

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Розробка захватного пристрою для плоских деталей легкої промисловості

Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
Спеціалізація Машини та апарати легкої промисловості

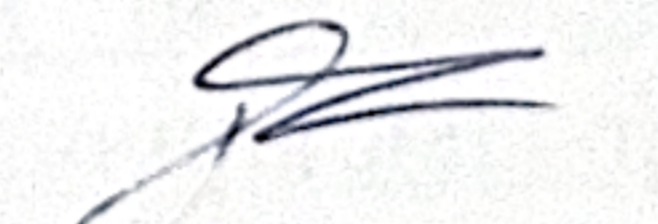
Шифр МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
2 курсу група МБм-23-1


Підпис

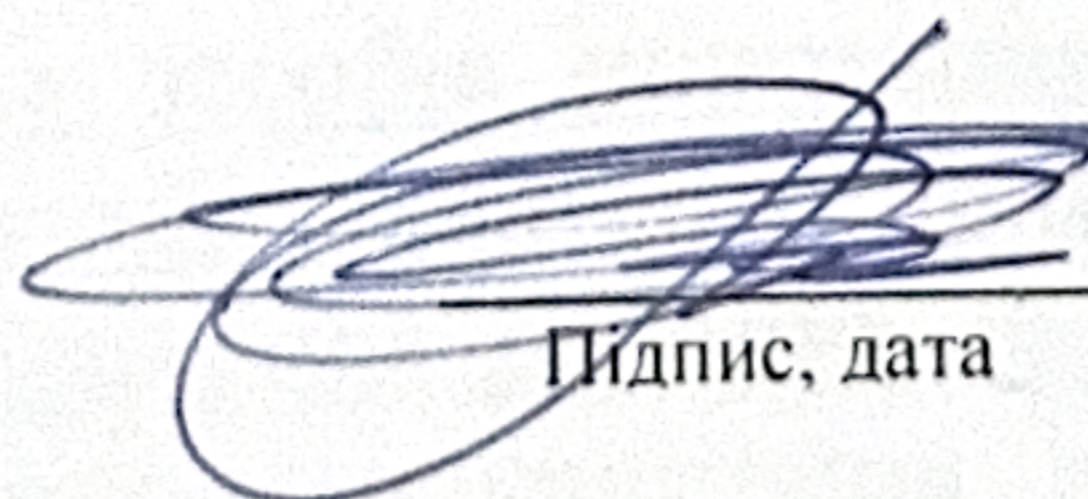
Міхалець Р.В.
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

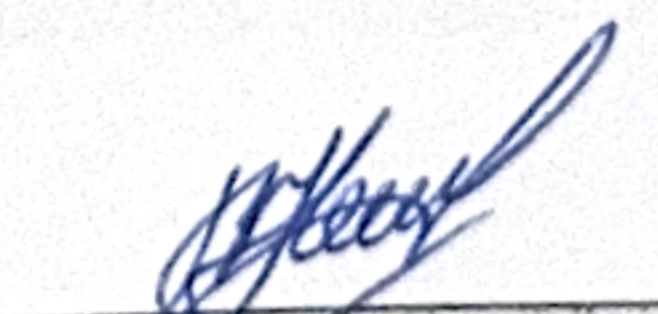
к.т.н., доц. Романець Т.П.
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

к.т.н. доц. Тимощук
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

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

17 12 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень магістр

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»


Шифр і назва

Освітня програма «Машини і апарати легкої промисловості»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

к.т.н. доц. Неймак В.С.

 . 12 . 2024р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Міхалець Роман Володимирович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка захватного пристрою для плоских деталей легкої промисловості

керівник роботи Романець Тарас Петрович, к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 26 08 2024 р. № 60

2. Строк подання студентом роботи на кафедру _____

3. Вихідні дані до роботи звіт з переддипломної практики, технічні характеристики технологічного обладнання легкої промисловості

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

Вступ. 1. Аналіз методів та засобів поштучного відокремлення плоских деталей. 2. Розробка конструкції захватного пристрою для плоских деталей легкої промисловості. 3. Розрахунок робочих органів голкового захватного пристрою. 4 Пропозиції щодо використання пристрою. Перелік джерел посилення.

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

1. Способи захоплення деталей захватним пристроєм (ДО, А1). 2. Процес відокремлення деталі від пачки (ДТ, А1). 3. Захватний пристрій для плоских деталей (СК, А1). 4 Робочі органи захватного пристрою (ВЗ, 2*А2). 5. Характеристики захватного пристрою (РР, А1). 6. Використання захватного пристрою (ДІ, А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

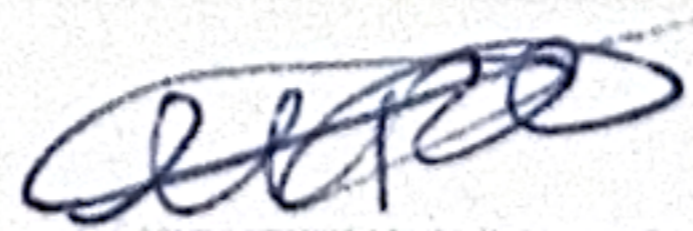
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Аналіз методів та засобів поштучного відокремлення плоских деталей.	до 15.10.24р.	
2. Розробка конструкції захватного пристрою для плоских деталей легкої промисловості.	до 30.10.24р.	
3. Розрахунок робочих органів голкового захватного пристрою.	до 15.11.24р.	
4 Пропозиції щодо використання пристрою.	до 30.11.24р.	
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	до 10.12.24р.	

Студент

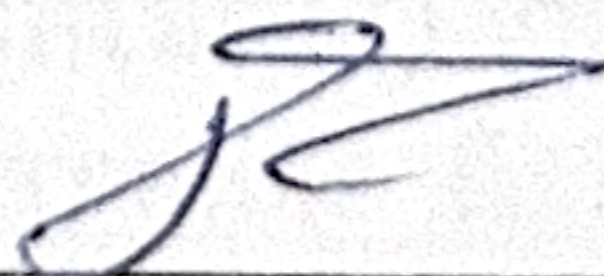


Підпис

Р.В. Міхалець

Ініціали, прізвище

Керівник роботи



Підпис

Т.П. Романець

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до магістерської роботи студента
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

1. Прізвище, ім'я та по батькові

Міхалець Роман Володимирович

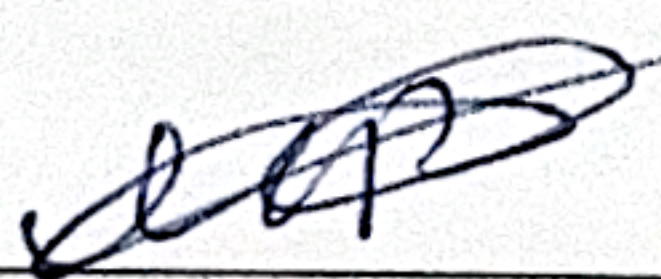
2. Тема магістерської роботи Розробка захватного пристрою для плоских деталей легкої промисловості

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

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 6 арк., сторінок записки 72

5. Актуальність робіт в області автоматизації складання взуття обумовлена складністю і великим числом технологічних переходів, значною питомою вагою ручної праці при їх виконанні, недостатнім завантаженням технологічного обладнання внаслідок більших затрат часу на виконання допоміжних прийомів та операцій. Спроба створення автоматизованих агрегатів та ліній для складання взуття на базі традиційних технологічних методів свідчать про недостатню ефективність вказаних технічних систем, їх велику конструктивну складність і малу мобільність. Рівень розвитку промисловості вимагає створення спеціальних засобів автоматизації, наприклад, завантажуючих пристроїв, захватних та подаючих механізмів, орієнтуючих пристроїв, засобів автоматичного контролю, керування тощо. Особливе місце серед них займають пристрої для поштучного відокремлення і подачі деталей, без яких не може бути повністю або частково автоматизований ні один технологічний процес складання виробів. Перед здобувачем поставлено завдання розробити універсальний захватний, який міг би відокремити деталі від пачки, причому деталі різних типорозмірів та форм і будь-якої щільності. В першому розділі розрахунково-пояснювальної записки проведено аналіз існуючих методів та засобів поштучного відокремлення плоских деталей. В другому розділі обгрунтовано вибір конструкції та виконано розробку пристрою для маніпулювання плоскими деталями. В третьому розділі здійснено розрахунок основних елементів конструкції пристрою. В четвертому розділі роботи розроблено пропозиції щодо використання пристрою.

Підпис студента


" 17 " 12 2024 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 3 від " 25 " 12 2024 р.

Оцінка проекту ЕК добре /с

Рекомендації ЕК _____

Особливі відмітки _____

Технічний секретар _____

" 25 " 12 2024 р.

Зміст

Вступ.....	5
1 Аналіз методів та засобів поштучного відокремлення плоских деталей	7
1.1 Загальні вимоги до захватних пристроїв	11
1.2 Аналіз пристроїв для поштучного відокремлення плоских деталей	12
Висновки до першого розділу	27
2 Розробка конструкції пристрою	28
2.1 Обґрунтування вибору конструкції	28
2.2 Конструкція захватного пристрою.....	29
2.3 Опис запропонованих конструкцій.....	29
Висновки до другого розділу	33
3 Розрахунок конструкції пристрою	34
3.1 Розрахунок механізму голкового типу.....	34
3.2 Розрахунок пневматичного вакуумного присосу	39
3.3 Розрахунок пружини стиску	44
Висновки до третього розділу	49
4 Пропозиції щодо використання пристрою	50
4.1 Захватний пристрій для маніпулювання плоскими деталями	52
4.2 Робочі органи безнасосного вакуумного захватного пристрою	55
4.3 Розробка методики розрахунку параметрів робочих органів	58
4.4 Розрахунок конструктивних параметрів сільфона	63
4.5 Експериментальне дослідження безнасосного захвата	66
Висновки до четвертого розділу	69
Загальні висновки	70
Перелік джерел посилань	71
Додатки	73

МРМА 24.000.00.00 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розробив		Міхалець Р.В.			
Перевірив		Романець Т.П.			
Н.контр.					
Затвер.		Неймак В.С.			
Розробка захватного пристрою для плоских деталей легкої промисловості			Літера	Аркуш	Аркушів
			М	4	72
			ХНУ, гр. МБм-23-1		

ВСТУП

х Розвиток техніки і технології взуттєвого виробництва, розширення асортименту виробів машинного виготовлення і більш раціональне використання взуттєвих матеріалів призвели до створення численних детальних конструкцій взуттєвих заготовок [6].

Актуальність робіт у галузі автоматизації складання взуття зумовлена складністю і великою кількістю технологічних переходів, значною часткою ручної праці під час їхнього виконання, а також недостатнім завантаженням технологічного устаткування через великі витрати часу на виконання допоміжних технологій і завдань.

Спроби створення автоматизованих агрегатів і ліній для складання взуття на основі традиційних технічних прийомів показують, що ці технічні системи недостатньо ефективні, конструктивно складні та маломобільні. Перед галуззю стоїть завдання прискорення науково-технічного прогресу на основі абсолютно нових технологічних принципів. Перш за все, це розробка і придбання автоматизованих ліній та їхніх систем, тобто технологічних комплексів з автоматичними маніпуляторами і лініями.

Нині, як у нашій країні, так і за кордоном, дедалі більша увага приділяється розробці напівавтоматичного й автоматичного обладнання для автоматизації технічних завдань складання взуття. Розвиток промисловості на цьому рівні вимагає створення спеціальних засобів автоматизації, таких як завантажувальні пристрої, механізми захоплення і подачі, пристрої орієнтації, засоби автоматичного контролю і управління тощо. Особливе місце серед них посідають пристрої для розділення і почергової подачі деталей, без яких неможливо повністю або частково автоматизувати технічний процес складання виробів.

Створення таких пристроїв сильно ускладнюється фізико-механічними властивостями матеріалу, різними геометричними параметрами і якістю матеріалу [1]. У розв'язанні проблеми підвищення продуктивності праці важливу роль

					MPMA 24.000.00.00 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відіграють такі фактори, як механізація та автоматизація виробничих процесів, засновані на широкому застосуванні різних пневматичних приводів.

Останніми роками темпи їх впровадження в різних галузях вітчизняної та світової промисловості різко зросли [16]. Наше завдання - розробити універсальний пристрій захоплення, здатний працювати з деталями різних розмірів, форм і щільності поверхні.

					MPMA 24.000.00.00 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ПОШТУЧНОГО ВІДОКРЕМЛЕННЯ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Нині для відділення деталей від пачок використовується безліч пристроїв із різними принципами роботи. Одні захвати захоплюють деталі з пачки зверху, інші - знизу. Верхні захвати забезпечують оптимальні умови для відділення деталей від пачки, при цьому розмір і форма деталей практично не мають значення. Під час використання нижнього захоплення немає необхідності зупиняти машину для подачі деталей, як під час використання верхнього захоплення, але виникають проблеми під час роботи з великими деталями та їхнього вилучення з бункера.

Тому захоплення деталей знизу і відділення їх від пачки більше підходить для невеликих деталей. Найсуттєвіший вплив на процес відокремлення окремих деталей чинить ковзання і товщина шару матеріалу, що характеризується міцністю зчеплення, повітропроникністю, шорсткістю під час вигину і коефіцієнтом тертя деталей у пачці. Методи захоплення деталей за допомогою хватних пристроїв наведено в МРМА 24.00.00.000 ДО.

Аналіз конструкції та характеристик хватних пристроїв дав змогу їх класифікувати. Метод впливу інструменту на деталь використовувався як класифікаційна ознака, а не конструктивна. Незважаючи на відмінності в способі впливу, принципових відмінностей між пристроями за порядком роботи немає. Пристрої механічної дії відокремлюють заготовку від пакета, приводячи робочий інструмент у безпосередній контакт із заготівлею, закріплюючи його і притискаючи до заготовки. Це найбільш відомі та поширені типи конструкцій.

Оскільки принцип їхньої дії заснований на властивостях матеріалу (ворс, велика товщина, низький коефіцієнт тертя, шорсткість тощо), пристрої механічної дії надійно працюють з обмеженим діапазоном типів матеріалів і мають вузьку сферу застосування.

Крім того, такі пристрої не орієнтують деталь під час захоплення, а іноді

					МРМА 24.000.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навіть погіршують зовнішній вигляд матеріалу, що піддається впливу робочого інструменту. Вони найбільш ефективні під час обробки специфічних деталей. На рис. 1.1 представлено класифікацію пристроїв для розділення складених деталей на складові частини.

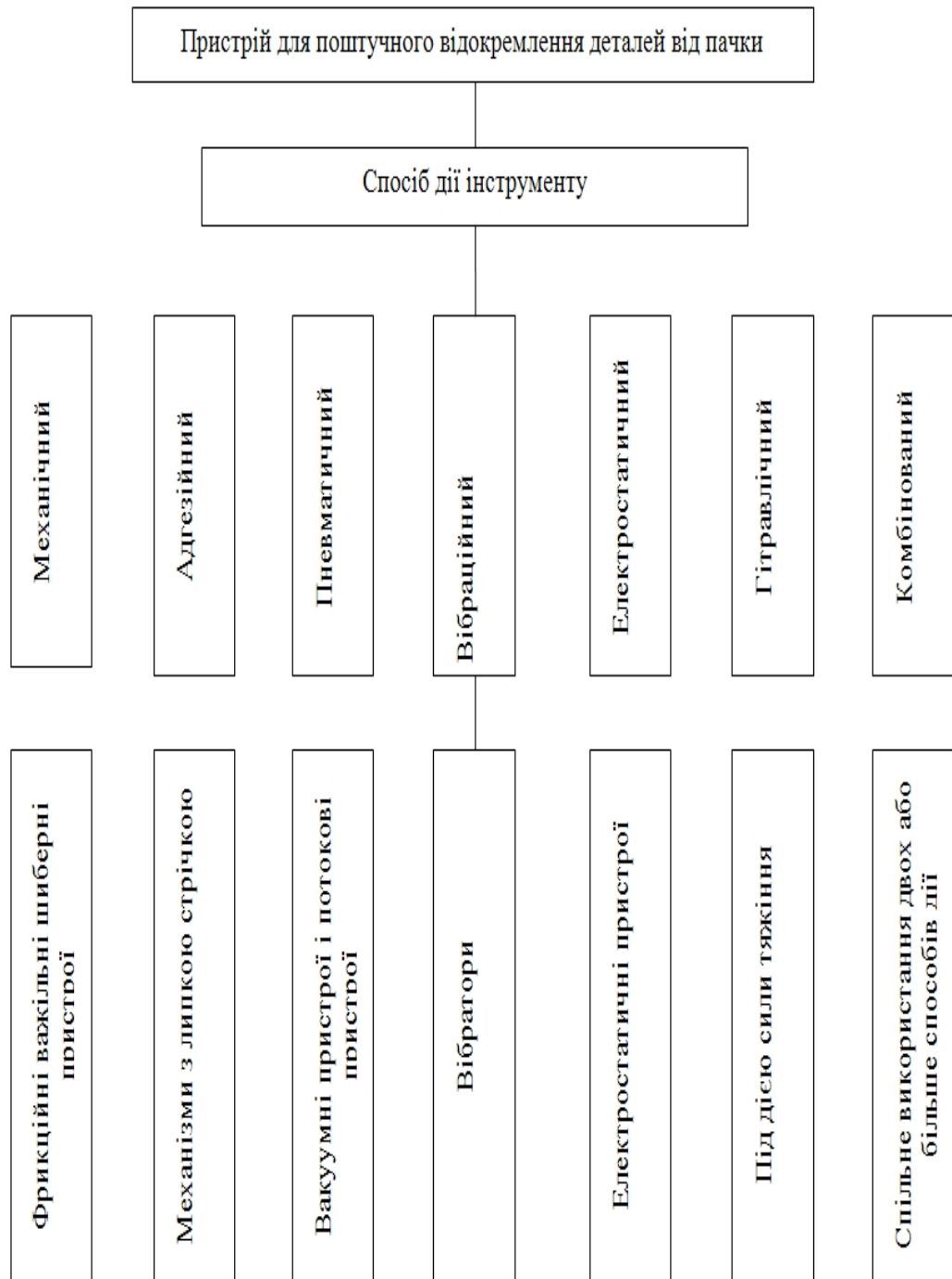


Рисунок 1.1 - Класифікація пристроїв для поштучного відокремлення деталей від стосу

Клеючі пристрої відокремлюють заготовки від упаковки, закріплюючи їх на клейкій стрічці. Клейка стрічка захоплює заготовку в декількох місцях і працює стабільно.

