

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Захватний пристрій робота для роботизованого технологічного
комплексу для холодного листового штампування

08-27.МКР.009.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу за ОПН
«Магістра», групи 1ГМ-19м
спеціальності 133
галузеве машинобудування

(шифр і назва напрямку підготовки)

Торський М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Поліщук Л.К.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2020

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

Поліщук Л. К.

“02” вересня 2020 року

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Торському Максиму Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи Захватний пристрій робота для роботи-
зованого технологічного комплексу холодного листового штампування

керівник магістерської кваліфікаційної роботи Поліщук Леонід Клавдійович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

д.т.н., професор

затверджені наказом вищого навчального закладу від “25” вересня 2020 року №214.

2. Строк подання студентом магістерської кваліфікаційної роботи: 08.12.2020.

3. Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: промисловий робот FS20C;
вантажопідймальність, кг 20; число ступенів свободи – 6; система координат – сфери-
чна; діаметр приєднувальної поверхні захватного пристрою – 40H7; тип привода – еле-
ктромеханічний, пневматичний; заготовка – лист сталевий 1000×1200 мм.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): вступ; техніко-економічне обґрунтування теми роботи; аналіз відомих технічних
рішень; конструкторський розділ; розрахунок параметрів вакуумного захватного при-
строю; математична модель вихрового захватного пристрою вихрового типу; економі-
чний розділ; розділ з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаці-
ях.

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

5.1 Типові РТК для штампування, плакат (2 листа ф. А1).

5.2 Аналіз відомих технічних рішень ЗП, плакат (1, лист ф. А1).

5.3 Математична модель вихрового вакуумного захоплювального пристрою промисло-
вого робота для визначення несівної здатності, плакат (1 лист ф. А1).

5.4 3D-модель вакуумного захоплювального пристрою, плакат (1 лист ф. А1)

5.5 Загальний вигляд робота FS20C (1 лист ф. А1)

5.6 Складальне креслення вакуумного захоплювального пристрою (2 листа ф. А1)

5.5 Складальне креслення вакуумного присмоктувача (1 лист ф. А1)

5.6 Загальний вигляд робота робота FS20C з розробленим ЗП (1 лист ф. А1)

6. Консультанти розділів магістерської кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Поліщук Леонід Клавдійович. д.т.н., професор	02.09.20	08.12.2020
Економічна частина	Бальзан Марина Володимирівна к.е.н., доцент	02.09.20	08.12.2020
Охорона праці	Поліщук Олександр Васильович к.т.н., доцент	02.09.20	08.12.2020

7. Дата видачі завдання 02.09.20

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1.	Постановка задачі та техніко-економічне обґрунтування теми роботи	02.09.2020	виконано
2.	Аналіз відомих технічних рішень.	21.09.2020	виконано
3.	Розрахунково-конструкторський розділ	16.10.2020	виконано
4.	Математична модель вихрового вакуумного захоплювального пристрою промислового робота для визначення несівної здатності	19.11.2020	виконано
6.	Економічний розділ.	03.12.2020	виконано
7.	Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях.	04.12.2020	виконано
8.	Попередній захист.	10.12.2020	виконано

Студент Горський М.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи Поліщук Л. К.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

В магістерській кваліфікаційній роботі виконано техніко-економічне обґрунтування вибору теми, на підставі аналізу уніфікованих РТК штампування та існуючих захватних пристроїв промислових роботів, що входять в ці комплекси. Здійснено вибір раціональної схеми захоплювального пристрою для таких технологічних операцій. Проаналізовано методику розрахунків притягувальних захватних пристроїв, виконано математичне моделювання такого пристрою вихрового типу для визначення несівної здатності. Розраховано необхідні для проектування параметри вакуумного захоплювального пристрою активної дії та виконано розробку його конструкції, а також 3D модель.

Розроблено заходи щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Annotation

In the master's qualification work the technical and economic substantiation of the choice of a theme is executed, on the basis of the analysis of the unified RTK stamping and the existing gripping devices of the industrial robots which are a part of these complexes. The choice of the rational scheme of the capturing device for such technological operations is made. Methods of calculations of attractive gripping devices are analyzed, mathematical modeling of such device of vortex type for definition of seedlessness is executed. The parameters of the active vacuum capture device required for design have been calculated and its design has been developed, as well as a 3D model.

Measures for labor protection and safety in emergency situations have been developed..

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕМИ РОБОТИ.....	10
1.1 Суть технічної проблеми.....	10
1.2 Базовий варіант для модернізації.....	11
1.3 Коментар технічних показників аналогу і нового виробу.....	13
1.4 Шляхи досягнення поставленої задачі	15
1.5 Технічні вимоги, що висуюються до об'єкту проектування	15
1.6 Прогноз величини витрат.....	16
1.7 Цінова політика.....	17
1.8 Визначення конкурентів.....	18
1.9 Розрахунки, які підтверджують економічну доцільність нової розробки.....	19
1.10 Техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального варіанта рішення основної задачі роботи – підвищення ефективності роботи промислового робота.....	22
2 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ.....	25
2.1 Уніфіковані РТК холодного листового штампування.....	25
2.2 Притягувальні захватні пристрої.....	29
2.3 Магнітні захватні пристрої.....	23
2.4 Вакуумні захватні пристрої.....	33
2.5 Замикаючі пристрої.....	65
3 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	48
3.1 Особливості розрахунку різних видів вакуумних захватних пристроїв.....	48
3.1.1 Пасивні вакуумні присмоктувачі.....	49
3.1.2 Активні вакуумні захватні пристрої.....	51
3.1.3 Обладнання та параметри вакуумної системи.....	54
3.1.4 Активні вакуумні зп на базі ежекторних систем.....	57
3.1.5 Аеродинамічні захватні пристрої.....	58
3.1.6 Струменево-вакуумні захватні пристрої.....	58
3.1.7 Орієнтування захоплюваних об'єктів.....	61

3.1.8 Вихрові захватні пристрої.....	63
3.2 Розрахунок конструктивних параметрів вакуумного захватного пристрою активної дії.....	65
4 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИХРОВОГО ВАКУУМНОГО ЗАХОПЦІВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НЕСІВНОЇ ЗДАТНОСТІ.....	67
5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	75
5.1 Розрахунок контрису витрат на розробку.....	75
5.2 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції.....	77
5.3 Розрахунок ціни реалізації виробу.....	82
5.4 Розрахунок чистого прибутку, який отримує виробник протягом одного року від реалізації нової розробки.....	82
5.5 Розрахунок експлуатаційних витрат у споживача при використанні нової розробки.....	82
5.6 Розрахунок економічного ефекту для споживача від придбання нового приладу.....	85
5.7 Розрахунок для споживача економічного ефекту на ціні від придбання нового виробу.....	87
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	88
6.1 Коротка характеристика приміщень.....	88
6.2 Організаціо-технічні рішення щодо безпеки праці та виробничої санітарії.....	89
6.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпеки роботи.....	92
6.4 Пожежна безпека.....	93
6.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях.....	94
ВИСНОВКИ.....	99
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	100
ДОДАТКИ.....	103
ДОДАТОК А – Технічне завдання.....	104
ДОДАТОК Б – Графічна частина.....	109
ДОДАТОК В – Специфікації.....	119

ВСТУП

Актуальність. Промислові роботи (ПР) – це універсальний засіб комплексної автоматизації виробничих процесів за допомогою якого забезпечується швидке переналагодження послідовності, швидкості та видів маніпуляційних дій [1]. Тому застосування промислових роботів є найбільш ефективним в умовах частої заміни об'єктів виробництва, а також для автоматизації ручної низько кваліфікованої і монотонної праці.

Серед проблем, що виникають під час впровадження роботів у виробництво, очевидно, найбільш актуальною є проблема створення робочого органу, придатного для розв'язку конкретних технологічних задач. Захоплювальні пристрої є важливими елементами оснащення роботів і мають велику кількість проектних рішень, залежно від робіт, що ним виконуються. Промислові роботи, що випускаються для потреб промисловості, зазвичай комплектуються набором захватних пристроїв. Проте, під час їх виробництва неможливо врахувати всі вимоги, які можуть бути до них висунуті впродовж експлуатації, і особливо, вимоги, що висуваються до робочих органів. Тому в конкретних виробничих умовах часто існуючий промисловий робот замінюють на новий, спроектований і виготовлений у відповідності до умов експлуатації. Такий підхід до розв'язку проблеми призводить до значного збільшення терміну переходу на виробництво нової деталі і значно знижує продуктивність. Наявність великого спектру різних за технологічним призначенням захоплювальних пристроїв дозволяє підвищити універсальність промислових роботів та здатність до швидкого переналагодження роботизованих технологічних комплексів та гнучких виробничих модулів.

Мета роботи – підвищення ефективності застосування промислового робота шляхом розширення його функціональних можливостей за рахунок використання змінних робочих органів.

В зв'язку з поставленою метою необхідно розв'язати такі *задачі*:

- провести техніко-економічне обґрунтування вибору теми дипломного проекту;
- проаналізувати відомі технічні рішення щодо застосування захватних пристроїв в промислових роботах, призначених для штампувальних операцій, і здійснити вибір найбільш ефективного захватного пристрою;
- розглянути особливості розрахунку притягувальних захватних пристроїв, за існуючою методикою розрахувати необхідні параметри вакуумного захватного пристрою і виконати його проектування;
- виконати проектні розрахунки та розробити конструкцію вакуумного захватного пристрою;
- розробити математичну модель вихрового вакуумного захоплювального пристрою промислового робота для визначення несівної здатності;
- обґрунтувати доцільність застосування розробленого захватного пристрою за допомогою необхідних економічних розрахунків;
- розробити заходи щодо охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях;

Об'єкт дослідження – технологічні процеси в роботизованих технологічних комплексах та гнучких виробничих модулях, оснащених промисловими роботами із змінними захоплювальними пристроями.

Предмет дослідження – Захоплювальний пристрій промислового робота для виконання штампувальних операцій.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження виконувались на основі положень теорії аеродинаміки, зокрема, стиснених газів, чисельних методів розв'язування звичайних диференціальних рівнянь на основі комп'ютерного моделювання з використанням пакету Mathcad 7, аналітичних досліджень методів розрахунку захоплювальних пристроїв різного типу.

Наукова новизна отриманих результатів та їх практичне значення

- Удосконалено методи розрахунку вакуумних вихрових захоплювальних пристроїв промислових роботів, з врахуванням течії стисненого повітря через сопла та трубопроводи.

- Розроблено конструкцію змінного захоплювального пристрою для промислового робота, призначеного для виконання штампувальних операцій з покращеними техніко-економічними показниками.

Особистий внесок автора. Основні результати, що викладені у магістерській кваліфікаційній роботі та виносяться на захист, отримані самостійно за консультативної допомоги наукового керівника.

Серед них:

- запропоновано проводити аналіз динамічних процесів течії стисненого повітря повітряними магістралями з врахуванням впливу діаметральних розмірів на швидкість окремих шарів повітря в поперечному перерізі ;

- отримано аналітичну залежність для розрахунку несівної здатності захоплювального пристрою промислового робота для виконання штампувальної операції;

Публікації. Результати досліджень, що виконані в магістерській кваліфікаційній роботі, опубліковано в одних тезах конференції “Молода наука: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2020)”.

1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ РОБОТИ

Техніко-економічне обґрунтування теми роботи виконуємо за рекомендаціями [2].

1.1 Суть технічної проблеми

Роботизація виробничих процесів засобами автоматизації виробництва заснована на застосуванні промислових роботів (ПР). Роботизація є подальшим розвитком процесу автоматизації, оскільки застосування її дозволяє автоматизувати ті виробничі процеси або їхні частини, автоматизація яких найпростішими засобами недоцільна. Метою роботизації виробничих процесів є підвищення техніко-економічних показників роботи підприємства і поліпшення умов праці.

При створенні роботизованих технологічних комплексів і виборі номенклатур використовуваних захоплювальних пристроїв необхідні технологічний аналіз конструкцій виробів та їх групування за конструктивно-технологічними ознаками. Різноманітність форм і розмірів об'єктів захоплювання, вимог до їх захоплювання та подальшого утримання призводить до необхідності використання великої кількості захоплювальних пристроїв. При серійному виробництві промислових роботів практично неможливо врахувати всі вимоги, поставлені до захоплювачів. Часто виникає ситуація, коли на виробництві для одного промислового робота використовують різноманітні типи захоплювальних пристроїв.

Застосування промислових роботів для виконання різних типів робіт буде ефективним у тому випадку, якщо він буде задіяним впродовж всіх робочих змін впродовж заданого терміну випуску продукції на підприємстві. Для серійного та малосерійного виробництва які характеризуються широкою номенклатурою виробів, необхідне швидке переналагодження робота з одної продукції на іншу. Для ефективного

використання промислового робота необхідно, щоб він був наділений можливістю швидкого переналагодження на випуск нової продукції.

Найбільш відповідає цим вимогам агрегатно-модульний принцип конструювання робота, адже така конструкція дозволяє швидко переналагодити робот, зокрема замінивши захватний пристрій, на виконання робіт щодо випуску іншої продукції. Тому для ефективного використання роботів запровадження агрегатно-модульного принципу дозволяє зменшити термін переналагодження на нову продукцію, адже не потрібно проектувати новий робот, а використати існуючий, замінивши тільки окремі вузли, зокрема, кисть руки захватного пристрою, що дозволяє підвищити продуктивність на виробництві

Розроблено захватний пристрій та кисть руки робота агрегатно-модульного виконання, що дало змогу використати його в гнучкому виробничому модулі на операції механічної обробки токарного верстата з ЧПК.

1.2 Базовий варіант для модернізації

На Вінницькому приватному підприємстві «Еліт» на операція зварювання використовується робот конструкції фірми Kawasaki FS20C. Через зниження попиту на продукцію підприємства виникли економічні проблеми і ефективність використання робота, вартість якого є значною, є недостатньою. Для більшої завантаженості робота його можна використовувати на інших технологічних операціях в цеху, де він встановлений. Після виконання програми за своїм основним призначенням, за умови комплектації змінними робочими органами для інших видів робіт, його можна було б застосувати як засіб автоматизації процесів механообробки, які виконуються в цьому ж цеху, або як основну технологічну одиницю на операціях, наприклад, фрезерування.

Різновидом електромагнітних ЗП є захватні пристрої з елементами, які пристосовуються до форми деталі. У ЗП, заповненому залізним порошком,

фіксація деталі здійснюється за допомогою магнітних сил, що діють на цей порошок (рис. 1.1).

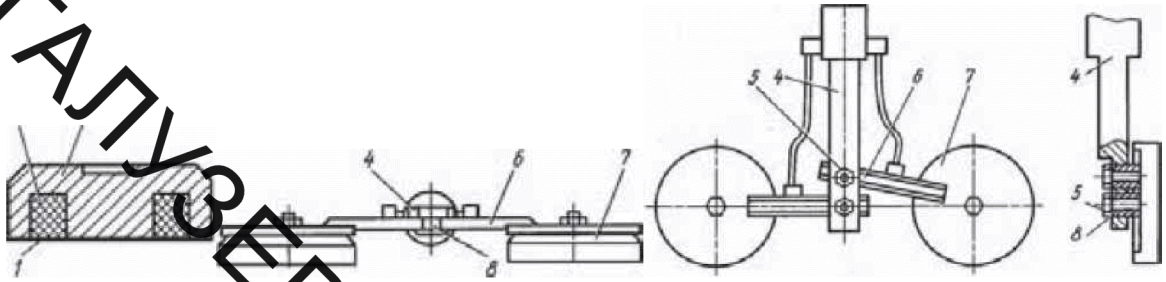


Рисунок 1.1 – Різновид конструкції та елементів електромагнітних захватних

Замикаючі пристрої

При використанні замикаючих пристроїв досягається надійне витіснення повітря, в той час як у звичайному суцільному присмоктувачі повітря витісняється через поверхню контакту з деталлю (заготовкою), що пов'язане із збільшенням зусилля притиснення присмоктувача із неповним витісненням повітря (рис. 1.2).

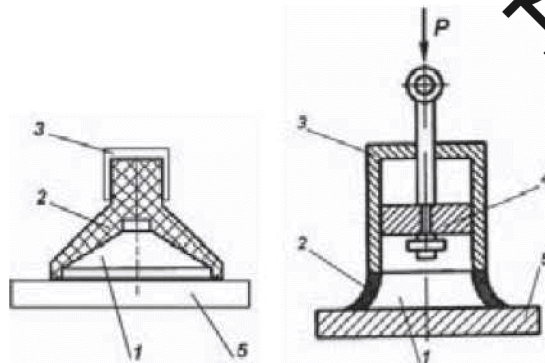


Рисунок 1.2 – Пасивні вакуумні присмоктувачі з корпусом з еластичного матеріалу

Активні вакуумні захватні пристрої.

Активними вакуумними ЗП (ГОСТ 26063-84) називають пристрої, в яких розрідження повітря в зоні контакту з ОМ створюється примусово, наприклад вакуумним або поршневым насосом, а також ежектором - простою

і надійною системою, але при цьому витрачається велика кількість стисненого повітря, що надходить із заводської мережі (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Засоби створення розрідження у вакуумних присмоктувачах

Аналізуючи розглянуті конструкції захватних пристроїв, зазначаємо, що для ефективного захоплення заданої деталі, необхідно застосувати захватний пристрій притягувального вакуумного типу. Аналогом є притягувальний захватний пристрій електромагнітного типу (рис. 1.4).

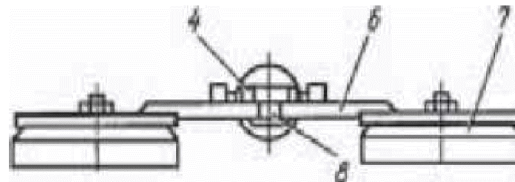


Рисунок 1.4 – Захватний пристрій електромагнітного типу

Технічні показники аналогу і нового виробу для порівняння подано в табл.1.1

1.3 Коментар технічних показників аналогу і нового виробу

Згідно з порівнянням параметрів нової розробки і аналога, які порівнюються в табл.1.1, можна зробити такі висновки.

Кількість змінних робочих органів збільшена до чотирьох, кисть захватного пристрою може здійснювати обертання в двох площинах в межах 180°, що дало змогу розширити технологічні можливості роботи. Крім того, за рахунок надання кисті поворотного руху позбавились необхідності використання поворотного пристрою для переорієнтації положення заготовки у верстаті, що дало змогу зменшити кількість допоміжного обладнання на одиницю.

Важливо, що змінився енергоносіє, який використано у аналогу – електрика. Для нового пристосування потрібне використання стисненого повітря.

Таблиця 1.1 - Технічні показники аналогу і нового виробу

Показники (параметри)	Одиниці вимірювання	Нова розробка	Аналог	Відношення параметрів нової розробки до параметрів аналога	Питома вага
Вантажопідйомність	кг	6	6	1	0.1
Кількість змінних робочих	шт	4	2	2	0.4
Кутове переміщення кисті відносно	радiан	3.14	3.14	1	0.05
Зворотньо-обертальний	радiан	3.14	3.14	1	0.05

Кількість допоміжного обладнання	шт	2	3	1,5	0.3
Привід	-	5	3	1.66	0.1

1.4 Шляхи досягнення поставленої задачі

Основна задача, яка вирішується при розробці змінних робочих органів агрегатно-модульного виконання, є розширення функціональних можливостей промислового робота та створення гнучких допоміжних і транспортних підсистем, що призначені для автоматичного обслуговування і переналагодження РТК, виконання підіймально-транспортних і завантажувально-розвантажувальних операцій.

Поставлена задача розширення функціональних можливостей робота досягається за рахунок використання змінних робочих органів агрегатно-модульного виконання, оснащених поворотною кистю, що можуть затискати деталі різної форми і за допомогою маніпулятора завантажувати і розвантажувати їх із робочої зони металорізального верстата.

1.5 Технічні вимоги, що висуваються до об'єкту проектування

- Захватні пристрої повинні відповідати вимогам згідно ГОСТ 12.2.072-82 ССБТ.
- Встановлене безвідмовне напрацювання на добу - 16 годин;
- Встановлене безвідмовне напрацювання - 20000 годин;
- Встановлений строк служби до першого капітального ремонту -12 років;
- Коефіцієнт технічного використання – не менше 0,85;

- Механізми робота повинні бути захищені від потрапляння до них оператора та робітників під час роботи;
- Органи керування та пульт керування робота повинні бути зручно розташовані, легко вмикатися, та інформувати про стан робота.

1.6 Прогноз величини попиту

Впровадження нової розробки надасть можливість підвищення ефективності застосування промислового робота шляхом розширення його функціональних можливостей за рахунок використання змінних робочих органів.

Приймемо за основу, що середня кількість таких споживачів близько 10000.

Потреба складає приблизно 50%. Зробимо прогноз програми випуску виробів:

$$(10000) \cdot 50 = 5000 \text{ (шт.)}$$

Середній термін строку служби складає в середньому 6-8 років. Отже, щорічна потреба може становити:

$$5000 / (6-8) = 833 \dots 625 \text{ (шт.)}$$

Цю величину приймемо за оптимістичний прогноз ємності ринку у країні.

Для визначення песимістичного прогнозу необхідно врахувати, що не всі споживачі мають необхідність в придбанні нових приладів, з чого випливає, що кількість виробів, що можуть бути придбані, складе 40% від загальної кількості.

Тоді песимістичний прогноз обсягу ринку становить:

$$(833 \dots 625) \cdot 0,4 = 333 \dots 250 \text{ (шт.)}$$

Реалістичний прогноз може бути визначено як середнє арифметичне

оптимістичного та песимістичного прогнозів:

$$((833 \dots 625) + (333 \dots 250)) / 2 = 583 \dots 438 (\text{шт.})$$

Будемо вважати, що величина цільового ринку складе 25%, тобто :

$$\text{ЦР} = (583 \dots 438) \cdot 0,25 = 146 \dots 110 (\text{шт.})$$

Отже, за перший рік просування товару на ринок, планується продати приблизно 125 пристроїв.

1.7 Цінова політика

Ціноутворення — це процес встановлення ціни на конкретний товар.

Ціна на продукцію підприємства значною мірою визначається зовнішніми чинниками, серед яких впливають конкуренції, учасників каналів товаропросування (постачальників, посередників), політики держави. Після врахування зовнішніх чинників підприємство починає формувати вихідну ціну. Вихідну ціну встановлюють у кілька етапів.

Перший етап. Визначення мети ціноутворення.

Підхід до ціноутворення визначається залежно від мети, яку ставить перед собою підприємство:

- намагання вижити змушує підприємство встановлювати низькі ціни, оскільки для нього важливіше вижити, ніж отримати прибуток; підприємство здійснює комерційну діяльність доти, поки зниження ціни покриває виробничі витрати;
- максимізація поточного прибутку; в цьому разі поточні результати важливіші, ніж довготермінові;
- захоплення більшого сегменту ринку; для цього підприємство максимально знижує ціни;
- завоювання лідерства на ринку за показниками якості; для досягнення цієї мети продукція підприємства має бути вищої якості з усіх товарів, що пропонує ринок, і це потребує встановлення високої ціни.

Другий етап. Визначення попиту на товар.

Для більшості товарів зниження ціни сприяє підвищенню попиту. Вихідна ціна орієнтується на попит покупця і підтримується на максимальному рівні.

Третій етап. Оцінка витрат виробництва.

Як відомо, витрати поділяються на постійні й змінні за обсягом виробництва. Орієнтація вихідної ціни на витрати виробництва визначає її мінімальний рівень.

Четвертий етап. Аналіз цін і товарів конкурентів.

Інформацію про ціну конкурента можна отримати шляхом здійснення порівняльного придбання товару, одержання доступу до прейскурантів цін, опитування покупців тощо.

