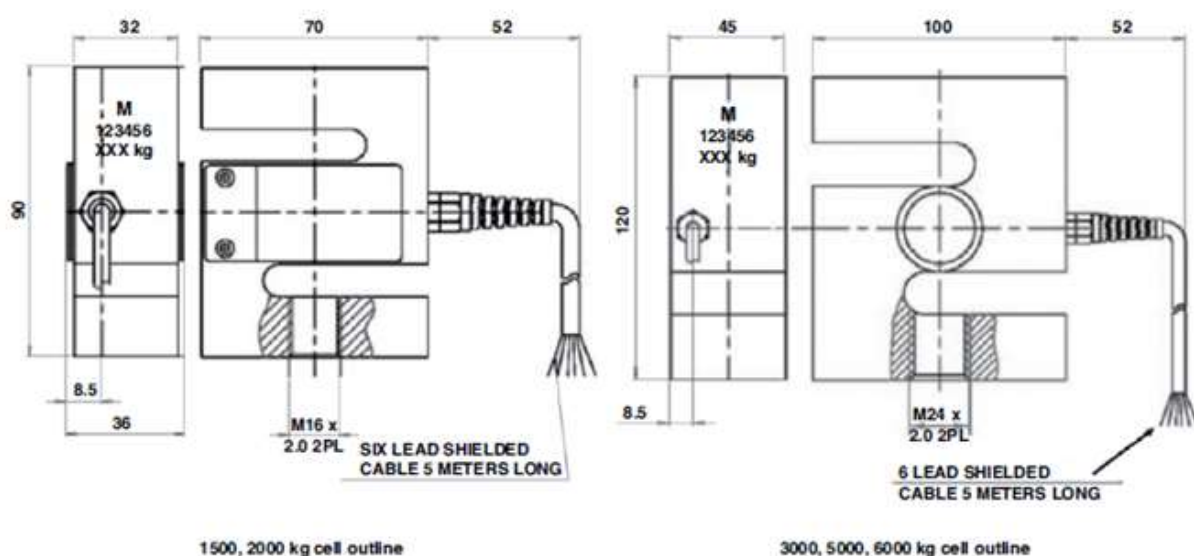


Рисунок 45 – Загальний вигляд датчика Model 619 Tedeя-Huntleigh

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Технічні характеристики датчика:

- номінальна потужність - R.O. - 2.5 mV /V;
- номінальна вага - R.C. (E<sub>max</sub>) - 1500, 2000, 3000, 5000, 6000 кг;
- вплив температури на нульовий 0,030 - 0,0040 ± % від номінальної вихідної потужності ° C ;
- сумарна похибка 0,050 - 0,020 ±% від номінальної вихідної потужності;
- вплив температури на виході 0,0030 - 0,0012 ± % від навантаження ° C ;
- температурний діапазон зберігається від -20 до +70 ° C;
- температурний діапазон, компенсується -10 до +40 ° C ;
- збудження, рекомендується 10 В постійного струму або змінного струму RMS;
- максимально безпечне перевантаження 150% від R.C. ;
- збудження, максимум 15 В постійного струму або змінного струму RMS ;
- вихідний опір 350 ± 3 Ω ;
- вхідний опір 385 ± 15 Ω ;
- опір ізоляції > 2000 МОм ;
- тип кабелю 6-провідний, плетені, ПВХ ;
- довжина кабелю 5,0 м ;
- захист навколишнього середовища IP67.

Було застосовано напів мостову схему для під'єднання датчика, що зображена на рисунку 46.