До недоліків цього типу обладнання можна віднести короткий термін служби клейкої стрічки, висихання, налипання пилу і ворсу, захоплення двох деталей одночасно або зміщення наступної деталі в пачці, пошкодження або забруднення структури матеріалу і необхідність використання повітродувки.

Пневматичні пристрої можна розділити на дві основні підгрупи: проточні та вакуумні. Проточні пристрої аеродинамічної дії з'явилися порівняно недавно і можуть бути розділені на пристрої з імпульсним і безперервним приводом, які працюють завдяки створенню надлишкового тиску або вакууму, а також поєднання цих режимів роботи. Робота цих пристроїв заснована на взаємодії заготовки з робочим (робочим) потоком повітря.

Найбільш ефективним є використання проточних аеродинамічних пристроїв під час обробки деталей із повітропроникних матеріалів із низькою поверхневою щільністю. Проточні пристрої мобільні й універсальні та можуть використовуватися для розділення, захоплення, орієнтації та транспортування деталей зі штабелів.

Незалежно від конструкції, принцип роботи однаковий. Зокрема, вони використовують аеродинамічний ефект стінки (потік поблизу стінки відхиляється в бік стінки і відштовхується від неї) і потік навколо криволінійних поверхонь (розрідження потоку за рахунок збільшення локальної швидкості потоку). У деяких конструкціях використовується ефект ступенів або розривів для створення додаткового локального розрідження.

Особливістю цих пристроїв є те, що вони працюють без контакту з деталлю. Залежно від розміру деталі проточні захвати можуть мати різну форму і площу. Для створення необхідного тиску використовуються серійні компресори, як індивідуальні, так і групові. Це означає, що вони можуть працювати як аеродинамічні проточні захвати або як вакуумні захвати, які перемикають подачу по-

вітря і використовують ефект розрядження для створення вакууму.

Висока оборотність вакуумних пристроїв дає змогу використовувати їх як складальні одиниці різного призначення. У зв'язку з цим розглянемо деякі конструктивні особливості цих пристроїв. Фізико-механічні властивості матеріалів накладають певні обмеження на конструкцію виконавчих механізмів. З

окрема, механічні приводи накладають значні обмеження на їхню конструкцію і при створенні великих зусиль можуть пошкодити конструкцію та зіпсувати зовнішній вигляд виробу. Порівняно з ними вакуумні приводи мають низку переваг, таких як дуже проста конструкція виконавчого органу, відсутність рухомих частин і простота регулювання.

Конструктивно вакуумні захвати випускаються в одиночному і груповому виконанні, залежно від розмірів оброблюваної деталі [1, 10]. Сам захват являє собою пневматичну присоску, яка може мати різну форму і бути виготовлена з різних матеріалів (жорстких, еластичних тощо). За конструкцією і матеріалом вакуумні захвати можна розділити на жорсткі, напівжорсткі та еластичні, які можуть бути виготовлені з пластику або гуми, відповідно, з гофрованим корпусом. Конструкція групових захоплень також може бути різною, наприклад, безперервно обертові барабани і стрічки, плоскі однорядні і багаторядні.

Фіксація й утримання деталей вакуумними інструментами відбувається за рахунок різниці тисків ΔP під і над деталлю. Повітря під низьким тиском або вакуум характеризується обмеженим діапазоном температур і нормальним вмістом вологи, а також хімічною інертністю з виробничо-технічного погляду при короткочасному або тривалому контакті з більшістю оброблюваних матеріалів.

Використання вакуумних пристроїв ускладнюється високою проникністю матеріалу і міжламінарним вигином скріплених деталей, що може призвести до захоплення декількох деталей одночасно. Вакуумні пристрої не орієнтують компоненти. Вони ідеально підходять для обробки виробів із герметичних матеріалів, а також для переміщення й укладання деталей.

Класифікація та аналіз обладнання для почергового відокремлення деталей

					MPMA 24.000.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

від пачок дали змогу обмежити типи обладнання та обрати той, який найповніше відповідає технічним вимогам та експлуатаційним характеристикам.

Проточні пристрої є найбільш регульованими та реверсивними. Їх можна використовувати не тільки для відокремлення та передачі деталей з пачки, а й для подальшого контролю, тобто для відстеження орієнтації деталей. Оскільки для управління також використовується стиснене повітря, можна застосовувати і звичайне пневматичне обладнання.

Виходячи з класифікації обладнання, можна узагальнити його структурні та функціональні характеристики. Крім відмінностей у способі впливу інструменту на заготовку і характері поділу, істотний вплив на процес поділу має траєкторія руху захватного інструменту. Незалежно від конструкції обладнання, відділення заготовки від пачки повинно відбуватися за радіусом.

Поступове відокремлення під час переміщення захватного інструменту за радіусом дає змогу в кілька разів знизити шкідливий вплив сил міжламінарного тертя й адгезії на деталі в пачці та підвищити надійність захоплення тільки однієї деталі.

1.1 Загальні вимоги до захватних пристроїв

Одним із найважливіших конструктивних елементів робота або маніпулятора є захват. Захвати маніпулятора використовуються для захоплення об'єктів і утримання їх у фіксованому положенні. Оскільки ці об'єкти різняться за розміром, формою та вагою, а також мають різні фізичні властивості, необхідно використовувати різні типи захватів. Тому такі пристрої є одним зі змінних елементів маніпулятора. До захвата можуть кріпитися змінні робочі елементи (наприклад, губки, присоски).

До захватів висуваються як загальні, так і спеціальні вимоги, пов'язані з конкретними умовами роботи. До основних вимог належать надійність захоплення й утримання об'єкта, неможливість пошкодження або руйнування об'єкта,

					MPMA 24.000.00.00 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стійкість основи.

Система має бути компактною і легкою, але з підвищеними вимогами до міцності. Особлива увага приділяється надійності кріплення захоплення до маніпулятора.

1.2 Аналіз пристроїв для поштучного відокремлення і подачі плоских деталей

Як відомо, відокремлення та подача м'яких плоских деталей по одній здійснюється за допомогою маніпуляторів. Маніпулятор - це пристрій, який автоматично повторює необхідні рухи на площині або в просторі та замінює рухові функції людської руки [13].

Основною частиною маніпулятора є захват. Захват промислового робота - це робочий орган для захоплення й утримання виробничого об'єкта або технічного пристрою [10]. Згідно з японськими промисловими стандартами, захватний пристрій (захват) - це пристрій, що виконує функції, аналогічні функціям людської руки або механічного маніпулятора.

Стандарт також визначає поняття «ефектор» як елемент, за допомогою якого робот безпосередньо маніпулює об'єктами або виконує певні технічні операції. Захоплювальний пристрій (grieefer) - це маніпуляційний пристрій, що перебуває в безпосередньому контакті з об'єктом і призначений для утримання, видалення, розміщення або орієнтації об'єкта в заданому положенні.

Операція захоплення (grip, grippe (nem)) означає утримання і переміщення об'єкта для маніпулювання робочим органом пристрою захоплення, що обмежує рухливість або операцію з утримання і переміщення об'єкта для маніпулювання. У цьому випадку утримання може здійснюватися шляхом захоплення об'єкта пальцями або за рахунок фрикційних, магнітних, вакуумних або адгезійних сил на самій контактній поверхні.

Під маніпуляцією розуміється будь-який вплив на заготовку, наприклад,

					MPMA 24.000.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

захоплення або звільнення заготовки із захватного пристрою, переміщення заготовки або її частини, відокремлення її від штабеля, орієнтація, базування тощо. Класифікації захватних пристроїв описані в різних джерелах [1, 11, 16].

Залежно від характеру взаємодії з об'єктом маніпулювання, тобто дії сили зчеплення, захватні пристрої можна розділити на механічні, пневматичні, магнітні, клейові та комбіновані типи. Ця характеристика дуже важлива під час вибору типу захвата.

Низький рівень автоматизації процесу завантаження деталей верху взуття в технічні машини багато в чому зумовлений їхніми особливими характеристиками. Основними параметрами об'єкта експлуатації та вихідними параметрами конструкції захвата є маса і габаритні розміри об'єкта експлуатації [16]. Крім того, на вибір типу захвата впливають такі характеристики, як стан поверхні деталі, механічні властивості матеріалу, геометрична форма, положення центру тяжіння деталі та її взаємне розташування із захватом.

Порівняльний аналіз способів впливу захватного пристрою на об'єкт маніпулювання можна знайти в [1, 10, 11, 16]. На наш погляд, використання пневматичних захоплень найзручніше для розділення і подачі верху взуття на деталі. Пневматичні захвати найбільш універсальні та підходять для індивідуального розділення різних деталей та інших операцій. Зокрема, цей тип захоплень використовується на поліграфічному обладнанні, що подає папір, деревообробному обладнанні та під час роботи з листовим склом.

Переваги вакуумних захватів: 1) відсутність інтенсивних зусиль захоплення, які можуть пошкодити або неприпустимо деформувати деталь; 2) універсальність - вони можуть захоплювати деталі різної форми, зокрема просторової, а також різних розмірів і ваги; 3) висока швидкість захоплення та звільнення; 4) простота і компактність приводу; 5) можливість захоплення нежорстких деталей. До серйозних недоліків можна віднести складність захоплення деталей з повітропроникних матеріалів і деталей зі складною геометрією з отворами. У деяких випадках використання вакуумних захватів дає змогу вирішити цю проблему

простим і надійним способом. Серед інших переваг - низька вартість, нечутливість до магнітних полів та екологічність.

Повітря під тиском, як і розбавлене повітря, має здатність швидко, практично миттєво, поширюватися, тому його можна використовувати для створення захватних і транспортувальних пристроїв. У результаті можна створити відповідні пристрої для розв'язання проблеми захоплення і подачі компонентів. Основним робочим елементом вакуумного пристрою є всмоктувальний отвір - присоска (рис. 1.2).

Принцип дії присоски полягає в тому, що гумовий, пластиковий або металевий наконечник 1 встановлюють на деталь 2, яку захоплюють, утримують у фіксованому положенні, відокремлюють і подають в обробну машину. Коли присоска наближається до поверхні деталі, спрацьовує перемикальний пристрій, і в каналі 3 створюється вакуум. Це не перешкоджає всмоктуванню повітря між заготівлею і наконечником присоски. Наконечник присоски притискається до заготовки, і між ними утворюється щільний контакт. Завдяки різниці тисків між заготівлею і присоскою заготівля утримується, якщо сила захоплення перевищує вагу заготівлі або інші зовнішні сили. Розглянутий принцип може бути використаний різними способами за умови, що різниця між атмосферним тиском і вакуумним тиском у присоску достатня.

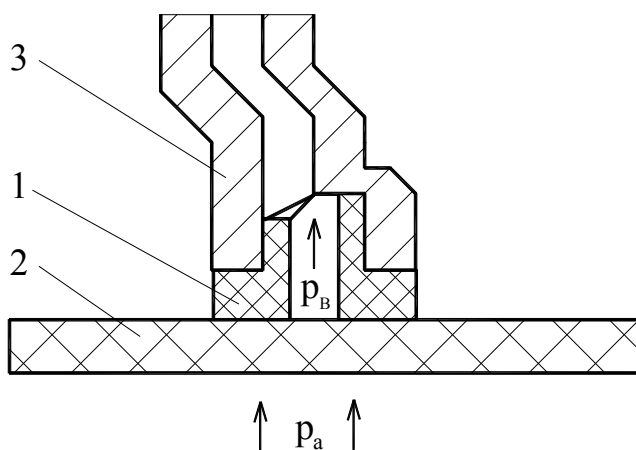


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд присоски

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Хоча перераховані вище умови обмежують застосування вакуумних пристроїв, вони не виключають можливості їх використання для деяких матеріалів. Розглянемо деякі конструкції пристроїв, що використовуються для захоплення плоских деталей.

На рис. 1.3 показано захват промислового робота [1]. Він складається з корпусу 1, вакуумної камери 2 з перфорованими стінками 3 і 4, жорстко сполученою з корпусом 1, жорсткого трубопроводу 5, що з'єднує вакуумну камеру 2 з виштовхувачем 6, приводу обертання захоплення 7 і пластини 8 для закриття перфорацій у стінках 3 і 4. Причому діаметр отворів в одній стінці камери більший, ніж кількість отворів в іншій стінці. Привід 7 кріпиться до маніпулятора за допомогою фланця 9. До перфорованих стінок 3 і 4 кріпляться ущільнення, наприклад, перфоровані прокладки 11 і 12 з гуми.

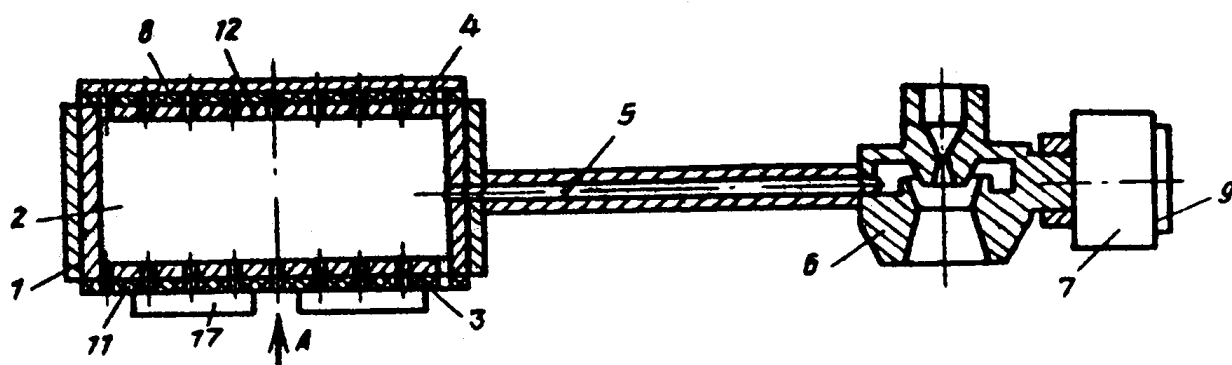


Рисунок 1.3 – Схват промислового робота

Коли один із перфораційних отворів у стінках 3 або 4 повністю відкритий, а інший закритий пластиною 8, розташованою над корпусом 1, ежектор 6 створює у вакуумній камері 2 тиск, нижчий за атмосферний. Це забезпечує надійне утримання пластини 8. Коли отвір частково закривається поверхнею заготовки 17, вакуум у вакуумній камері збільшується. У результаті на заготовку 17 діє сила, пропорційна добутку різниці тисків і загальної площі отвору, закритого поверхнею заготовки 17. Ця сила використовується для захоплення й утримання деталі 17 під час транспортування. Під час переналаштування комплексу для виробництва деталей із різною якістю поверхні відбувається переналаштування захо-

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

плення. Захват повертається під кутом до своєї осі за допомогою поворотного приводу 7.

При цьому спеціальний механізм переміщує пластину 8 до протилежного боку перфорованого фланця. Особливістю цього затискача є його універсальність. Він може затискати плоскі деталі зі складною геометрією (наприклад, перфоровані отвори). Крім того, обертаючи захват, можна швидко переналаштувати пристрій захоплення в разі зміни характеристик поверхні об'єкта маніпулювання.

Однак цей спосіб має й суттєві недоліки. По-перше, заготовля не закриває всі отвори в перфорованій поверхні захоплення, що збільшує витрату енергії, оскільки передбачається, що повітря буде надходити через отвори в заготовлю протягом усього робочого циклу. Крім енергоспоживання, це призводить до значного зниження вакууму в робочому органі захоплення, а отже, і до зменшення зусилля захоплення.

Крім того, обладнання пропонованої конструкції не може бути використане без допоміжного пристрою для відділення окремих плоских деталей від пакета плоских деталей.

Відомі також вакуумні захвати [10], які жорстко з'єднані з пружним опорним елементом для контакту із захопленими деталями, сільфоном із розташованою на ньому гофрованою циліндричною поверхнею, під'єднаним до джерела вакууму, та наполегливою п'ятою, розміщеною в сільфоні (рис. 1.4).

Для підвищення надійності роботи сільфон виконано у вигляді циліндричного вирізу з площиною, паралельною його поздовжній осі, гофр якого паралельний до його поздовжньої осі, а опорні елементи виконано у вигляді рами, паралельної до площини циліндричного вирізу.

Під час увімкнення вакууму в порожнині між компонентом 4 і сільфоном 1 створюється розрідження, а різниця тисків між двома сторонами компонента 4 призводить до того, що компонент 4 виявляється сильно притиснутим до рами 3. У міру збільшення вакууму гофр 2 сільфона 1 стискається у напрямку до осі п'я-

ти 5, яка згинає протилежний край деталі 4 через пружну п'яту 5, яка пружно деформується від центру до краю, що призводить до від'єднання деталі 4 від стопи.