П'ятий етап. Вибір методу ціноутворення.

У конкурентних структурах ринку використовують специфічні методи встановлення ціни, до яких належать ціноутворення на рівні поточних цін, ціноутворення з урахуванням конкурентоспроможності товару, ціноутворення у процесі торгів.

Використовуючи метод устанавлення ціни на рівні поточних цін, підприємство встановлює такі самі ціни, як у конкурентів, нижчі або вищі, ніж у конкурентів. Важливо, щоб ціна відображала відчутні переваги товару підприємства у порівнянні з пропозицією конкурентів.

Ринкова ціна аналогу становить приблизно 2500 грн. Тому, буде доцільно встановити ціну на нову розробку нижчою за ціну аналога.

Але в будь-якому разі, тільки вихід продукції на ринок відкоригує і встановить конкретну ціну на товар.

1.8 Визначення конкурентоспроможності

Конкурентами на ринку є схожий притягувальний пристрій магнітного типу

Оскільки нова розробка порівняно з аналогами має ряд суттєвих переваг, вона буде конкурентоспроможним товаром на ринку.

Визначимо послуги, які можуть покращити просування товару: надійність поставок, можливість отримання технічної консультації, гарантійне та післягарантійне обслуговування, гарантія заміни товару, наприклад, у разі якоїсь несправності, можливість розробки товару по індивідуальному зразку, наявність обладнання для випробувань тощо. Також необхідно постійно слідкувати за тим, наскільки рівень власних послуг і послуг конкурентів відповідає бажанням та сподіванням замовників. З цією метою можна регулярно проводити опитування, відкрити контактну телефонну лінію.

Реалізацію продукції планується здійснювати без посередників, оскільки це додаткові витрати. Важливим аспектом у просуванні товару на ринок звісно є якісна та продумана реклама. Проведення маркетингової стратегії повинно бути скоординовано і направлено на забезпечення максимального задоволення споживача.

1.9 Розрахунки, які підтверджують економічну доцільність нової розробки

Розрахуємо капітальні вкладення та експлуатаційні витрати спрощеними способами. Собівартість розробки розрахуємо методом питомої ваги. Цей метод застосовується тоді, коли є можливість розрахувати одну з прямих витрат і встановити питому вагу даної статті в собівартості аналога.

Собівартість одиниці нової продукції можна спрогнозувати за формулою:

$$S = \frac{B_n \cdot K_n \cdot 100\%}{\Pi\%}, \quad (1.1)$$

де $B_{\text{п}}$ – величина певної статті прямих витрат для нової розробки. За основу оберемо витрати на комплектуючі. Для нової розробки витрати на комплектуючі складають $B_2 = 1233,54$ грн.

Π – питома вага витрат на комплектуючі в собівартості аналога, яка складає: $\Pi = 80\%$;

$K_{\text{н}}$ – коефіцієнт, який враховує конструктивні та технологічні особливості нової розробки, $K_{\text{н}}=1$.

Розрахуємо собівартість:

$$S_2 = \frac{1233,54 \cdot 1 \cdot 100}{80} = 1541,92 \text{ (грн.)},$$

Розрахуємо величину капітальних вкладень:

$$K = B \cdot A \cdot S, \text{ [грн.]} \quad (1.2)$$

де B – коефіцієнт, який враховує витрати на розробку, придбання транспортування, монтаж, налагодження.

A – коефіцієнт, який враховує прогнозований прибуток та податки, які повинен сплачувати виробник, $A=1,56$.

S – собівартість. Для аналога $S_1 = 1602,56$ грн., для нової розробки $S_2 = 1541,92$ грн.

K_1, K_2 – величини капітальних вкладень для аналога та нової розробки, відповідно.

$$K_1 = 2,1 \cdot 1,56 \cdot 1602,56 = 5250 \text{ (грн.)},$$

$$K_2 = 2 \cdot 1,56 \cdot 1541,92 = 4810,8 \text{ (грн.)}.$$

Величину експлуатаційних витрат для аналога та нової розробки можна розрахувати за формулою:

$$E = k \cdot A \cdot S \cdot \beta, \text{ [грн.]} \quad (1.3)$$

де k – коефіцієнт, який враховує витрати на амортизацію, електроенергію, обслуговування, ремонт, $k = 0,8$.

A - коефіцієнт, який враховує прогнозований прибуток, податки, які повинен виплачувати виробник тощо; $A \approx 1,56$;

β - доля часу, який витрачає працівник на обслуговування нової технічної розробки в загальному часі своєї роботи.

$$E_1 = 0,8 \cdot 1,56 \cdot 1602,56 \cdot 0,19 = 380 \text{ (грн./рік)},$$

$$E_2 = 0,7 \cdot 1,56 \cdot 1541,92 \cdot 0,19 = 319,9 \text{ (грн./рік)}.$$

Виходячи із вище наведених розрахунків економічної доцільності зробимо порівняльний аналіз. Дані зведені до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняльний аналіз нового приладу і аналога

Показники	Аналог	Нова розробка
Капітальні вкладення, грн	5250	4810,8
Експлуатаційні витрати, грн./ рік	380	319,9

Як видно з розрахунків $K_1 > K_2$, $E_1 > E_2$, тобто спостерігається абсолютний ефект на капітальних вкладеннях і на експлуатаційних витратах:

$$K_{\text{еф}} = 5250 - 4810,8 = 439,2 \text{ (грн.)}$$

$$E_{\text{еф}} = 380 - 319,9 = 60,1 \text{ (грн./рік)}.$$

На підставі викладеного можна стверджувати, що нова розробка не тільки забезпечує кращу якість (точність) і високу надійність з технічної точки зору,

а є економічнішою в порівнянні з аналогом і тому її розробка та впровадження є актуальною та доцільною.

1.10. Техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального варіанта рішення основної задачі роботи – підвищення ефективності роботи промислового робота.

Задачею даного дипломного проекту є розробка захватного пристрою промислового робота для штампувальних операцій.

Необхідно, щоб розробка мала мінімальні розміри і була простою в користуванні.

Необхідно, щоб розробка мала мінімальні розміри і була простою в користуванні.

Нашу задачу можливо вирішити декількома способами.

Перший варіант рішення основної задачі – заснований на використанні захватного пристрою магнітного пристрою.

Другий варіант рішення – заснований на використанні захватного пристрою вакуумного типу.

Для забезпечення оптимального співвідношення капітальних та експлуатаційних витрат, розрахуємо величину капітальних вкладень та експлуатаційних витрат для першого та другого варіанту рішення поставленої задачі.

Для цього розрахуємо собівартість спрощеним способом.

Собівартість одиниці нової продукції можна розрахувати за формулою:

$$S = \frac{B_n \cdot K_n \cdot 100\%}{\Pi\%}, \text{ [грн.]} \quad (1.4)$$

де B_n – величина певної статті прямих витрат для нової розробки. За основу оберемо витрати на комплектуючі. $B_{n1}=1233,54$ грн., $B_{n2}=1250,00$ грн.

Π – питома вага витрат на комплектуючі в собівартості розробки;

K_H – коефіцієнт, який враховує конструктивні та технологічні особливості нової розробки, $K_H=1$.

Розрахуємо собівартість для першого та другого варіанта рішення поставленої задачі:

$$S_1 = \frac{1233,54 \cdot 1 \cdot 100}{80} = 1541,92 \text{ (грн.)}$$

$$S_2 = \frac{1250 \cdot 1 \cdot 100}{80} = 1562,5 \text{ (грн.)}$$

Розрахуємо величину капітальних вкладень:

$$K = B \cdot A \cdot S, \text{ [грн.]} \quad (1.5)$$

де B – коефіцієнт, який враховує витрати на розробку, придбання транспортування, монтаж, налагодження.

A – коефіцієнт, який враховує прогнозований прибуток та податки, які повинен сплачувати виробник, $A = 1,56$

S – собівартість. Для першого варіанту $S_1 = 1541,92$ грн., для другого варіанту $S_2 = 1562,5$ грн.

Розрахуємо величину капітальних вкладень для кожного з варіантів.

$$K_1 = 2 \cdot 1,56 \cdot 1541,92 = 4810,8 \text{ (грн.)}$$

$$K_2 = 2,1 \cdot 1,56 \cdot 1562,5 = 5118,75 \text{ (грн.)}$$

Величину експлуатаційних витрат розраховуємо за формулою:

$$E = k \cdot A \cdot S \cdot \beta, \text{ [грн.]} \quad (1.6)$$

де k – коефіцієнт, який враховує витрати на амортизацію, електроенергію, обслуговування, ремонт.

A – коефіцієнт, який враховує прогнозований прибуток, податки, які повинен виплачувати виробник тощо; $A \approx 1,56$;

β – доля часу, який витрачає працівник на обслуговування нової технічної розробки в загальному часі своєї роботи.

$$E_1 = 0,7 \cdot 1,56 \cdot 1541,92 \cdot 0,19 = 319,9 \text{ (грн./рік)},$$

$$E_2 = 0,8 \cdot 1,56 \cdot 1562,5 \cdot 0,19 = 370,5 \text{ (грн./рік)}.$$

Таблиця 1.3 – Порівняльний аналіз двох варіантів рішення поставленої задачі

Показники	Варіант 1	Варіант 2
Капітальні вкладення, грн..	4810,8	5118,75
Експлуатаційні витрати, грн./ рік	319,9	370,5

Як видно з розрахунків $K_2 > K_1$, $E_2 > E_1$, тобто спостерігається абсолютний ефект на капітальних вкладеннях і на експлуатаційних витратах при виборі першого варіанту:

$$K_{\text{еф}} = K_2 - K_1 = 5118,75 - 4810,8 = 307,95 \text{ (грн.)}$$

$$E_{\text{еф}} = E_2 - E_1 = 370,5 - 319,9 = 50,6 \text{ (грн./рік)}$$

З технічної точки зору кращим буде перший варіант, тому що, капітальні та експлуатаційні витрати на нього менші. При проведенні порівняльних економічних розрахунків для вибору оптимального варіанту, кращим з економічної точки зору також є перший варіант.

2 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

2.1 Уніфіковані РТК холодного листового штампування

Сучасні промислові роботи (ПР) в холодно-штампувальному виробництві можуть працювати тільки в добре організованому середовищі. Поряд з технологічними заходами роль організатора середовища значною мірою виконують допоміжні пристрої, що забезпечують подачу заготовок в робочу зону робота в орієнтованому вигляді і подальшу їх передачу без втрати орієнтації, змащування заготовок перед штампуванням, видалення відходів, контроль пеебігу виробничого процесу та інші операції.

Узгоджену роботу всіх механізмів, що входять до складу комплексу, забезпечує його система керування. Таким чином, при створенні РТК доводиться розробляти і виготовляти різноманітне допоміжне технологічне обладнання, яке доповнює систему прес-робот до комплексу.

Цю проблему значною мірою можна вирішити шляхом створення уніфікованих РТК та їх елементів, які дозволяють комплектувати РТК в різних поєднаннях з урахуванням вимог технологічного процесу. Розробка такого обладнання дозволяє організувати його серійне виготовлення і централізовану поставку підприємствам-споживачам.

При створенні уніфікованого РТК необхідний облік усього різноманіття форм, розмірів і маси заготовок, оброблюваних на пресах.

Для скорочення обсягу технологічних і конструкторських робіт під час створення роботизованого обладнання, скорочення термінів його впровадження та збільшення надійності цілеспрямовано розробляти уніфіковані комплекси, оснащені всім необхідним допоміжним обладнанням.

Враховуючи зазначені умови, створено гамму уніфікованих РТК, які дають можливість автоматизувати процес штамповки деталей широкої номенклатури.

Кожен РТК є сукупність універсальних автоматичних пристроїв, з'єднаних між собою електричними зв'язками, які утворюють єдиний механізований комплекс, що дозволяє обробляти двохопераційні деталі, а також шляхом нарощування відповідних складових пристроїв – багатоопераційні деталі. Його можна трансформувати і на дві самостійні позиції (без додаткових пристроїв) для обробки одноопераційних деталей.

Для полегшення впровадження РТК низкою машинобудівних галузей організований серійний випуск комплектних уніфікованих РТК листового штампування. Основна номенклатура таких РТК наведена в роботі [3]. Технічні дані ПР, комплектуючі та комплекси, наведені в каталозі [4,5].

До складу комплексу РТК 2Q6M, призначеного для одно-і двохопераційного холодного штампування деталей з штучних заготовок, входять (рис. 2.1) роботи 3, моделі «Гном-32», подачі заготовок і знімання

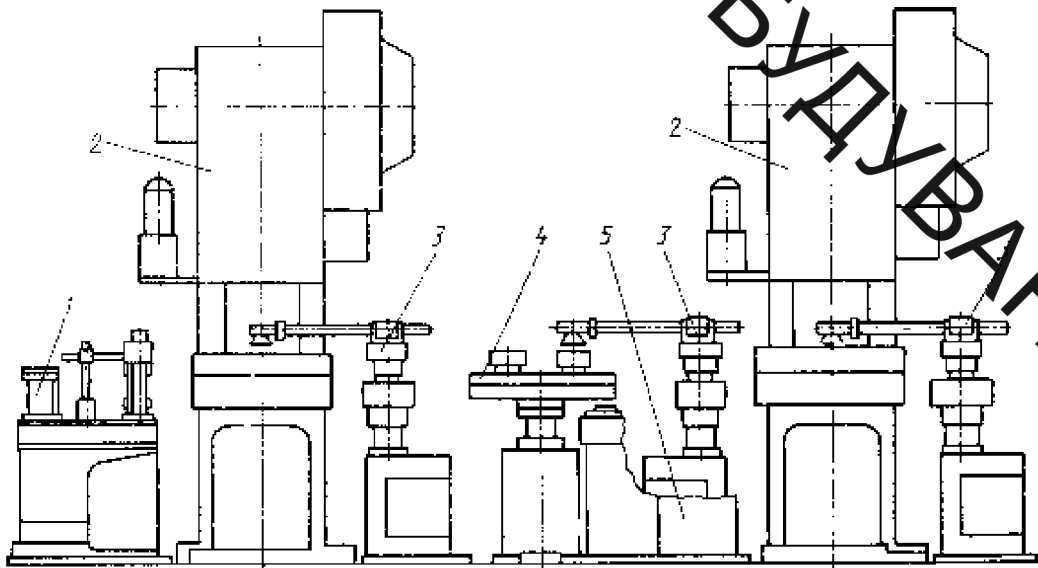


Рисунок 2.1. РТК для одно- і двохопераційного штампування на основі робота «Гном-32»

відштампованих деталей, маніпулятор 4 транспортний МТ-32, пристрій 1 завантажувальний ЗУ-200, пульт 5 керування комплексом, преси 2 кривошипні, зусиллям від 250 до 1000 кН. При компонуванні

одноопераційних РТК зі складу комплексу вилучається транспортний маніпулятор.

Всі пристрої комплексу в будь-якому компонованні забезпечують вільний доступ до вузлів і елементів настройки і наладки.

Модульний принцип побудови пристроїв, що використовуються в цьому РТК, забезпечує їх вільне розташування за будь-яким з рекомендованих варіантів.

Роботи, що обслуговують пресове обладнання, зазвичай мають кілька рук, що дозволяє підвищити продуктивність штампувальних РТК. Наприклад, робот 4, обслуговуючи у складі РТК два консольних (одностоякових) преса 1, має три руки, захвати яких одночасно взаємодіють з заготовками в матрицях пресів і в магазині заготовок 2 (або в магазині деталей 3) (рис. 2.2 а).

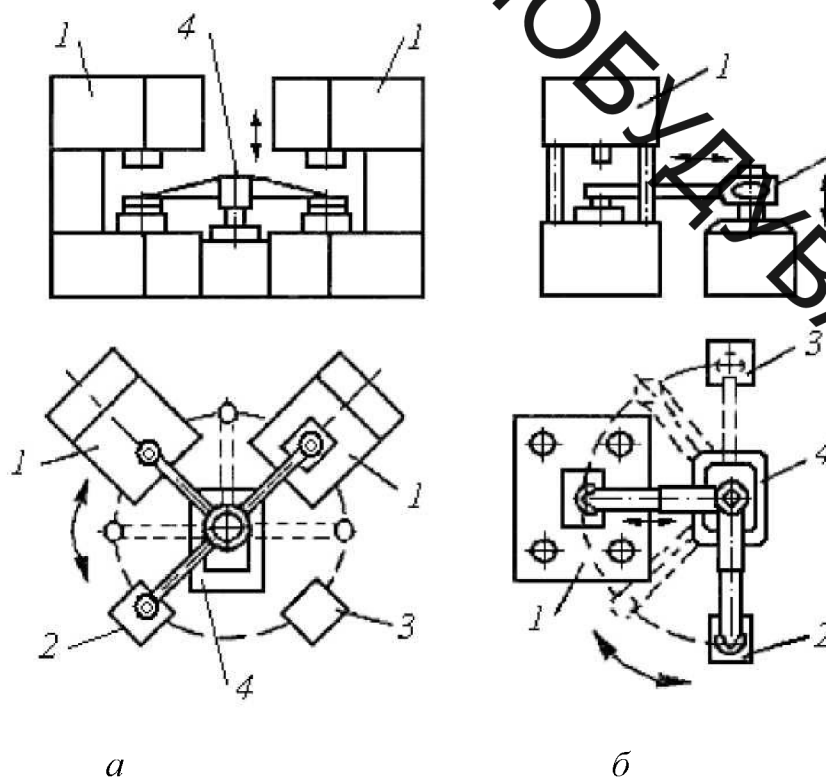


Рисунок 2.2 Схеми РТК для холодного листового штампування:

а - з двома консольними пресами і трируким ПР;

б - з одним двостояковим пресом і дворуким ПР

Оскільки консольний прес дозволяє вносити заготовку в робочу зону поворотом руки, остання має постійний виліт, що спрощує конструкцію робота. Проміжне положення рук ПР під кутом 45° (рис. 2.2 *а*, штриховий контур) відповідає за циклограмою робочому ходу пуансона преса.

Робот, обслуговуючий один двостійковий прес, має дві руки з радіальним ходом захоплень, оскільки конструкція преса не дозволяє вносити заготовку в робочу зону простим поворотом руки (рис. 2.2 *б*).

При обслуговуванні трьох пресів використовується чотирирукий робот з одною відкидною рукою (з метою входу в зону РТК налаדчика) і однією втяжною рукою (з метою обробки заготовок в двохпозиційних штампах). Радіальний хід захоплення на рці дозволяє перекладати заготовку з зовнішнього технологічного кола на внутрішнє.

Зовнішній вигляд двох РТК холодного штампування з обслуговуючим роботом показаний на рис. 2.3. РТК з одним пресом призначений для вирубки отворів у круглому сталевому листі (рис. 2.3, *а*). Обслуговуючий робот 2 забезпечений двома вакуумними захватами (на рис. 2.3, *а* вони не показані). Одним захватом ПР бере заготовку з магазину 4, а іншим – готову деталь з матриці преса 3 і укладає їх відповідно в матрицю 1 і магазин 1. Представлений в цьому РТК робот є альтернативою дворукому ПР.

РТК з двома пресами виконує штампування деталей з листів сталі (рис. 2.3, *б*). Довгі сталеві листи, покладені в штабель 5, подаються по одному, завантажувальним пристроєм 6 під лівий захват робота 2, який встановлює лист на перший штамп 3. Після робочого ходу преса ПР переносить напівфабрикат на другий прес і одночасно правим захватом укладає готову деталь на відповідний конвеєр 7. Далі цикл повторюється.

Наведені приклади показують технічну та економічну доцільність використання промислових роботів в заготівельному виробництві, структура якого визначається організаційною формою технологічного процесу холодного листового штампування. Аналіз показує, що залежно від форми заготовки застосовується відповідний захватний пристрій. Для встановлення

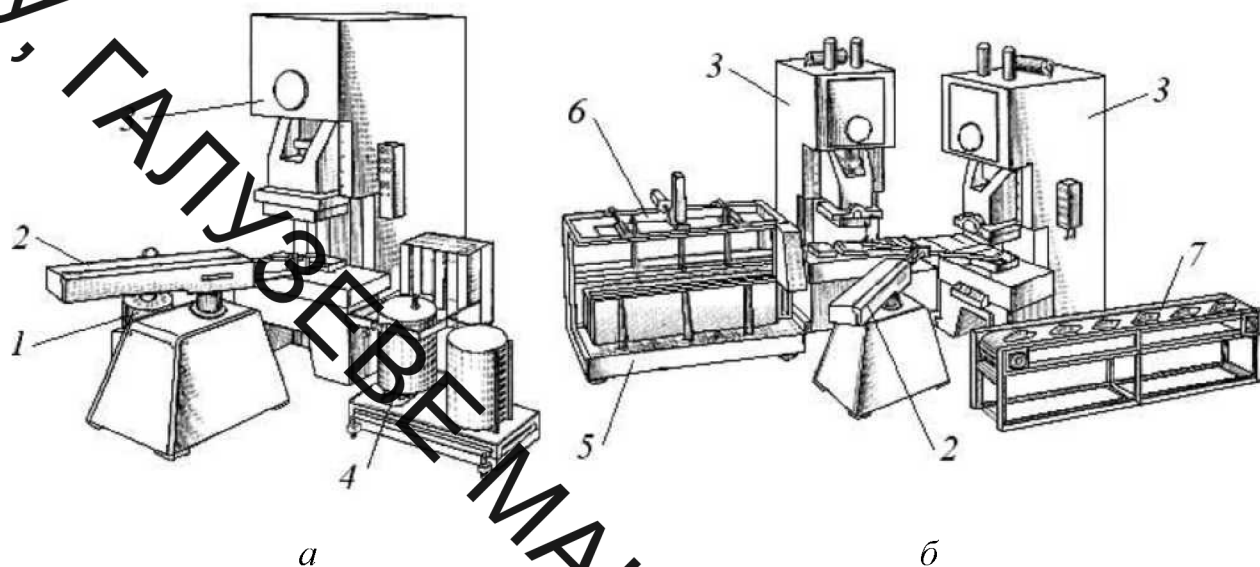


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд ВГК холодного штампування:

a – з одним пресом; *б* – з двома пресами. 1 – магазин; 2 – ПР; 3 – прес;
4 – магазин; 5 – штабель; 6 – завантажувальний пристрій; 7 – відповідний конвеєр

типу захватного пристрою та його конструктивних особливостей необхідно розглянути їх відомі технічні рішення.

2.2 Притягувальні захватні пристрої

Притягувальні захватні пристрої (ЗП) на відміну від затискних, як правило, не містять механічних передач та рухливих елементів. Найбільш поширеними в цій групі є магнітні і вакуумні ЗП.

Порівняльні характеристики вакуумних і електромагнітних ЗП наведено в табл. 2.1 [6].

2.3 Магнітні захватні пристрої

Магнітні захватні пристрої захоплюють і утримують об'єкти під дією магнітної сили, створюваної або постійними (рис. 2.4, *a*), або електричними

магнітами (рис. 2.4, б). Як випливає із самої назви, вони придатні виключно для захоплення предметів, зроблених з магнітних матеріалів. У деяких випадках, особливо при встановленні двигунів на металорізальних верстатах, доводиться враховувати залишкове намагнічування.