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

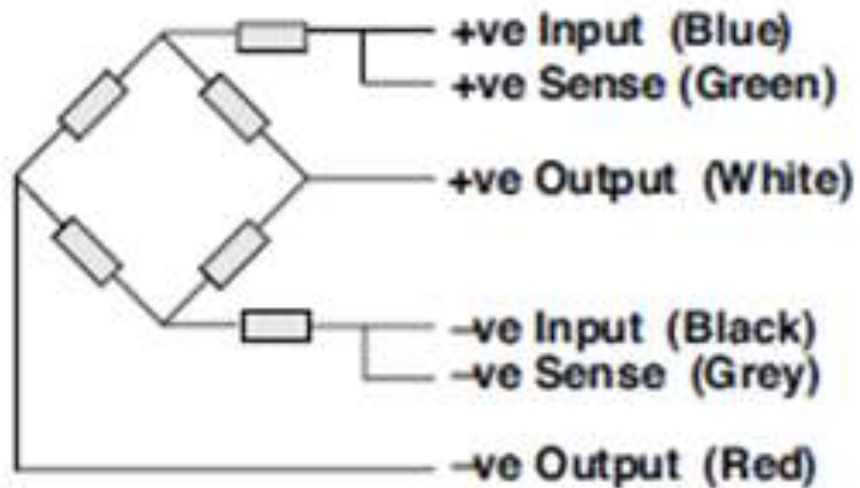


Рисунок 46 – Напів мостова схема підключення датчика

Робота установки показана за допомогою блок-схеми на якій можна прослідкувати послідовність передачі сигналу з одного елемента в інший (рис.47).



Рисунок 47 – Блок-схема роботи узгодження пресу

Датчики підключені до блоку узгодження, що містить підсилювальний елемент сигналу. Цей елемент доповнює напівмостову схему датчика та збільшує сигнал. Операційний підсилювач (ОП) є пристроєм підсилення сигналу з високим коефіцієнтом підсилення, двома входами (диференційний вхід) та одним виходом. Зазвичай ОП конструюють як пристрій з безпосередніми зв'язками між каскадами, що має диференційний вхід і біполярний вихід. Це забезпечує нульовий потенціал на вході та виході ОП у відсутності вхідного сигналу. Операційні підсилювачі бувають трьох- та двокаскадними.

Сигнал потім передається через відповідний кабель до аналого-цифрового перетворювача (АЦП). АЦП перетворює фізичну величину (наприклад, струм, напругу, ємність) у її цифрове значення. АЦП можуть обробляти різні фізичні величини і мають різні типи архітектури. Хоча деякі пристрої працюють лише з цифровими сигналами, АЦП часто використовуються для визначення аналогових характеристик цих сигналів, наприклад у складі осцилографа.

При створенні вимірювальних систем, що базуються на аналого-цифрових (АЦП) та цифро-аналогових (ЦАП) перетворювачах, використовують аналогові датчики як первинні перетворювачі. Ці датчики перетворюють вимірювану фізичну величину в електричний сигнал у певному діапазоні. Аналоговий сигнал з датчика передається до модуля узгодження, необхідного для адаптації сигналу до рівня, на якому працює плата АЦП.

Переваги використання АЦП/ЦАП включають:

- висока якість вимірювань завдяки швидкій обробці даних АЦП;
- можливість додавання додаткових каналів для контролю більшої кількості параметрів;
- збереження даних безпосередньо з АЦП на жорсткий диск комп'ютера;
- зниження витрат на розробку програмного забезпечення за рахунок використання LabVIEW;
- дослідження та випробування машин та механізмів, розробка лабораторних комплексів;
- розробка систем діагностики стану машин та механізмів.

Як програмне забезпечення для вимірювальної системи використовується середовище графічного програмування LabVIEW 8.5. З його допомогою розроблено блок-схему віртуального приладу (рисунок 48, лист [МРМА23.00.00.000ДІ4]) для аналізу процесу встановлення металевої фурнітури у виробі легкої промисловості.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