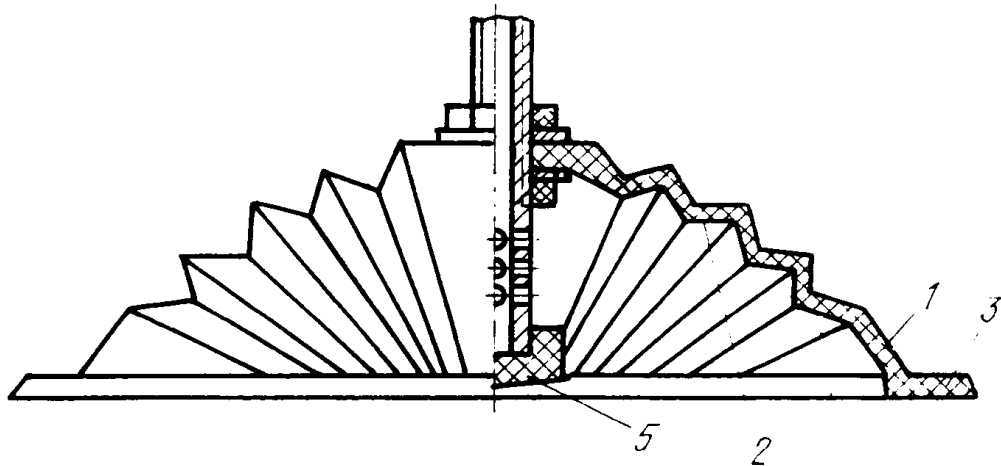


Рисунок 1.4 – Вакуумний захват

Цей захват ефективний під час роботи з плоскими деталями, товщина яких значно менша за інші лінійні розміри і які особливо важко розділити на частини. Недоліком є те, що цей захват не можна використовувати для великих, жорстких деталей або плоских деталей зі складними контурами чи отворами.

Аналогічний принцип дії мають вакуумні захвати [1], показані на рис. 1.5. Вони мають корпус 1 і упор 2, на якому за допомогою спільного вала 3 закріплено коромисло, що складається з двох шарнірних частин 4 із присосками 5. Присоски з'єднані у вакуумному каналі на корпусі через сільфон 6.

Для забезпечення одночасного та рівномірного відхилення частин коромисла 4 планки 8 закріплені на валу 7 і мають спільну вісь 9, яка вільно переміщується по направляючому пазу на конусному упорі. Кут повороту планки з присосками регулюється гайкою 10.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

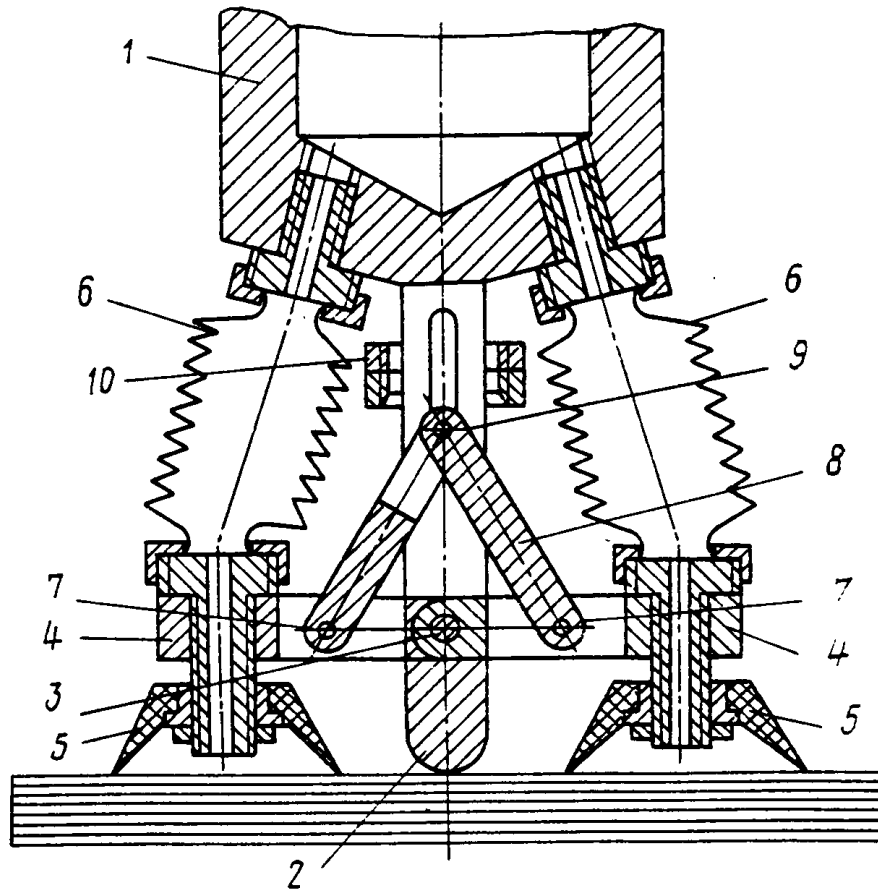


Рисунок 1.5 – Вакуумний захват

Вакуум вмикається, коли захват опускається до упору 2 і присоски 5 торкаються стопки заготовок. Водночас присоски захоплюють верхні заготовки 11 у стопці. Потік повітря через присоски припиняється, вакуум у системі захоплення розряджається, сильфон 6 стискається, а стрижні 4 і 8 повертаються до упору в регулювальну гайку 10. Частина 11, утримувана присоскою, деформується об упор 2 і відділяється від стопи.

Вакуумний захват піднімається, і захоплені деталі переносяться в робочу зону технічної машини. Вакуум відключається, сильфон під дією сил пружності розпрямляється, а штанга повертається, щоб скинути деталь. Вакуумний захват забезпечує відділення тільки однієї деталі. Він також може використовуватися для деталей різного розміру. Однак робота таких захватів вимагає великих витрат енергії на створення вакууму.

Крім того, конструкція пристрою не дає змоги регулювати його при зміні

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

розмірів деталі. Захват-маніпулятор [10], представлений на рисунку 1.6, складається з корпусу 1 з пневматичною камерою 2, стінка 3 якої являє собою стільникову поверхню з наскрізними каналами 4. На виході каналу із зовнішньої поверхні 5 стінки 3 встановлена вакуумна присоска 6, а на вході каналу із внутрішньої поверхні 7 стінки 3 герметично встановлена пружна оболонка, виконана у вигляді сільфона 8 (або з внутрішньою пружиною).

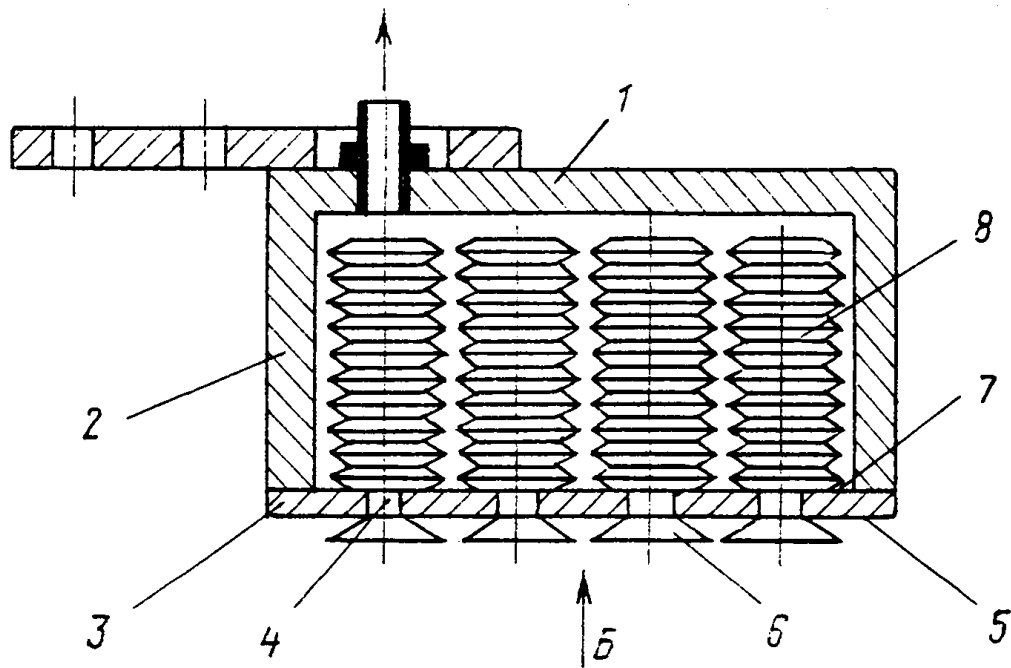


Рисунок 1.6 – Схват маніпулятора

Маніпулятор переміщує захват в область заготовки, яку необхідно захопити. Захват орієнтується на заготовку вакуумною присоскою 6, і стиснене повітря подається в корпус 1 через пневматичну камеру 2, стискаючи сільфон 8. У цьому стані захват притискається до заготовки вакуумною присоскою 6. Сільфон 8 над отвором у заготовці наповнюється атмосферним тиском і повертається у вихідне положення, але не впливає на роботу інших сільфонів або вакуумної присоски 6.

Для звільнення заготовки в пневмокамеру знову подається тиск, сільфон 8 стискається, внутрішній тиск збільшується, і заготовка звільняється. Таким чином, описаний вище захват-маніпулятор може маніпулювати плоскими деталями

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

з отворами або складними контурами для широкого діапазону розмірів деталей. Захват споживає набагато менше енергії і працює надійніше, ніж вакуумні захвати з підключеними присосками. Однак потрібне додаткове обладнання для забезпечення надійного відокремлення тільки однієї деталі та збереження орієнтації інших деталей.

На мал. 1.7 показано схему пристрою для подачі етикеток із м'якого матеріалу для одягу [1]. Вакуумне захоплення виконано у вигляді присоски 9 з окремим насосом, розміщеним у корпусі захоплення 10, який містить вакуумну камеру 11 з регульовальним зворотним клапаном 12, пружиною 13 та еластичною мембраною 14, у центрі якої розміщено присоску 9 з наскрізним отвором 16, при цьому присоску 9 злегка відокремлено від свого краю на у внутрішньому просторі присоски 9, який трохи відстоять від краю чашки, встановлено опорну решітку 17.

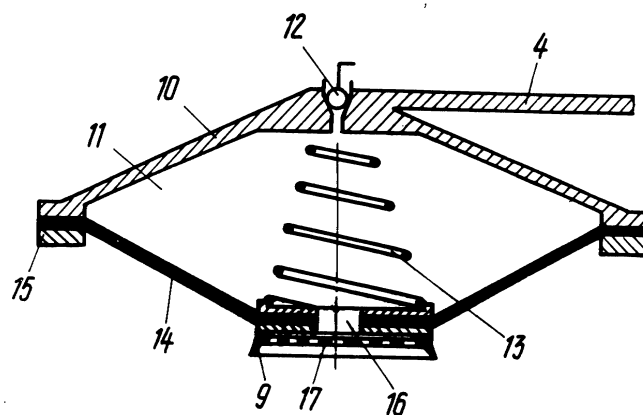


Рисунок 1.7 – Вакуумний захват для листових матеріалів

Вакуумне захоплення працює таким чином. У міру опускання корпусу 10 камера 11 наближається до стопки етикеток, і присоска 9 притискається до верхньої етикетки стопки. Коли корпус 10 продовжує опускатися, пружина 13 стискається. Мембрана 14 видавлює повітря з камери 11 через зворотний клапан 12. Потім маніпулятор піднімає захват. Пружина 13 штовхає мембрану 14 вниз, розбавляючи повітря в камері 11.

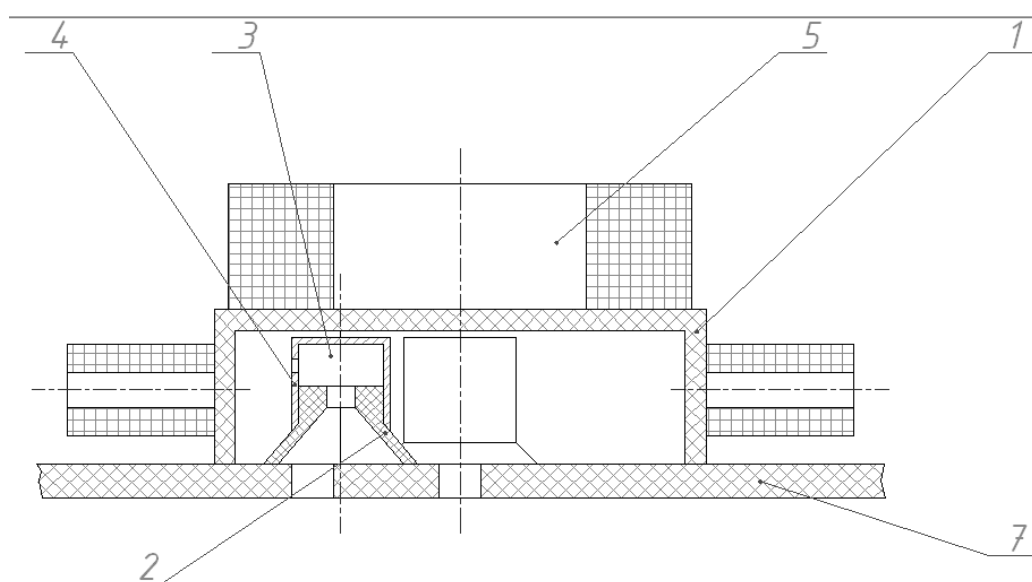
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MPMA 24.000.00.00 ПЗ

Арк.
20

Зворотний клапан 12 розгерметизує камеру 11. Унаслідок цього етикетка відокремлюється від присоски і прилипає до поверхні одягу. Пружина розтягує мембрану і повертає захват у вихідне положення. Опорна сітка, встановлена на невеликій відстані від краю внутрішньої камери присоски, запобігає вигину етикетки (особливо легкого і тонкого паперу) і забезпечує надійне захоплення.

Пристрій працює автономно і не потребує додаткового джерела енергії. Однак його можна використовувати лише для деталей із простою геометрією та невеликими розмірами. Відомий також пристрій захоплення [10], який складається з корпусу 1, присоски 2 з феромагнітною насадкою 3 та отвором 4 для підключення до джерела вакууму, основного електромагніту 5 і додаткового електромагніту 6 та показаний на рис. 1.8.



1 – корпус, 2 – присоски, 3 – феромагнітні насадки, 4 – отвори, 5 – основний електромагніт, 6 – додатковий електромагніт, 7 - деталь

Рисунок 1.8 - Захватний пристрій:

Під час увімкнення пристрою електромагніти 6 переміщують присоски 2 в горизонтальній площині, і всі присоски присмоктуються до заготовки 7. Потім головний електромагніт притягує феромагнітну насадку 3 і фіксує положення присосок 2. Недоліки: тривалий час захоплення, неможливість захоплення дета-

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MPMA 24.000.00.00 ПЗ

Арк.

21

лей з високою повітропроникністю, низькою щільністю і деталей із тканини. Розглянувши особливості конструкції захватних пристроїв, що використовуються для індивідуального поділу та маніпулювання м'якими плоскими деталями верху взуття, та проаналізувавши їхні позитивні й негативні сторони, слід сказати, що ці пристрої мають відповідати певним вимогам.

На наш погляд, вони такі: - гарантується відокремлення тільки однієї частини стопки; - зберігається орієнтація решти частин стопки під час відокремлення крайньої частини; - не ушкоджується поверхня деталей; і - вони екологічно безпечні та споживають якомога менше енергії. Виконання перших двох вимог залежить як від конструкції захвата, так і від способу відокремлення об'єкта. На наш погляд, найбільш бажаним є відділення «від краю». У цьому разі сили зчеплення, що діють між сусідніми заготовками, поступово долаються, що зменшує зусилля, необхідні для розділення заготовок.

Крім того, на відміну від поділу по всій поверхні, у зоні між відокремлюваною деталлю та наступною деталлю в стопці не створюється вакуум (вакуумна подушка). Це також сприяє зменшенню сили, що відокремлює деталі від штабеля, і значно знижує ймовірність зміщення наступної деталі штабеля під дією вакуумної подушки. У цьому випадку також може бути бажано, щоб захватний пристрій утримував інші частини стопки на місці в перший момент відокремлення. Як наслідок, додатковий пристрій, що гарантує відділення тільки одного компонента, не потрібен.

Тому під час розроблення захватного пристрою бажано передбачити функцію додаткового пристрою (наприклад, для притиснення частин стопки до платформи в перший момент відділення). Останні дві вимоги виконуються під час вибору методу захоплення. Першій із цих вимог найкраще відповідає пневматичний пристрій, тобто вакуумний захват. Його робочий орган, на відміну від інших захоплень, не проникає і не руйнується під час взаємодії з маніпульованим об'єктом, не залишає на його поверхні слідів деформації або клейових плям.

Очевидно, що пасивні вакуумні захвати найкраще підходять для деталей,

для маніпулювання предметами з гладкою поверхнею, за умови, що між поверхнею предмета й ущільнювальною кромкою вакуумної камери захоплення утворюється хороше ущільнення.

У поршневих вакуумних захопленнях вакуум у камері створюють завдяки зміні об'єму циліндра, з'єданого з камерою, під час руху поршня крізь циліндр, або навпаки, під час руху циліндра відносно поршня. Об'єм циліндра може змінюватися під дією ваги об'єкта або примусово під дією пневматичного приводу чи сили пружини.

Ефективність використання такого типу захвата значно підвищується, якщо його оснащено автоматичним пристроєм фіксації для захоплення та звільнення об'єкта маніпулювання. Поршневі вакуумні захвати мають ширший діапазон технічних можливостей, ніж пластинчасті, і можуть експлуатуватися протягом тривалішого часу. Вони також дають змогу регулювати вакуум у вакуумній камері.

Мембранні вакуумні захвати схожі за принципом дії з поршневими вакуумними захватами. Обсяг вакуумної камери змінюється за рахунок переміщення пружної мембрани. Використання діафрагми замість поршня дає змогу значно зменшити надходження повітря у вакуумну камеру. Оскільки більша деформація мембрани неможлива, об'єм вакуумної камери зменшується. Тому такі захвати мають невелику вантажопідйомність. Для збільшення об'єму вакуумної камери використовується комбінована конструкція з мембрани і поршня. У цьому разі вакуумна камера герметизується мембраною, що вільно провисає, а поршень переміщує її, створюючи вакуумний об'єм.