Таблиця 2.1 – Порівняльні характеристики електромагнітних та вакуумних ЗП

Електромагнітні ЗП	Вакуумні ЗП
Придатні тільки для намагнічувальних матеріалів	Придатні тільки для плоских і рівних поверхонь для всіх матеріалів
Можлива велика сила притягування на одиницю поверхні	Забезпечують обмежену силу тяжіння для даної площі
Висока точність базування завдяки жорсткості сердечника	Знижена точність базування через еластичності присосок
Супроводжує залишковий магнетизм, що викликає небезпеку забруднення та пошкодження поверхонь деталі і захватного пристрою	Необхідна відсутність частинок між присосками і поверхнею деталі
Швидкість захоплення деталі	Потрібен деякий час для створення необхідного вакууму
Простота конструкції: котушки і сердечники можуть бути легко виготовлені споживачем	Конструкція складніша: необхідна герметичність з'єднань, потрібні присоски і трубопроводи
Котушки нагріваються, але конструкція довговічна	Термін роботи конструкції обмежений

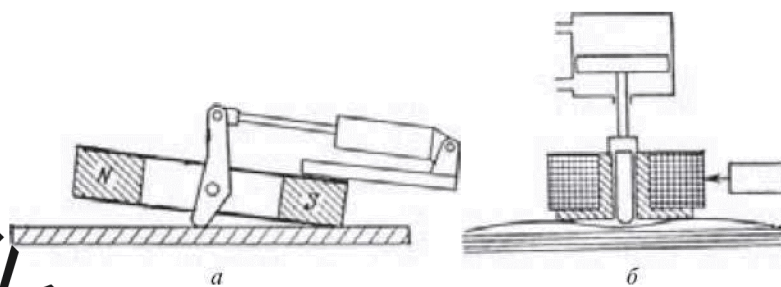


Рисунок 2.4 – Схеми магнітних ЗП:

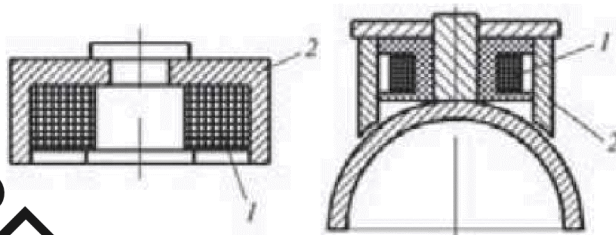
a – ЗП з постійним магнітом і пристроєм для механічного роз'єднання деталей; *б* – ЗП з електромагнітом і силовим циліндром для забезпечення захоплення одного з'єднання з пакету тонких заїзних листів

ЗП з постійними магнітами надійні і не витрачають енергії, однак вимагають введення спеціального механізму для роз'єднання деталей (див. рис. 2.4, *a*). Їх недолік полягає в тому, що і в «неробочому» стані вони притягують також металеві тирсу і стружку. Тому частіше використовуються електромагніти, простіші в експлуатації (при підведенні і відведенні електромагніта - див. рис. 2.4, *б*); крім того, виявляється можливим розмагнічування перенесених металевих предметів. Підйомна сила в електромагнітах виникає при подачі живлення на котушку електромагніта, при відключенні живлення предмет вивільняється.

Електромагнітні ЗП застосовують для захоплення об'єктів маніпулювання (ОМ) різноманітної форми (рис. 2.5). Для оснащення ПР їх часто компонують з невеликих електромагнітів, що встановлюються на общій рамі. Такі пристрої зазвичай застосовують для перенесення фасонних, круглих, ребристих і ґратчастих поверхонь, захопити які вакуумними ЗП важко або неможливо.

Важливою перевагою електромагнітних захватних пристроїв є можливість дистанційного, через зазор, захоплення ОМ: без щільного контакту ЗП і захоплюваного предмета. Електромагнітне захватне пристрій може брати предмети виробництва з навалу. Іноді можна допустити, щоб при

цьому захоплювалась ціле гроно ПП (наприклад, при завантаженні



б

Рисунок 2.5 – Електромагнітні ЗП:

a – для плоских деталей, *б* – для циліндричних деталей:

1 – обмотка, 2 – корпус

вібробункера), але іноді необхідно вибрати один предмет; причому у випадку, коли він має форму тонкого диска, можливо злипання двох платівок, що вимагає використання додаткових роздільників (як, наприклад, на рис. 2.5, *б*). На рис. 2.6 показана одна з найбільш поширених конструкцій електромагнітного ЗП, що складається з корпусу 3 електромагнітної присоски, всередині якого вміщено котушки магніту 2, захищені від пошкодження листом 1 з марганцовістосталі або латуні. Пристрій для кріплення утримуючих елементів містить корпус 4 ЗП з отворами, в які поміщені різьбові втулки 8 з поперечно висвердленими отворами, куди вставляють тримачі 6, несучі, електромагнітні присоски 7. До площини корпусу 4 тримачі 6 притискаються гвинтами 5, що проходять через втулки 8. Пересуваючи утримувачі в отворах втулок 8 і повертаючи їх на потрібні кути відносно корпусу 4, можна в широких межах змінювати відносне розташування захватних елементів.

Різновидом електромагнітних ЗП є захватні пристрої з елементами, які пристосовуються до форми деталі. У ЗП, заповненому залізним порошком, фіксація деталі здійснюється за допомогою магнітних сил, що діють на цей порошок (рис. 2.7).

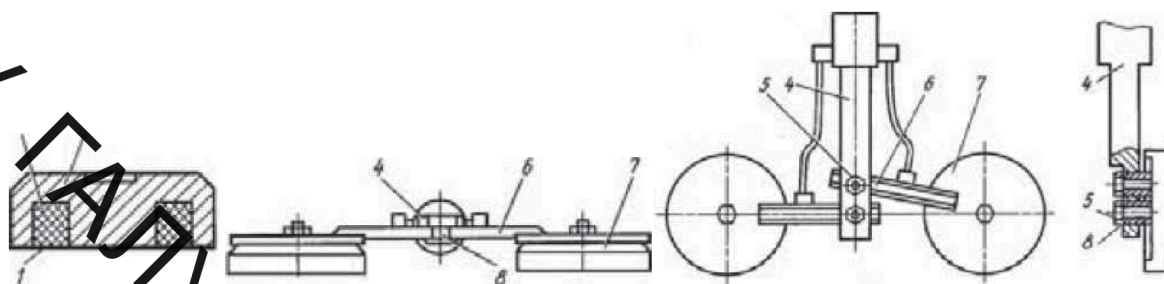


Рисунок 2.6 – Вигляд конструкції та елементів електромагнітних захватних пристроїв: 1 – лист; 2 – котушки магніту; 3 – корпус електромагнітного присмоктувача; 4 – корпус ЗП; 5 – гвинт; 6 – тримач; 7 – електромагнітний присмоктувач; 8 – втулка

Магнітні захватні пристрої мають такі недоліки:

- матеріал ПП повинен бути феромагнітним;
- можливість налипання стружки і металевих пилю;
- після звільнення від ЗП на ПП мається залишковий магнетизм;
- несуча здатність ЗП сильно залежить від якості поверхонь ПП і його форми;

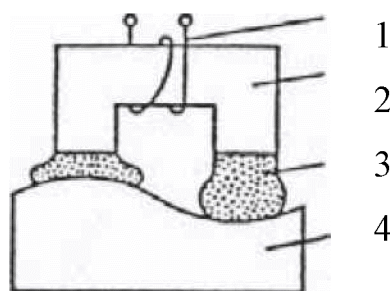


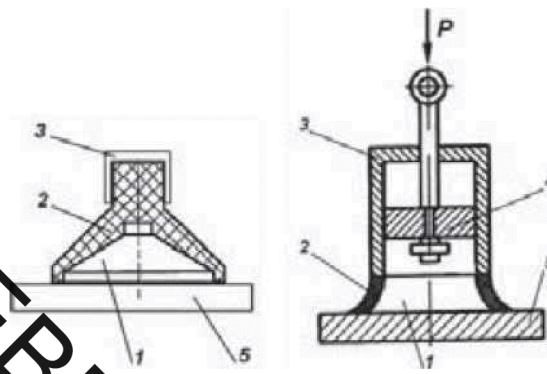
Рисунок 2.7 – Електромагнітне ЗП, адаптується до форми захоплюваного об'єкта

2.4 Вакуумні захватні пристрої

Вакуумні захватні пристрої позбавлені перелічених вище недоліків, мають невеликі розміри і не забруднюють навколишнє середовище. У них підйомну силу створює необхідний рівень розрідження на поверхні контакту ЗП з об'єктом маніпулювання. Робочим елементом такого пристрою є вакуумна камера (присоска), що створює при накладенні на предмет виробництва (ПП) замкнуту порожнину, з якої відкачується або витісняється повітря, що забезпечує підйомну силу, пропорційну площі захоплення. Присоски виготовляють з гуми або пластику. Вибір матеріалу для виготовлення присосок залежить від умов, за яких вони будуть працювати, в першу чергу – від температури і в'язності в робочому середовищі масла або хімічних реагентів.

Вакуумні захватні пристрої знаходять широке застосування в техніці, так як можуть захоплювати ПП з немагнітних матеріалів, володіють меншою масою і габаритами в порівнянні з механічними і електромагнітними захватними пристроями однакової вантажопідйомності, великим діапазоном мас захоплюваних виробів. Залежно від конструкції вакуумної камери і методів створення вакууму захватні пристрої бувають пасивні та активні.

Пасивними вакуумними ЗП (ГОСТ 26063-84) називають пристрої, в яких розрідження повітря в зоні контакту з ПП створюється за рахунок витіснення повітря при деформуванні пружного робочого елемента. В якості пружного робочого елемента використовується еластичний корпус самого загарбного пристрою, мембрана або сильфон. Найпростіші вакуумні ЗП забезпечують утворення вакууму за рахунок разового витіснення повітря з порожнини присоски притисненням її до поверхні деталі. У цьому випадку при притисненні пасивної присоски до гладкої поверхні предмета виробництва 5 пружна спідниця 2 присоски деформується і повітря витісняється з робочої порожнини 1 присоски, створюючи розрідження (рис. 2.8, а). Хвостовик такої присоски запресовується в металевий стакан 3, до якого кріплять тримачі ЗП. В іншій конструкції розрідження в порожнині 1 пасивних вакуумних присосок може також створюватися за рахунок ходу



б

Рисунок 2.8 – Пасивні вакуумні присоски з корпусом з еластичного матеріалу (*а*), деформується при притисненні присоски до поверхні предмета виробництва (ПП), із поршневою камерою (*б*):

1 – внутрішня порожнина присоски (поршневий камери), 2 – еластична присоска (спідниця); 3 – склянка; 4 – поршень, 5 – ПП; P – зусилля поршня

поршня 4, витісняє при ході вниз повітря з-під пружної спідниці 2 присоски (рис.2.8, *б*).

Залежно від характеру роботи ці присмоктувачі можуть бути суцільними еластичними (утримання деталі забезпечується вакуумом, створеним за рахунок однієї тільки пружної деформації присоски) або забезпечуватися різними замикаючими пристроями: кульковими, пружинними, електромагнітними або ін.

2.5 Замикаючі пристрої

При використанні замикаючих пристроїв досягається надійне витіснення повітря, в той час як у звичайній суцільному присмоктувачі повітря витісняється через поверхню контакту з деталлю (заготівлею), що пов'язане із збільшенням зусилля притиснення присмоктувача із неповним

вигісненням повітря.

Крім того, присмоктувачі з замикаючими пристроями (клапанами) дозволяють застосовувати значно менший (порівняно з найпростішими безклапанними) об'єм присмоктувача, що важливо для збільшення тривалості утримання виробів (особливо з шорсткими поверхнями). Звільнення виробів від присмоктувача проводиться випуском повітря в дзвін (під спідницю присоски) через клапан або відривом виробу, якщо об'єкт маніпулювання має невеликі розміри і масу.

У ЗП з кульковим замикаючим пристроєм один клапан може бути встановлений на загальному трубопроводі для групи присосок. За рахунок початкового розрідження, створеного в трубопроводі, підведеному до насоса, кулька піднімається і продовжує перебувати в підвішеному стані під дією порівняно слабкого потоку відкачуваного повітря. Якщо присоска не стикається з поверхнею ПП, то при відкачці виникають сильні потоки повітря, підтискають кульку до верхнього сідла; в цьому положенні кулька утримується атмосферним тиском. Після контакту присоски з поверхнею ПП в дзвоні створюється вакуум і кулька опускається в нижнє сідло патрубка, забезпечуючи замикання порожнини присоски (рис. 2.9). Кулькові замикаючі клапани можуть встановлюватися на патрубках, що ведуть до кожної присосці, або на загальному патрубку, з'єднаному з кількома присосками (рис. 2.9, а, б). В останньому випадку, якщо одна з присосок не справилася з захопленням, кулька під дією втягується повітря піднімається і присмоктується до верхнього сідла. Якщо не використовувати замикаючі клапани, то при неспрацьовуванні однієї або декількох присосок інші присоски також не спрацюють. Недоліками ЗП з кульковими замикаючими клапанами є те, що необхідне розрідження досягається поступово, і тому кульки піднімаються не одночасно. Для усунення цього недоліку може бути використано пружинне замикає пристрій, яке зазвичай вбудовується в корпус підвіски присоски (рис. 2.9, в).

Пасивні вакуумні захватні пристрої набули поширення завдяки простоті конструктивного виконання, відсутності вакуумних насосів і розподільної апаратури. Проте утримання ними вантажу обмежена часом збереження робочого вакууму, через що вони застосовуються, в основному, для транспортування повітронепроникних предметів, що мають гладку поверхню і невелику масу.



Рисунок 2.9 – Замикаючі клапани пневматичних захватних пристроїв:

а – кульковий клапан для роботи з однією пневмоприсоскою або їх групою; *б* – група кулькових клапанів для роботи з декількома пневмоприсосками; *в* – пружинний клапан

Активними вакуумними ЗП (ГОСТ 26063-84) називають пристрої, в яких розрідження повітря в зоні контакту з ПП створюється примусово, наприклад вакуумним або поршневым насосом, а також ежектором – простою

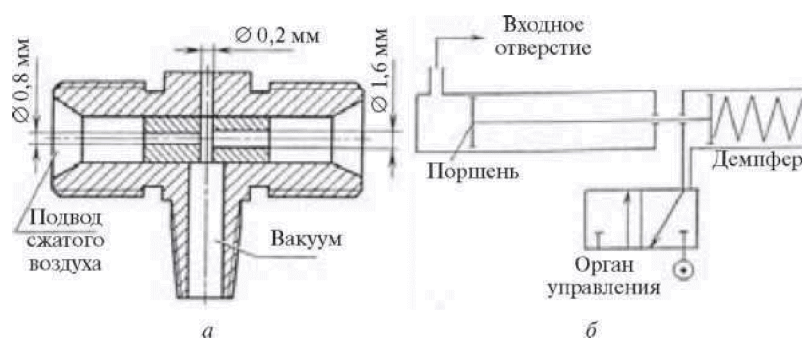


Рисунок 2.10 – Засоби створення розрідження у вакуумних присосках:

a – ежектор; *б* – поршневий насос

і надійною системою, але витрачається велика кількість стисненого повітря, що надходить із заводської мережі.

Спосіб створення вакууму за рахунок ежекції (рис. 2.10, *a*) при закінченні струменя повітря з сопла в насадку поширений ширше, ніж спосіб, реалізований застосуванням замикаючих пристроїв (клапанів), описаний вище. Основа ежектора – трійник, в який вклеєні або упаяно пробки з отворами малого діаметру. Дуже важливо, щоб осі сопла і насадки були розташовані в одній площині (співвісні, перпендикулярні і т.п.), а поверхні їх внутрішніх конусних отворів мали б дуже маленьку шорсткість. Оптимальний режим роботи досягається підбором відповідних сопел і насадок і регулюванням відстані між ними. Ежектор доцільно використовувати в конструкціях невеликої вантажопідйомності. Стійкість розрідження залежить від стабільності робочого тиску стисненого повітря в системі. До недоліку даного способу отримання вакууму слід віднести значний витрата стисненого повітря і шум при проходженні повітря через насадку. Крім того, шланг для з'єднання з магістраллю знижує маневреність ЗП.

Спосіб створення вакууму за допомогою автономного форвакуумного насоса найбільш дорогою. Багато вакуумні насоси дають розрідження більше 90%. Більше розрідження призводить до збільшення швидкодії в порівнянні з ежекторами, що особливо важливо для вакуумних ЗП при роботі з ковальсько-пресовим обладнанням. В особливо важливих випадках, наприклад при транспортуванні листового скла, додатково до основного вакуум-насоса встановлюють аварійний, який автоматично підключається, якщо тиск в ресівері зростає.

Активні вакуумні ЗП прості дії. На рисунку 2.11 показані різні конструкції вакуумних присосок: з гофрованої гуми (рис. 2.11, *a*), що дозволяє захоплювати об'єкти з похилою верхньою поверхнею; з

підпружиненим корпусом (рис. 2.11, б), що дозволяє при груповому використанні захоплювати деталі з плоскою ступінчастою поверхнею; з кульовою опорою, яка дозволяє закріплювати присосок до патрубку в будь-якому положенні (рис. 2.11, в).

Застосовують як стандартні присоски (див. рис. 2.11), так і видозмінені відповідно до розмірів предмета. При цьому внутрішній поверхні присоски надається зовнішня форма предмета [7], що забезпечує краще взаємне розташування поверхонь для захоплення (рис. 2.12).

Адаптивний багатопозиційний вакуумний захватний пристрій (розробка Hewlett - Packard Laboratories and Rensselaer Polytechnic Institute, США [8]), оснащений вакуумними присосками з пружними штоками, до яких присоски кріпляться через кульові опори. Такі ЗП мають здатність пристосовуватися до зовнішнього або внутрішнього контуру захопленого об'єкта. Присоски скомплектовано у пакети (головки), що забезпечують обслуговування певного робочого об'єму для захоплення ПП за зовнішньою або по внутрішній порожнині із ступінчастим розташуванням площин. Вони також дозволяють захоплювати об'єкти з розташуванням зовнішніх площин під кутом один до одного. При необхідності пакет може повертатися на деякий кут (за рахунок сферичної опори в руці робота і наявності зворотного зв'язку між ЗП і ПР, що подає сигнал до повороту кисті маніпулятора) для захоплення кутових матеріалів.

За видом контакту з предметом виробництва вакуумні ЗП можуть бути з ущільнюючим елементом, що забезпечує герметичність робочої зони, або без нього. Пасивні захватні пристрої завжди забезпечені елементами ущільнювачів. Активні вакуумні захватні пристрої можуть мати або не мати елементів ущільнювачів. Для роботи вакуумного захватного пристрою без елемента ущільнювача необхідно постійне видалення повітря з зазору між пристроєм і предметом виробництва. За наявності елемента ущільнювача необхідність у видаленні повітря відпадає, і при досягненні необхідного розрідження порожнину захватного пристрою може бути відключена від

джерела розрідження. Найчастіше ущільнювальний елемент виготовляється з

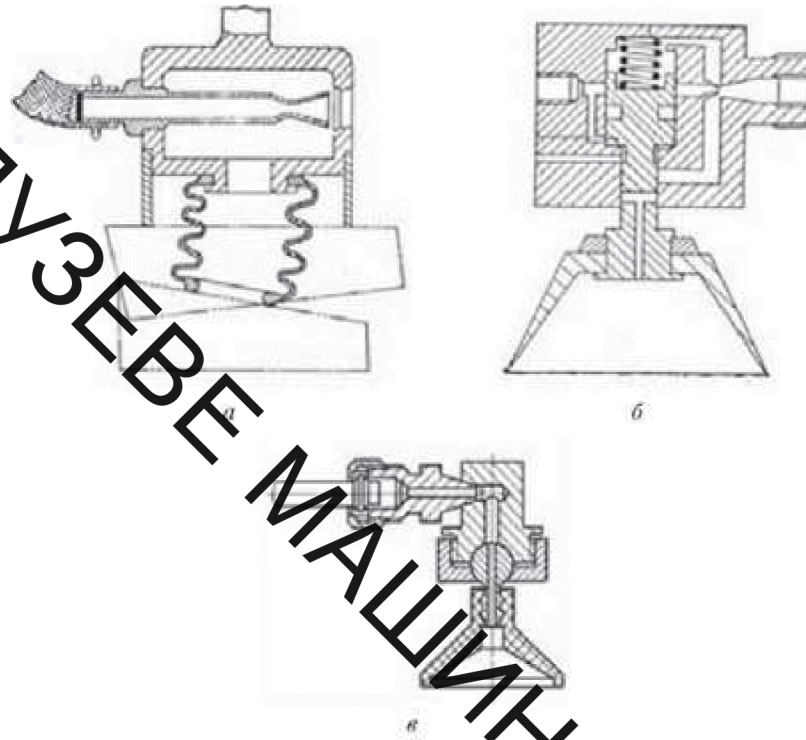


Рисунок 2.11 – Вакуумні присосок: *a* – з гофрованої гуми; *б* – з підпружиненим корпусом; *в* – з кульковою опорою

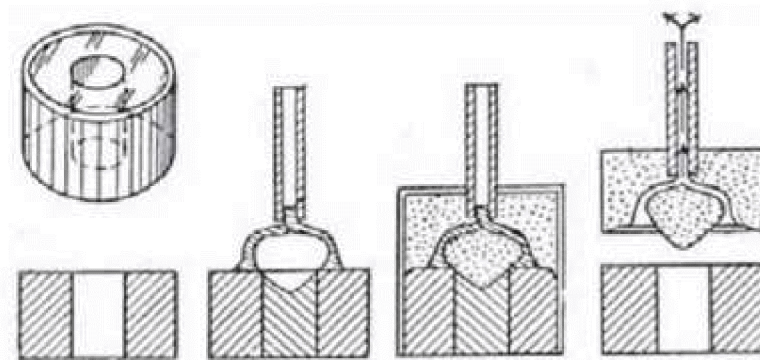


Рисунок 2.12 – Застосування вакуумних присосок для відливання деталей різної форми і їх підйому

гуми, стан якої значною мірою піддається впливу вологості, масла, температури, зносу. При роботі з предметами, що мають низьку чистоту поверхні $R_z > 40$, потрібні додаткові накладки з пористої гуми товщиною

15...30 мм, термін служби яких складає в середньому не більше трьох місяців. На виробках з шорсткістю поверхні $1 R_z > 320$ не вдається досягти повної герметизації вакуумної камери. Ущільнені елементи з пористої гуми схильні до деформації і стискаються на $2/3$ початкової величини, що знижує точність позиціонування ПП. Пружність елементів ущільнювачів призводить до того, що при захопленні і наступному маніпулюванні предметом виникають його коливання. Обов'язковою умовою роботи розглянутих вакуумних захватних пристроїв є відсутність засміченості поверхні захоплювання ПП, сторонніх речовин і забруднення (сміття, залишки води, каміння). Потрібно центрування захоплюваного предмета щодо ЗП. При зсуві ПП вакуумна камера пристрою не повністю перекривається поверхнею захоплюваного предмета, що не дозволяє отримати в порожнині вакуумної камери рівень необхідного розрідження.

Струменеві захватні пристрої також відносяться до активних вакуумним ЗП. Автоматичне завантаження предметів малої маси доцільно виконувати струменевими ЗП, які забезпечують високу продуктивність, економічність, невеликі витрати стисненого повітря, а їх виготовлення не вимагає великих витрат. Принцип дії струменевих ЗП заснований на використанні аеродинамічного взаємодії струменя повітря, який поступає з отвору (діаметром 0,5...2,0 мм), з плоскою, циліндричною або кульовою поверхнею. Підйомна сила має дві складові. Одна виникає внаслідок ежекції, коли в центральній частині захватного пристрою утворюється розрідження, друга – через безпосередній контакт між струменем стисненого повітря і поверхнею предмета виробництва. В результаті силовий вплив повітряного потоку на тверде тіло обумовлено сумою реактивної сили, присмоктувальної дії струменя і сил в'язкісного тертя.