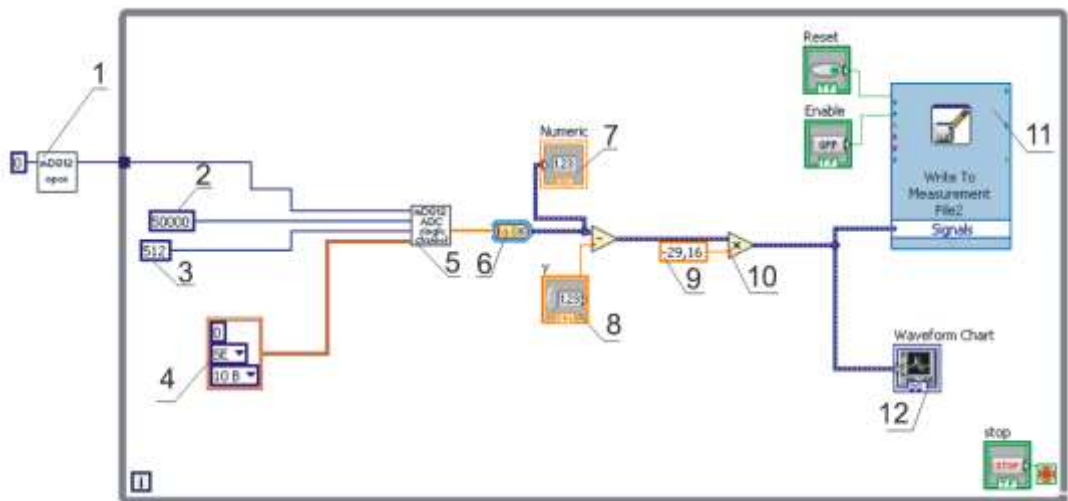


Рисунок 48 - Блок-діаграма віртуального приладу для дослідження операції вставки металевієї фурнітури

Під номером 1 – елемент для відкриття входу в АЦП після виконання досліджень; 2 - частота зняття даних в секундах; 3 – кількість значень, які знімаються за один раз; 4- спосіб приймання даних; 5 – введення даних із АЦП в програму; 6 – елемент перетворень масиву значень в сигнал, який можна в подальшому обробляти; 7 – цифровий індикатор; 8 - елемент виставлення значень; 9 – коефіцієнт тарування; 10 – множення сигналу на коефіцієнт тарування; 11 – модуль збереження даних; 12 – елемент для графічного відображення сигналу.

Комп'ютерна вимірювальна система функціонує наступним чином: електричні сигнали змін напруги, отримані від двох аналогових датчиків, що вимірюють технологічне зусилля та переміщення робочого органу, спершу надходять на модуль синхронізації сигналів SCC-G03. Потім сигнали передаються на блок узгодження SCC-68, який адаптує їх для оптимальної роботи з аналого-цифровим перетворювачем, інтегрованим у комп'ютер. Результати експериментів зберігаються у файлі в пам'яті комп'ютера.

Програма, створена у середовищі LabVIEW, називається віртуальним інструментом. Вона імітує функції реальних фізичних приладів. У LabVIEW лицеву панель створюють за допомогою елементів управління та візуалізації,

таких як кнопки та графіки. Програмування віртуального інструменту відбувається на блок-схемі, де за допомогою графічних функцій керують об'єктами на лицевій панелі.

LabVIEW дозволяє створювати програмно-апаратні комплекси для тестування, вимірювання, введення даних, аналізу та управління зовнішніми пристроями. Віртуальний інструмент складається з чотирьох основних частин: лицевої панелі, блок-діаграми, іконки та з'єднувальної панелі (рисунк 49).

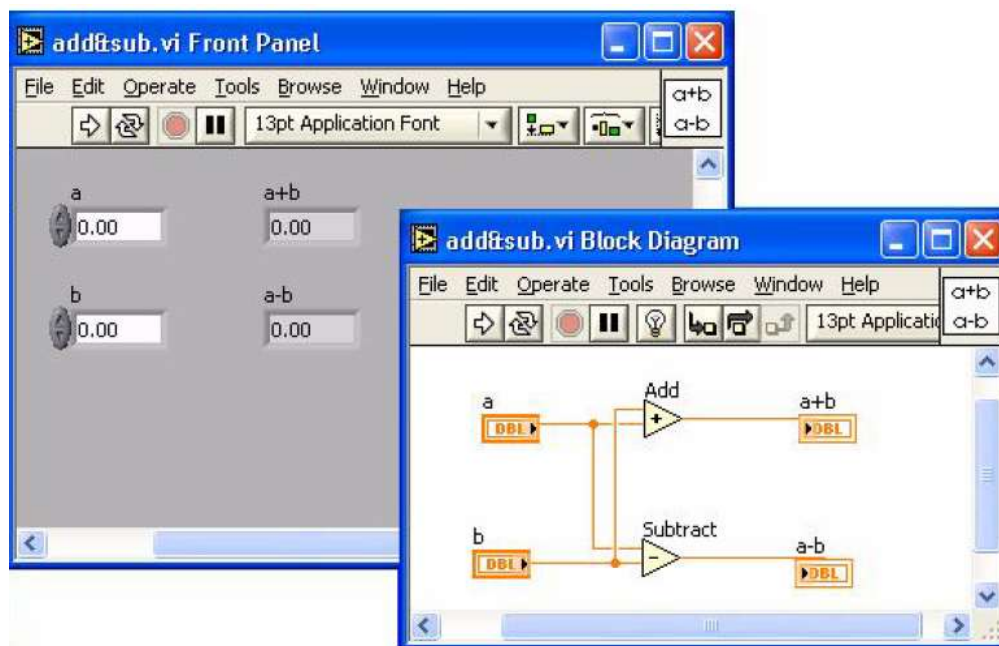


Рисунок 49 – Блок-діаграму і лицеву панель

Для вимірювання переміщення робочого органу у використаному обладнанні застосовано лінійний змінний резистор, зображений на рисунку 50 (а).