Сильфонні вакуумні захвати зі складними гофрованими циліндрами за конструкцією і принципом дії аналогічні мембранним захватам. Сильфонна конструкція підвищує адаптивність і дає змогу захоплювати нерівні деталі, опуклі поверхні та похилі деталі. Пасивні вакуумні пристрої широко використовуються під час роботи з гладкими, плоскими поверхнями герметичних матеріалів. Під час взаємодії такого захоплення з об'єктом маніпулювання, що має нерівну поверхню або виготовлений із повітропроникного матеріалу, контактний зазор

між торцем захватного інструменту та поверхнею об'єкта, що утворюється внаслідок нерівностей на поверхні або через пори в матеріалі заготовки, дає змогу повітрю проникати до вакуумної камери пристрою, а також надходить у вакуумну камеру пристрою. Ці два процеси можуть відбуватися одночасно.

У таких випадках пасивне вакуумне захоплення може утримувати об'єкт тільки протягом певного періоду часу. Коли плоскі верхи взуття окремо відокремлюють від стопки і подають в обробну машину для подальшого оброблення або складання в заготовки, тривалість робочого процесу обмежена. Її значення може бути визначено залежно від продуктивності складальної лінії. Як правило, вона становить від 7200 до 9600 пар за зміну, або 120-160 пар/годину [6]

Оскільки одна пара взуття складається з двох виробів, час, що витрачається на кожне з них, еквівалентний половині такту. За цей час захватний пристрій має виконати необхідні операції (робочий хід) і повернутися у вихідне положення (холостий хід). Це означає, що тривалість робочого ходу становить лише чверть ходу подачі: . Тому можливе використання пасивних вакуумних захоплень для маніпулювання м'якими плоскими верхами взуття з матеріалів з низькою повітропроникністю. Пасивні вакуумні захвати якнайкраще задовольняють перераховані вище вимоги до захоплень, мають просту конструкцію і працюють в автономному режимі (не потребують підключення до додаткового джерела енергії). Якщо пасивні вакуумні захвати використовуються для відокремлення однієї деталі або подачі плоских деталей, час утримання деталі має бути не меншим за час, необхідний для виконання операції.

Під час визначення вантажопідйомності захоплення, необхідної для надійного утримання деталі, необхідно також враховувати кінематичні та динамічні параметри маніпулятора. Наприклад, якщо крок переміщення деталі під час складання в заготовку становить 350,400 мм (максимально можливий габаритний розмір заготовки верху взуття) за 5,7 с, то лінійна швидкість переміщення не перевищить 0,1 м/с, а прискорення не перевищить 2 м/с². Такі характеристики швидкості переміщення заготовки не створюють значних аеродинамічних наван-

тажень на захват.

Висновки до першого розділу.

Сьогодні взуттєві підприємства потребують автоматизації допоміжних технічних операцій. Розробка обладнання для подачі плоских деталей верху взуття в технічні машини підвищує продуктивність технічного обладнання і знижує собівартість продукції.

Проаналізувавши наявні захвати і розглянувши можливості виготовлення деталей та їхню конструкцію, було зроблено висновок, що верх взуття зі щільних матеріалів найкраще захоплювати та транспортувати вакуумними захопленнями, а деталі з низькою щільністю і високою повітропроникністю - проникаючими захопленнями.

Було зроблено висновок, що деталі з низькою щільністю і високою повітропроникністю найкраще захоплювати і транспортувати за допомогою проникаючого захвата.

					MPMA 24.000.00.00 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ

2.1 Обґрунтування вибору конструкції

Методи виробництва взуття розвивалися паралельно з удосконаленням його конструкції. Сьогодні проблеми складання взуття дуже серйозні. Розвиток техніки і технології виробництва взуття, розширення асортименту продукції, що випускається машинами, і більш раціональне використання взуттєвих матеріалів призвели до появи багатокomпонентних конструкцій, які складаються в основному з взуттєвих заготовок.

До особливостей взуттєвого виробництва, що перешкоджає автоматизації, належать розмаїття типорозмірів деталей одного й того самого призначення і великі конструктивні та технічні відмінності між деталями і складальними одиницями. Однак через таку широку різноманітність продукції структура багатьох технічних завдань залишається незмінною. Наприклад, подача деталей на прохідні машини, накладення деталей під час складання взуття, зняття і повернення об'єктів з конвеєрів та їхнє встановлення на машини.

Ці ситуації створюють умови для вирішення типових технічних прийомів за допомогою автоматичних ліній. Захватні пристрої є важливою частиною операції. Вони мають бути універсальними, швидкими, точними та надійними.

Матеріали, що використовуються для виготовлення взуття, різняться за тертям, адгезією та фізико-механічними властивостями (шорсткість, механічна пружність, міцність, щільність і повітропроникність).

Усе це істотно обмежує можливості захоплення, тому захоплення має забезпечувати високу продуктивність і при цьому зберігати необхідну точність кріплення деталі, не пошкоджуючи її. У багатьох випадках захоплення деталей є ключовим елементом автоматизації процесів.

					MPMA 24.000.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Конструкція захватного пристрою

Перед нами стояло завдання розробити універсальний захват, здатний розділяти штабельовані компоненти і деталі будь-якої конфігурації, розміру, форми і щільності. Необхідність роботи з деталями відносно високої жорсткості, щільності та міцності і низької вентиляції, з одного боку, і з деталями низької жорсткості, щільності та досить високої вентиляції - з іншого, привела нас до висновку, що захоплення повинно бути сумісне як з вакуумом, так і з проникненням.

З огляду на технологічність деталей та їхню конструкцію, деталі з матеріалів із високою щільністю, як-от шкіра та шкірозамінник, найкраще захоплювати й транспортувати вакуумними захопленнями, а деталі з відносно низькою щільністю та високою повітропроникністю, тобто тканинні деталі, найкраще захоплювати й транспортувати наскрізними захопленнями. Ми пропонуємо універсальні захвати, в яких захоплювальний орган може бути як вакуумним, так і наскрізним, залежно від матеріалу, що транспортується.

2.3 Опис запропонованих конструкцій

Проводимо огляд вакуумного, пенітраційного та вакуумно-пенітраційного захватів.

2.3.1 Опис вакуумно-пенітраційного захвату

В основі конструкції цього пристрою лежить завдання створення роботизованого захвата, який може використовувати вакуумні або прохідні захвати, що підвищує його здатність захоплювати деталі різної щільності та проникності.

Це завдання вирішується в основному за рахунок того, що роботизовані захвати для деталей плоскої форми оснащуються стрижнями, секторами, собачками і штангами. Стрижень може бути оснащений як вакуумним, так і проникаючим захватом. Захват містить стрижень 1, втулку 2, стрижень 3, стрижень 4 з

правого боку з сектором 5 і стрижень 6 з лівого боку з собачкою 7. Загальний вигляд захвата показано на рис. 2.1. та в МРМА 24.01.00.000 СК.

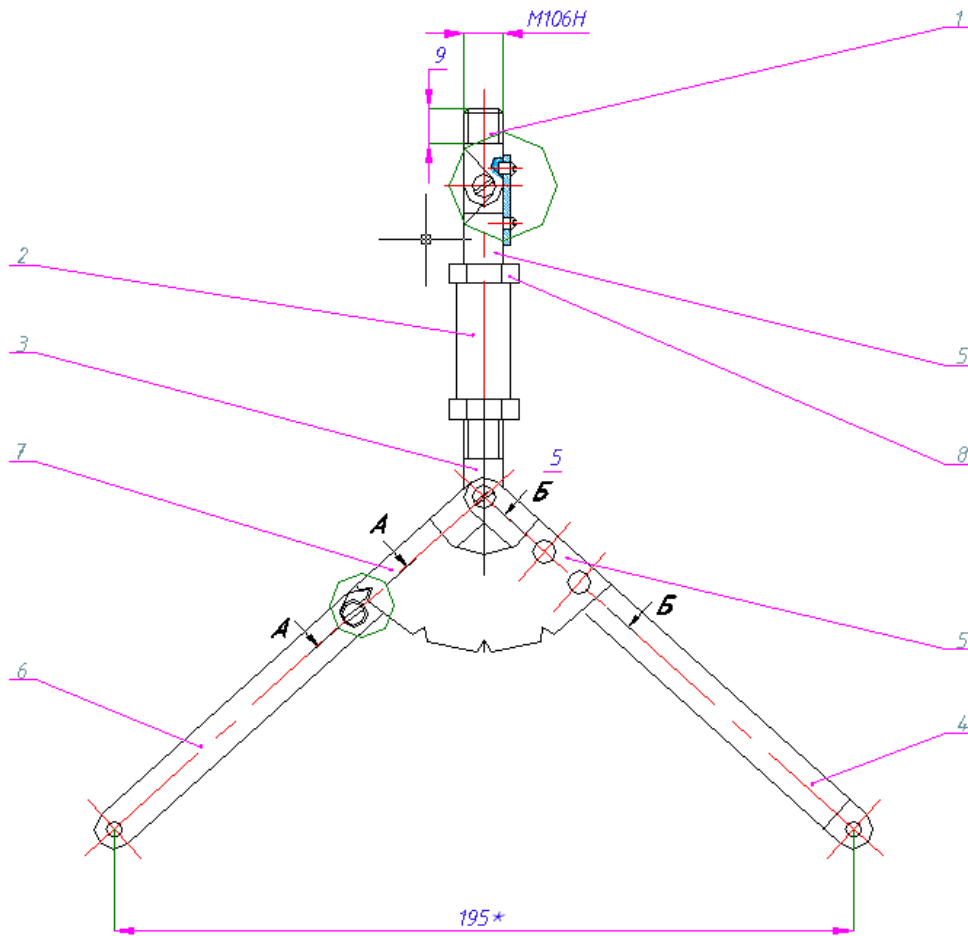


Рисунок 2.1 - Конструкція захвату

Затискач працює таким чином. За допомогою сектора 5 і собачки 7 затискач встановлюється на потрібну довжину заготовки. У поршневу порожнину гідроциліндра подається масло, і захват опускається до заготовки. Після захоплення заготовки захват піднімає захоплену деталь і переміщує її в зону обробки. Там заготовка звільняється від захоплення і повертається у вихідне положення. Цей цикл повторюється.

2.3.2 Опис вакуумного захватного органу

Захват містить пластину 1 з присосками 2, сиффон 3 і направляючу 4, а також пластини 5, 6, 7 і електромагніти 8. Конструкцію вакуумного захвата по-

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

казано на рис. 2.2 і МРМА 24.00.02.000 ВЗ.

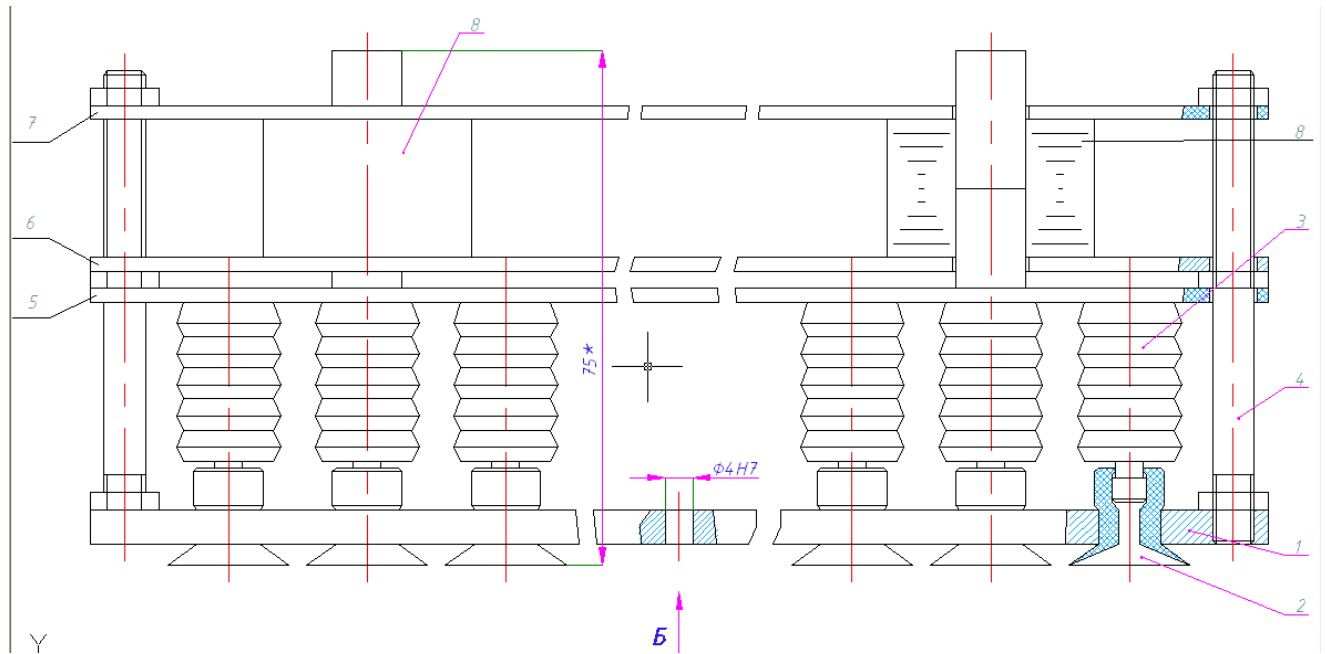


Рисунок 2.2 - Будова вакуумного захватного органу

Захват працює таким чином. Захват переміщується ближче до заготовки. На котушку електромагніту подається напруга, і сердечник починає втягуватися, штовхаючи пластину 5, яка, зі свого боку, штовхає сильфон 3, що стискає їх. Захват притискається до заготовки присоскою 2. Котушка звільняється від натягу, і сильфони розпрямляються, захоплюючи й утримуючи заготовку. Захват переміщує заготовку в зону обробки, на електромагнітну котушку знову подається напруга, сердечник втягується, сильфони стискаються і заготовка звільняється.

2.3.3 Опис пенітраційного захватного органу

Захватний орган містить пластини 1 та 2, регулюючі гвинти 3, планки 4, голкотримач 5, голки 6, пружини 7 та 8, собачку 9. Схема пенітраційного захватного органу показана на рисунку 2.3 та в МРМА 24.00.01.000 ВЗ.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.000.00.00 ПЗ

Арк.

30

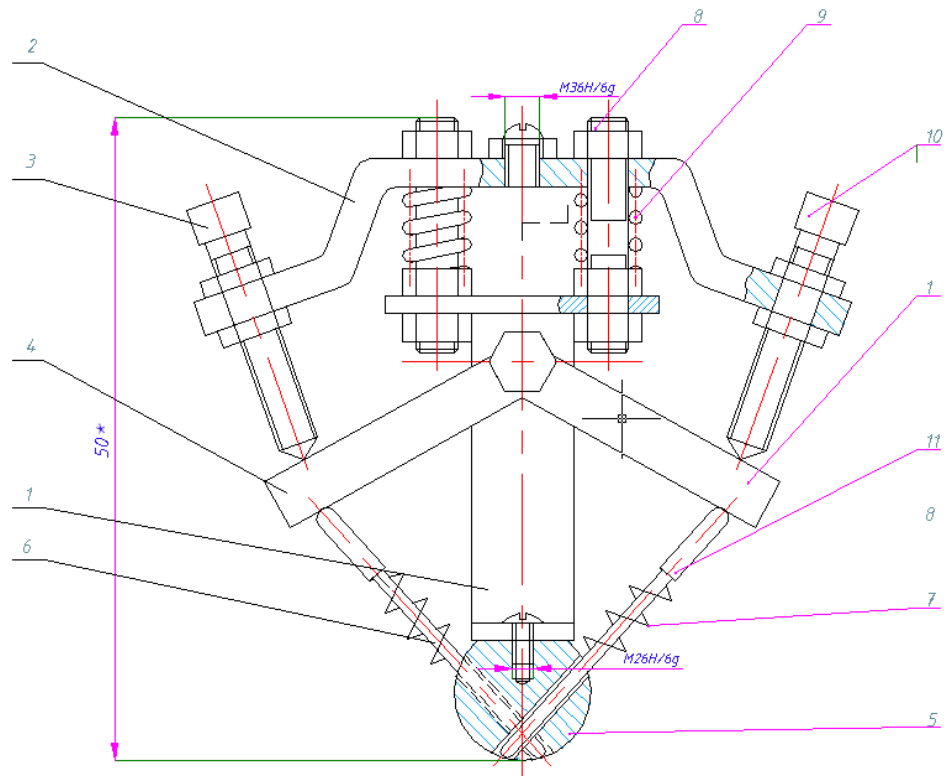


Рисунок 2.3 - Будова пенітраційного захватного органу

Захват працює таким чином. Коли захват поміщається на заготовку, пружина 8 стискається і регулювальний гвинт 3 штовхає планку 4, яка, своєю чергою, штовхає голку 6. Кінчик голки виходить з голкотримача і проникає в заготовку. Собачка 9 зачіпляється за виступ на пластині 1 і не дає пружині 8 розтиснутися. Щоб звільнити заготовку, опустіть захват. При цьому спеціальний виступ штовхає хвостовик собачки, пружина 8 повертається у вихідне положення, голка ховається в голкотримачі і вислизає із заготовки, звільняючи її.