На рис. 2.13 показані струменеві ЗП, які містять сопло з плоским торцем, що сполучається з мережею стисненого повітря. Предмет виробництва 1, що має розвинену обтічну поверхню, підведений до торця 2 сопла 3 на певну відстань z (близько 5 мм), піддається присмоктувальній дії,

яка зростає в міру зменшення цієї відстані до деякого критичного значення зазору $Z_K = (0,5 \pm 0,25)$ мм, через який повітря виходить в атмосферу. При цьому можливе безконтактне захоплення ПП (рис. 2.13, *a*), коли він ніби висить під повітряною подушкою, що не допускає його пошкоджень і забруднення. У разі контактного захоплення ПП в ЗУ встановлюють упорні елементи 4 (рис. 2.13, *б*), що контактують з поверхнею захоплюваного предмета.



Рисунок 2.13 – Вакуумні струменеві ЗП: *a* – з безконтактним захопленням предмета виробництва, *б* – з контактним захопленням предмета виробництва; 1 – предмет виробництва, 2 – торець ЗП; 3 – сопло; 4 – упорні елементи

Недоліком струменевих ЗП є невелика вантажопідймальність (обчислюється грамами), вони чутливі до якості обробки поверхні предмета. При параметрах шорсткості $R_Z > 20$, коли висота мікронерівностей стає сумірною з висотою зазору Z_K , вони неефективні, що викликано зривними течіями потоку повітря.

Відомі також активні вакуумні захватні пристрої, що називають вихровими, в яких підйомна сила створюється за рахунок розрідження в центрі повітряного вихору. Принцип дії вихрових захватних пристроїв заснований на тому, що в приосевій області захватного пристрої всередині ізольованого вихорового повітряного потоку утворюється зона розрідження,

до якої залучаються тіла різної форми під дією сили радіальної тяги.

Вихрові ЗП мають такі переваги: простота конструктивного виконання, висока ремонтоздатність і надійність функціонування, довговічність; висока швидкість; не вимогливі до фізичних властивостей захоплюваних предметів і точної орієнтації їх при захопленні; можуть забезпечувати безконтактне захоплення ПП, що усуває можливість пошкодження предмета; малі габарити і маса; можливість роботи із забрудненими поверхнями ПП; незначний вплив шорсткості поверхні захоплювання.

За способом вихреутворення вихрові захватні пристрої слід розділяти на пристрої з пневматичним, механічним і з пневмомеханічним вихреутворенням.

Пневматичне вихреутворення відбувається в порожнині вакуумної камери (рис. 2.14), званої вихровою камерою 1 (ВК), до якої подається стиснене повітря через одне або більше тангенціальні отвори 2. У камері створюється розрідження, яке притягує предмет виробництва 3.

При механічному вихреутворенні (рис. 2.15) в порожнині вихрової камери 1 встановлюються крильчатки 2 з різними приводами 3. Обертанням крильчатки створюється ізольований вихровий потік, всередині якого в радіальному напрямі створюється область зниженого тиску, що сприяє захопленню предмета виробництва 4.

У захватних пристроях з пневмомеханічним вихребразованням збільшення швидкості вихрового потоку, утвореного тангенціальною подачею повітря в вихревую камеру, забезпечується обертанням сопел вихрової камери, стінок її або встановленого в порожнину камери ротора з ребрами.

Пневмомеханічний вихровий захватний пристрій (ПВЗП) з обертовими соплами вихрової камери (рис. 2.16) дозволяє збільшити тангенціальну швидкість вихрового потоку по всій довжині вихрової камери, що дає можливість отримати високу ступінь розрідження в приосевой зоні захватного пристрою та забезпечити збільшення вантажопідйомності. У

конструкції ПВЗП здійснюється попереднє центрування предмета виробництва (кільця ущільнювача) 16 за допомогою впливу на нього вихрового потоку з наступним його захопленням.

Особливістю цього пристрою є зниження ступеня дроселювання вихрового потоку в комутаційному кільцевому каналі за рахунок додаткового обертання однієї зі стінок вихрової камери. Така властивість дозволяє зберегти максимальну швидкість вихрового повітряного потоку і забезпечити надійне центрування, захоплення і утримання предметів з МПЗ.

Стиснене повітря через канал 1 надходить у кільцеву камеру нагнітання 10, розташовану між зовнішнім і внутрішнім корпусами ЗП (2 і 3). Далі, через тангенціальні канали 12 повітря потрапляє в кільцеву вихревую камеру 12 і, вдаряючись об зовнішні стінки цієї вихрової камери, розкручується в ній, утворюючи обертовий струмінь стисненого повітря. За рахунок тертя цього струменя про зовнішню циліндричну поверхню орієнтує втулки 4 забезпечується її обертання навколо центральної осі. Орієнтується втулка торцями і спирається на кулькові опори кочення 5 і 14. При цьому в кільцевому каналі 15 формується спрямований вихровий потік, захоплюючий предмети виробництва 16. При захопленні кільця ущільнювача тороїдальної форми формується зусилля захоплення, прикладене до предмета 16,

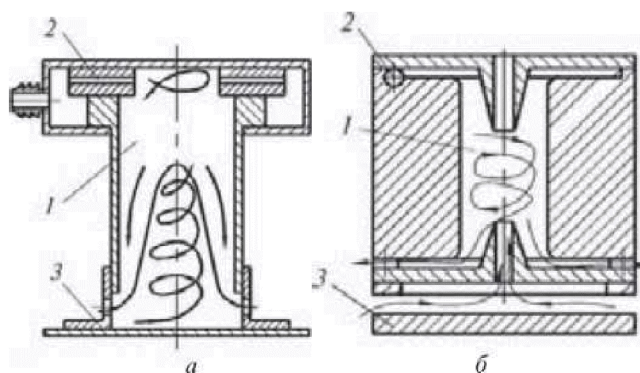


Рисунок 2.14 – Вихрові захватні пристрої з пневматичним вихреутворення: *а*, *б* – конструктивні виконання; 1 – вихрова камера,

2 – тангенціальні канали подачі стисненого повітря; 3 – предмет виробництва спрямоване на суміщення осей захоплюваного ПП і захватного пристрою, тим самим також реалізуючи новий вид осьового захоплювання.

Одночасно з подачею потоку стисненого повітря в кільцеву камеру нагнітання 10 стиснене повітря за допомогою живильного каналу 8 подається в додаткову камеру нагнітання 9, розташовану всередині склянки 7 і далі за допомогою сопел 11 потік стисненого повітря потрапляє з високою швидкістю в кільцевий канал 15 і через отвори б виходить в атмосферу. У силу нерозривності повітряного середовища за рахунок загарбання повітря з нижньої частини кільцевого каналу 15 струменями повітря, стікаючи з сопел 11, у нижній частині цього кільцевого каналу створюється додаткова величина розрідження, що забезпечує збільшення зусилля захоплювання.

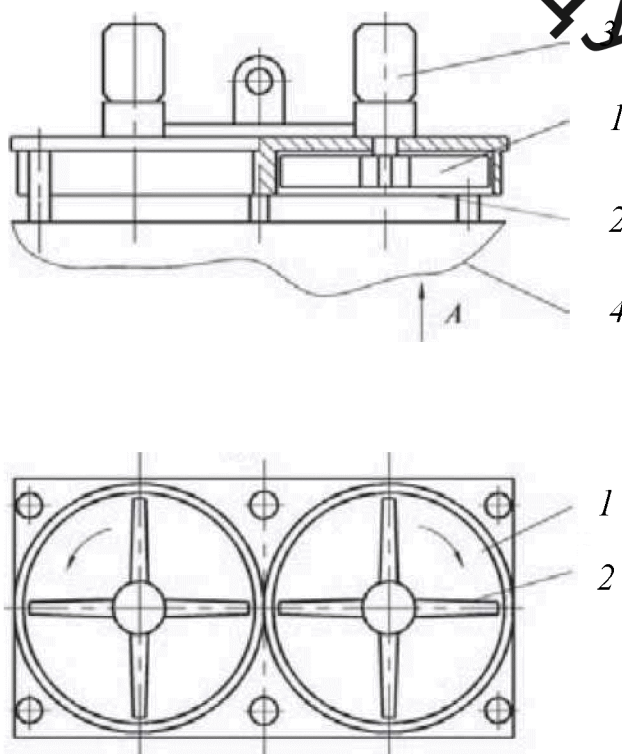
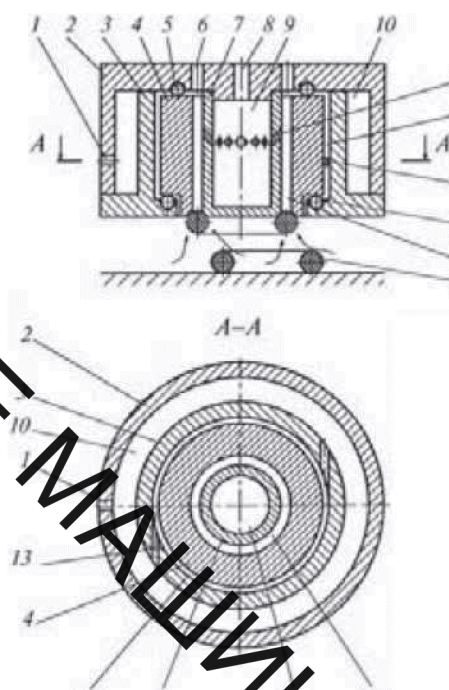


Рисунок 2.15 – Вихрові захватні пристрої з механічним вихреброобразованием:

1 – вихрова камера, 2 – крильчатка, 3 – привід; 4 – предмет виробництва



1 – канал подачі стисненого повітря; 2 – зовнішній корпус, 3 – внутрішній корпус, 4 – орієнтує втулка; 5, 14 – кулькові опори кочення; 6 – вихідні отвори; 7 – склянка; 8 – живильний канал; 9, 10 – камери нагнітання; 11 – сопла; 12 – вихрова камера; 13 – тангенціальні канали; 15 – кільцевий канал; 16 – предмет виробництва (кільце ущільнювача)

Рисунок 2.16 – ПВЗП з кільцевими вихровими камерами

При розбіжності осей вакуумного захватного пристрою та захоплюваного ПП під дією зусилля, спрямованого на суміщення осей захоплюваного предмета 16 і захватного пристрою, а також за рахунок додаткового розрідження повітря в нижній частині кільцевого каналу 15 відбувається захоплення. На розрідження в центральній області ВК впливає величина максимальної тангенціальною складової швидкості K_T потоку, чим вона більше, тим більше розрідження в центрі вихору, але потім бажано, щоб тангенціальна складова K_T була б якомога меншою, тобто після виходу повітря з ВК необхідно звести K_T до нуля. Зменшення відстані між ПП і

захватним пристроєм сприяє зменшенню швидкості зміни розрідження при видаленні від центру, що дозволить збільшити область дії негативних тисків. Цього можна домогтися, якщо замість диска на торцевій поверхні корпусу виконати лопатку особливої форми, що сприяє перетворенню закрученого потоку в прямоточний.

Підвищення вантажопідйомності пневмовихревих ЗП можна домогтися збільшенням всіх трьох складових швидкості потоку стисненого повітря на виході з вихрової камери. В описаній вище конструкції ПВЗП збільшувалася тангенціальна складова швидкості потоку стисненого повітря за рахунок обертання ВК, що дозволяє знизити втрати енергії у в'язкому шарі (втрати на тертя повітряного потоку об стінки ВК). Однак у повітряному потоці крім втрат на тертя об стінки камери існують інші види втрат.

Частка втрат на тертя об стінки ВК становить 6 ... 28%. Таким чином, видно, що втрати на тертя становлять невелику частку всіх втрат енергії в вихровій камері. Основна частина розсіюваної енергії припадає на турбулентну і в'язку дисипацію в ядрі потоку, що призводить до зменшення всіх складових швидкості вихрового потоку і, як наслідок, до падіння розрідження на осі ВК і зниження вантажопідйомності ПВЗП подібного типу.

3 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОЗРАХУНКУ РІЗНИХ ВИДІВ ВАКУУМНИХ ЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Вакуумні захоплювальні пристрої утримують ОМ за рахунок вакуумного притягування, що виникає внаслідок утворення зниженого тиску на певній ділянці виробу. Основою деталі ЗП - вакуумна порожнина або присмоктувач, який при накладанні на ОМ утворює між його поверхнею і своїми стінками замкнутий простір - камеру. При створенні розрідження в цій камері на площі, яка обмежена стінками присмоктувача, можна отримати позитивну різницю тисків, добуток якої на площу дії створює силу, що дозволяє захоплювальному пристрою утримувати виріб. Величину утримувальної сили P для різних конструкцій вакуумних ЗП визначають по-різному і підставляють у формулу (3.1) або залежно від виразів, що наведені в табл. 3. [9].

Необхідне статичне протягування у вакуумних і магнітних ЗП визначаються з умови утримання ОМ при дії на нього різних сил в процесі захоплення і транспортування (рис.3.1).

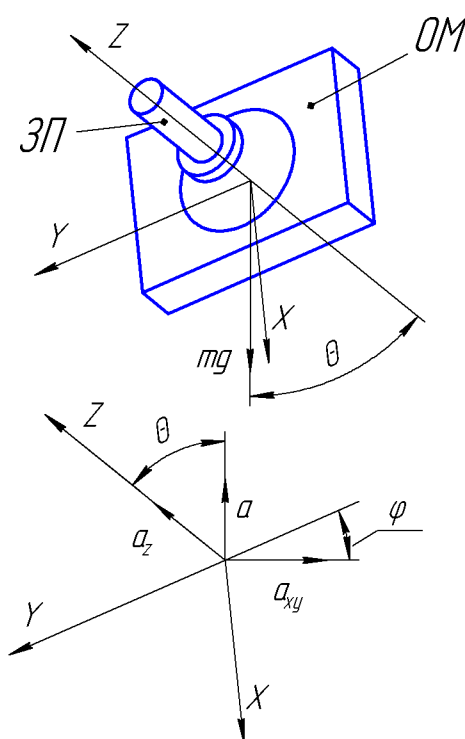


Рисунок 3.1 – Схема для визначення умов утримання ОМ притягувальним ЗП.

$$\begin{cases} \mu[F_{\text{ст}}(Mk_z k_1)^{-1} - g \cos \theta_0 + a \cos \theta] \geq g \sin \varphi_0 \sin \theta_0 + a \sin \varphi \sin \theta ; \\ \mu[F_{\text{ст}}(Mk_z k_1)^{-1} - g \cos \theta_0 + a \cos \theta] \geq g \cos \varphi_0 \sin \theta_0 + a \cos \varphi \sin \theta, \end{cases} \quad (3.1)$$

де $F_{\text{ст}}$ – статична сила протягування ОМ, Н;

μ – коефіцієнт тертя між поверхнями ОМ і ЗП (для металевих ЗП і сталевих ОМ

$\mu = 0,17$; для гумових манжет сталевих ОМ $\mu = 0,3$);

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

a – прискорення ЗП, м/с²;

θ_0 – кут між вектором g і віссю, співпадаючою з віссю ЗП;

φ_0 – кут між проекцією вектора g на площину, перпендикулярну до осі Z і віссю Y;

k_z, k_1 – коефіцієнти запасу і врахування зміщення точки прикладання

підйимальної сили і центру ваги ОМ (для колових ЗП $k_z = \frac{r}{r + \Delta x}$, де r – середній радіус ущільнюючої поверхні пневмоприсмоктувача, Δx – відносне зміщення ЗП і центру ваги ОМ).

Після спрощення граничних умов, пов'язаних із розташуванням ЗП і ОМ у просторі, отримуємо і більш прості залежності для визначення $F_{\text{ст}}$ (табл. 3.1).

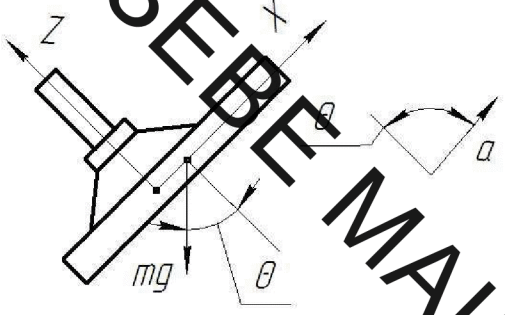
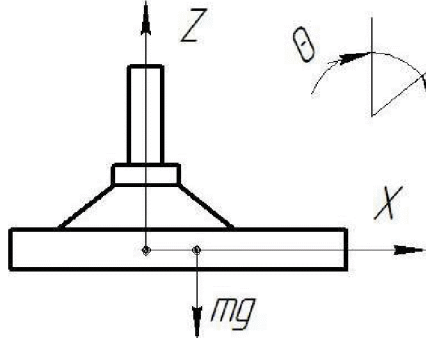
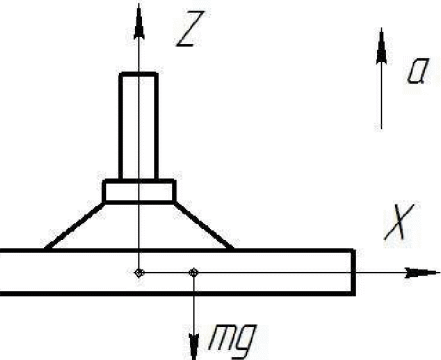
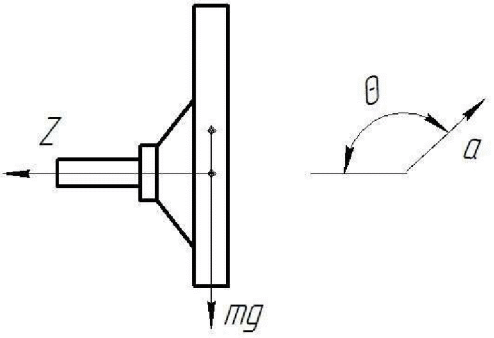
3.1.1 Пасивні вакуумні присмоктувачі

Пасивні присмоктувачі забезпечують утворення вакууму за рахунок витіснення повітря з порожнини присмоктувача притисненням його до поверхні деталі. Залежно від характеру роботи ці присмоктувачі можуть бути суцільними еластичними (утримання деталі забезпечується вакуумом, створеним за рахунок однієї тільки пружної деформації присмоктувача) або улаштуваними різними запірними пристроями: кульковими, пружинними, електромагнітними тощо.

Утримувальне зусилля, що розвивається вакуумним ЗП, розраховують за

формулою

Таблиця 3.1 – Формули для перевірки умов утримання ОМ вакуумними ЗП

Розрахункова схема	Розрахункова формула
<p style="text-align: center;">1</p> 	<p style="text-align: center;">2</p> $\varphi = \varphi_0 = 90^\circ$ $\mu \left(\frac{F}{mk_z k_1} - g \cos \theta_0 + a \cos \theta \right) \geq (g \sin \theta_0 + a \sin \theta)$
	$\varphi = \varphi_0 = 90^\circ; \theta_0 = \theta$ $\mu \left(\frac{F}{mk_z k_1} - g + a \cos \theta \right) \geq a \sin \theta$
	$\varphi = \varphi_0 = 90^\circ; \theta_0 \neq \theta = 90$ $\frac{F}{mk_z k_1} \geq g + a$
	$\varphi = \varphi_0 = 90^\circ; \theta_0 = 90$ $\mu \left(\frac{F}{mk_z k_1} - g + a \cos \theta \right) \geq a \sin \theta$

$$F_y = SK_y(p_a K_a - p_b) K_{\Pi}, \quad (3.2)$$

де S – геометрична площа проекції присмоктувача, що обмежена внутрішнім контуром; K_y – коефіцієнт зменшення площі присоски внаслідок її деформації. На практиці [10] для присмоктувачів з пористої (губчастої) гуми при площі, яка рівна $0,2...0,4\text{ м}^2$, можна прийняти $K_y = 0,95...1,0$; p_a, p_b – відповідно атмосферний і залишковий тиск усередині камери; K_a – коефіцієнт, що враховує зміну атмосферного тиску в порівнянні з нормальним $p_a \approx 100$ кПа (для практичних розрахунків достатньо враховувати мінімальний атмосферний тиск – для середньої смуги частини України його приймають рівним 93 кПа (700 мм рт.ст.)). У цьому випадку можна прийняти $K_a \approx 0,9$; K_{Π} – коефіцієнт збільшення сили вакуумного притягування в результаті струмені повітря, що просочується в щілину стику присмоктувача з поверхнею деталі (приймають рівним $1,1...1,05$). При цьому більше значення відноситься до присмоктувачів з відносно малою робочою площею ($0,05...0,1\text{ м}^2$), а менше – присмоктувачам з робочою площею більше $0,1\text{ м}^2$.

Якщо вакуумний захоплювальний пристрій розраховується не для захоплювання і перенесення конкретних деталей в конкретних умовах, то значення перерахованих вище коефіцієнтів приймають для найгірших умов роботи і їх можна замінити загальним коефіцієнтом фактичної сили вакуумного притягування $K_p = K_y K_a K_{\Pi} = 0,8...0,85$. Тоді

$$F = SK_p(p_a - p_b), \quad (3.3)$$

де $K_p = 0,8...0,85$; $(p_a - p_b) = 0,03...0,035$ МПа.

3.1.2 Активні вакуумні захоплювальний пристрої

Активні вакуумні ЗП діють від вакуумних насосів (форвакуумних або

поршневих), а також від ежекторних систем подачі стисненого повітря.

Активні ЗП із створенням вакууму автономним вакуумним насосом. Утримуюче зусилля розраховують за формулами (3.1) і (3.2), але величина p_b визначається ступенем розрідження, яке забезпечується насосом. Багато вакуумних насосів дають розрідження більше 90% і відповідно $(p_a - p_b) = 0,08...0,095$ МПа.

Вантажопідйомність активного ЗП залежить від геометричних параметрів присмоктувача, їх числа і від величини розрідження повітря в ЗП $p_p = (p_a - p_b)$.

У процесі захоплення, підйому і переміщення деталі вантажопідйомність вакуумного ЗП не залишається постійною, а залежить від положення його в просторі та взаємодії сил, що утримують деталь, що прагнуть відірвати і зрушити її.

Умови утримання ОМ визначають, підставляючи значення сили F в залежність (3.1) або у формули табл. 3.1.

Часто необхідно розрахувати граничне значення нормальної сили N відриву вантажу від захоплювального пристрою та величину сили зрушення вантажу T . Ці сили залежать не тільки від активної площі присмоктувача і розрідження повітря в ньому, а й від питомого тиску (питомого тяжіння) присмоктувача, що забезпечує необхідну герметичність стику ЗП з поверхнею захопленої деталі. Між цими параметрами існує залежність

$$\xi = N/F_y = (F_y - S_k q)/(S p_o), \quad (3.4)$$

де ξ – коефіцієнт зниження вантажопідйомності ЗП; N – граничне значення сили відриву вантажу; F_y – сила утримання деталі, створювана ЗУ; q – мінімально

необхідний питомий тиск на площі контакту S_k присоски з деталлю; S - площа присмоктувача; $p_o = (p_a - p_b)$ – розрідження повітря в ЗП.

Для круглих камер

$$\xi = 1 - 4 \left(\frac{B}{D} - \frac{B^2}{D^2} \right) \frac{q}{p_0}, \quad (3.5)$$

де B – ширина ущільнювального борту; D – діаметр присмоктувача.

При невеликій активній площі присмоктувача і грубій поверхні вантажу коефіцієнт ξ може наближатися до нуля, і захоплювальний пристрій стає непрацездатним. При цьому мається на увазі, що теоретична вантажопідйомність ЗП – функція його діаметра, тобто $F = f(D)$.