Лінійні змінні резистори широко використовуються у різноманітних технічних пристроях та устаткуванні. Ці компоненти часто зустрічаються у вигляді регуляторів гучності у аудіотехніці або як регулятори освітлення. Їх застосування настільки різноманітне, що важко знайти сучасний пристрій, де б не було використано цей компонент.

Лінійний змінний резистор має довгу провідну доріжку з рухомим контактом у центрі (рисунк 50 - б). Електричний струм проходить між двома крайніми контактами, а необхідне користувачу значення напруги знімається з

цього рухомого контакту. Його положення механічно та плавно регулюється. У даному експерименті резистор використовується як реостатний перетворювач, або вимірювальний перетворювач, призначений для фіксації та перетворення лінійних або кутових переміщень у електричний сигнал. Він слугує перетворювачем переміщення, вхідним сигналом якого є положення рухомого контакту потенціометра, а вихідним - напруга або опір відповідної частини потенціометра.

Характеристика змінного резистора:

- тип резистора повзунковий;
- потужність 500 мВт;
- опір 1 кОм;
- характеристика лінійна;
- матеріал корпусу метал;
- матеріал доріжки вугільний;
- розміри повзуна 4x1,2x15 мм;
- розміри корпусу 60x12,5x11 мм;
- робоча максимальна напруга 500 В;
- довжина доріжки 60 мм.



а



б

Рисунок 50 – Зображення кріплення змінного резистора на експериментальному стенді (а), загальний вигляд резистора змінного (б)

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

На фільтр-регулятор вкручується манометр (рисунок 51) для вимірювання тиску, що виникає під час вставки металевої фурнітури.



Рисунок 51 – Манометр серії M043-P12i

Під час проведення експериментів потрібно спостерігати за шкалою манометра і дотримуватись наступних правил:

- 1 постійно під час вимірювання тиск повинен бути в межах від 60% до 90 % від максимального діапазону вимірювання манометра;
- 2 при змінному тиску під час вимірювання потрібно, щоб тиск складав 75% від максимального діапазону вимірювання самого манометра;
- 3 максимальне значення не повинно перебільшувати діапазону шкали, яка розміщена в манометрі.

Для розрахунку теоретичного значення зусилля пробивання і встановлення металевих люверсів, застосовано формули математичної моделі.

Початковими даними є:  $q_{проб}$  - погонне зусилля пробивання Н/мм для певних матеріалів: синтетичний матеріал – 40 Н/мм, джинсовий матеріал – 50 Н/мм, шкіра - 65 Н/мм , які впливають на кут загострення, притуплення люверса, та коефіцієнт швидкості подачі  $k'_\Delta = 1,5$ ;  $k'_\beta = 0,3$ ;  $k'_v = 1,5$ ;  $L_{проб}$  - периметр прорізання 9 мм; D – зовнішній діаметр люверса 18 мм, d- внутрішній діаметр 9мм; t - товщина матеріалу: синтетичний матеріал = 0,019 м, джин-

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

сова тканина = 0,002 м, та для шкіри дорівнює 0,0025 м ;  $\sigma_a$  - межа витривалості для сталей складає 300 МПа = 300 Н/мм<sup>2</sup>.

Для визначення сили закріплення люверсів за основу було взято формулу Комісарова А.І., Жукова В.В. [9], які пропонують її для наближеного визначення сили при закріпленні блочки люверса.