2.3.4 Опис вакуумного захвату

Захват складається зі штанги 1, пластин 2, 3 і 4, прямої штанги 5, затискної штанги 6 з пружиною 7, присоски 8 і тримача присоски 9, з внутрішнім повітряним каналом. Конструкцію вакуумного захвата наведено на малюнку 2.4 і в МРМА 24.02.00.000 ВЗ.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

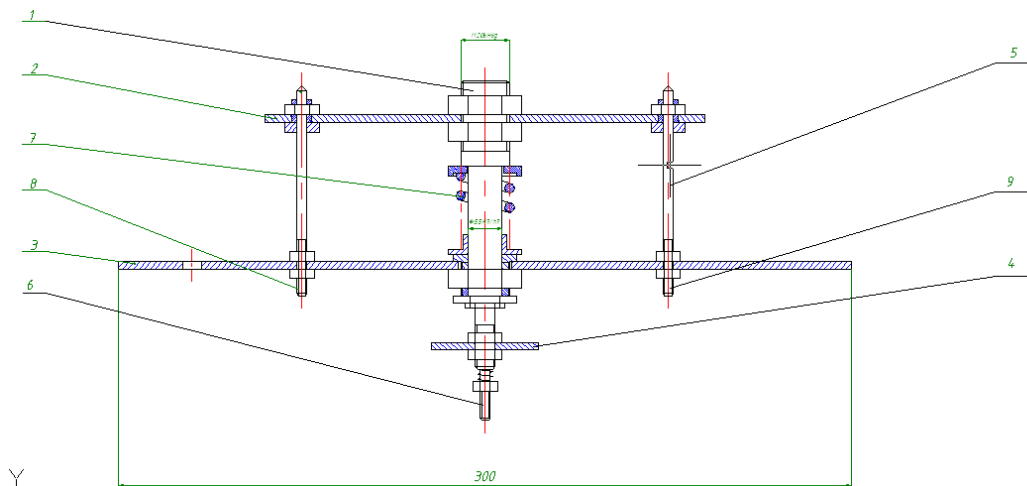


Рисунок 2.4 - Будова вакуумного захвату

Захват працює таким чином. Захват направляється до заготовки за допомогою вакуумної присоски. У присоску створюється вакуум. Присоска всмоктує й утримує заготовку. Захват піднімається, пружина 7 розпрямляється, стрижень 6 продовжує утримувати заготовку в пакеті, а присоска піднімає кінець заготовки. Захват подає заготовку в зону обробки. У присоски подається атмосфера, і заготовка звільняється із захвата.

Висновки до другого розділу.

У цьому розділі пропонується конструкція захвата. Розроблено пневматичний захват і наскрізний проникаючий робочий орган захвата. Описано особливості кожного з них.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ

3.1 Розрахунок механізму голкового типу

Розглянемо захоплення деталей механізмом голкового типу, який відбувається в загальному випадку наступним чином рисунок 3.1.

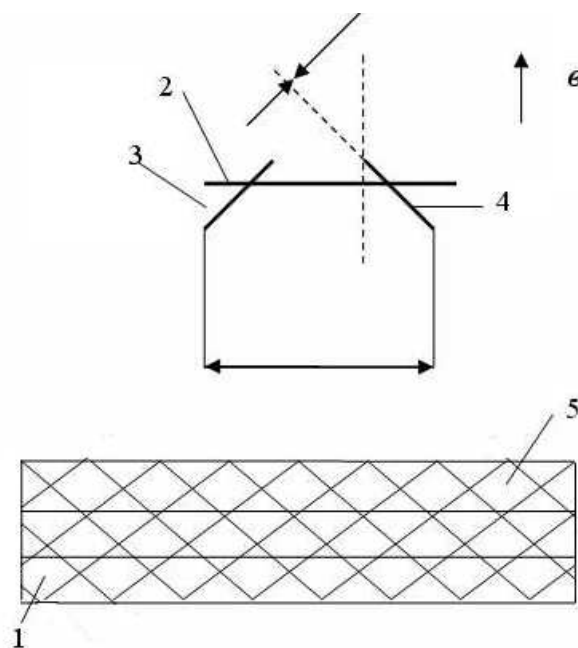


Рисунок 3.1 - Схема захоплення деталі

Захватний пристрій, що складається з голкотримача 2 з голками 3 і 4, встановленими під кутом α до вертикалі, опускається на стопку заготовок 1. Після контакту із заготівлею 5 у верхній частині стопки 1 голки 3 і 4 висуваються з голкотримача 2 на певну глибину. Відстань між голками 3 і 4 позначається l .

Після захоплення заготовки 5 голкотримач піднімається вгору в напрямку стрілки v . Мета розрахунку - визначити силу захоплення однієї голки, необхідну кількість голок і геометричний параметр пристрою - кут.

Визначимо рудиментарну частину тканини, що взаємодіє з голкою, і виходитимемо з припущення, що в області малих навантажень тканина поводить себе як абсолютно пружне тіло. У цьому випадку ділянку тканини між голкою і голкою

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

можна розглядати як пружину з модулем пружності.

Очевидно що на виділену елементарну ділянку у вигляді нитки (в поперечному перерізі коло) діють сили розтягу F_y (рисунок 3.2), нормального тиску голки N , тертя голки F_T об матеріал та сили тяжіння G , яка припадає на одну голку, що дорівнює F_0 .

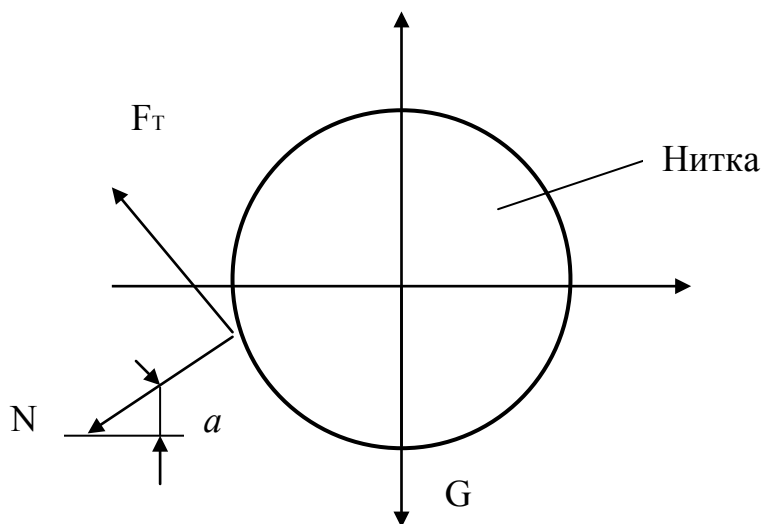


Рисунок 3.2 – Схема розподілу сил

Виходячи з рівнодіючої сил, які спроектовані на вісі x та y маємо:

$$N \cos \alpha - F_T \sin \alpha - F_y = 0$$

$$N \sin \alpha - F_T \cos \alpha - G = 0. \quad (3.1)$$

Відповідно до прийнятого нами припущення $F_y = E \Delta l$, а $F_T = ktN$, де $\Delta l = l_0$, kt – коефіцієнт тертя між матеріалом голки та тканини.

З врахуванням цих виразів отримаємо:

$$F_0 = G = E l_0 \left(\frac{\sin \alpha + Kt \cos \alpha}{\cos \alpha - Kt \sin \alpha} \right). \quad (3.2)$$

Якщо відома вага G_3 деталі, то $G_3 = nG$, де n – число голок. Щоб збільшити

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

підйомну силу голок потрібно збільшити кут нахилу α .

Аналізуючи вплив кута α на силу F_0 робимо висновок, що при $\alpha_{кр} = \text{arcsctg } kt$, настає розрив функцій в дужках виразу. Оскільки $0 \leq kt \leq 1$, то $45 \leq \alpha \leq 90$. Це означає, що функція в дужках у вказаному діапазоні кутів прямує до нескінченості, тобто можна отримати теоретично скільки завгодно велике значення підйомної сили. На практиці при цих кутах може відбуватися пошкодження поверхні матеріалу голкою, в зв'язку з чим рекомендується приймати α в рамках 30-45, що забезпечить надійний захват деталі та унеможливить пошкодження поверхні матеріалу.

В цьому випадку, якщо $\alpha = 0$, то умову надійного захоплення деталі можна виразити наступним чином:

$$n F_0 = \lambda_3 G_{заг}, \quad (3.3)$$

де n - кількість голок;

F_0 - зусилля захвату деталі однією голкою;

λ_3 - коефіцієнт запасу;

$G_{заг}$ - вага деталі.

У цьому випадку було отримано таке рівняння, що пов'язує геометричні параметри голки з величинами, які характеризують властивості та розміри деталей і спосіб їхнього розділення. Схема розподілу сил зображена на рисунку 3.3.

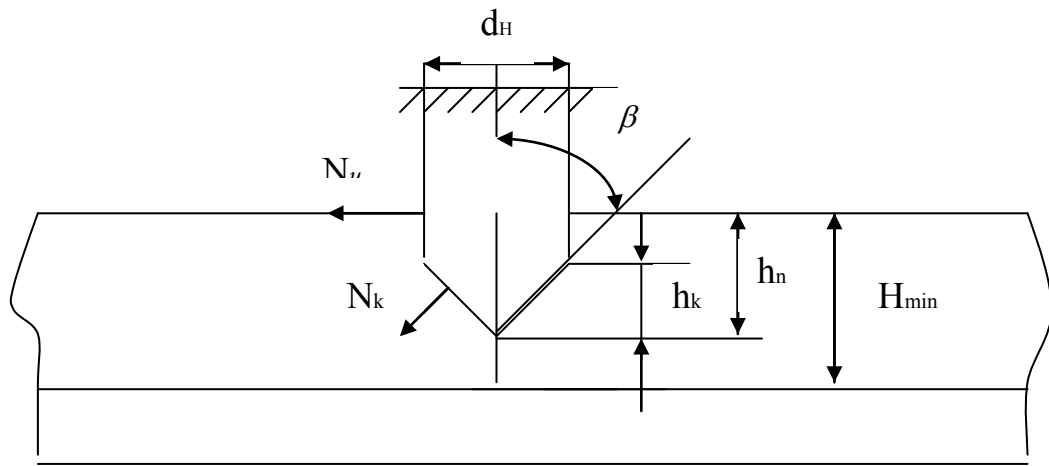


Рисунок 3.3 – Схема розподілу сил

Позначаючи через N_k та N_c складові нормальних сил, що діють на конусну та циліндричну частини голок (рис. 3.3) отримаємо рівняння рівності сил по осі голки:

$$G = ktN_c + ktN_k \cos \beta - N_k \sin \beta, \quad (3.4)$$

де β половина кута конусної частини голки.

Виразивши нормальні сили через тиск пружний текстильного матеріалу на одиничні елементи площі циліндричної та конічної поверхні, отримаємо:

$$G = \pi q kt dn [(h_n + h_k) + dn(\operatorname{ctg} \beta + 1/kt)], \quad (3.5)$$

де q - питомий пружний тиск, який визначається на основі співвідношень теорії пружності:

$$q = \frac{E_1 E_2}{E_1(1 - \mu_2) + E_2(1 - \mu_1)}, \quad (3.6)$$

де E_1 та E_2 - модулі пружності матеріалу текстильного та матеріалу голки;

μ - коефіцієнти Пуассона матеріалу (текстильного та голки). Оскільки $E_1 \gg E_2$,

вираз може використовуватись в спрощеному вигляді:

$$q = \frac{E}{1-\mu} \quad (3.7)$$

Оскільки голка зазвичай виготовляється зі сталі, при приблизних розрахунках можна прийняти $q = 0,26-0,33$, а при приблизних розрахунках - $q = 1,4E$. Глибина h_n , на яку голка входить у матеріал, не повинна перевищувати мінімальну товщину h деталі, щоб уникнути подвійного захоплення.

З деяким допуском $h_n = 0,9 h_{\min}$. ctg виражається через висоту конічної частини голки і діаметр $ctg = i$ підставляється в рівняння, то з урахуванням вищесказаного виходить таке.:

$$n_n = \frac{\lambda_3 + m_g g}{1,4\pi E k_t d_H (0,9 h_{\min} - 0,5 h_k - 0,25 d_H / k_t)} \quad (3.8)$$

З цієї формули видно, що для зменшення кількості голок необхідно зменшити довжину конусної частини голки. Однак зменшення довжини збільшує силу проколу і підвищує ймовірність пошкодження поверхні матеріалу. Коефіцієнт безпеки розраховується як різниця між значеннями E і k_t . слід обирати в діапазоні від 2 до 2.5, беручи до уваги більшу різницю між значеннями E і k_t .

Якщо відокремлення деталі від палі відбувається за великих прискорень, це також має бути враховано під час визначення кількості голок, тобто g має бути зменшено на прискорення a .:

$$n_n = (0,45 \dots 0,57)(g-a) / \{E k_t d_H [0,9 h_{\min} - 0,5 h_k - 0,25 d_H / k_t]\}.$$

Визначати діаметр голки потрібно з врахуванням зрізаючих навантажень.

Сумарне навантаження на голки сил інерції та відцентрових сил можна визначити:

$$R = mgrn \sqrt{\varepsilon^2 - \omega^4 / \gamma^2}, \quad (3.9)$$

де rn - радіус повороту деталі в площині;

γ , ω , ε - відповідно кути, кутова швидкість, кутове прискорення повороту деталі навколо осі в горизонтальній площині.

3.2 Розрахунок пневматичного вакуумного присосу

Завдання розрахунку пневматичних вакуумних присосок полягає у визначенні залежності між необхідним тиском всмоктування, зовнішніми силами, що протидіють всмоктуванню, геометричними розмірами і кількістю присосок. Спочатку розглянемо причину виникнення зовнішніх сил і напрямок присосок щодо розрізу.

Для нерухомої присоски зовнішні сили включають силу тяжіння і сили процесу; для рухомої присоски зовнішні сили включають сили тертя, що виникають під час руху деталі, і опір повітря як зовнішнього середовища. Сили тертя й опору, що виникають унаслідок дії технологічних сил і руху деталі, у більшості випадків протилежні силі відриву присоски, тобто силі утримання.

Якщо присоска розташована над заготовлю, сила гравітації розглядається як розривна сила. Однак якщо присоска розташована під заготовкою, то вона допомагає утримувати заготовку на місці.

Крім того, під час руху присоски, особливо на початку і наприкінці її переміщення, на переміщувану заготовку діють інерційні сили, які за відомих умов поєднуються із силами, що або відтягують заготовку від присоски, або сприяють її утриманню.

Усі ці сили мають бути враховані під час проектування присосок, а їхні рівнодійні можуть бути спрямовані в будь-який бік відносно площини різання присоски. Крім того, площина різання може бути вертикальною, горизонтальною

або похилою. Вищевказані сили R можуть бути розкладені на тангенціальну силу T уздовж площини різку присоски і нормальну силу N .

Нормальна складова протидіє силі всмоктування, що виникає через різницю тисків між атмосферним тиском P_a і розбавленим повітрям у присоску P_1 або, якщо є кілька присосок, через різницю тисків усередині присосок. Якщо сила всмоктування дорівнює N_n , то:

$$N_n = m \frac{\pi d^2}{4} (\rho_a - \rho_1), \quad (3.10)$$

де m - кількість присосок;

d - діаметр отвору вхідного присоски біля зрізу.

Для надійного утримання деталі присоскою, повинна бути виконана умова $N_n > N$.

Для інженерних розрахунків може бути прийнято:

$$N_n = (1,5 + 2,0)N = k_1 N, \quad (3.11)$$

де k - коефіцієнт надійності утримання.

Тангенціальній складовій T протистоїть сила тертя, що перешкоджає переміщенню заготівлі та виникає між секцією присоски і заготівлею під дією нормальної сили, в цьому випадку різниці $N_n - N$.

Коефіцієнт тертя між матеріалом присоски і матеріалом заготовки, що являє собою протидію тангенціальній силі T_n , приймається таким чином μ , отримуємо:

$$T_n = \mu (N_n - N). \quad (3.12)$$

Або після підстановки N_n і N

$$T_n = \mu t \frac{\pi d^2}{4} (\rho_a - \rho_1) \left(1 - \frac{1}{k_1}\right). \quad (3.13)$$

Для надійного утримання деталі від зсуву має бути дотримана умова $T_n > T$. При інженерних розрахунках може бути прийнято

$$T_n = (1.5 \div 2.0) T = k_2 T,$$

де k_2 - коефіцієнт надійності утримання при зсуві.

Визначаючи з рівняння (3.13) різницю тисків між атмосферним та розрідженого повітря в присосці, при якому деталь буде надійно утримуватись отримаємо:

$$\rho_a - \rho_1 = \frac{4Tk_2}{\mu t \pi d^2 \left(1 - \frac{1}{k_1}\right)}. \quad (3.15)$$

Для однакових умов надійність утримання деталі при її відриві від присосок та зсувів відносно них можна допустити:

$$k_1 = k_2 = k.$$

Рівняння (3.15) прийме тоді наступний вигляд:

$$\rho_a - \rho_1 = \frac{4T}{\mu t \pi d^2} \cdot \frac{k^2}{k-1}. \quad (3.16)$$

Найменше значення різниці тисків $\rho_a - \rho_1$ для наших умов буде в тому випадку, коли дріб $\frac{k^2}{k-1}$ буде мати менше значення. Взевши першу похідну від цього дробу, та прирівнявши її до 0, отримаємо, що мінімальне значення дробу буде при $k = 2$.

Отож рівняння при цьому матиме такий вигляд:

$$\rho_a - \rho_1 = \frac{16T}{\mu\pi d^2}. \quad (3.17)$$

Якщо за умовами роботи присоски, зміщуючі сили T відсутні, як, наприклад, коли присоски працюють тільки на підйом, то необхідна різниця тисків $\rho_a - \rho_1$ може бути визначена з рівняння:

$$\rho_a - \rho_1 = \frac{14Nk_1}{\mu\pi d^2}, \quad (3.18)$$

або прийнявши $k_1 = k = 2$

$$\rho_a - \rho_1 = \frac{8N}{\mu\pi d^2}. \quad (3.19)$$

Якщо ж за умовами роботи присосок відсутні нормальні складові, то необхідна різниця тисків $\rho_a - \rho_1$ достатня для протидії складовій дотичній T зовнішніх сил, буде визначатись із рівняння: $T_n = \mu(N_n - N)$. При підстановці в нього значення N_n при $N_n = 0$, отримаємо:

$$T_n = k_2 T, \quad (3.20)$$

та

$$\rho_a - \rho_1 = \frac{4Tk^2}{\mu\pi d^2}. \quad (3.21)$$

Прийнявши, як раніше $k_2 = k = 2$ отримаємо

$$\rho_a - \rho_1 = \frac{8T}{\mu\pi d^2}. \quad (3.22)$$

З наведеного вище рівняння видно, що сила проти відриву пропорційна квадрату діаметра відрізаної частини присоски, кількості присосок і коефіцієнту тертя за наявності тангенціальної складової.