Залежність q і ξ від діаметра присмоктувача показує переваги тих, які мають велику площу. Значення питомих тисків q залежать від якості поверхні вантажу, розмірів і матеріалу ущільнень та можуть бути встановлені експериментально. Наприклад, для виробів з гладкою поверхнею (скло, пластик) $q = 30 \dots 90$ кПа, а з грубою поверхнею (бетон, прокат з окалиною) $q = 300$ кПа і більше. Для типових умов роботи $\xi = 0,6 \dots 0,9$.

Для надійної роботи вакуумного захвата необхідні наступні умови [11]:

$$F_y = \frac{N}{\varepsilon} K_N = N + \frac{T}{\mu} K_T, \quad (3.6)$$

де K_N, K_T , – відповідно коефіцієнти запасу сил відриву та зсуву переміщуваного вантажу.

Для вакуумного ЗП, не пов'язаного з особливими умовами роботи, з деяким допущенням у бік збільшення сили можна прийняти

$$F_y = \left(\frac{N}{\varepsilon} + \frac{T}{\mu} \right) K, \quad (3.7)$$

де $K_N = K_T = K = 2$.

При суміщенні трьох рухів (підйому руки робота, повороту руки в горизонтальній площині і висунення руки) для розрахунку допустимої маси m переміщуваного вантажу можна скористатися залежністю

$$m \leq \frac{\pi d^2 (p_a - p_b)}{4K \left[1 + \frac{a_n}{g} + \frac{1}{\mu g} \sqrt{(\varepsilon r)^2 + (a_b + r\omega^2)^2} \right]}, \quad (3.8)$$

де d – діаметр вхідного отвору присмоктувача в перерізі; K – коефіцієнт надійності утримання ($K = 1,5 \dots 2$); a_n – прискорення підйому заготовки; g – прискорення вільного падіння; r – відстань від осі обертання руки до центру заготовки; ε – кутове прискорення руки робота; μ – коефіцієнт тертя; a_b – прискорення при висуненні руки; ω – кутова швидкість руки.

Площа присмоктувача і розрідження в них визначають з рівняння:

$$S = \frac{\left(\frac{p_a + p_b}{\varepsilon + \mu} \right) K}{(p_a - p_b) n K_p}, \quad (3.9)$$

де μ – коефіцієнт тертя на контактній поверхні ЗП і ПП; p_a – атмосферний тиск; p_b – тиск розрідження; n – число присмоктувачів в ЗП.

3.1.3 Обладнання та параметри вакуумної системи

Робота вакуумних ЗП багато в чому залежить від правильності вибору обладнання і параметрів вакуумної системи. Тому необхідно визначити не тільки силу вакуумного протягування ЗП, але і деякі параметри пневмосистеми.

Швидкість створення вакууму в порожнині присмоктувача знаходять, використовуючи основні рівняння вакуумної техніки:

$$S_{об} = \frac{S_n}{1 + S_n/U} = \frac{S_n U}{S_n + U}, \quad (3.10)$$

де $S_{об}$ – швидкість розрідження об'єкта; S_n – подача вакуумного насоса; U – пропускна здатність трубопроводу.

Звідки випливає, що при $U \geq S_n$, $S_{об} \approx S_n$, а при $U \leq S_n$, $S_{об} \approx U$.

Час відкачування t при $S_{об} \approx U$ визначається за залежністю:

$$t = 2,3 \frac{V_c}{U} \lg \frac{p_1}{p_2}, \quad (3.11)$$

де $V_c = V_p + V_T$ – сумарний обсяг вакуумної системи; V_p – обсяг вакуумного ресивера; V_T – обсяг трубопроводу між насосом і ресивером; p_1 – початковий тиск в системі, зазвичай рівний атмосферному; p_2 – кінцевий тиск в розрідженому об'єкті, в даному випадку в ресивері (p_1 і p_2 в будь-яких одиницях виміру).

Якщо не враховувати опір вакуумпроводу, подача вакуумного насоса повинна відповідати швидкості розрідження об'єкта (ресивера):

$$t = 2,3 \frac{V_c}{S_n} \lg \frac{p_1}{p_2}, \quad (3.12)$$

де S_n – середнє значення подачі насоса.

Час захоплювання ОМ вакуумним ЗП після відкачування ресивера і з'єднання останнього з вакуум-камерами ЗП після відкриття клапана (крана, вентиля):

$$t_3 = \frac{V_a 2,3 \lg(p_1/p_2)}{S_{об}}, \quad (3.13)$$

де $V_a = V_T + V_K$ – сумарний відкачуваний обсяг, що впливає на час захоплювання предмета виробництва; V_T – обсяг трубопроводу між вакуум-камерами ЗП і ресиверами; V_K – об'єм вакуум-камер ЗП з урахуванням деформації ущільнення після накладання на ОМ.

При низьких тисках, починаючи з 1 кПа, пропускна здатність вакуум-проводів різко падає, а час відкачування системи зростає. Враховуючи, що падіння тиску нижче 1 кПа не збільшує вантажопідйомність вакуумних ЗП, низькі тиски в них недоцільні.

Час відкачування системи до тиску 133 Па (1 мм рт.ст.) можна при наближенні знайти за формулою

$$t = 8 \frac{V}{S_n}, \quad (3.14)$$

де S_n – мінімальна подача насоса при $p_a = 0,1$ мПа.

Цією формулою можна користуватися, вибираючи насос для відкачування вакуумної апаратури.

Необхідна продуктивність вакуумного насоса і обсяг ресивера залежать від кількості повітря, що потрапляє у вакуумну систему в одиницю часу, тобто герметичності системи в цілому та її окремих елементів. Враховуючи, що стан повітря в камері ЗП відповідає умові $pV = \text{const}$

$$g_v = \frac{V \Delta p}{\Delta t}, \quad (3.15)$$

де g_v – натікання; V – обсяг вакуумної системи; Δp – зміна тиску в ізольованому від насоса вакуумному об'ємі за час Δt .

При відомій величині натікання, віднесеної до одиниці периметра поверхні торкання ущільнення до вантажу, сумарне натікання повітря в вакуум-камеру ЗП складе

$$g_y = g_c C, \quad (3.16)$$

де g_c – питома величина натікання м^3 на одиницю периметра ущільнення, C – периметр ущільнення присмоктувача.

При відомій величині натікання необхідний обсяг ресивера вакуумного ЗП визначається як:

$$V_p = \frac{g_y t}{\Delta p} - V_v, \quad (3.17)$$

де V_v – сумарний обсяг вакуумної системи від ресивера до вакуум-камери ЗУ;
 t – заданий час утримання вантажу вакуумним ЗП при вимкненому насосі

$$t = \frac{(V_B + V_P)\Delta p}{g_B}, \quad (3.18)$$

Для створення вакууму може бути використана цехова установка з очищувачем повітря та вентилям, що перешкоджає засмоктуванню форвакуумного масла в бак-ресивер з насоса, коли останній не працює.

3.1.4 Активні вакуумні ЗП на базі ежекторних систем

Ежектори конструктивно простіше насосів і широко застосовуються в конструкціях захоплювальних пристроїв невеликої вантажопідйомності. Їх виконують, як правило, одноступінчастими і розміщують безпосередньо на кронштейні захоплювального пристрою, приєднуючи через канал підсосу повітря з однією або декількома камерами присмоктувачів. Питання проектування оптимальних конструкцій ежекторів для вакуумних захватів складні, оскільки необхідно враховувати безліч експлуатаційних, технологічних і конструктивних параметрів з використанням за-конів газодинаміки.

Конструктивна схема ежектора вакуумного ЗП з основними розмірами показана на рис. 3.2.

З метою підналагодження ежектора сопло 5 може бути регульованим, виконаним у вигляді голчастого дроселя. Крім того, доцільно встановлювати сопло з можливістю осевого переміщення щодо камери всмоктування 1 з наступною фіксацією його положення. Чим більше діаметр змішувальної ділянки 2 і шлях струменя до зіткнення зі стінками, тим більший об'єм повітря відсмоктується. З метою зменшення дотику твірна внутрішн поверхні колектора 4 може бути виконана за складною кривою. Дифузор 3 ежектора призначений для перетворення динамічного напору в статичний тиск. Для маніпуляторів вантажопідйомністю 0,3...1 кг розміри ежектора [12]: $d_1 = 2...4$ мм; $d_2 = 10...18$ мм; $D = 6...8$ мм; $l_1 = 20...50$ мм; $l_2 = 20...60$ мм; $l_3 = 10...20$ мм і кут конуса диффузора $\alpha = 6...10$.

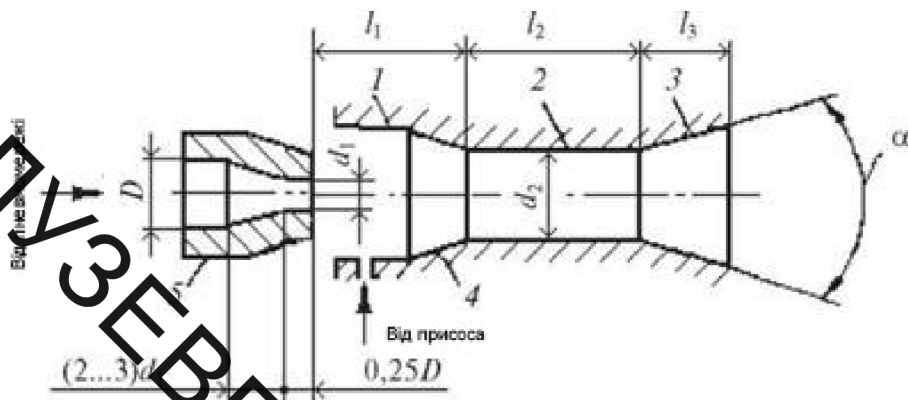


Рисунок 3.2 – Конструктивна схема ежектора вакуумного ЗП:

1 – камера всмоктування; 2 – змшувальна дiлянка; 3 – дифузор, 4 – колектор;
5 – сопло

3.1.5 Аеродинамiчнi захоплювальнi пристрої

Цi пристрої дiють на основi аеродинамiчного ефекту, що виникає при обтiканнi повiтряним струменем фасонних криволiнiйних поверхонь i змiни швидкостей повiтряних потокiв.

3.1.6 Струменево-вакуумнi захоплювальнi пристрої

В основу iх конструкцiй покладено вiдомий ефект виникнення присмоктувальної дiї, що виражається у взаємодiї сформованої сопловими елементами i витiкаючого з них струменя стиснутого повiтря з обтiчною ним плоскoi, цилiндричної або кульової поверхнi заготовки. Основною вимогою слiд вважати наявнiсть яскраво вираженої плоскoi базової поверхнi захоплювання, яка не мала б виступiв, буртикiв, що перешкоджають течiї потоку повiтря. Захоплення деталей у великому дiапазонi розмiрiв робить економiчним i доцiльним iх застосування в умовах будь-якого виробництва.

Приклад конструкцiї струминного захоплювального пристрою зображено

на рис. 3.3

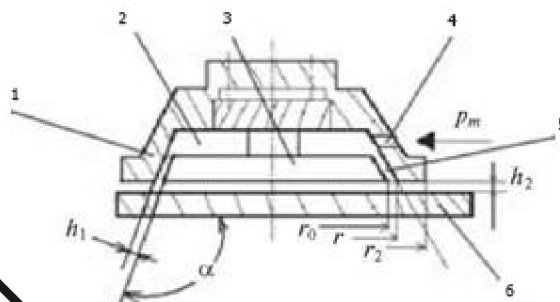


Рисунок 3.3 – Струменєво-вакуумний захоплювальний пристрій:

1 – корпус; 2 – камера; 3 – упорні елементи; 4 – сопло; 5 – кільцева щілина;
6 – об'єкт маніпулювання

Спрямований паралельно або під кутом до площини заготовки струмінь повітря постійного магістрального тиску p_m витікає через кільцеву щілину 5 в зазор h_1 між торцем корпусу 1 і площиною заготовки, утворюючи надалі плоский кільцевий радіальний потік. Швидкість течії потоку, приблизно рівна на початку щілини критичній, постійно знижується по параболічному закону до нуля в міру віддалення від початку щілини. Вона визначає енергію рухомого суцільного потоку повітря. Ця енергія, що характеризується повним напором, який складається з суми п'єзометричного і динамічного напорів, викликає в зоні торця захоплення пониження тиску до значення нижче атмосферного. Падіння тиску призводить до появи в зоні торця захоплювального пристрою з радіусом r_2 аеродинамічного ефекту притягання. Величина сили тяжіння для струменєвого захоплення з кільцевою щілиною на торці залежить від оптимального співвідношення між зазором h_2 і товщиною h_1 до конічної щілини, виміряної в нормальному до поверхні фасок напрямку і рівної близько 0,12 мм. Співвідношення h_2/h_1 для конічної щілини з кутом $\alpha = 120...150^\circ$, при якому забезпечується максимальне зусилля тяжіння, по-винно знаходитися в межах 2,8...3,2 (до $h_1 \approx 0,12$ мм).

З певної відстані під дією зростаючої за параболічним законом сили

тяжіння заготовка буде піднята вгору і притиснута до торця захоплення. Вона не знаходиться в безпосередньому контакті з торцем захоплення, а вільно плаває на утвореній в зазорі взаємодіючих торців захоплення та заготовки повітряній подушці, автоматично підтримуючи зазор h_2 товщиною приблизно 0,08...0,15 мм.

Зусилля тяжіння розраховують за залежністю

$$F = \pi V_0 \rho_a \gamma_0 \left(\frac{r_2 \ln \frac{r_2}{r_0} - r_2 + r_0}{r_2 - r_0} + 0,5 - \frac{h_2}{r_0} \cos \frac{\alpha}{2} \right), \quad (3.19)$$

де

$$V_0 = \frac{\mu}{\rho_a} \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^n p_m \sqrt{\frac{n}{RT} \left(\frac{2}{n-1} \right)^{\frac{n+1}{n-1}}}, \quad (3.20)$$

тут $\alpha = 120...150^\circ$, $\mu = 0,6...0,7$ – коефіцієнт витрати; ρ_a – густина повітря при атмосферному тиску; n – показник адиабати ($n = 1,4$); p_m – магістральний тиск; R – газова постійна, T – абсолютна температура повітря. Для етичної роботи струменевих ЗП рекомендується магістральний тиск $(18,6...49,0) \cdot 10^4$ Па.

Для захоплення деталей, які не мають отворів, служать гніздові захоплювальні пристрої утримувальні сопла яких розміщені по периферії гнізда. Важливою характеристикою струменевих ЗП, яка функціонально залежить від параметрів захоплення та стисненого повітря, є середня питома сила, що визначається як відношення сили захоплення до площі робочого торця

$$F_{уд} = F / \pi r_2^2. \quad (3.21)$$

При проектуванні точку прикладання сил треба вибирати так, щоб центр ваги заготовок знаходився ближче до центру захоплення. Вантажопідйомність

регулюється плавною зміною тиску в магістралі. Один і той же ЗП може бути використаний для подачі різних за розмірами і конфігурації заготовок.

3.1.7 Орієнтування захоплюваних об'єктів

При певній конструкції струминний захоплювальний пристрій 1 дозволяє здійснювати одночасно кутову орієнтацію об'єкта 5 (наприклад, прямокутної пластини) і його базування (рис. 3.4). У цьому випадку канал 2, по якому підводиться стиснуте повітря, з'єднується з похилим соплом 3, формує плоский потік повітря в зазорі між торцем захоплення і об'єктом в напрямку вікна, утвореного двома обмежувальними стінками 4. Через велику швидкість потоку повітря тиск у зазорі зменшується і відбувається підйом і утримання об'єкта на деякій відстані 5 від торця захоплювального пристрою, причому величина зазору встановлюється автоматично з умови рівноваги об'єкта. При цьому об'єкт 5 (прямокутник, показаний жирною лінією) буде повертатися навколо вертикальної осі захоплювального пристрою і одночасно переміщуватися в діагональному напрямку до вікна, поки не виявиться притиснутим до бічних стінок 4.

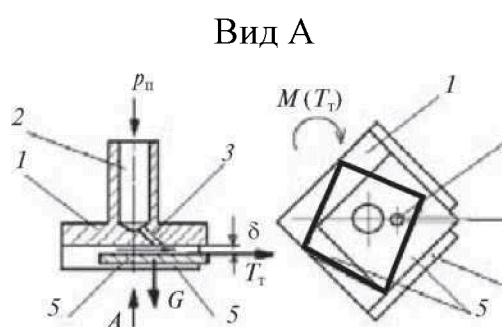


Рисунок 3.4 – Струменевий захоплювальний пристрій, що забезпечує орієнтацію об'єкту: 1 – корпус струменевого ЗП; 2 – підвідний повітряний канал;

3 – похиле сопло; 4 – обмежувальні стінки; 5 – ОМ; G – вага предмета;

$M(T_r)$ – орієнтувальний момент

Підйомну силу, що діє на пластину в безконтактному струменевому ЗП (див. рис. 3.4), визначають за формулою

$$F = \frac{\pi p_a R_{max}^2}{3} \left[\frac{(1-2S_0)\eta}{(1-S_0^2)(1-6m\eta)} - (1-2S_0)\eta \right], \quad (3.22)$$

де p_a – тиск повітря на виході із зазору (атмосферний тиск); R_{max} – максимальне значення радіуса торця захоплення (вписаного кола в пластинку); $S_0 = r/R_{max}$; r – внутрішній радіус підвідного каналу; $\eta = 1 - p_n/p_a$, p_n – тиск стисненого повітря в підвідному каналі; $m = 2/\gamma$.

Умова рівноваги пластини в струменевому ЗП при сталому адіабатичному русі повітря в зазорі 5 має вигляд:

$$0,65\sqrt{a} < S_0 < 0,5 \quad (3.23)$$

При ізотермічному русі повітря:

$$18(1 + 2,7\sqrt{a}) < S_0 < 0,5 \quad (3.24)$$

Необхідною умовою переміщення пластини в площині захоплення і її базування є зміщення центру мас пластини відносно осі сопла. Навіть при малому значенні цього зміщення пластина під дією сил в'язкого тертя T_τ буде віддалятися від осі захоплення зі швидкістю, зростаючої в часі за законом гіперболічного синуса. Поворот пластини буде відбуватися, якщо центр ваги сопла не лежить на одній з головних осей інерції пластини або осі її симетрії. У цьому випадку сума проєкцій сил тертя на пряму, що з'єднує центр мас пластини і центр сопла, не дорівнює нулю.

3.1.8 Вихрові захоплювальні пристрої

Дія вихрових ЗП [13] ґрунтується на властивості ізольованого вихору створювати уздовж своєї поздовжньої осі область зниженого тиску, в результаті чого за різниці атмосферного тиску і тиску всередині вихору виникає підйомна сила. Вихровий захоплювальний пристрій (рис. 3.5, *a*) складається з корпусу 7 з циліндричною камерою, завихрювача 5 з соплами 6, розташованими по дотичній до внутрішнього кола завихрювача, втулки 3, насадки 2 з отворами 8. При роботі захоплювального пристрою стиснене повітря з магістралі через штуцер 4 надходить в камеру корпусу 7, де встановлюється тиск, що перевищує атмосферний, і далі через сопла 6 у втулку 3. Завдяки високій швидкості витoku повітря через сопла формується сильно завихрений потік повітря, що рухається уздовж стінок втулки 3 в напрямку зменшення тиску зверху вниз.

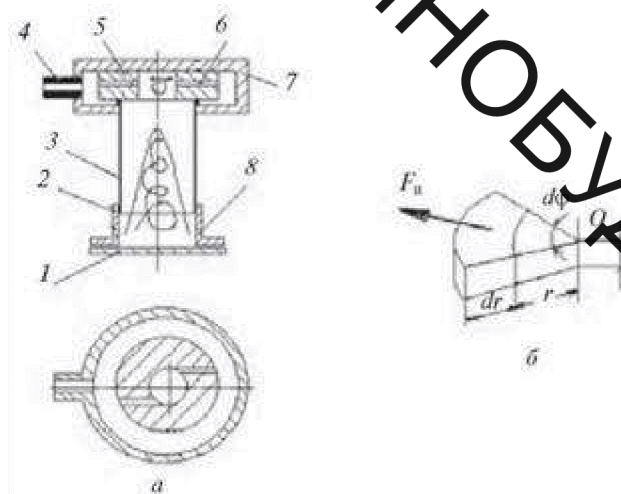


Рисунок 3.5 – Пневмовихровий захоплювальний пристрій (*a*) і схема до розрахунку підйомної сили ЗП (*б*): 1 – ОМ; 2 – насадка, 3 – втулка, 4 – штуцер; 5 – завихрювач; 6 – сопла; 7 – корпус; 8 – вихідні отвори

Уздовж осі цього потоку встановлюється розрідження, що сприяє всмоктуванню атмосферного повітря через отвори 8 всередину втулки 3. В результаті в нижній частині пристрою утворюється вихрова воронка, в якій частинки повітря рухаються висхідною спіраллю, і в ній виникає область зниженого тиску. Притягування ОМ 1 до насадки 2 здійснюється за рахунок різниці атмосферного і внутрішньовихрового тисків.

Поблизу завихрення формується верхній вихор, в якому повітря рухається по низхідній спіралі, відтісняючись вихровою воронкою до стінок втулки 3 і прямує в атмосферу через бічні отвори 8.

Наближено підйомну силу такого пристрою можна визначити наступним чином. Двома паралельними площинами, віддаленими один від одного на відстані dh , виріжемо з насадки 2 елементарний циліндр. На відстані r від центра O елементарного циліндра вирізаємо елементарний об'єм повітря розміром $dh, dr, d\phi$ (рис. 3.5, б). При вихровому русі цього об'єму повітря з кутовою швидкістю w виникає елементарна відцентрова сила (сила інерції)

$$dF_{\text{и}} = dm w^2 r = r d\phi dh dr \rho w^2 r, \quad (3.25)$$

де dm - маса елементарного об'єму повітря, ρ - щільність повітря.

Елементарне прирощення тиску в перерізі, віддаленому від центра циліндра на відстані r , можна визначити у вигляді

$$d\Delta p = \frac{dF_{\text{и}}}{dS} \quad (3.26)$$

де dS - площа елементарного об'єму повітря уздовж твірної циліндра

$$dS = r d\phi dh \quad (3.27)$$

Підставляючи dF та dS і інтегруючи цей вираз у межах від 0 до R (R - радіус насадки), отримаємо прирощення тиску на стінці насадки

$$\Delta p = \int_0^R w^2 \rho r dr = \frac{w^2 R^2 \rho}{2} = \frac{V^2}{2}, \quad (3.28)$$

де V - швидкість подачі повітря в вихревую камеру.

Так як в стінках насадки є отвори, то повітря через них виходить назовні і тиск на стінки насадки практично не змінюється.

Тоді тиск всередині вихору

$$p_{\text{в}} = p_{\text{а}} - \Delta p \quad (3.29)$$

Підйомна сила захоплювального пристрою:

$$F = K_p(p_a - p_b)A = K_b \Delta p A, \quad (3.30)$$

де $K_b = (0,3..0,5)$ - коефіцієнт запасу; A - площа захоплення (насадки).

3.2 Розрахунок конструктивних параметрів вакуумного захоплювального пристрою активної дії

Утримувальне зусилля, що розвивається вакуумним ЗП, розраховуємо за формулою (3.2) для найгірших умов маніпулювання

$$F = SK_p(p_a - p_b) = 0,01 \cdot 0,85 \cdot 0,035 \cdot 10^6 = 297,5 \text{ Н},$$

де $S = 0,01 \text{ м}^2$, $K_p = 0,85$, $p_0 = (p_a - p_b) = 0,035 \text{ МПа}$, $D = 0,05 \text{ м}$ – внутрішній діаметр контактної поверхні присмоктувача.