Сила пробивання і закріплення металевої фурнітури в синтетичній тканині розраховуються за формулами:

$$F_{\text{проб}} = q_{\text{проб}} \cdot L_{\text{проб}} \cdot k'_{\Delta} \cdot k'_{\beta} \cdot k'_v ,$$

$$F_{\text{з.}} = (D - d) \cdot 1.5 \cdot \pi \cdot t \cdot c \cdot \sigma_a ,$$

$$F_{\text{проб}} = 40 \cdot 0.009 \cdot 1.5 \cdot 0.3 \cdot 1.5 = 243 \text{ Н} ,$$

$$F_{\text{з.}} = (0.018 - 0.009) \cdot 1.5 \cdot 3.14 \cdot 0.019 \cdot 1.5 \cdot 300 = 362.43 \text{ Н} .$$

Сила пробивання і встановлення металевої фурнітури в джинсовій тканині розраховуються за формулами:

$$F_{\text{проб}} = 50 \cdot 0.009 \cdot 1.5 \cdot 0.3 \cdot 1.5 = 303.75 \text{ Н} ,$$

$$F_{\text{з.}} = (0.018 - 0.009) \cdot 1.5 \cdot 3.14 \cdot 0.002 \cdot 1.5 \cdot 300 = 374.13 \text{ Н} .$$

Сила пробивання і встановлення металевої фурнітури у деталь із шкіри визначаються за формулами:

$$F_{\text{проб}} = 65 \cdot 0.009 \cdot 1.5 \cdot 0.3 \cdot 1.5 = 394.875 \text{ Н} ,$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

$$F_3 = (0.018 - 0.009) \cdot 1.5 \cdot 3.14 \cdot 0.0025 \cdot 1.5 \cdot 300 = 467.58 \text{ Н} .$$

### 3.4 Результати експериментальних досліджень

Аналізуючи геометричні характеристики матриці, можна встановити, що вона точно відповідає формі фіксуючого кільця, яке протягом усього процесу залишається недеформованим і спирається на матрицю. Це означає, що матриця не має значного впливу на сам процес встановлення фурнітури.

Для проведення експериментальних досліджень використовувалися різні матеріали, в які встановлювались металеві люверси, включаючи джинсову тканину, шкіру та синтетичну тканину. Люверси, використані у дослідженні, були виготовлені зі сталі 08 кп і мали однакові геометричні розміри (рисунок 52) (аркуш [МРМА23.00.00.000ДІ5]).



Рисунок 52 – Встановлена металева фурнітура у матеріалах різного походження

З аналізу отриманих даних випливає, що фізичні характеристики матеріалів, у які встановлювались люверси, слабо впливають на силу їх закріплення  $F_{зак}$ .

Програма Microsoft Office Excel була використана для обробки отриманих результатів та створення діаграм, які відображають зміну технологічного

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

зусилля  $F_{вст.}$  при встановленні люверсів у залежності від часу та переміщення робочого органу.

Для вимірювання технологічного зусилля в ході операції використовувалися люверси зі сталі 08 кп, а в якості зразка матеріалу для експерименту обрали синтетичний матеріал.

Діаграма, що ілюструє залежність зусилля від часу проведення операції, представлена на рис. 53 (аркуш [МРМА23.00.00.000ДД]).

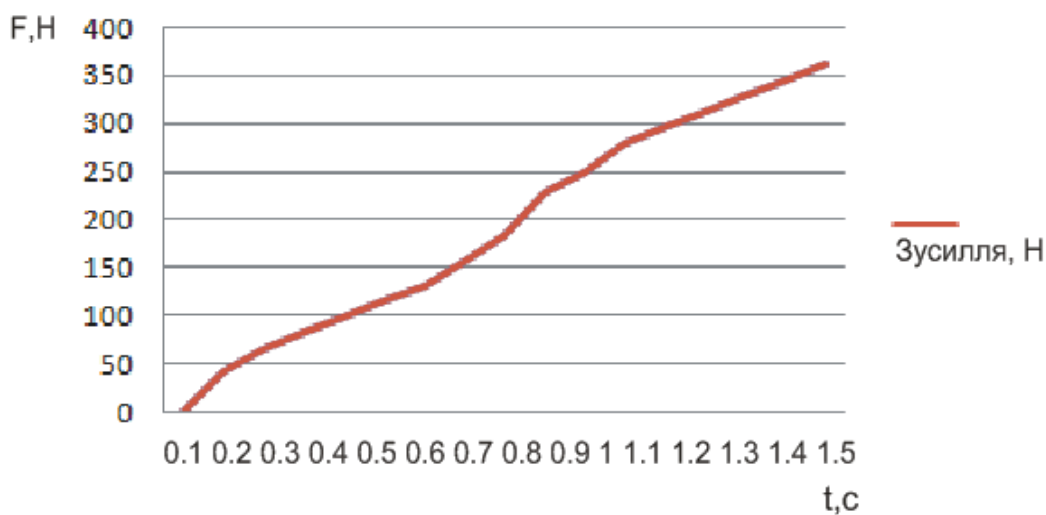


Рисунок 53 – Діаграма залежності сили закріплення  $F_{зак}$  металевого люверса від часу виконання технологічної операції

Для визначення ключових факторів, які впливають на технологічне зусилля при пробиванні та закріпленні фурнітури, зокрема від типу матеріалу, у який встановлюються люверси, було проведено дослідження. У цьому експерименті брали участь три різні типи матеріалів: шкіра, джинсова тканина та синтетичні тканини (рисунок 54).