Тому наконечники присосок можуть бути виготовлені як із твердої, так і з м'якої гуми, що одночасно збільшує діаметр присоски та коефіцієнт тертя. Для розв'язання задачі про середню швидкість вітру в присосці записується рівняння Бернуллі для поперечного перерізу.

$$\frac{P_a}{\gamma_a} + \alpha_o \frac{v_a^2}{2g} = \frac{P_1}{\gamma_1} + \alpha_1 \frac{v_2^1}{2g} + \varepsilon \frac{v^2}{2g}. \quad (3.23)$$

Приймаючи для інженерних розрахунків, що швидкість повітря в перерізі перед деталлю буде дорівнювати нулю, тобто $v_a = 0$, і змінивши γ_a та γ_1 на γ_{cp} , приведемо це рівняння до вигляду:

$$v_1 = \frac{1}{\sqrt{\alpha_1 + \varepsilon}} \sqrt{\frac{2g}{\gamma_{cp}} (p_a - p_1)}. \quad (3.24)$$

Величина $\varepsilon_n = \alpha_1 + \varepsilon$ являє собою коефіцієнт опору матеріалу просочуванню повітря. Коефіцієнт ε_n визначається дослідним шляхом.

3.3 Розрахунок пружини стиску

Приймаємо: сила пружини при попередній деформації $P_1=0$ Мпа;

Сила пружини при робочій деформації $P_1=0,8$ Мпа;

Робочий хід $h=10$ мм;

Зовнішній діаметр пружини $D=8\div 10$ мм;

Найбільша швидкість переміщення рухомого кінця пружини $V_0=5$ м/с;

Витривалість $N=1 \cdot 10^7$; При заданій витривалості пружину потрібно віднести до I класу. Граничне значення сили пружини при максимальній деформації P_3

$$P_3 = \frac{P_2}{1 - \delta}, \quad (3.25)$$

де $\delta = 0.05$ – відносний інерційний зазор пружини.

$$P_3 = \frac{P_2}{1 - 0,05} \div \frac{P_2}{1 - 0,25} = \frac{0,8}{1 - 0,05} \div \frac{0,8}{1 - 0,25} = 0,84 \div 1,07 \text{ МПа} .$$

Приймаємо $P_3 = 1,06$ МПа

Тоді $d=1.8$ мм, $D=10.0$ мм, жорсткість одного витка $z_1=0.99$ МПа/мм, найбільший прогин одного витка $f_3=1.07$ мм. Для пружини I класу норма перенапружень $\tau_3=0.3 Gb=0.3 \cdot 210=63$ кгс/мм²=6.3 МПа/мм²

Критична швидкість

					MPMA 24.000.00.00 ПЗ	Арк. 43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$v_{кр} = \frac{t_3(1 - \frac{P_2}{P_3})}{3,58}; \quad (3.26)$$

$$v_{кр} = \frac{63(1 - \frac{0,8}{1,06})}{3,58} = 4,3 м/с ;$$

$$\frac{v_0}{v_{кр}} = \frac{5}{4,3} = 1,16 > 1 .$$

Це значення вказує на те, що витки цієї пружини не стикаються один з одним і можуть не забезпечити необхідної міцності.

Візьмемо пружину класу II. З огляду на зовнішній діаметр і необхідне зусилля, ми маємо таке. $P_3=1.06$ Мпа, $d=1.4$ мм, $D=10.5$ мм, $z=5.1$ кгс/мм $=0.51$ МПа/мм, $f_3=2.08$ мм.

$$\tau_3=0.5*230=11.5 \text{ МПа/мм}^2$$

Відносний інерційний зазор

$$\delta = 1 - \frac{P_2}{P_3} = 1 - \frac{0,8}{0,6} = 0,25 . \quad (3.27)$$

Критична швидкість

$$v_{кр} = \frac{115 \cdot 0,25}{3,58} = 8,03 м/с ;$$

$$\frac{v_0}{v_{кр}} = \frac{5,0}{8,03} = 0,62 < 1 .$$

					MPMA 24.000.00.00 ПЗ	Арк. 44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримана величина свідчить що співударяння витків відсутнє і вибрана пружина задовільняє заданим умовам.

Жорсткість пружини:

$$Z = \frac{P_2 - P_1}{h} = \frac{0,8 - 0}{10} = 0,08 \text{ МПа / мм} . \quad (3.28)$$

Число робочих витків пружини:

$$n = \frac{z_1}{z} = \frac{0,51}{0,08} = 6,38 \approx 6,5 . \quad (3.29)$$

Уточнена жорсткість:

$$Z = \frac{Z_1}{u} = \frac{0,51}{6,5} = 0,078 \approx 0,08 \text{ МПа / мм} .$$

При 1,5 неробочих витках повне число витків:

$$n_1 = n + n_2 = 6,5 + 1,5 = 8 .$$

Середній діаметр пружини

$$D_0 = 10,5 - 1,4 = 9,1 \text{ мм} .$$

Визначаємо деформації висоти та крок пружини:

Попередня деформація

					MPMA 24.000.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_1 = \frac{P_1}{Z} = \frac{0,8}{0,08} = 0. \quad (3.30)$$

Робоча деформація

$$F_2 = \frac{P_2}{Z} = \frac{0,8}{0,08} = 10\text{мм} . \quad (3.31)$$

Максимальна деформація

$$F_3 = \frac{P_3}{Z} = \frac{1,6}{0,08} = 13,25 . \quad (3.32)$$

Висота пружини при максимальній деформації

$$H_3 = (n_1 + 1 - n_3)d = (8 + 1 - 1,5) \cdot 1,4 = 10,5\text{мм} . \quad (3.33)$$

Висота пружини у вільному стані

$$H_0 = H_3 + F_3 = 10,5 + 13,25 = 23,75\text{мм} . \quad (3.34)$$

Висота пружини при попередній деформації

$$H_1 = H_0 - F_1 = 23,75 - 0 = 23,75\text{мм} . \quad (3.35)$$

Висота пружини при робочій деформації

$$H_2 = H_0 - F_2 = 23,75 - 10 = 13,75\text{мм} . \quad (3.36)$$

					MPMA 24.000.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Крок пружини

$$t = f_3 + d = 2,08 + 1,4 = 3,48 \text{ мм} . \quad (3.37)$$

Довжина розгорнутої пружини

$$l = 3,2D_0n_1 = 3,2 \cdot 9,1 \cdot 8 = 233 \text{ мм} . \quad (3.38)$$

Перевірний розрахунок:

Жорсткість:

$$Z_u = \frac{P_1}{F_1} = \frac{P_2}{F_2} = \frac{P_3}{F_3} = \frac{1000d^4}{D_0^3n} ; \quad (3.39)$$

$$Z_u = \frac{1000 \cdot 1,4^4}{9,13 \cdot 6,5} = 0,08 \text{ МПа / мм} = z .$$

Напруження

$$\tau_{3u} = k \frac{8P_3D_0}{\pi d^3} ; \quad (3.40)$$

$$K = \frac{4c-1}{4c-4} + \frac{0,615}{c} = \frac{4 \cdot 6,5 - 1}{4 \cdot 6,5 - 4} + \frac{0,615}{6,5} = 1,29 . \quad (3.41)$$

$$c = \frac{D_0}{d} = \frac{9,1}{1,4} = 6,5 . \quad (3.42)$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$\tau_{3n} = 1,29 \frac{8 \cdot 1,06 \cdot 9,1}{3,14 \cdot 1,4^3} = 11,55 \text{ МПа} / \text{мм}^2$$

$$\Delta = \frac{\tau_{3n} - \tau_3}{\tau_{3n}} \cdot 100\% = \frac{11,55 - 11,5}{11,55} \cdot 100\% \quad (3.43)$$

$$\Delta = 0,4\% < 10\%$$

Пружина відповідає вимогам. Обрано пружину 313 ГОСТ13770-78.

Висновки до третього розділу.

У цьому розділі описується фізика процесів взаємодії робочих органів захоплення проникаючої та вакуумної дії з плоскою частиною задника взуття. Запропоновано метод розрахунку цих робочих органів.

					МРМА 24.000.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

4 ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЮ

Пристрої для маніпулювання м'якими плоскими деталями можуть використовуватися для навантаження та вивантаження цих деталей на технічні шини та з них у взуттєвому виробництві, а також у багатьох інших галузях, де використовуються деталі такого типу.

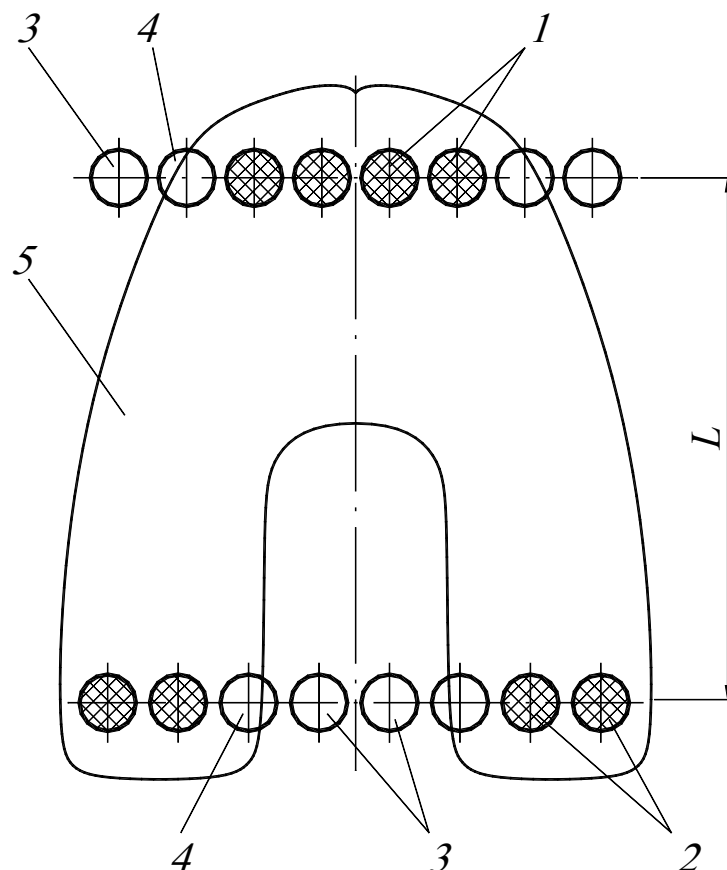
Одним із завдань дослідження є розробка технічно гнучкого захватного пристрою. Під цим мається на увазі пристрій, здатний забезпечити надійність і якість роботи під час зміни розмірів і форми деталей. При цьому переналаштування пристрою має бути виключене або час його виконання має бути зведений до мінімуму.

Конструкція технічно гнучких пасивних вакуумних пасивних захватів визначається фізико-механічними властивостями робочого об'єкта і вимогами виробничого процесу.

Технічна гнучкість дає змогу використовувати їх як у масовому, так і в дрібносерійному виробництві. Розроблене обладнання має здатність швидко реагувати на зміну моделей і асортименту взуття. Одним із варіантів вирішення цього завдання є використання схеми роботи обладнання, представленої на рис. 4.1.

Пасивні вакуумні присоски, які є виконавчими механізмами захоплення, об'єднані у два блоки лінійної форми. Під час взаємодії захвата із заготовлею спрацьовують, тобто утримують заготовлю, тільки ті присоски, контактні поверхні яких повністю перекривають поверхню заготовки 5, наприклад, присоски 1 і 2. Якщо контактні поверхні виконавчих елементів захоплення не перекриваються з поверхнею заготовки або перекриваються не повністю, то такі присоски не беруть участі в захопленні заготовки (наприклад, 3 і 4).

					MPMA 24.000.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1, 2 – присоси що утримують деталь; 3, 4 – присоси що працюють вхолосту; 5 – деталь

Рисунок 4.1 - Принцип роботи технологічно гнучкого пристрою:

Така конструкція дає змогу маніпулювати плоскими деталями зі складними контурами та отворами різних розмірів і форм без спеціальних пристосувань. Відстань між присосками можна регулювати, якщо лінійні розміри деталі значно відрізняються.

Завдяки використанню пасивних вакуумних присосок як робочих елементів, цей тип захоплення може працювати в автономному режимі. Крім того, робочий орган, який не бере участі в роботі захвата, не споживає постійно повітря під час маніпулювання деталлю, як це було б у випадку з активним вакуумом. Запропонована схема технічної гнучкості також сприяє економії енергії.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

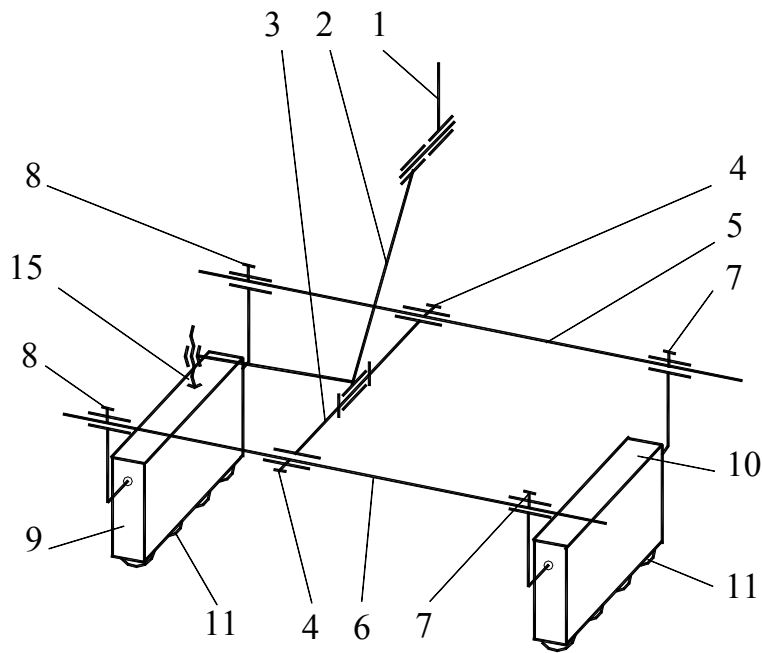
4.1 Захватний пристрій для маніпулювання плоскими деталями

У результаті було запропоновано конструкцію захватного пристрою для маніпулювання м'якими плоскими деталями - вакуумного захвата. Його робочий орган - присоска - складається з двох окремих захватних блоків, шарнірно закріплених на протилежних кінцях стрижня з можливістю зміни їхнього взаємного положення, які з'єднані поперечиною, шарнірно закріпленою на корпусі за допомогою коромисла.

З іншого боку, положення поперечини відносно блоку захоплення змінюється за рахунок ексцентриситету, а до коромисла жорстко прикріплений упор із можливістю регулювання положення за висотою. Завдяки ексцентричному положенню з'єднання поперечки зі штангою, до якої прикріплено захватний блок, під час відокремлення верхньої частини від стопки захоплення повертається на шарнірі в бік більшого важеля штанги та, відповідно, спершу починають відокремлюватись кінці частини, захопленої присосками, що розміщені на коротшому важелі штанги, і, відповідно, спочатку починають відокремлюватись кінці частини, захопленої присосками, розміщеними на коротшому важелі штанги. починають відокремлюватись.

Це дає змогу поступово відокремлювати верхні частини, запобігаючи утворенню вакуумної подушки під відокремлюваними частинами, а також зберігати орієнтацію відокремлюваних частин, не порушуючи орієнтації інших частин у стопці, що підвищує надійність процесу. Затискач складається з корпусу 1 (рис. 4.2), на якому шарнірно закріплена поперечина 3 з коромислами 2, які гвинтами 4 кріпляться до блоків штанг 5 і 6.

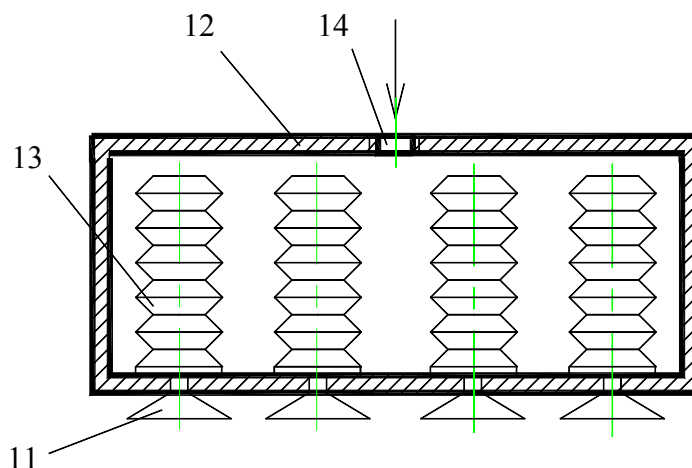
Захватні блоки 9 і 10 з пасивними присосками 11 обертально кріпляться до протилежних кінців штанг 5 і 6 гвинтами 7 і 8. Конструкція блоку захоплення визначається способом створення вакууму в пасивній камері захоплення, тобто типом приводу, що перетворює камеру захоплення для створення вакууму в камері захоплення.



1 – корпус; 2 – коромисло; 3 – поперечка; 4, 7, 8 – гвинт; 5, 6 – штанга; 9, 10 – захватний блок; 11 – присос пасивний; 15 – упор гвинтовий

Рисунок 4.2 - Кінематична схема вакуумного схвата:

Одним з варіантів виконання захватного блока може бути пневмокамера (рис. 4.3). Вона містить корпус 12 всередині якого розташовані замкнені сільфони 13 з присосами 11, а за допомогою різьбового отвору 14 пневмокамера з'єднується з джерелом стиснутого повітря.