Визначимо коефіцієнт зниження вантажопідйомності для круглих камер

$$\xi = 1 - 4 \left(\frac{B}{D} - \frac{B^2}{D^2} \right) \frac{q}{p_0} = 1 - 4 \left(\frac{4}{50} - \frac{4^2}{50^2} \right) \frac{60}{35} = 0,68,$$

що входить до допустимих значень для типових умов роботи.

Для надійної роботи вакуумного захвата необхідні наступні умови:

$$F_y = \frac{N}{\varepsilon} K_N = N + \frac{T}{\mu} K_T = 70 + \frac{77}{0,3} 1,5 = 455 \text{ Н},$$

що більше раніше розрахованого $F = 297,5 \text{ Н}$.

Тому перераховуємо площу присмоктувача за формулою (3.9), яка забезпечить розраховану силу утримання ОМ [14]:

$$S = \frac{\left(\frac{N}{\varepsilon} + \frac{T}{\mu} \right) K}{(p_a - p_b) n K_p} = \frac{\left(\frac{70}{1} + \frac{77}{0,3} \right) 1,5}{0,035 \cdot 4 \cdot 0,85} = 3823,5 \text{ мм}^2,$$

де $n=4$ – число присмоктувачів.

Визначимо мінімальний діаметр внутрішнього контуру геометричної проєкції присмоктувача на поверхні ОМ:

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3823.5}{3.14}} = 69.8 \text{ мм.}$$

Для розширення діапазону застосування розробленого ЗП приймаємо $D=88$ мм.

За отриманими параметрами розробляємо конструкцію вакуумного ЗП активної дії.

4 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИХРОВОГО ВАКУУМНОГО ЗАХОПЛЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НЕСІВНОЇ ЗДАТНОСТІ

Під час розрахунку і проєктуванні вихрових вакуумних захоплювальних пристроїв як вихідні параметри задають розміри вакуумної камери і несівну здатність пристрою, яка визначається масою об'єктів маніпулювання і динамікою руху захоплювального пристрою разом з об'єктом. Розгляд умов рівноваги всіх сил дозволяє визначити несівну здатність вакуумного захоплювального пристрою.

Згідно з результатами експериментальних досліджень вихрових труб вихровий ефект, який демонструє крива кутових швидкостей, яка побудована за експериментально отриманим значенням тангенціальних швидкостей, має вигляд, який представлено на рис.4.1. Значення тангенціальних швидкостей, віднесених до радіусу, вимірювалися за допомогою малих зазорів.

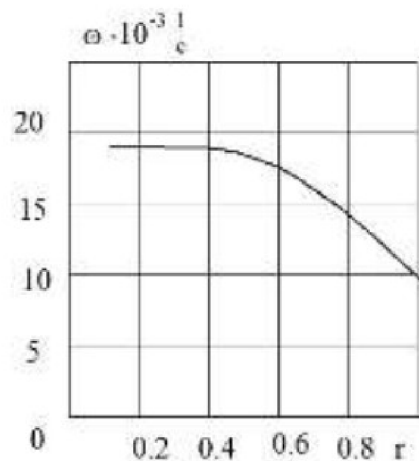


Рисунок 4.1 – Розподіл кутової швидкості маси газу, що обертається в сопловому перетині вихрової труби діаметром $d=30\text{мм}$ по відносному радіусу.

Графік на рис.4.1 показує, що в області значень радіусу до 0,4 вихор потоку обертається практично з постійною швидкістю ω . В теорії вихорів цю зону, де швидкість $\omega = \text{const}$, називають примусовим вихором. В

периферійній області камери кутова швидкість різко знижується із збільшенням радіусу, а поблизу стінки в приграничному шарі – падає до нуля. Закон зміни швидкості в цій області, особливо в перетинах, які близькі до сопел, наближаються до закону потенціальної течії рідини.

Другою складовою задачі, яку розв'язують під час досліджень, є задача руйнування струменя, що виходить із сопла, яким закінчується канал витрат стисненого повітря. Швидкість v витікання з сопла для докритичного режиму, коли струмина менше швидкості звуку, визначається виразом

$$v = \sqrt{\frac{P}{\rho}} \quad (4.1)$$

де P – тиск в магістралі стисненого повітря, ρ – густина повітря.

В закритому режимі швидкість залишається постійною і рівною швидкості звуку C . Приграничним є приграничний критичний режим.

Розглянемо використання як робочого тіла в пневмосистемі захоплювального пристрою системи газ. За тиску в пневмомагістралі стисненого повітря $P=0,5$ МПа, витікання з трубопроводів діаметром $d=2$ мм є закритичним.

Після витікання повітря в камеру він розширюється з падінням тиску приблизно до атмосферного (від тиску $0,5$ МПа до тиску $0,1$ Мпа, тобто в 5 разів). Для отримання напрямку розширення за дотичного до вихору використовують сопло. Сопло – це накладка, в якій потенціальна енергія стислого газу перетворюється в кінематичну вздовж осі сопла, швидкість рухомого повітря збільшується до критичної, а тиск знижується.

В результаті математичного моделювання будуть визначені закони стаціонарного розподілу швидкостей і тисків у вихровій камері після вихору струменів з сопел.

Розрахунок розподілу швидкостей в циліндричній камері здійснюється за припущення, що обертання значної частини об'єму газу відбувається навколо нерухомої вертикальної вісі за відсутності обертального проковзування циліндричних шарів повітря одне відносно одного, тобто припускається, що розподіл швидкостей є таким же, як в твердому тілі під час його обертання з кутовою швидкістю ω навколо нерухомої осі. (рис. 4.2)

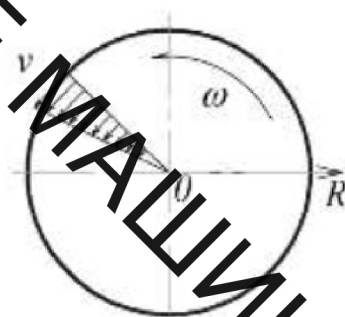


Рисунок 4.2 – Розміри тангенціальної швидкості газу в камері по радіусу

Об'єм маси газу, що обертається з кутовою швидкістю ω в циліндричному об'ємі, обмежений циліндричною стінкою камери радіусом R . Очевидно, що за таких припущень сили тертя циліндричних шарів один відносно одного відсутні, і в значній частині об'єму вихрової камери не відбувається витрат енергії. Товщина в приграничному шарі в турбулентному режимі (який характерний для захоплювального вихрового пристрою цього типу) грубо можна оцінити за формулою:

$$b = R \left(\frac{1}{\sqrt{Re}} \right), \quad (4.2)$$

де R – характерний розмір (можна вважати що це радіус камери), а Re – число Рейнольдса, яке визначається за співвідношенням:

$$\text{Re} = \frac{\rho v R}{\mu}, \quad (4.3)$$

де ρ – густина повітря; v – швидкість; μ – коефіцієнт динамічної в'язкості.

У відповідності з прийнятою моделлю, тангенційна швидкість v_r на радіусі r визначається з виразу:

$$v_r = \omega r = \frac{v_0 \cdot r}{R}, \quad (4.4)$$

де ω – кутова швидкість; v_0 – лінійна швидкість біля стінки (реально – на границі з приграничним шаром).

Значення $v_0 = v_r R$ тангенціальної швидкості повітря біля стінки камери, за кінцевим рахунком, визначається добутком швидкості витікання із сопел (в цій задачі, це швидкість звуку $v_{кр}$, тобто близька до 360 м/с) на масові витрати. Проте, перерахунок на швидкість v_0 має певні труднощі, звісно, що за постійних витрат стисненого повітря, що надходить через сопло, швидкість v_0 (практично середня за висотою) тим менше, чим більша висота камери.

Передбачається, що температура за всім об'ємом постійна, тому процес є ізотермічним: тоді густина пропорційна тиску:

$$\frac{\rho_r}{\rho_R} = \frac{p_r}{p_R}, \quad (4.5)$$

Під час обертання газу на кожний шар діє розподілене радіальне об'ємне навантаження $\rho \cdot \omega^2 r$ від відцентрових сил. На додатньому прирості dr радіусу r відбувається додатній приріст тиску $d\rho_r$:

$$d\rho_r = \rho_r \cdot \omega^2 \cdot r \cdot dr. \quad (4.6)$$

Використання співвідношення (4.5), яке зв'язує тиск з густиною, отримаємо замість (2.6):

$$\frac{d\rho_r}{\rho_r} = \frac{\rho_R \cdot \omega^2 \cdot r}{\rho_R}. \quad (4.7)$$

Інтегруючи за змінною r в межах від довільного значення r до границі $r=R$, отримаємо:

$$\ln(r) = \frac{\rho_R \cdot \omega^2 \cdot r}{2\rho_R} + C, \quad (4.8)$$

де C – стала інтегрування. Після його визначення граничної, доки такою, що вважаємо заданою, умовою ρ_R при $r=R$, отримаємо остаточно вираз для відносної зміни ступеня розрідженості за радіусом r :

$$\frac{\rho_r}{\rho_R} = \exp\left[-\frac{\rho_R \cdot \omega^2 \cdot (R^2 - r^2)}{2\rho_R}\right], \quad (4.9)$$

В центрі на осі камери (тобто при $r = 0$) отримаємо мінімальне значення тиску:

$$\frac{P_0}{P_R} = \exp\left[-\frac{\rho_R \cdot \omega^2 \cdot R^2}{2\rho_R}\right] = \exp\left[-\frac{\rho_R \cdot v^2 \cdot R^2}{2\rho_R}\right], \quad (4.10)$$

Цей вираз визначає максимальне розрідження. Визначальним у цьому виразі є показник експоненти, який є відношенням швидкісного напору у стінок камери (при $r=R$) до статичного тиску також у стінки:

$$F_b = 2\pi \int_0^R (p_r - p_0) \cdot r dr, \quad (4.11)$$

де F_b – підйомне зусилля.

Інтеграл в межах $(0, R)$ через елементарні функції не можна виразити, а лише через інтеграл ймовірностей або повинен розраховуватись чисельно.

Визначення перепаду тиску (від p_R до атмосферного p_0) при виході (при $r=R$):

$$\frac{\rho_R \cdot v_r^2 \cdot R}{2} \approx [p_R - p_0] = \Delta p. \quad (4.12)$$

Співвідношення (4.10) і (4.12) є двома рівняннями відносно двох невідомих $v_r \cdot R$ та p_R . Під час розв'язку потрібно задатися різними значеннями зазору z .

Надалі необхідно використати умову постійності маси повітря, тобто рівності витрат повітря, що надходить через сопла з внутрішнім діаметром d і витікаючого через щілину між кромкою камери та поверхнею об'єкту маніпулювання.

Ця умова має вигляд:

$$\frac{m \cdot d^2 \cdot \rho_1 \cdot v_1}{4} = 2v_r \cdot R \cdot \pi R \cdot z \cdot p_R, \quad (4.13)$$

де v_1, ρ_1 відповідно швидкість і густина повітря перед зазором. Звідки при $h=2$, отримуємо вираз для зазору:

$$z = \frac{d^2 \cdot \rho_1 \cdot v_1}{4R \cdot \rho_0 \cdot v_r} \quad (4.14)$$

При $d=2$ мм, попередньо передбачуючи, що $v_r/v_1=0,5$, отримаємо $z=0,6$ мм. Під час живлення захоплювального пристрою від мережі стисненого повітря, швидкість витікання з сопла близька до швидкості звуку $v_1 = 340$ м/с, а густина $\rho_1 \approx 5$ кг/м³. Після підстановки (2.13) у (2.12) отримаємо такі залежності надлишкового тиску $\Delta p = (p_R - p_0)$ і радіальної швидкості v_r від зазору z :

$$v_r = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho_1 \cdot v_1}{8R \cdot z \cdot \rho_R} \quad (4.15)$$

$$\Delta p = \frac{n^2 \cdot d^4 \cdot \rho_1^2 \cdot v_1^2}{128R^2 \cdot z^2 \cdot \rho_R} \quad (4.16)$$

Для випадку захоплювального пристрою з двома соплами діаметром 2мм, під'єднаним до стандартної мережі стисненого повітря з тиском 0,5 МПа:

$$\Delta p = \frac{0,281}{R^2 \cdot z^2 \cdot \rho_R} \quad (4.17)$$

Отримані залежності справедливі тільки для того діапазону зміни зазору z , для якого зберігається вихор.

Результат розрахунків за формулами (4.10) і (4.12) наведені у вигляді графіків, що відображають залежність відношення показника розрідженості в центрі від швидкості вихору у стінки, показано на рис 4.3.

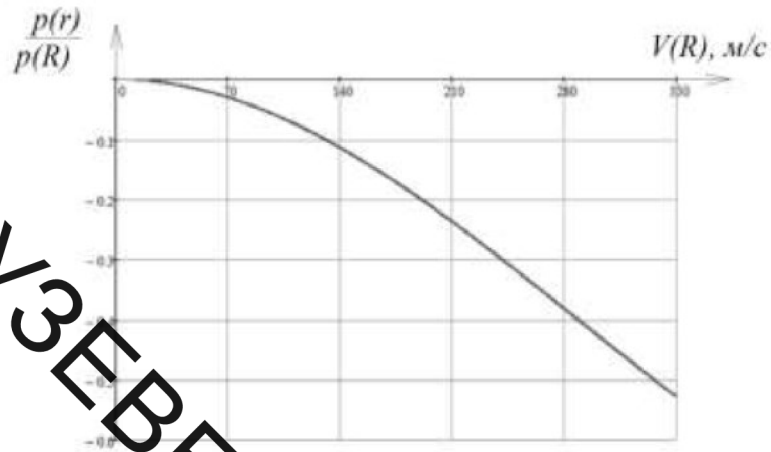


Рисунок 4.3 – Залежність розрідження від швидкості у стінки камери

З графіку видно, що показник розрідженості $p_0/p_R=0,5$ досягається за дуже великої швидкості $v_1 \approx 300 \text{ м/с}$, яка близька до звукової.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.

АНАЛІЗ КОМЕРЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РОЗРОБКИ ЗАХВАТНОГО ПРИБОРУ РОБОТА ДЛЯ РОБОТИЗОВАНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ХОЛОДНОГО ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ

Визначення рівня комерційного потенціалу розробки захватного пристрою робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки захватного пристрою робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування, створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання можна буде зробити висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Для проведення технологічного аудиту залучимо 3-х незалежних експертів. У нашому випадку такими експертами будуть керівник магістерської роботи та провідні викладачі випускової та співіднених кафедр.

Оцінювання комерційного потенціалу розробки за будемо здійснювати за 12-ю критеріями згідно рекомендацій.

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки заносимо до таблиці 5.1. За даними таблиці 5.1 робимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу розробки захватного пристрою робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування. При цьому користуємося рекомендаціями, наведеними в таблиці 5.2.

Таблиця 5.1. - Результати оцінювання комерційного успіху розробки

Критерії	Експерти		
	Поліщук Л.К.	Обертюх Р.Р.	Іскович-Лотоцький Р.Д.
	Бали, виставлені експертами		
	2	2	2
2	3	2	3
3	2	3	3
4	2	2	2
5	3	2	3
6	4	3	2
7	3	2	2
8	3	2	2
9	2	3	3
10	3	3	2
11	3	2	3
12	3	2	3
Сума балів	33	28	30
Середньоарифметична сума балів, СБ		30	

Таблиця 5.2 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 50	Високий

Таким чином, робимо висновок, щодо рівня комерційного потенціалу нашої розробки захватного пристрою робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування – середній.

5.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної, дослідно-конструкторської та конструкторсько-технологічної роботи з розробки захватного пристрою робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування

5.2 Розрахунок витрат, що стосуються виконавців розробки захватного пристрою робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування

Основна заробітна плата кожного із розробників (дослідників) Z_0 , якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери

$$Z_0 = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad (5.1)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн.

У 2020 році величини окладів (разом з встановленими доплатами і надбавками) рекомендується брати в межах (5000...15000) грн. за місяць; T_p – число робочих днів в місяці; приблизно $T_p = (21...23)$ дні; t – число робочих днів роботи розробника (дослідника).

Зроблені розрахунки зводимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Заробітна плата розробників

Посада	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник	12000	545	5	2725
Інженер-розробник	6000	273	22	273

Консультанти	8000	364	5	1820
Всього:				4818

Основна заробітна плата робітників Z_p , якщо вони беруть участь у виконанні даного етапу роботи і виконують роботи за робочими професіями у випадку, коли вони працюють в наукових установах бюджетної сфери, розраховується за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n t_i \cdot C_i,$$

де t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин; n – число робіт по видах та розрядах; C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує дану роботу. C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{zm}}, \quad (5.2)$$

де M_m – розмір мінімальної заробітної плати за місяць, грн.; в 2020 році мінімальна заробітна плата становить – 5000 грн., K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду, T_p – число робочих днів в місяці; приблизно $T_p = 21 \dots 23$ дні; T_{zm} – тривалість зміни, зазвичай $T_{zm} = 8$ годин.

Таблиця 5.2 – Заробітна плата робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, н-год.	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка	Тариф. коеф.	Величина, грн.
Заготівельні	2	2	31	1,09	62
Монтажні	2	3	33,5	1,18	37
Випробувальні	1,5	4	36,1	1,27	54
Контроль	0,5	4	36,1	1,27	27
Всього					180

Додаткова заробітна плата Z_d всіх розробників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховується як (10...12)% від суми основної заробітної плати всіх розробників та робітників, тобто:

$$Z_d = 0,1 \cdot (Z_p + Z_o) = 0,1 \cdot (4818 + 180) = 499,8 \text{ грн.}$$

Нарахування на заробітну плату N_{zp} розробників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою: де Z_o – основна заробітна плата розробників, грн.; Z_p – основна заробітна плата робітників, грн.; Z_d – додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.; β – ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, % (приймаємо для 1-го класу професійності ризику 22%).

$$\begin{aligned} N_{zp} &= 0,22 \cdot (Z_p + Z_o + Z_d) = \\ &= 0,22 \cdot (4818 + 180 + 499,8) = 1210 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (5.3)$$

Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень A , які використовувались під час (чи для) виконання даного етапу роботи.

Дані відрахування розраховують по кожному виду обладнання, приміщенням тощо.

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування A в цілому бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц \cdot N_a}{100} \cdot \frac{T}{12},$$

де $Ц$ – загальна балансова вартість всього обладнання, комп'ютерів, приміщень тощо, що використовувались для виконання даного етапу роботи, грн.; N_a – річна норма амортизаційних відрахувань. Для нашого випадку можна прийняти, що $N_a = (10...25)\%$; T – термін, використання обладнання, приміщень тощо, місяці.

Таблиця 5.3 - Амортизаційні відрахування

Найменування	Ціна, грн.	Норма амортизації, %	Термін використання, м.	Сума амортизації
ПК	10000	20	2	333
Приміщення для дипломного проектування	100000	10	2	1666
Приміщення обчислювального центру	100000	10	1	833
Всього			2832	

Витрати на матеріали M , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n N_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n V_i \cdot C_v, \quad (5.4)$$

де N_i – витрати матеріалу i -го найменування, кг; C_i – вартість матеріалу i -го найменування, грн./кг.; K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1,1 \dots 1,15)$; V_i – маса відходів матеріалу i -го найменування, кг; C_v – ціна відходів матеріалу i -го найменування, грн./кг; n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 5.4 - Матеріали, що використовуються при розробці

Найменування матеріалу	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн
Дюраль Д16	10	130	1300
З врахуванням коефіцієнта транспортування			1430

Витрати на комплектуючі K , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$K = \sum_1^n N_i \cdot C_i \cdot K_i,$$

де N_i – кількість комплектуючих i -го виду, шт.; C_i – ціна комплектуючих i -го виду, грн.; K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i =$

(1,1...1,15); n – кількість видів комплектуючих. Витрати на силову електроенергію Ve , якщо ця стаття має суттєве значення для виконання даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$Ve = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_p,$$

Таблиця 3.5 – Комплектуючі, що використані на розробку

Найменування	Ціна, грн.	Витрачено, шт.	Вартість, грн
Штуцер	4	25	100
Потрійний штуцер	2	35	75
Тримач	1	50	50
Присмоктувач	4	80	320
Гайка	4	4	16
Гайка регульовальна	4	6	24
Хвостовик	4	15	60
Кутник приєднувальний	4	20	80
Хомут	4	10	40
Болт М8	12	1,8	21,6
Болт М10	4	2,2	8,8
Гайка М8	12	1	12
Гайка М10	4	1,2	4,8
Шайба М8	12	0,5	6
Шайба М10	4	0,8	3,2
Трубопровід мідний 130×12	4	75	300
Всього, з врахуванням коефіцієнта транспортування		1234	

V – вартість 1 кВт-год. електроенергії, в 2020 р. $V \approx 2,9$ для промисловості грн./кВт; P – установлена потужність обладнання, кВт; Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин, K_p – коефіцієнт використання потужності; $K_p < 1$.

Потужність обладнання складає – 0,3 кВт.

Кількість годин роботи складає – 45 годин.

Коефіцієнт використання потужності -0,6 .

$V_e = 23,5$ грн.

Інші витрати V_{in} охоплюють: витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо.

Інші витрати I_B можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які були виконували дану роботу, тобто:

$$I_B = 3 \cdot (Z_o + Z_p) = 3 \cdot (4818 + 180) = 14994 \text{ грн.} \quad (5.5)$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає витрати на виконання даної частини (розділу, етапу) роботи – V .

$$V = 4818 + 180 + 499,8 + 1210 + 2832 + 1430 + 1234 + 23,5 + 14994 = 27221 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок загальних витрат на виконання даної роботи

Загальна вартість всієї наукової роботи визначається за $V_{заг}$ формулою:

$$V_{заг} = \frac{I_B}{\alpha} = \frac{14994}{0,98} = 15215 \text{ грн,} \quad (5.6)$$

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відн. одиницях.

5.4 Прогнозування витрат на виконання та впровадження результатів науково-дослідної роботи

Прогнозування загальних витрат ZB на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{Взаг}{\beta} = \frac{25215}{0,2} = 76074 \text{ грн}, \quad (5.7)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи.

Так, якщо розробка знаходиться: на стадії науково-дослідних робіт, то $\beta \approx 0,1$; на стадії технічного проектування, то $\beta \approx 0,2$; на стадії розробки конструкторської документації, то $\beta \approx 0,3$; на стадії розробки технологій, то $\beta \approx 0,4$; на стадії розробки дослідного зразка, то $\beta \approx 0,5$; на стадії розробки промислового зразка, $\beta \approx 0,7$; на стадії впровадження, то $\beta \approx 0,9$.

Етап роботи – розробка дослідного зразка $\beta=0,5$.

5.5 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації захватного пристрою робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування

З метою прогнозування комерційних ефектів від реалізації захватного пристрою робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування складемо таблицю вихідних показників за рахунок яких і відбудуватиметься отримання комерційного ефекту.

Таблиця 5.6 – Вихідні дані для прогнозування комерційного ефекту від реалізації захватного пристрою робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування

Рік реалізації розробки	1	2	3
Кількість од. реалізації, шт.	7	13	20

Величина зростання ціни реалізації розробки, грн. – 5500 грн.

Кількість продукції, що випускалась до впровадження розробки – 5 шт.

Збільшення чистого прибутку підприємства Π_i для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, розраховується за формулою:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N) i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (5.8)$$

де ΔC_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником може бути ціна одиниці нової розробки; N – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки; ΔN – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки; C_0 – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки; n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки; λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість.