На базі зібраних експериментальних даних щодо закріплення металевих люверсів у різних типах матеріалів та на основі теоретичних розрахунків були створені діаграми, які відображають залежність між експериментальними та теоретичними зусиллями для пробивання та встановлення люверсів в залежності від товщини матеріалу (рисунок 55).

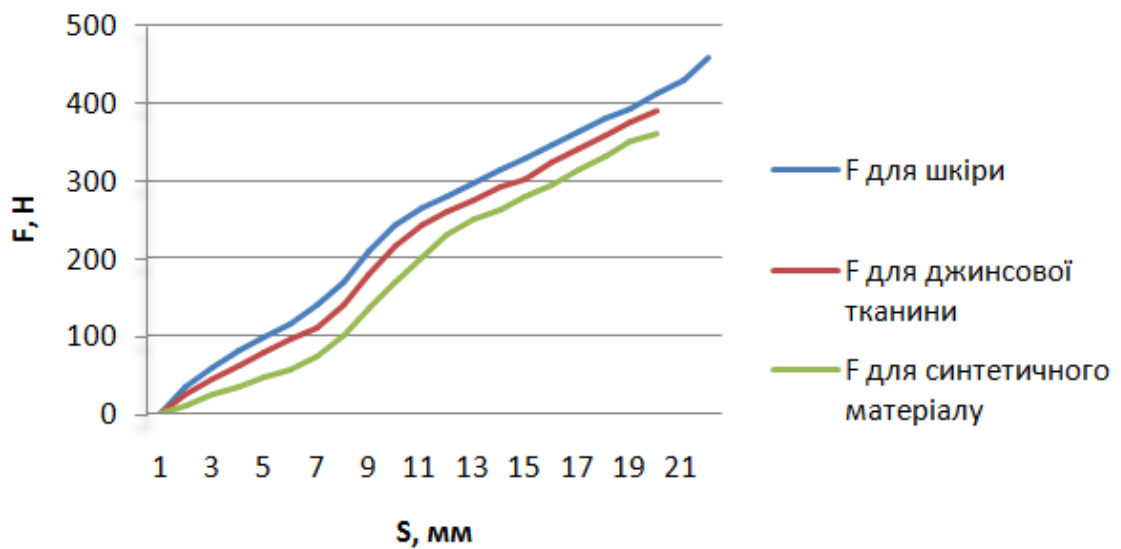


Рисунок 54 – Діаграма залежності сили встановлення металевих люверсів у різні види матеріалів від переміщення робочого органу

Для порівняння експериментальних та теоретичних результатів були використані різні види матеріалів, такі як синтетичні та джинсові тканини та шкіра, а також металеві люверси зі сталі 08 кп.