11 – присос пасивний; 12 – корпус; 13 – сільфон; 14 – отвір різьбовий

Рисунок 4.3 - Конструкція пневмокамери схвата:

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

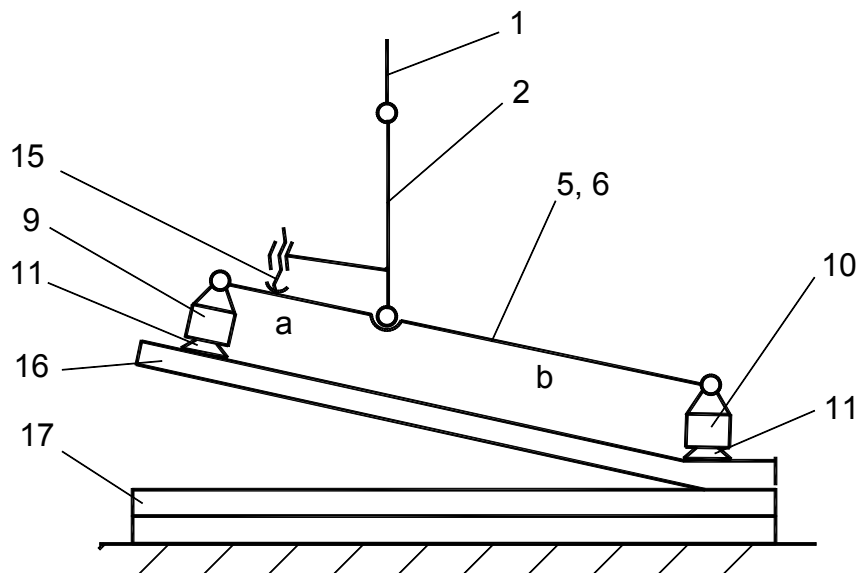
MPMA 24.000.00.00 ПЗ

Арк.

52

З коромислом 2 жорстко пов'язаний важіль із гвинтовим затискачем 15, що регулюється за висотою й обмежує величину повороту тяг 5 і 6 завдяки контакту з блоком 9. Затискач працює таким чином. Корпус 1 опускає затискач до контакту присоски 11 з вершиною 16 штабеля 17 (рис. 4.4).

Завдяки ексцентриситету поперечки 3 стрижні 5 і 6 розташовуються під постійним нахилом, унаслідок чого присоски 11 затискного блока 10 спочатку стикаються з деталями 16. Під час подальшого руху корпусу 1 вниз стрижні 5 і 6 повертаються проти годинникової стрілки доти, доки присоска 11 блоку 9 не торкнеться деталі 16. Стиснене повітря подається в камеру тиску через отвір 14, викликаючи деформацію сільфону 13.



1 – корпус; 2 – коромисло; 3 – поперечка; 5, 6 – штанга; 9,10 – пневмокамера; 11 – присос пасивний; 15 – упор гвинтовий; 16 – верхня деталь стосу; 17 – стос деталей; *a* - коротке плече схвата; *b* – довге плече схвата

Рисунок 4.4 - Принцип роботи схвата:

Коли присоски 11 обох пневматичних камер досягають частини 16, тиск у них скидається і сільфон 13 розтискається під дією пружних сил. Водночас присоска 11 захоплює верхню частину штабеля. Потім затискач починає рухатися

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

вгору, і блок стрижнів 5 і 6 (мал. 4.4) повертається за годинниковою стрілкою в шарнірі 2 у бік більшого плеча « » стрижнів 5 і 6.

Водночас кінець «гнучкої частини» 16, захопленої присоскою 11 у пневматичній камері 9, відгинається вгору. Коли «жорстка частина» відокремлюється, вона також піднімається вгору, паралельно положенню стрижнів 5 і 6. Під час подальшого підйому захвата від штабеля 17 кінець деталі 16 відривається і захоплюється присоскою 11 пневматичної камери 10 і всією деталлю 16.

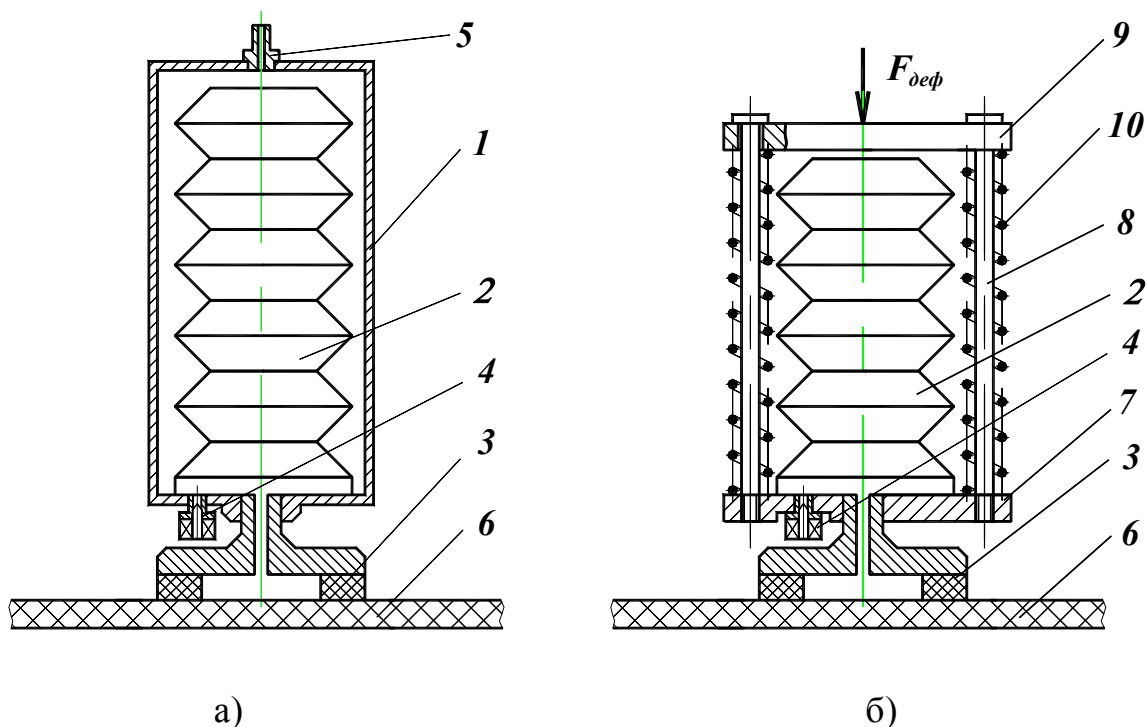
Після виконання технічно необхідних маневрів захват опускається, і кінці деталей 16, захоплені присосками 11 пневмокамери 10, спочатку досягають горизонтальної площини. Подальше опускання захвата призводить до обертання стрижнів 5 і 6 у шарнірі 2, водночас кінець деталі 16, захопленої присоскою 11 у пневматичній камері 9, досягає заданої площини, у пневматичні камери 9 і 10 подається тиск, сильфон 13 стискається і деталь 16 звільняється із захвата. Потім цикл повторюється.

4.2 Робочі органи безнасосного вакуумного захватного пристрою

Конструкція робочих органів пасивних вакуумних захоплень дуже різноманітна [15, 21]. Вона визначається умовами і потребами виробництва, такими як необхідна вантажопідйомність захвата, час виконання операції, розміри і форма деталі, геометричні, фізичні та механічні характеристики поверхні деталі, наявність у виробничому приміщенні певних джерел енергії. До основних характеристик, що визначають конструкцію робочого органу, належать: - тип вакуумної камери; - тип приводу, що створює вакуум; - принцип зниження тиску.

На рис. 4.5 представлено пропоновану конструкцію робочого органу пасивного вакуумного захвата для верху взуття на основі вакуумної камери сильфонного типу. У першому з них (рис. 4.5 а) деформація камери для створення в ній вакууму здійснюється повітрям, що подається під тиском у герметич-

ний робочий орган. У другому (рис. 4.7 б) сифон вакуумної камери стискається шляхом докладання деформувального зусилля до сифона вакуумної камери за допомогою одного з виконавчих механізмів, наприклад, електромагнітного, електричного або пневматичного. Привід може переміщати захват під час роботи. Для звільнення заготовки від захоплення використовується автоматичний клапан управління, що з'єднує вакуумну камеру з атмосферою наприкінці робочого процесу, або камера повторно стискається і фіксується в цьому положенні.



1 – корпус герметичний; 2 – сифон вакуумний; 3 – присос; 4 – клапан; 5 – штуцер;
6 – об'єкт маніпулювання; 7 – корпус; 8 – направляюча; 9 – повзун; 10 – пружина

Рисунок 4.5 - Робочі органи пасивного вакуумного захвата:

Розглянемо конструкцію і принцип роботи пасивного приводу захоплення детальніше на прикладі першої із запропонованих конструкцій. Він складається з герметичного циліндричного корпусу 1 з вакуумним сифоном 2. Сифон виготовлено з матеріалу, який надає стінкам сифона пружності, необхідної для створення вакууму.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

До фланця в нижній частині сильфона прикріплені присоска 3 і автоматично керований зворотний клапан 4. У верхній частині корпусу 1 розташований фітинг 5, який під'єднується до джерела стисненого повітря. Робочий блок працює таким чином. Через штуцер 5 у корпус 1 подається повітря під тиском. У результаті сильфон 2 деформується (стискається), і повітря виштовхується з його порожнини через присосок 3 і зворотний клапан 4.

Після опускання захвата на об'єкт маніпулювання 6 і контакту присоски з об'єктом маніпулювання 6 тиск у робочому органі 1 скидається. Завдяки еластичності стінок сильфон починає повертатися до своєї первісної форми. Одноразом з цим у порожнині створюється вакуум, і присоски захоплюють заготовку.

Після закінчення робочого процесу на клапан 4, який з'єднує внутрішній об'єм сильфона з атмосферою, подається сигнал, щоб випустити деталь із захвата і знизити тиск. У результаті захват більше не утримує об'єкт і готовий до нового циклу роботи. Інші конструкції стрічкових захватів працюють за аналогічним принципом.

Таким чином, робочий орган вакуумного захвата запропонованої конструкції робить технічну машину, в якій він використовується, більш автономною. Відпадає необхідність у використанні дорогих вакуумних станцій або вакуумних мереж. Це дає змогу істотно знизити вартість обладнання та витрати на його експлуатацію за рахунок низького енергоспоживання робочого органу захвата.

4.3 Розробка методики розрахунку параметрів робочих органів

У попередніх розділах цієї роботи були проведені аналітичні та експериментальні дослідження робочого органу пасивних вакуумних захватних пристроїв. На їхній основі можуть бути розраховані конструктивні параметри і режими роботи цього типу пристрою для забезпечення надійного виконання

технічного процесу маніпулювання плоскими частинами задника взуття під час обробки деталей і складання заготовок задника взуття.

Для зручності розрахунків технічних і геометричних параметрів робочого органу захоплення проводиться на прикладі пасивного вакуумного захоплення поршневого типу. Алгоритм розрахунку включає такі етапи:

1. попередній розрахунок орієнтовної сили захоплення робочого органу:

$$F_{з.ор} \geq k_3 k_{дин} m_{дет} g. \quad (4.1)$$

Вхідні дані:

- маса деталі $m_{дет}$;
- коефіцієнт вантажопідйомності запасу k_3 ;
- коефіцієнт динамічності $k_{дин}$, враховує навантаження динамічні на захват, що в процесі маніпулювання виникають;

2. Розрахунок потрібної кількості робочих органів в захватному пристрої:

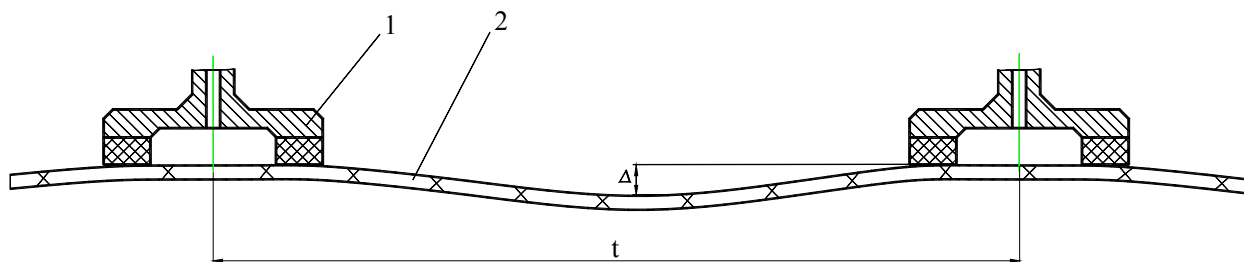
$$n_{р.о} \geq \frac{F_{з.ор}}{\pi r_1^2 (p_{зр} - p_в)} \quad (4.2)$$

Вхідні дані:

- попереднє значення радіуса внутрішнього юбки присоса r_1 . Вибирається в межах від 2 до 12 мм в залежності від форми та розмірів об'єкта;
- початковий тиск в камері вакуумній захвата та граничний тиск утримання об'єкта маніпулювання відповідно $p_в$ та $p_{зр}$.

У процесі маніпулювання деталями верху взуття, особливо на складальних операціях, необхідно забезпечити таку відстань між робочими захватами, щоб прогин деталі не перевищував допустимої похибки.

Згідно з рекомендацією [24], максимально допустимий прогин деталей верху взуття зі шкіри становить мм. Для розрахунку рис. 4.6.



1 – присос; 2 – деталь; Δ – прогин; t – відстань між присосами

Рисунок 4.6 - Прогин деталі верху взуття при маніпулюванні:

При розрахунках приймаємо деталь за однорідний канат, що не розтягується, в двох точках закріплений кінцями і провисає під дією власної ваги. Максимальний прогин деталі можна визначити за формулою [22]:

$\Delta_{\max} = \frac{T}{q} ch \frac{t q}{2T}$, де T – натяг деталі; q – розподілене навантаження від ваги деталі. В якості навантаження розподіленого беруть щільність поверхневу матеріалу деталі одиничної ширини. Якщо прогин максимальний деталі перевищує допустиму величину, то відстань між робочими органами пристрою захватного зменшують, збільшуючи їх кількість.

3. Робочий об'єм камери вакуумної визначають за формулою:

$$V_2 = t_{\Sigma} \left\{ 0,2 \cdot A p_{e.0} \left[B \frac{p_{e.0}^2 - p_a^2}{p_{e.0}} + C r_1^2 (p_a - p_{e.0}) + \right. \right. \\ \left. \left. + 2C \int_{r_1}^{r_2} r \left(p_a - \sqrt{p_a^2 + \frac{p_{e.0}^2 - p_a^2}{\ln(r_1/r_2)} \ln(r/r_2)} \right) dr \right]^{-1} (V_2 - V_1) + \right. \\ \left. + A \int_{p_{e.0}}^{p_{zp}} \left[B \frac{p^2 - p_a^2}{p} + C r_1^2 (p_a - p) + \right. \right.$$

$$+ 2C \int_{r_1}^{r_2} r \left(p_a - \sqrt{p_a^2 + \frac{p^2 - p_a^2}{\ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right)} \ln\left(\frac{r}{r_2}\right)} \right) dr \Bigg]^{-1} dp \quad (4.3)$$

Вхідні дані:

- фізико-механічні властивості матеріалу об'єкта маніпулювання та γ параметри еометричні його поверхні за якими визначаються коефіцієнти фільтрації контактного зазору $K_{\phi 1}$ та матеріалу $K_{\phi 2}$, висота початкова нерівностей поверхні об'єкта H та його товщина l , коефіцієнт зазору умовного при вході в порожнину присоса ψ ;

- зовнішній попередній радіус юбки присоса r_2 . Приймається більшим від r_1 на ширину юбки $a=2\dots 6$ мм.

4. Радіус поршня 1 робочого органа пристрою захватного рис. 4.7 з конструктивних міркувань приймаємо рівним середньому між внутрішнім r_1 та зовнішнім r_2 радіусами присоса:

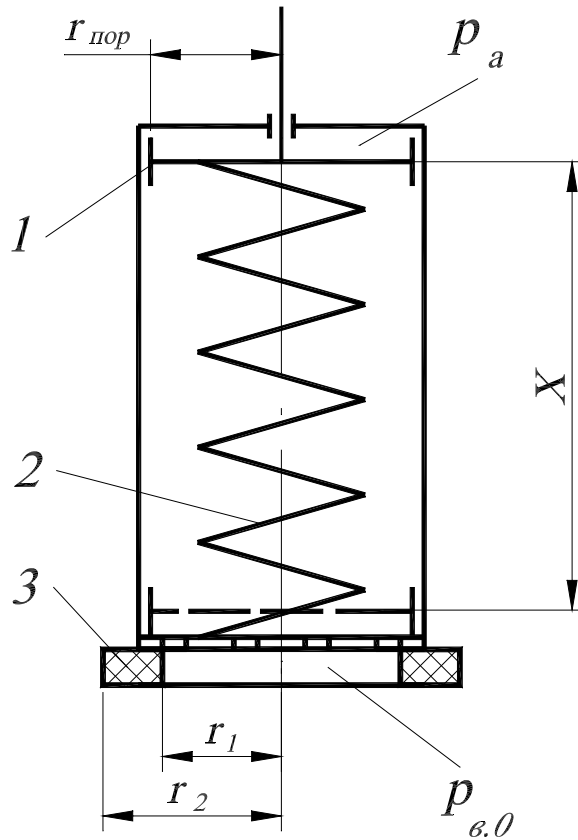
$$r_{nop} = (r_1 + r_2)/2. \quad (4.4)$$

5. Жорсткість пружного елемента 2 органа робочого захвата заходять використавши вираз (2.16):

$$k = \frac{p_a S_{nop}^2}{V_1}. \quad (4.5)$$

6. Знаходять значення мінімально можливого об'єму камери вакуумної V_0 з виразу (2.13):

$$V_0 = \frac{p_{в.0} V_1}{p_a} \quad (4.6)$$



1 – поршень; 2 – пружний елемент; 3 – присос; $r_{пор}$ – радіус поршня; r_1 , r_2 – внутрішній та зовнішній радіуси присоса; X – хід поршня

Рисунок 4.7 - Конструктивні параметри органа робочого захвата:

7. Хід поршня X робочого органа захвата:

$$X = \frac{V_2 - V_0}{S_{пор}} \quad (4.7)$$

8. Уточнене значення початкового тиску в камері вакуумній знаходять за формулою:

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$p_{\epsilon.0} = \frac{V_0 k}{S_{\text{нор}}^2}. \quad (4.8)$$

9. Визначають час утримання розрахунковий об'єкта маніпулювання захватом $t_{\text{н.розр.}}$ за виразом:

$$\begin{aligned} t_{\text{н.розр.}} = & A \left[B'(H - \Delta h)(\psi - \Delta \psi) \frac{p_{\epsilon.0}^2 - p_a^2}{p_{\epsilon.0}} + C r_1^2 (p_a - p_{\epsilon.0}) + \right. \\ & \left. + 2C \int_{r_1}^{r_2} r \left(p_a - \sqrt{p_a^2 + \frac{p_{\epsilon.0}^2 - p_a^2}{\ln(r_1/r_2)} \ln(r/r_2)} \right) dr \right]^{-1} (V_2 - V_1) + \\ & + AV_2 \int_{p_{\epsilon.0}}^{p_{\text{сп}}} \left[B'(H - \Delta h)(\psi - \Delta \psi) \frac{p^2 - p_a^2}{p} + C r_1^2 (p_a - p) + \right. \\ & \left. + 2C \int_{r_1}^{r_2} r \left(p_a - \sqrt{p_a^2 + \frac{p^2 - p_a^2}{\ln(r_1/r_2)} \ln(r/r_2)} \right) dr \right]^{-1} dp. \end{aligned} \quad (4.9)$$

Отримане значення часу порівнюють з необхідним часом для виконання технологічної операції $\tau_{\text{он}}$. Розрахунковий час має бути більшим ніж необхідний:

$$t_{\text{н.розр.}} > \tau_{\text{он}} \quad (4.10)$$

У випадку невиконання цієї умови значення змінюють геометричних розмірів присоса: внутрішній радіус юбки r_1 і (або) її ширину a . Знаходять нове значення часу розрахункового $t_{\text{н.розр.}}$ і перевіряють умову (4.10). При її вико-

нанні знаходять уточнене значення кількості органів робочих в захватному пристрої $n_{p.o}$ за формулою (4.2).