Збільшення чистого прибутку підприємства Π_i протягом першого року складе:

$$\Delta\Pi_1 = (5 \cdot 1500 + 12500 \cdot 7) \cdot 0,8333 \cdot 0,1 \cdot (1 - 0,18) = 6466 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку підприємства Π_i протягом другого року (відносно базового року, тобто року до впровадження результатів наукової розробки) складе:

$$\Delta\Pi_2 = (5 \cdot 1500 + 12500 \cdot 13) \cdot 0,8333 \cdot 0,1 \cdot (1 - 0,18) = 11570 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку підприємства протягом третього року (відносно базового року, тобто року до впровадження результатів наукової розробки) складе:

$$\Delta\Pi_3 = (5 \cdot 1500 + 12500 \cdot 20) \cdot 0,8333 \cdot 0,1 \cdot (1 - 0,18) = 17526 \text{ грн.}$$

5.6 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та період їх окупності витрат на розробку захватного пристрою робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування

Визначення абсолютної ефективності вкладених інвестицій у розробку захватного пристрою робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування

Для цього користуються формулою:

$$E_{абс} = (ПП - PV), \quad (5.9)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство (організація) від реалізації результатів наукової розробки, грн.; PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 3B$, грн.

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t} \quad (5.10)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДДКР, грн.; τ – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки; τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,1; t – період часу (в роках) від моменту отримання чистого прибутку до точки „0”.

$$\begin{aligned} ПП &= (6466 / (1+0,1)^1) + (11570 / (1+0,1)^2) + (17526 / (1+0,1)^3) = \\ &= 28608 \text{ грн.}, \end{aligned}$$

$$E_{абс} = 28608 - 7604 = 21004 \text{ грн.}$$

Оскільки $E_{абс} > 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, але це також ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даного проекту (роботи).

Розрахунок відносної ефективності вкладених коштів в НДДКР захватного пристрою робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування

Для цього користуються формулою:

$$E_B = \sqrt[\tau]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (5.11)$$

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн.; PV – теперішня вартість інвестицій $PV = ZB$, грн.; $T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_B = \sqrt[3]{1 + \frac{2100}{7604}} - 1 = 0,55.$$

Далі, розрахована величина E_B порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування, що дорівнює:

$$\tau = d + f, \quad (5.12)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2020 році в Україні $d = (0,14 \dots 0,2)$; f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05 \dots 0,1)$, але може бути і значно більше.

$$E_B = 0,38 \geq \tau = 0,14 + 0,05 = 0,19.$$

Оскільки величина $E_B > \tau_{\min}$, то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки захватного пристрою робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування.

Розрахунок терміну окупності коштів, вкладених в наукову розробку захватного пристрою робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій Ток можна розрахувати за формулою:

$$\text{Ток} = \frac{1}{E_B} = \frac{1}{0,55} = 1,8 \text{ роки.} \quad (5.13)$$

Оскільки Ток < 3... 5-ти років, то фінансування даної наукової розробки захватного пристрою робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування в принципі є доцільним.

5.7 Висновки до розділу 5

Економічна частина даної магістерської роботи містить розрахунок витрат на розробку та виготовлення нового технічного рішення сума яких складає 27221 гривень. Було прогнозовано орієнтовану величину витрат по кожній з статей витрат. Також обраховано величину приведенного прибутку, який може отримати виробник від реалізації нового технічного рішення, який складатиме 28608 грн., знайдено термін окупності витрат для виробника, що становить 1,8 роки та величину абсолютної ефективності вкладених інвестицій у розробку захватного пристрою робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування, яка склала 21004 грн.

В результаті аналізу розрахунків можна зробити висновок, що розроблений захватний пристрій робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування характеризується високими показниками якості та конкурентоспроможності і даний проект є привабливим з точки зору інвестиційної політики.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз умов праці

Захватний пристрій робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування виготовляється в механічному цеху, і аналізуються умови, в яких вона виготовляється. При механічній обробці металів на металорізальних верстатах виникає ряд фізичних, хімічних, психофізіологічних і біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Фізичні небезпечні чинники: підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; високий рівень шуму і вібрації; недостатня освітленість робочої зони; наявність прямого і відбитого блиску; підвищена пульсація світлового потоку, рухомі частини виробничого устаткування, що пересуваються, вироби і заготовки; стружка оброблюваних матеріалів, уламки інструментів, висока температура поверхні оброблюваних деталей і інструмента; підвищена напруга в електромережі, при якій може відбутися замикання через тіло людини.

При відсутності засобів захисту запиленість повітряного середовища в зоні дихання при фрезеруванні крихких матеріалів може перевищувати гранично допустимі концентрації.

При роботі тупим ріжучим інструментом відбувається інтенсивне нагрівання внаслідок чого з змащувально-охолоджуючої речовини виділяються шкідливі гази, що є хімічним шкідливим виробничим фактором. Аерозоль нафтових масел, що входять до складу змащувально-охолоджувальних рідин (ЗОР), може викликати подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, сприяти зниженню імунобіологічної реактивності.

До психофізіологічних шкідливих виробничих факторів процесів обробки матеріалів різанням можна віднести фізичні перевантаження при установці, закріпленні і зніманні деталей, перенапруження зору, монотонність праці.

6.2 Організаційно-технічні рішення щодо безпеки праці та виробничої санітарії

В приміщенні механічної дільниці виконуються роботи середньої важкості (категорія П 6). енерговитрати від 200 до 250 ккал/год (232-293 Вт), робота виконується стоячи і пов'язана з ходьбою, перенесенням загострених інструментів, супроводжуються помірним фізичним навантаженням. Робота в позі стоячи призводить до швидкої втоми.

6.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат виробничих приміщень залежить від швидкості руху повітря на дільниці та його прискорення. Зона відноситься до приміщень з незначними надлишками явного тепла 20ккал/м³ год. і менше. Отже, категорія робіт П 6. робоче місце постійне. Оптимальні і допустимі показники приведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Оптимальні і допустимі показники мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		оптим.	доп.	оптим.	доп.	оптим.	доп.
Холодний	П6	17-19	15-21	40-60	75	0,2	<0,4
Теплий	П6	20-22	16-27	40-60	70-75	0,3	0,2-0,5

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від відкритих джерел не повинна перевищувати 100 Вт/м² при опроміненні тіла до 25%. Це забезпечується тим, що працівникам видають спеціальний одяг, який захищає людину від теплового опромінення. Джерела інтенсивного теплового опромінення огорожуються захисними огорожами.

В приміщенні механічного цеху встановлена система опалення на холодний період року, а саме: водяне опалення.

В виробничому цеху для нормального повітрообміну використовують вентиляцію механічного і природного типу.

6.2.2 Освітлення

Природне освітлення на ділянці верхнє з боковим.

Нормування природного та штучного освітлення проводиться за:

- характеристика зорової роботи: робота дуже високої точності;
- найменший розмір об'єкту розрізнення: від 0,15 до 0,3 мм;
- розряд зорової роботи: II б;
- вид природного освітлення: бокове;
- КПОн = 2,5% (для суміщеного освітлення КПОн = 1,5%);
- пояс світлового клімату – 4 (північніше 50° широти), коефіцієнт світового клімату $m = 0,9$;
- так як вікна орієнтовані на північ і південь, то азимут 90, звідки коефіцієнт сонячності $c = 0,75$;
- нормоване значення КПО для даного поясу світлового клімату – 1,0125%.

Штучне освітлення при загальному освітленні повинна дорівнювати 750 лк, при комбінованому 3000 лк.

На верстатах використовуємо для місцевого освітлення лампи розжарювання.

6.2.3 Шум

Джерелами шуму на розглядає мій ділянці є працююче обладнання, шум з сусідніх ділянок та шум допоміжного автотранспорту. Шум має великий вплив на працездатність людини.

Для постійних робочих місць у виробничих приміщеннях і території підприємства допустимі рівні звукового тиску наведені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Допустимі рівні звукового тиску

Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньо герметичними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	82	82	78	75	73	71	69	80

Для зниження шуму у виробничих приміщеннях застосовують: зменшення

рівня шуму в джерелі його виникнення; звукопоглинання і звукоізоляція; установка глушників шуму; раціональне розміщення обладнання; застосування засобів індивідуального захисту.

6.2.4 Вібрації

В механічному цеху на працівника, що працює за верстатом, може діяти локальна вібрація, яка передається через руки робітнику.

По часовій характеристиці – вібрація непостійна. По направленню дії вібрація відноситься до направленої вздовж осі передпліччя. Санітарні норми спектральних показників вібраційного навантаження на оператора верстату вказані в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Санітарні норми спектральних показників вібраційного навантаження на оператора верстата

Категорія вібрацій по санітарним нормам і критерії оцінки	Характеристика умов праці	Джерела вібрації
3 тип «а»	Технологічні вібрації діючі на операторів стаціонарного обладнання або що передаються на робочі місця, які не мають джерел вібрації	Металорізальні верстати

Таблиця 6.4 – Санітарні норми однотипних показників вібраційного навантаження на оператора

Вид вібрації	Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні і кореговані по частоті та еквівалентні кореговані значення			
			Вібраційне прискорення		Віброшвидкість	
			м/с ²	рівень дБ	м/с	рівень дБ
Локальна	3 тип "а"	Z ₀ , X ₀ , Y ₀	2,0	126	2,0	112
Загальна			0,1	100	0,2	92

Заходи щодо захисту від вібрацій поділяються на технічні, організаційно-

технічні, лікувально-профілактичні.

Технічні заходи полягають у зниженні вібрації в джерелі її виникнення та зменшенні вібрації на шляхах її поширення від джерела.

Зменшення вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом застосування таких кінематичних та технологічних схем, які усувають чи мінімально знижують дію динамічних сил. Зменшення вібрації досягається також статичним та динамічним зрівноважуванням механізмів та об'єктів, що обертаються.

6.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

З метою захисту працівника від можливого отримання травм, пов'язаних з виділенням металічних частинок (стружки, осколків інструмента при його поломці), а також з розбризкуванням змашувально-охолоджувальної рідини при роботі на верстаті, передбачається індивідуальний захист працюючого – наявність захисного екрану, захисних окулярів. Робоче місце верстатника повинно бути закрито екраном для запобігання вилітання частинок стружки і уламків інструменту.

6.3.1 Електробезпека

Експлуатація більшості машин в механічному цеху пов'язана з використанням електричної енергії.

По степеню ураження електричним струмом механічний цех належить до приміщень з підвищеною небезпекою ураження людей електричним струмом тому що підлога бетонна, тобто струмоведуча.

В цілях захисту робочих проводять організаційні міри, такі як проведення інструктажів по техніці безпеки (ввідного, первинного, при необхідності повторного – позапланового, цільового), нанесення символів і інших запобіжних надписів на електроустановках. Верстат підключений до трифазного чотирьохпровідного джерела зі заземленою нейтраллю змінного струму

напрягою 220/380 В, тому, необхідно використовувати занулення.

6.4 Пожежна безпека

Ступінь вогнестійкості будівлі – III – будівля з несучими і відгороджуючими конструкціями з природних та штучних матеріалів, несучі конструкції важкозгораємі.

Дільниця по небезпечі виникнення пожежі відноситься до категорії «Д» - виробництво, яке пов'язане з обробкою вогнетривких речовин і матеріалів у холодному стані.

Мінімальні межі вогнестійкості (в чисельнику) та максимальні межі розповсюдження вогню (в знаменнику) по СНІП 2.01.02-85 див. таблицю 6.5.

Таблиця 6.5 – Мінімальні межі розповсюдження та максимальні межі розповсюдження вогню

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Драбинні площадки	Плити, настили, інші	Плити, настили	Балки, ферми
	несучі	Само-несучі	Зовні несучі	Внутрішні несучі					
III	2 0	1 0	0,25...0,5 0...40	0,25 40	2 0	1 0	0,75 0	0,25 н.н.	н.н. н.н.

Примітка: н.н. – не нормується.

Ступінь вогнестійкості, допустиме число поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку.

Таблиця 6.6 – Ступінь вогнестійкості, допустиме число поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку

Категорія виробництва	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа в межах пожежного відсіку, м ²		
			Одноповерхові	Багатопверхові	
				2 поверхи	3 і більше
Д	3	III	7800	6500	4500

Таблиця 6.7 – Типи пожежних перешкод

Ступінь вогнестійкості будівлі	Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод	Мінімальні межі вогнестійкості перешкод, год
III	Протипожежні стіни	1	0,25
	Протипожежні перешкоди	2	0,25
	Протипожежні перекриття	2	1

На випадок виникнення пожежі повинна бути передбачена евакуація людей. Кількість евакоходів – не менше 2.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакоходу для виробництва категорії Д не нормується.

Заходи проти виникнення пожежі, застосовані на дільниці: зберігання промаслених ганчірок, стружки у спеціально встановлених скриньках і захист провідників від короткого замикання та перевантаження – плавкі запобіжники.

Засоби пожежогасіння: протипожежний щит з лопаткою з піском та лопатою; пінний вогнегасник ОВП-5; порошковий вогнегасник ОП-5; багри; ломи; сокири; пожежні відра; пожежні крани.

5.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Розрахунок режимів радіаційного захисту об'єкта господарювання.

5.5.1 Дія іонізуючих випромінювань на людей

Організм людини, рослинний і тваринний світ постійно зазнають дії іонізуючого випромінювання, яке складається з природної (космічне випромінювання, випромінювання радіоактивних газів з верхніх шарів земної кори) і штучної (рентгенівські апарати, телевізійні прилади, радіоізотопи, атомоходи, атомні електростанції, ядерні випробування) радіоактивності.

Усі джерела радіоактивного випромінювання становлять так званий природний радіаційний фон, під яким розуміють дозу іонізуючого випромінювання, що складається з космічного випромінювання, випромінювання природних радіонуклідів, які знаходяться у верхніх шарах Землі, приземній атмосфері, продуктах харчування, воді та організмі людини.

Радіоактивні речовини потрапляють у повітря, ґрунти, ріки, озера, моря, океани, а звідти поглинаються рослинами, рибами, тваринами і молюсками. Через листя і коріння радіоактивні речовини потрапляють у рослини, а потім в організм тварин і з продуктами рослинного та тваринного походження, з водою – в організм людини. При вивченні дії випромінювання на організм людини встановлено такі особливості:

- навіть незначна кількість поглиненої енергії випромінювання спричинює глибокі біологічні зміни в організмі;
- наявність прихованого (інкубаційного) періоду дії іонізуючого випромінювання;
- випромінювання має генетичний ефект;
- органи живого організму мають різну чутливість до випромінювання;
- окремі організми неоднаково реагують на опромінювання;
- опромінювання залежить від частоти, одноразове опромінювання у великій дозі спричинює більш глибокі зміни.

Радіоактивні речовини потрапляють в організм людини при вдиханні зараженого повітря, із зараженою їжею чи водою, крізь шкіру, відкриті рани. Проникненню радіоактивних забруднень крізь шкіру і рани можна запобігти, дотримуючись певних заходів захисту.

Основним джерелом опромінювання людини є радіоактивні речовини, які потрапляють з їжею. Ступінь небезпеки забруднення радіонуклідами залежить від частоти вживання забруднених радіоактивними речовинами продуктів, а також від швидкості виведення їх з організму. Якщо радіонукліди, які потрапили в організм, однотипні з елементами, що споживає людина з їжею (натрій, калій, хлор, кальцій, залізо, марганець, йод та ін.), то вони швидко виводяться з організму разом з ними.

5.5.2 Розрахунок режимів радіаційного захисту

Визначимо можливу дозу опромінення в заданих умовах радіаційного забруднення, які будуть працювати у звичайному режимі (2 зміни по 12 год.)

$$D_m = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})}{K_{\text{noc}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - 1)}{8} = 1,16 \text{ мР},$$

де $t_{\text{п}}=1$ год. – час початку роботи після радіоактивного забруднення;

$t_k=1+12=13$ год. – час завершення роботи першої робочої зміни після радіоактивного забруднення;

$p_{1\max}=1,25$ мР/год. – рівень радіації через одну годину після радіоактивного забруднення;

$K_{\text{noc}}=8$ – коефіцієнт послаблення радіації виробничим приміщенням.

Визначимо граничне значення рівня радіації, при якому можлива робота в звичайному режимі

$$p_{\text{гр}} = \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{noc}}}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})} = \frac{0,75 \cdot 8}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - \sqrt[4]{1^3})} = 0,77 \text{ мР / год.}$$

Можлива доза опромінення $D_m > D_{\text{доп}}$ ($1,16 > 0,75$) та рівень радіоактивного забруднення $p_{1\max} > p_{\text{гр}}$ ($1,2 > 0,77$) перевищують допустимі норми. Для продовження виробничої діяльності об'єкта необхідно введення в дію режимів радіаційного захисту.

Розрахунок режимів радіаційного захисту проведемо в такій послідовності.

Визначаємо час початку роботи першої зміни, для цього знаходимо коефіцієнт α :

$$\alpha = \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{noc}}}{1,33 \cdot p_{1\max}} = \frac{0,75 \cdot 8}{1,33 \cdot 1,25} = 3,75.$$

Згідно довідникових даних час початку роботи першої скороченої зміни $t_{\text{п}}=1$ год.

Для 1-ї скороченої зміни: $t_{\text{п1}} = 1$ год.

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k1} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{noc}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{\text{п1}}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{1^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 7,96 \approx 7,5 \text{ год.}$$

Тривалість роботи зміни $t_{p1} = t_{k1} - t_{п1} = 7,5 - 1 = 6,5$ год.

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{m1} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k1}^3} - \sqrt[4]{t_{п1}^3} \right)}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot \left(\sqrt[4]{7,5^3} - \sqrt[4]{1^3} \right)}{8} = 0,72 \text{ мР}.$$

Для 2-ї зміни: $t_{п2} = t_{п1} + t_{p1} = 1 + 6,5 = 7,5$ (год.)

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k2} = \left(\frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{носл}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{п2}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{7,5^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 16,6 \approx 16,5 \text{ год}.$$

Тривалість роботи зміни $t_{p2} = t_{k2} - t_{п2} = 16,5 - 7,5 = 9$ (год.)

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{m2} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k2}^3} - \sqrt[4]{t_{п2}^3} \right)}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot \left(\sqrt[4]{16,5^3} - \sqrt[4]{7,5^3} \right)}{8} = 0,72 \text{ мР}.$$

Для 3-ї зміни: $t_{п3} = t_{п2} + t_{p2} = 7,5 + 9 = 16,5$ (год.)

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k3} = \left(\frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{носл}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{п3}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{16,5^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 27,05 \approx 27 \text{ год}.$$

Тривалість роботи зміни $t_{p3} = t_{k3} - t_{п3} = 27 - 16,5 = 10,5$ (год.)

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{m3} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k3}^3} - \sqrt[4]{t_{п3}^3} \right)}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot \left(\sqrt[4]{27^3} - \sqrt[4]{16,5^3} \right)}{8} = 0,746 \text{ мР}.$$

Для 4-ї зміни: $t_{п4} = t_{п3} + t_{p3} = 16,5 + 10,5 = 27$ (год.)

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k4} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot P_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n4}^3}}{1,33 \cdot P_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{27^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 38,93 \approx 39 \text{ год.}$$

Тривалість роботи зміни $t_{p4} = t_{k4} - t_{n4} = 39 - 27 = 12$ (год.)

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{m4} = \frac{1,33 \cdot P_{1\text{max}} \cdot (\sqrt[4]{t_{k4}^3} - \sqrt[4]{t_{n4}^3})}{K_{\text{осл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{39^3} - \sqrt[4]{27^3})}{8} = 0,76 \text{ мР.}$$

Роботу в дві зміни на підприємстві можна буде розпочинати через 16,5 год. після радіоактивного забруднення. Для захисту працівників в таких умовах роботи доцільно вжити таких заходів: незайнятих на виробництві працівників евакуювати; забезпечити працівників засобами індивідуального захисту; систематично проводити прибирання у виробничих приміщеннях; провести герметизацію виробничого приміщення та встановити протипилові фільтри у вентиляційну систему; провести йодну профілактику персоналу; максимально обмежити пересування працівників по відкритій місцевості.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи отримані такі результати.

1. Здійснено техніко-економічне обґрунтування вибору теми дипломного проекту, яке підтвердило доцільність розробки заданого пристрою;
2. Проаналізовано застосування промислових роботів в РТК штампування, встановлено вимоги до захватних пристроїв промислових роботів, що входять в складу РТК, здійснено вибір найбільш ефективного захватного пристрою, в якому використано вакуумне протягування заготовки;
3. Розглянуто особливості виконання розрахунків притягувальних захватних пристроїв, визначено методику розрахунку вакуумних захватних пристроїв, за допомогою якої розраховано необхідні параметри розроблюваного пристрою;
4. Розроблена конструкція вакуумного захватного пристрою для РТК штампування з листової заготовки, створена 3D модель захватного пристрою;
5. Розроблено математичну модель вихрового вакуумного захоплювального пристрою промислового робота, яка дозволить визначити несівну здатність ЗП та оптимізувати конструктивні параметри. На основі аналізу економічних розрахунків встановлено економічну ефективність та доцільність застосування розробленої конструкції в РТК штампування для відповідних типів заготовок. Визначено величину приведенного прибутку, який може отримати виробник від реалізації нового технічного рішення, який складатиме 28608 грн., знайдено термін окупності витрат для виробника, що становить 1,8 роки та величину абсолютної ефективності вкладених інвестицій у розробку захватного пристрою робота для роботизованого технологічного комплексу холодного листового штампування, яка склала 21004 грн.
6. Розроблені заходи щодо охорони праці на робочому місці, визначено всі необхідні характеристики, що забезпечують комфортне та безпечне виконання робіт.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гибкие производственные системы: [Учеб. Пособие для машиностроительных ВУЗов]/П.Н. Белянин, М.Ф. Идзон, А.С.Жогин.- М.:Машиностроение, 1998.-256 С.: ил.
2. Козловський В. О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. / В. О. Козловський, Навч. посібник. – Вінниця: ВДГУ, 2003. – 75 с.
4. Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении: Альбом схем и чертежей: Учеб. Пособие для вузов / Ю. М. Соломенцев, К. П. Жуков, Ю. А. Павлов и др.; Под общ. ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1989. – 192 с.: ил.
3. http://www.equipnet.ru/bu/metal/metal_2595.html
4. Механика промышленных роботов: Учебное пособие для вузов: В 3 кн./ Под ред. К.В. Фролова, Е.И. Воробьева – М.: Высш.шк., 1988. – т.1 – 304с.; т.2 – 367с.
5. Попов, Е.П. Основы робототехники. Введение в специальность / Е.П. Попов, Г.В. Письменный. – М.: Высш. шк., 1990. – 224 с.
6. Детали и механизмы роботов. Основы расчёта, конструирования и технологии производства: Учеб. пособие/ Р.С. Веселков, Т.Н. Гонтаровская, В.П. Гонтаровский и др.; Под ред. Б.Б. Самоткина – К.: Высшая шк., 1990 – 343.
7. Промышленные роботы в машиностроении: Альбом схем и чертежей: Учеб. пособие для вузов/ Ю.М. Соломенцев и др.; под общей ред. Ю.М. Соломенцева – М.: Машиностроения, 1986 – 140с.
8. Детали и механизмы роботов. Основы расчета, конструирования и технологии производства: Уч. пособие / В. С. Веселков, Г. Н. Гантаровская, Я. П. Гонтаровский и др. под ред. Б. Б. Самотокина, - К.: Высшая шк.1980. – 343 с.
9. Спыну Г. А. Промышленные роботы. Конструирование и применение / Под. ред. В. А. Костюка – К.: Выща шк., 1991. – 176 с.

10. Кобрынский А. А., Кобрынский А. Е. Манипулярные системы роботов. Основы устройства, элементы теории. М.: Наука, 1985. – 344 с.