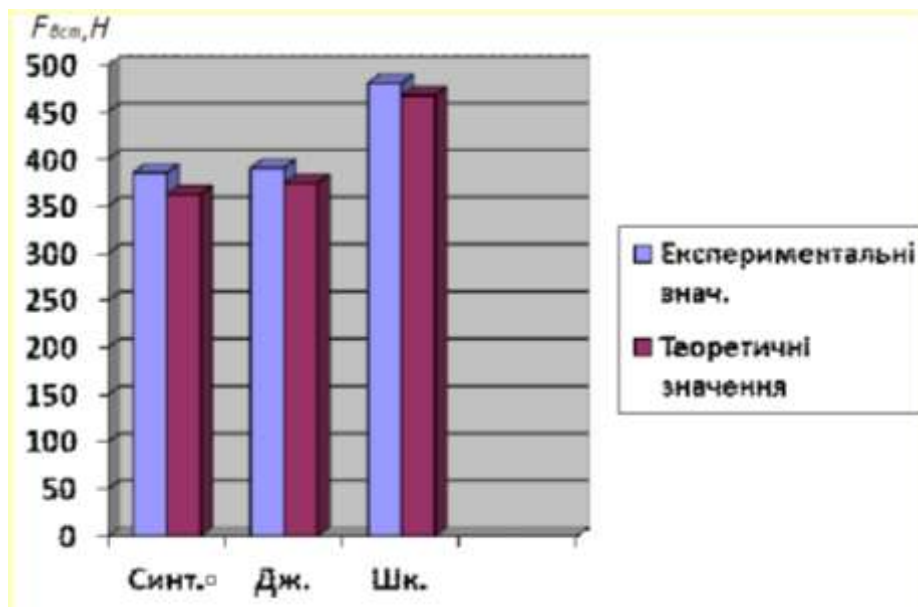


Рисунок 55 – Діаграми порівняння експериментальних і теоретичних значень технологічного зусилля вставки люверсів у різні види матеріалів

З аналізу наведеного матеріалу випливає, що експериментальні дослідження процесу встановлення металевої фурнітури в різні види матеріалів дозволили виявити закономірності цієї операції та визначити технологічне зусилля  $F_{закр.}$  для закріплення люверсів в матеріалі, що є важливим для подальшого проектування пристроїв для встановлення металевої фурнітури у виробках легкої промисловості.

Аналіз отриманих експериментальних і теоретичних даних про технологічне зусилля при встановленні люверсів у різних матеріалах дозволив виявити максимальну похибку між цими величинами. Взагалі, похибка вимірювання - це розбіжність між результатом вимірювання та істинним значенням вимірюваної величини. Абсолютна похибка - це похибка вимірювання, виражена в одиницях вимірюваної величини, а відносна похибка - це відхилення абсолютної похибки від виміряного значення. Відносну похибку, виражену у частках або відсотках від вимірюваної величини, знаходять за допомогою співвідношень (43) і (44):

$$\Delta = |x - x_m|, \quad (43)$$

$$\delta = \frac{\Delta}{x} \cdot 100\%, \quad (44)$$

де  $x$  - результат вимірювання або дійсне значення фізичної величини, що вимірювалася;

$x_T$  - дійсне, абсолютне значення вимірювальної величини (теоретичне).

Вимірювання відносної похибки для синтетичної групи тканин:

$$\delta = \frac{|385 - 362.43|}{385} \cdot 100\% = 5.9\%.$$

Вимірювання відносної похибки для джинсової тканини:

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta = \frac{|390 - 374.13|}{390} \cdot 100\% = 4.1\%.$$

Вимірювання відносної похибки для матеріалу шкіра:

$$\delta = \frac{|480 - 467.58|}{480} \cdot 100\% = 2.7\%.$$

Під час встановлення фурнітури в синтетичні тканини була зафіксована максимальна похибка, що перебуває у прийнятних межах, оскільки ці матеріали схильні до стиснення та деформації під час проведення технологічного процесу.

Шкіра, завдяки своїй унікальній структурній будові, менше схильна до стиснення та деформації порівняно з іншими видами матеріалів під час встановлення металевих люверсів, тому похибка у цьому випадку становила 2,7%.

### 3.5 Висновки до розділу

У цьому розділі представлено експериментальне вивчення процедури встановлення металевої фурнітури у виробках легкої промисловості. Для цього було розроблено конструкцію робочих механізмів, створено стенд для аналізу процесу монтажу металевих люверсів, а також відібрано необхідне обладнання для реєстрації даних. В рамках дослідження були здійснені необхідні експериментальні випробування.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

## ВИСНОВКИ

Ця магістерська робота досягла своєї мети. На основі поставленого завдання розроблено робочі інструменти для пресу з пневматичним приводом, призначені для монтажу металевої фурнітури у виробах одягу та взуття. З результатів роботи можна зробити такі висновки:

Аналіз технічної та патентної літератури показав, що розроблені робочі інструменти перевершують існуючі варіанти завдяки можливості одночасного пробивання та встановлення фурнітури. Це забезпечує значне скорочення часу виконання операції, покращення якості встановленої фурнітури, зниження енерговитрат та економію на додаткових інструментах.

Здійснено аналітичне дослідження процесу монтажу металевих люверсів на пресі, включно з розробкою фізичних та математичних моделей. Це дозволило зв'язати властивості матеріалу виробу, фурнітури, параметри інструменту та швидкість виконання операції, що сприяло аналітичному вивченню процесів, що відбуваються під час встановлення фурнітури.