На основі приведеної методики можна проводити розрахунки інженерні використовуючи електронні таблиці чи інше програмне забезпечення.

4.4 Розрахунок конструктивних параметрів сільфона

За невеликої вантажопідйомності та малого об'єму камери всмоктування найдоцільніше використовувати пасивні вакуумні захвати сільфонного типу [9]. Для розрахунку конструктивних параметрів сільфона необхідно знати технічні та геометричні параметри робочого органу пасивного вакуумного захвата. Як матеріали використовують нержавіючу сталь, сплав З6НХТЮ і бронзу БрБ2 товщиною $0,08 \div 0,25$ мм. Сільфони формуються з трубних заготовок переважно внутрішнім тиском або прокаткою. Для з'єднання сільфонів з іншими компонентами використовують різні типи роз'ємних і нероз'ємних з'єднань (затискач, пайка, зварювання). Найбільш прогресивним є роликоче короткоімпульсне зварювання.

Сільфони (рис. 4.8) характеризуються такими параметрами [10] геометричними та функціональними: D – діаметр зовнішній, d – діаметр внутрішній; d_g – внутрішній діаметр бортика циліндричного; a – товщина гофри; t – крок гофрування; l_o – довжина гофрованої частини сільфона; l – довжина циліндричного бортика; L_o – повна довжина не навантаженого сільфона; S_o – товщина стінки; n – кількість гофрів; z – число шарів; $k = \frac{D}{d}$ – коефіцієнт гофрування.

Ефективна площа в умовах навантаження розраховується за такою формулою.:

$$F_{ef} = \frac{\pi(D+d)^2}{16}. \quad (4.11)$$

Деформація сільфона характеризується переміщенням осьовим торців відносно один одного Δ_x (хід). При відомому ході максимальному однієї гофри Δ_{x1} хід найбільший сільфону визначається числом гофрів $\Delta_{x\max} = \Delta_{x1} \cdot n$.

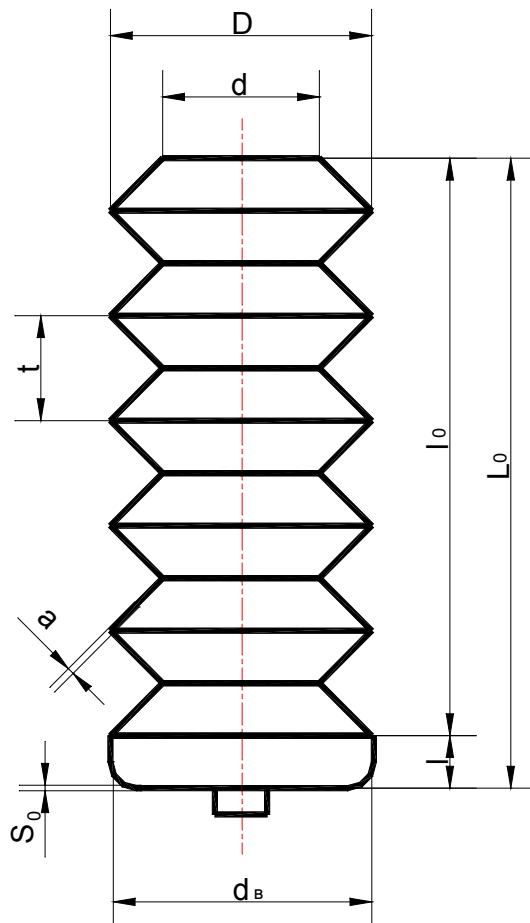


Рисунок 4.8 - Геометричні параметри сільфона

Робочий хід сільфона приймають: $\Delta_{x,p} = (0,3 \div 0,4) l_0 < \Delta_{x\max}$.

Зміна внутрішнього об'єму сільфона:

$$\Delta V = F_{ef} \cdot \Delta_x. \quad (4.12)$$

Лінійна жорсткість сільфона:

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$K = \frac{Q}{\Delta_x} = \frac{pF_{ef}}{\Delta_x}. \quad (4.13)$$

При заданій жорсткості одної гофри K_1 жорсткість сільфона визначають з виразу:

$$K = K_1/n. \quad (4.14)$$

Жорсткість виготовлених сільфонів має значні відхилення одного і того ж типорозміру (в межах $\pm 40 \div \pm 25\%$), що пояснюється відхиленнями геометричних розмірів, режимів технології, пружних властивостей матеріалів та іншими факторами випадковими. Для компенсації цих відхилень в конструкції передбачаються гвинтові пружини, що мають жорсткість в кілька разів більшу за жорсткість сільфона. В такому випадку сільфон працює паралельно з гвинтовою пружиною, з сумарною жорсткістю $K_\Sigma = \frac{pF_{ef}}{\Delta_{x.p.}} = K_{II} + K$.

Тоді необхідна жорсткість пружини:

$$K_{II} = K_\Sigma - K. \quad (4.15)$$

З точки зору міцності сільфонів слід вказати на те, що еквівалентні максимальні напруги розтягу виникають на внутрішніх стінках гофрів. З огляду на це рекомендується для робочих певних параметрів (максимальний робочий тиск, максимальний робочий хід) основні геометричні характеристики сільфонів визначати за стандартами.

4.5 Експериментальне дослідження безнасосного захвата

Експеримент є складовою частиною наукових досліджень. Основна ціль

					MPMA 24.000.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

експерименту – перевірка теоретичних положень, а також широке та більш глибоке вивчення теми наукового дослідження.

4.5.1 Опис експериментальної установки

Експериментальна установка складається з робочого органу пристрою захватного, а саме присоски та сильфонів різного об'єму, зразків деталей, лабораторних ваг і секундоміра.

4.5.2 Методика експерименту

Метою експерименту було визначити залежність часу утримання деталі та її маси від об'єму сильфона. Час утримання фіксувався секундоміром, а момент вилучення деталі з присоски визначався візуально.

Масу деталей вимірювали за допомогою лабораторних ваг. Мінімальна кількість вимірювань становила 10. У цьому випадку можна отримати середнє значення вимірювань, виключивши випадкові помилки.

Результати експерименту зведено в таблицю. Потім експеримент аналізується. Дані в таблиці обробляються графічним методом.

4.5.3 Результати досліджень

Дослідження проводили при сталій масі деталі та при сталому об'ємі сильфона. Результати дослідження зводимо в таблиці 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 - Результати досліджень

Об'єм сильфона, мм ³	Маса деталі, г		
	5	10	15
	Час утримання, с		
462	5	3	1,5
924	12	8	4
1386	15	12	11

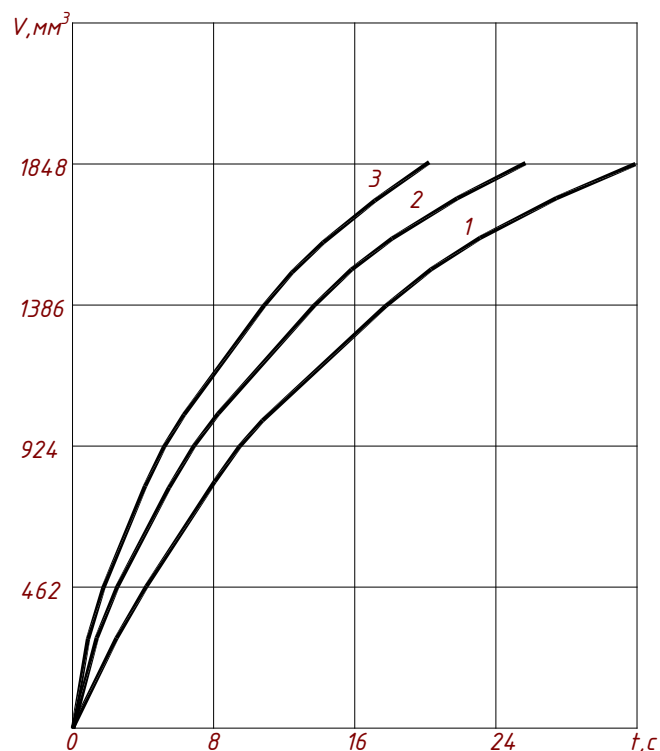
1848	32	26	20
------	----	----	----

Таблиця 4.2 - Результати досліджень

Маса деталі, г	Об'єм сільфона, мм ³			
	462	924	1386	1848
	Час утримання, с			
5	5	12	15	20
10	3	8	12	26
15	1,5	4	11	20

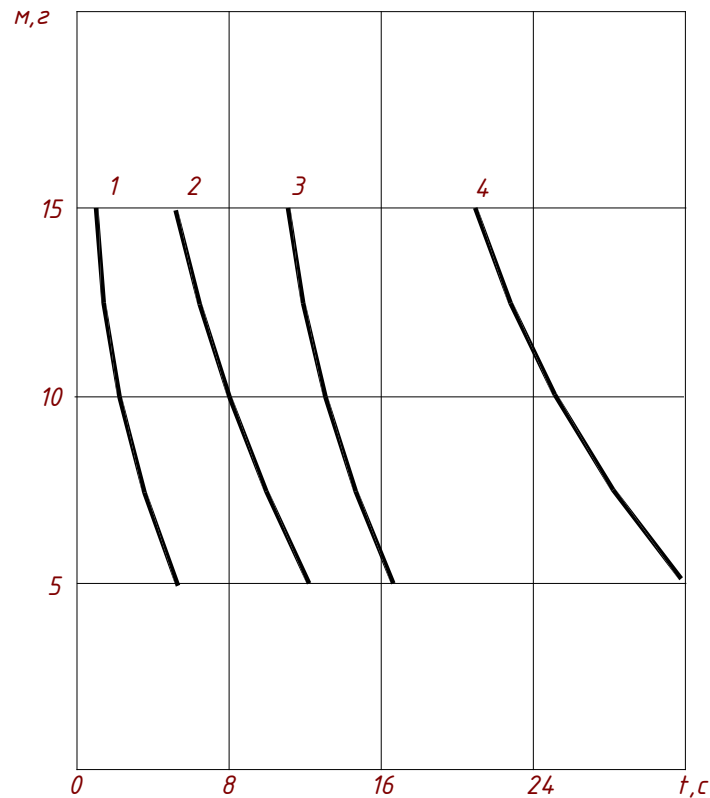
Будуємо залежності часу утримання від об'єму сільфона (рисунок 4.9) та графік залежності маси деталі від об'єму сільфона (рисунок 4.10). Названі залежності графічні представлено також в МРМА 24.00.02.000 РР.

Проаналізувавши графіки, видно, що при збільшенні маси деталі час її утримання захватним пристроєм зменшується, при збільшенні об'єму сільфона збільшується та більш стабільним стає час утримання деталі. То ж з'являється можливість переносу деталей верху взуття на більші відстані.



1 – при масі деталі $m=5$ г; 2 – при $m= 10$ г; 3 – при $m=15$ г.

Рисунок 4.9 - Графік залежності часу утримання від об'єму сильфона



1 – при об'ємі $V=462$ мм³; 2 – при $V=924$ мм³; 3 – при $V=1386$ мм³; 4 - $V=1848$ мм³

Рисунок 4.10 - Графік залежності часу утримання від маси деталі

Висновки до четвертого розділу.

У даному розділі була розроблена технічно гнучка конструкція захвата для розділення і подачі по частинах деталей верху взуття. Розроблено методику розрахунку параметрів робочого органу пасивного вакуумного захвата.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MPMA 24.000.00.00 ПЗ

Арк.

67

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У процесі кваліфікації було проведено аналіз способів і засобів відокремлення деталей по одній від пачки та запропоновано два типи робочих органів захоплення для захоплення і транспортування деталей.

Розроблено голчастий механізм і метод розрахунку пневматичного вакуумного відсмоктування. Підготовлено креслення захоплення та запропонованої конструкції пристрою. Проведено експериментальне дослідження залежності часу утримання деталей захватом.

Запропоновано принцип роботи захвата, що забезпечує високу технічну гнучкість і надійність при маніпулюванні плоскими деталями верху взуття.

Розроблений пристрій може бути використаний для автоматизації допоміжних робіт у легкій промисловості.

					MPMA 24.000.00.00 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Проць Я.І. Захоплювальні пристрої промислових роботів: Навчальний посібник . – Тернопіль: Тернопільський державний технічний університет ім. І. Пулюя, 2008. – 232с.
2. Савків В. Удосконалення конструкції струменевих ежекційних захоплювачів автоматичних пристроїв завантаження / Савків В., Фендьо О., Савків Г. // Вісник ТНТУ. — 2010. — Том 15. — № 3. — С. 64-74.
3. Проць Я.І. Струменеві пристрої для захоплення та контролю розмірів об'єктів в процесі маніпулювання / Я.І. Проць, В.Б. Савків, І.Р. Козбур // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1998. – №1. – С. 22 – 25.
4. Бегняк В.І. Основи конструювання і проектування виробів із шкіри /Навчальний посібник. - Хмельницький: ТУП, 2002. - 259 с.
5. Олійникова В.В. Основи технології виробів зі шкіри / В.В. Олійникова. – К.: КНУТД, 2006. – 121с.
6. Коновал В. П. Технологія взуттєвого виробництва: Підручник / Коновал В. П., Свістунова Л. Т., Олійникова В. В. – Київ. – 2003.
7. Навроцький Б.І. Механіка рідин : [підруч. для техн. вузів] / Б. Навроцький, Є. Сухін. — К. : ДІА, 2003. — 416 с.
8. Гідравліка : навчальний посібник / Л. В. Возняк, П. Р. Гімер, М. І. Мердх, О. В. Паневник. — Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2012. — 327 с. : іл.
9. Головка Д.Б. Автоматика і автоматизація технологічних процесів:підручник/ Д.Б. Головка, К.Г. Реґо, Ю.О Скрипник.-К.:Либідь,1997.-232с.
10. Я. І. Проць, В. Б. Савків, О. К. Шкодзінський, О. Л. Ляшук. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Тернопіль : ТДТУ ім. І.Пулюя — 2011. — 344 с.

					MPMA 24.000.00.00 ПЗ	Арк. 69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Я.І. Проць, О.А. Данилюк, Т.Б. Лобур Автоматизація неперервних технологічних процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Тернопіль : ТДТУ ім. І.Пулюя, 2008. – 239 с.

12. Орловський Б.В. Технологічне обладнання галузі (швейне виробництво): навчальний посібник/Б.В. Орловський, Н.С. Абрінова.-К.: КНУТД, 2013.- 285 с.

13. ДСТУ 2879-94 Маніпулятори, автооператори, роботи промислові та системи виробничі гнучкі. Терміни та визначення.

14. ДСТУ ISO 5404:2007 Шкіра. Фізико-механічні випробування.

15. Драпак Г.М., Романець Т.П., Онофрійчук В.І. Використання безнасосних вакуумних захватів у взуттєвій промисловості. //Вісник ТУП, 2003 р. № 6 Ч. 1. Т. 2. с. 254...257.

16. Муляр, Ю. І. Автоматизація виробництва в машинобудуванні. Частина I : навчальний посібник / Ю. І. Муляр, С. В. Репінський. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 99 с.

17. Рибальченко В. В., Коновал В. П., Дрегуляс Е. П. Матеріалознавство виробів легкої промисловості. Методи випробувань: Навчальний посібник. – К. : КНУТД, – 2010. – 395 с.

18. Кармаліта А.К., Піскорський Г.А., Скиба М.Є. Методика математичного моделювання технології та механізмів легкої промисловості: навч. посібник. –К.: ІЗМН, 1997. – 184 с.

19. Константинов Ю. М. Технічна механіка рідини і газу : підручник / Ю. М. Константинов, О. О. Гіжа. — К. : Вища школа, 2002. — 277 с.

20. Шовкомуд О. В. Устаткування швейної промисловості: навчальний посібник / О. В. Шовкомуд, Т. М. Головенко, В. С. Пуць. – Луцьк : Вежа-Друк, 2023. – 280 с.

21. Патент № 33533 А, Україна. МПК В 25 J 15/06. Вакуумний схват/ Драпак Г. М., Романець Т. П. (Україна); Технологічний університет Поділля - № 99031248 // Заяв. 05.03.99. Опубл. 15.02.01.

					MPMA 24.000.00.00 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					MPMA 24.000.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71