Виконано експериментальні дослідження процесу встановлення металевої фурнітури у виробах легкої промисловості на пресі з пневматичним приводом. Аналіз даних показав, що зростання тиску забезпечує щільне прилягання фурнітури до матеріалу, підвищуючи міцність монтажу. Однак надмірне зусилля може призвести до пошкодження матеріалу.

Результати мають значення для виробництва, що використовує пресове обладнання для монтажу металевої фурнітури.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Металева фурнітура [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://furnix.com.ua/uk>.
2. Чумакова С. В. Огляд швейної та взуттєвої металевої фурнітури, яка встановлюється у виробі легкої промисловості шляхом розвальцьовування та розклепування / С. В. Чумакова, О. С. Поліщук // Вісник ХНУ. – 2010. - №3. - С. 104 – 110. // Вісник КНУТД. – 2010. – №5, т.2. – С.142-148
3. Чумакова С.В. Аналітичний огляд способів та обладнання для встановлення металевої фурнітури у виробі легкої промисловості / Світлана Чумакова, Олег Поліщук/ Вісник ХНУ.- 2011. № 3.- с. 56 – 61.
4. Поліщук О.С. Колючо-ріжучі механічні операції в підготовчих процесах швейно-взуттєвих виробництв. / Поліщук О.С .,Е.А. Манзюк // Вісник ХНУ. – 2013. - №4. - С. 34 – 37.
5. Поліщук О.С. Наукові основи проектування електромеханічного пресового обладнання легкої промисловості: дис... д- ра техн. наук: 05.05.10 / Київський національний ун-т технологій та дизайну. - К., 2019. – 372с.
6. Хоменко Л.М. Обладнання швейного виробництва: Навчально-методичний посібник . –Умань: ВПЦ «Візаві», 2011. -132 с.
7. Кармаліта А.К. Високоєфективне пресове обладнання в легкій промисловості: монографія / А.К. Кармаліта. – Хмельницький: ХНУ, 2008. – 162с.
8. Обладнання швейного виробництва [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://studfile.net/preview/2413363/page:3/>.
9. Машина й устаткування для виробництва взуття [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://surl.li/ontim>
10. Петров, О. В. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С.І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Є.Г. Афтандіянц, О.В. Зазимко, Г.М. Похиленко. Технологія обробки металів і сплавів тиском. – К.: Видавничий центр НАУ, 2020 – 60 с.

12. Коновал В.П., Гаркавенко С.С., Свістунова Л.Т. та ін. Універсальний довідник взуттєвика: [навчальний посібник] – К.: Лібра, 2006. – 720 с.

13. Поліщук О.С. Підвищення ефективності застосування пресового обладнання в легкій промисловості: дис. кандидата технічних наук: 05.05.10/ Поліщук Олег Степанович. – Київ, 2001. – 145 с.

14. Поліщук О.С. Методи і засоби, що визначають використання пресового обладнання в легкій промисловості / О.П. Бурмістенков, А.К. Кармаліта // Вісник ХНУ. – 2013. - №3. - С. 215 – 226.

13. ДСТУ 1.5:2015 Правила розроблення, викладання та оформлення національних нормативних документів [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://udhtu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/03/DSTY\\_1\\_5\\_2015.pdf](https://udhtu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/03/DSTY_1_5_2015.pdf).

14. Пневматичні та електричні приводи. Компоненти [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://catalog.camozzi.ua/>

15. М.В. Орлюк, П.С. Вишневський. Технологія холодного штампування та конструювання штампів. Навчальний посібник. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 80с.

16. Фурнітура для взуття [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://artstep.com.ua/ua/furniture-dlya-obuvi/>.

17. Металева фурнітура для ремонту взуття та одягу [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://optmaster.com.ua/ua/g650233-metallicheskaya-furniture-dlya>.

18. Металева фурнітура [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://masterok-key.com.ua/ua/g6881106-metallicheskaya-furniture>.

19. Що таке фурнітура і для чого вона? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://konstar.com.ua/blogs/blog/scho-take-furnutyra>.

20. Швейна фурнітура та гудзики [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://plastmassa.biz/ua/g5520995-shvejnaya-furniture-pugovitsy>.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

# ДОДАТКИ

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92