11. Промышленные роботы. Конструирование, управление и эксплуатация / В. И. Костюк, А. П. Гаврыш, В. Я. Ямпольский, А. В. Карлов. – К.: Вища шк. 1985 – 357 с.

12. Механика промышленных роботов: учебное пособие для вузов в 3-х томах.: / Под ред. К. В. Фролова, В. И. Воробьева М.: Высшая школа, 1985. – 394 с; 357 с; 383 с.

13. Поліщук Л. К., Веретатні комплекси. Проектування роботів та маніпуляторів. Частина 1: навчальний посібник – Вінниця, ВНТУ 2018. – 132 с.

14. Павлице В. Т. Основы конструирования та розрахунку деталей машин / Павлице В. Т. Підручник. – 2-е вид. перераб. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.

15. Иосилевич Г. Б. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных строит. спец. вузов / Иосилевич Г. Б. – М. Машиностроение, 1988. – 368 с.

16. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении. : Учеб. пособие / В.В.Бабука, В.А.Шкред, Г.П.Кривко. ; Под ред. В.В.Бабука. – Мн. : Высш. шк. 1987 – 255с.

17. Под ред. А.Ф. Горбачевича. Курсовое проектирование по технологии машиностроения – Минск, «Высшая школа», 1975.

18.Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов / Под ред. В. Э. Пуша, — М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.

19. Режимы резания металлов: Справочник /Под ред. Ю.В.Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 с., ил.

20. Расчёт экономической эффективности новой техники; Справочник (Под общей редакцией К.М.Великанова, 2-е изд. перераб. и доп. – Л. ; Машиностроение, 1990 – 448с.).

21. Методичні вказівки до опрацювання розділу “Безпека життєдіяльності” в дипломних проектах і роботах студентів машинобудівних

спеціальностей /Улад. О.П. Терещенко, О.В. Кобилянський. – В.: ВНТУ, 2007 – 95с.

22. Лабораторний практикум з дисципліни “Основи охорони праці” /Є.А. Бондаренко, В.П. Якубович. – В.: ВДТУ, 2000 – 95 с.3

23. ГОСТ 12.1.013 - 78. ССБТ. Строительство. Электробезопасность. Общие требования.

24. ГОСТ 12.1.005 - 88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.

25. ГОСТ 12.1.005.88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

26. СН и П II – 4 – 79/85 Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.

27. ГОСТ 12.1.003 – 83 Шум. Общие требования безопасности.

28. ГОСТ 12.1.004 – 91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования.

29. В.Ф. Сакевич. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах. Навчальний посібник – Вінниця ВДТУ, 2001 – 109с.

30. Обертюх Р.Р., Кухарчук В.В., Ігнатенко О.Г. Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) для студентів всіх спеціальностей, Вінниця ВДТУ, 2002 – 53с.

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

Вінницький національний технічний університет

Затверджую

Завідувач кафедри ГМ

д.т.н., проф. Л.К. Поліщук

« ___ » _____ 2020р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

РОЗРОБКА ЗАХОПЛЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ПРОМИСЛОВОГО

РОБОТА ДЛЯ ШТАМПУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

08-27.МКР.009.00.000 ПЗ

Керівник роботи

д.т.н., професор Поліщук Л.К.

Розробив: ст. гр. 1ГМ-19м

Торський М.В..

Вінниця 2020

1. Найменування і область застосування

Розроблено конструкцію захоплювального пристрою вакуумного типу промислового робота для штампувального РТК.

2. Підстави для розробки

Індивідуальне завдання на дипломний проект, затверджене наказом по ВНТУ № 214 від «25» вересня 2020 р.

3. Мета та призначення розробки

Метою дипломного проекту є розробка конструкції захоплювального пристрою промислового робота для штампувальних операцій як складової РТК штампування.

4. Джерела розробки

Розробка виконується на основі вивчення новітніх досягнень в області машинобудування та робототехніки, патентних та науково-технічних матеріалів відомих конструкцій, особливостей експлуатації промислових роботів в різних технологічних умовах, а також відомих конструкцій механізмів повороту, наведених в наступних роботах:

1. Детали и механизмы роботов. Основы расчета, конструирования и технологии производства: Уч. пособие / В. С. Веселков, Г. Н. Гантаровская, Я. П. Гонтаровский и др. под ред. Б. Б. Самопкина, - К.: Высшая шк.1980. – 343 с.
2. Кобрынский А. А., Кобрынский А. Е. Манипулярные системы роботов. Основы устройства, элементы теории . М.: Наука, 1985. – 344 с.
3. Промышленные роботы. Конструирование, управление и эксплуатация / В. И. Костюк, А. П. Гаврыш, В. Я. Ямпольский, А. В. Карлов. – К.: Вища шк. 1985 – 357 с.

4. Механика промышленных роботов: учебное пособие для вузов в 3-х томах.: / Под ред. К. В. Фролова, В. И. Воробьева М.: Высшая школа, 1985. – 394 с; 357 с; 383 с.
5. Поліщук Л. К., Верстатні комплекси. Проектування роботів та маніпуляторів. Частина 1: навчальний посібник – Вінниця, ВНТУ 2018. – 132 с.
6. Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроение: Альбом схем и чертежей: Учеб. Пособие для вузов / Ю. М. Соломенцев, К. П. Жуков, Ю. А. Павлов и др.; Под общ. ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1989. – 192 с.: ил.
7. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении. : Учеб. пособие / В.В.Бабука, В.А.Шкред, Г.П.Кривко. ; Под ред. В.В.Бабука. – Мн. : Выш. шк. 1987 – 255с.
8. Методичні вказівки до опрацювання розділу “Безпека життєдіяльності” в дипломних проектах і роботах студентів машинобудівних спеціальностей /Улад. О.П. Терещенко, О.В. Кобилянський. – В.: ВНТУ, 2007 – 95с.
9. Козловський В. О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. / В. О. Козловський, Навч. посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 75 с.

5 Технічні вимоги

5.1 Склад конструкції і вимоги до конструктивної будови

5.1. Захоплювальний пристрій повинен складатися з таких елементів:

- корпус;
- чотирьох вакуумних присмоктувачів;
- приєднувальних трубопроводів;
- хвостовика із з'єднувальною поверхнею, узгодженою з поверхнею спряження робота FS20C.

5.2 Показники призначення:

найбільший габарит, мм – 540×436×340;

5.3 Вимоги до конструкції та експлуатації розробки:

– вантажопідіймальність, кг

номінальна - 7;

максимальна - 18;

– тип привода – пневматичний;

5.4 Вимоги до надійності:

– довговічність – 10000 год;

– безвідмовність роботи – не нижче 0.95;

– ремонтпридатність – компоновка модуля повинна задовільняти вимозі мінімальної трудомісткості і вартості ремонту, а деталі цих вузлів, що мають найменшу ймовірність безвідмовної роботи, повинні бути легко доступними для демонтажу та монтажу;

– збережність – конструкція модуля повинна зберігати роботоздатний стан після транспортування та встановленого терміну зберігання на складі.

5.5 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації.

При розробці захоплювального пристрою промислового робота необхідно по можливості максимально використовувати стандартні вироби та уніфіковані деталі для різних вузлів.

6. Економічні показники.

Очікуваний економічний ефект при впровадженні захоплювального пристрою промислового робота у виробництво складає 21004 грн. в ціні виробу для споживача. Це дасть змогу окупити вкладені на розробку кошти за 1,8 року, що менше нормативного терміну окупності, який складає 4...5 років.

7. Стадії і етапи розробки проекту

- 1) постановка задачі та техніко-економічне обґрунтування проекту;
- 2) аналіз відомих технічних рішень;
- 3) виконання розрахунково-конструкторського розділу;
- 4) виконання технологічного розділу;
- 5) розробка економічної частини проекту;
- 6) охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях;
- 7) цивільний захист.

8. Порядок контролю та прийому.

Порядок контролю та прийому магістерської кваліфікаційної роботи визначається графіком консультацій, попереднього захисту проекту, який затверджується кафедрою ГМ та остаточного захисту перед ДЕК. Корегування стадій та етапів виконання проекту може проводитись при узгодженні з керівником проекту.

Аналіз відомих технічних рішень

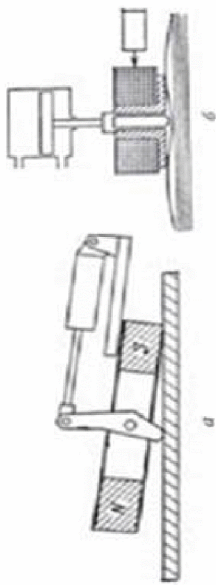


Рисунок 1 - Схеми магнітних ЗП

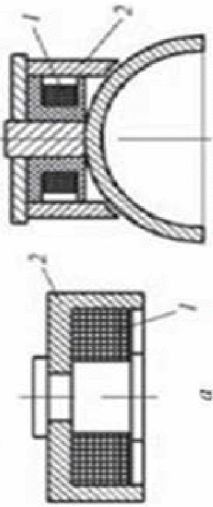


Рисунок 2 - Електромагнітні ЗП

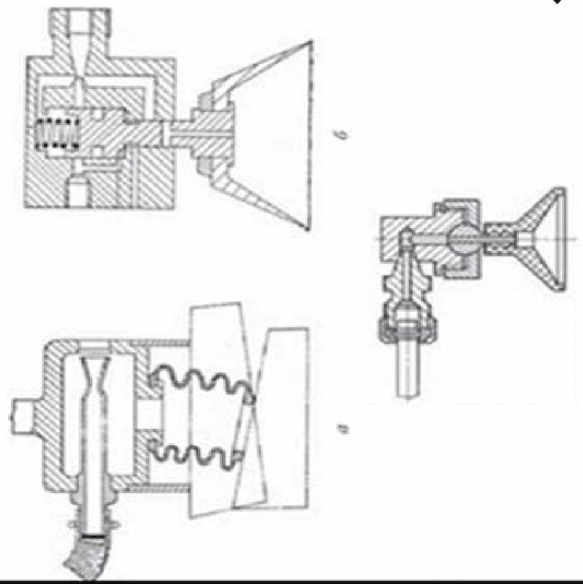


Рисунок 6 - Активні вакуумні ЗП простого дії

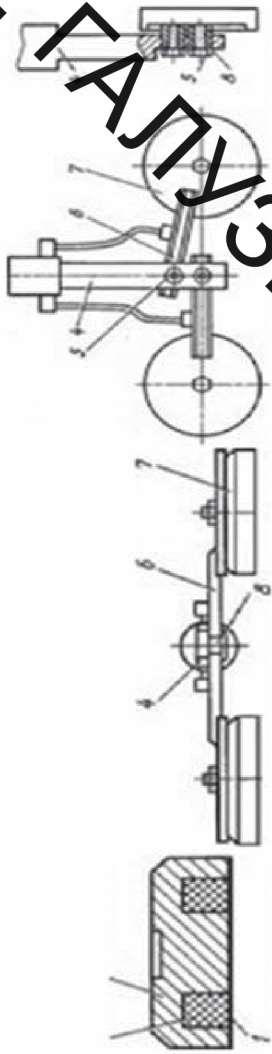


Рисунок 3 - Різновид конструкцій та елементів електромагнітних захватних пристроїв



Рисунок 5 - Закрываючі клапани пневматичних захватних пристроїв

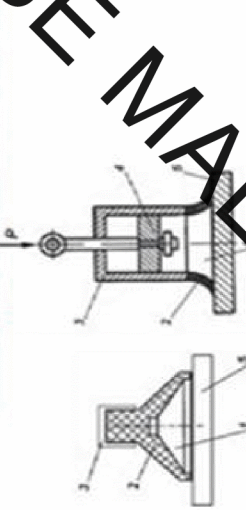


Рисунок 4 - Пасивні вакуумні пристрої з корпусом з еластичного матеріалу



Рисунок 7 - Вакуумні струменеві ЗП

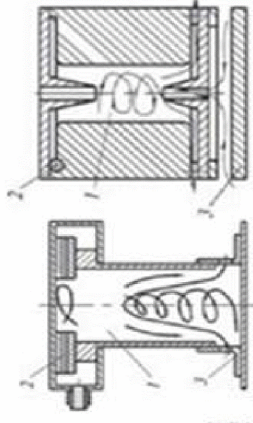


Рисунок 8 - Вихрові захватні пристрої з пневматичним вихортуванням

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

08-27МКР-0090000072

№	Відомості	№	Відомості	№	Відомості
1	Відомості	2	Відомості	3	Відомості
4	Відомості	5	Відомості	6	Відомості
7	Відомості	8	Відомості	9	Відомості
10	Відомості	11	Відомості	12	Відомості
13	Відомості	14	Відомості	15	Відомості
16	Відомості	17	Відомості	18	Відомості
19	Відомості	20	Відомості	21	Відомості
22	Відомості	23	Відомості	24	Відомості
25	Відомості	26	Відомості	27	Відомості
28	Відомості	29	Відомості	30	Відомості
31	Відомості	32	Відомості	33	Відомості
34	Відомості	35	Відомості	36	Відомості
37	Відомості	38	Відомості	39	Відомості
40	Відомості	41	Відомості	42	Відомості
43	Відомості	44	Відомості	45	Відомості
46	Відомості	47	Відомості	48	Відомості
49	Відомості	50	Відомості	51	Відомості
52	Відомості	53	Відомості	54	Відомості
55	Відомості	56	Відомості	57	Відомості
58	Відомості	59	Відомості	60	Відомості
61	Відомості	62	Відомості	63	Відомості
64	Відомості	65	Відомості	66	Відомості
67	Відомості	68	Відомості	69	Відомості
70	Відомості	71	Відомості	72	Відомості
73	Відомості	74	Відомості	75	Відомості
76	Відомості	77	Відомості	78	Відомості
79	Відомості	80	Відомості	81	Відомості
82	Відомості	83	Відомості	84	Відомості
85	Відомості	86	Відомості	87	Відомості
88	Відомості	89	Відомості	90	Відомості
91	Відомості	92	Відомості	93	Відомості
94	Відомості	95	Відомості	96	Відомості
97	Відомості	98	Відомості	99	Відомості
100	Відомості	101	Відомості	102	Відомості

08-27МКР-0090000072

РІК для відомості об'єкту будівництва

ВНТУ, ар. 17-19м

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

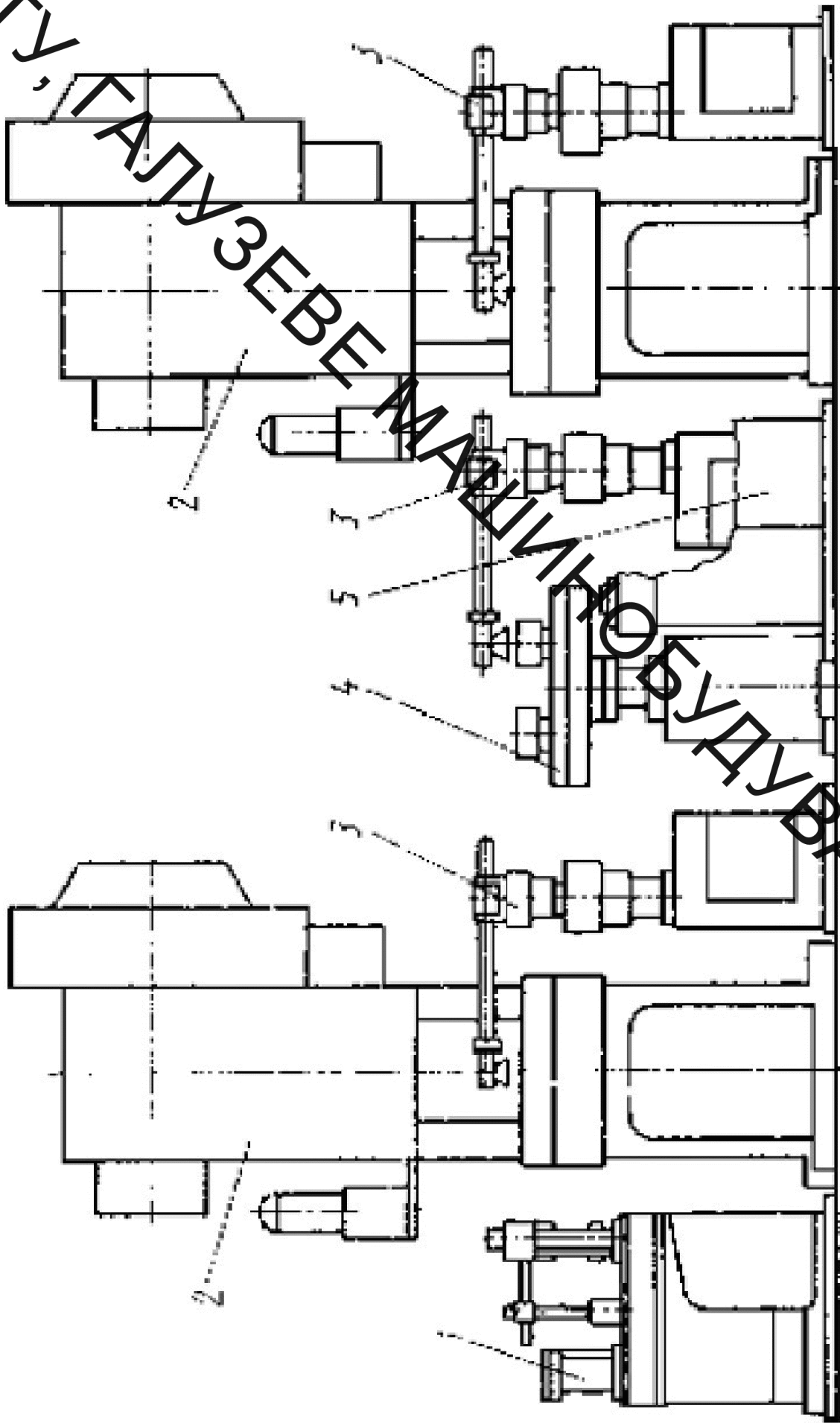
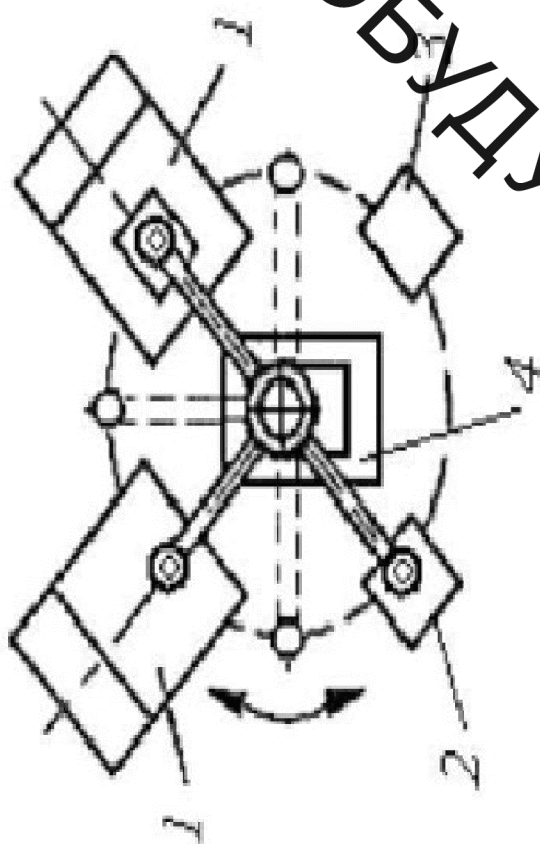
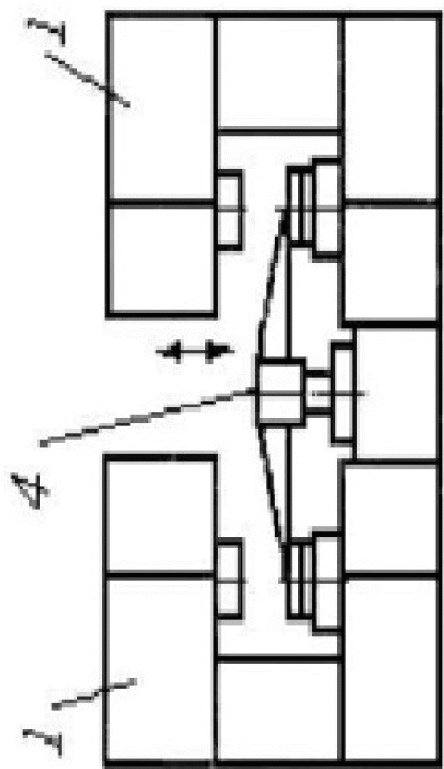
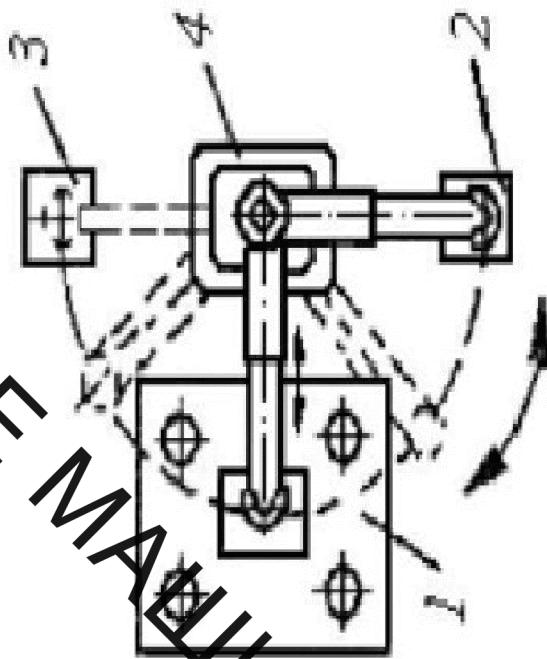
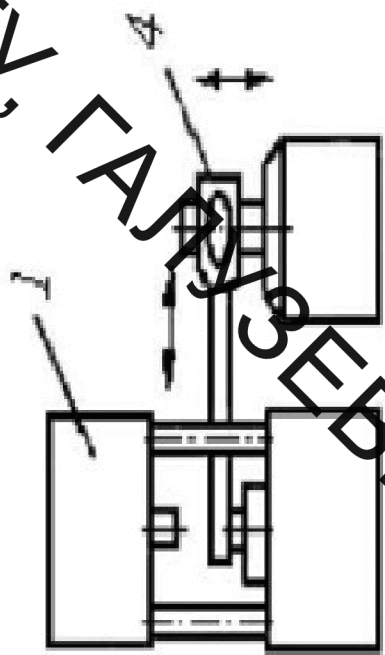


Рисунок 2.1. РМЖ для одно- і двоопераційного штампування на основі робота «Гном-32»

ВНТКУ, ГАЛУЗЬ СЕРВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ



a



б

Рисунок 2.2 Схеми РТМ для холодного листового штампування:
a - з двома крутільними пресами і трируким ГР;
б - з одним двостояковим пресом і дворуким ГР

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
A1			08-27.МКР.009.00.000 ВЗ	Документация		
				Робот із захватним пристроєм		
				Деталі		
				Захватний пристрій	1	
		1	08-27.МКР.009.00.000	Захватний пристрій	1	
		2	08-27.МКР.009.02.000	Робот	1	

ВНТУ ЗАЛУЗЕРВ МАШИНОБУДУВАННЯ

Перв. примен.	Подп. и дата
Справ. №	Инв. № дѣл.
	Взам. инв. №
	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Тарський М.В.		
Проб.		Поліщук Л.К.		
Н.контр.		Поліщук Л.К.		
Утв.		Поліщук Л.К.		

08-27.МКР.009.00.000

Робот FS20С із захватним пристроєм

Лист	Лист	Листов
		1

ВНТУ, гр. 1ГМ-19М

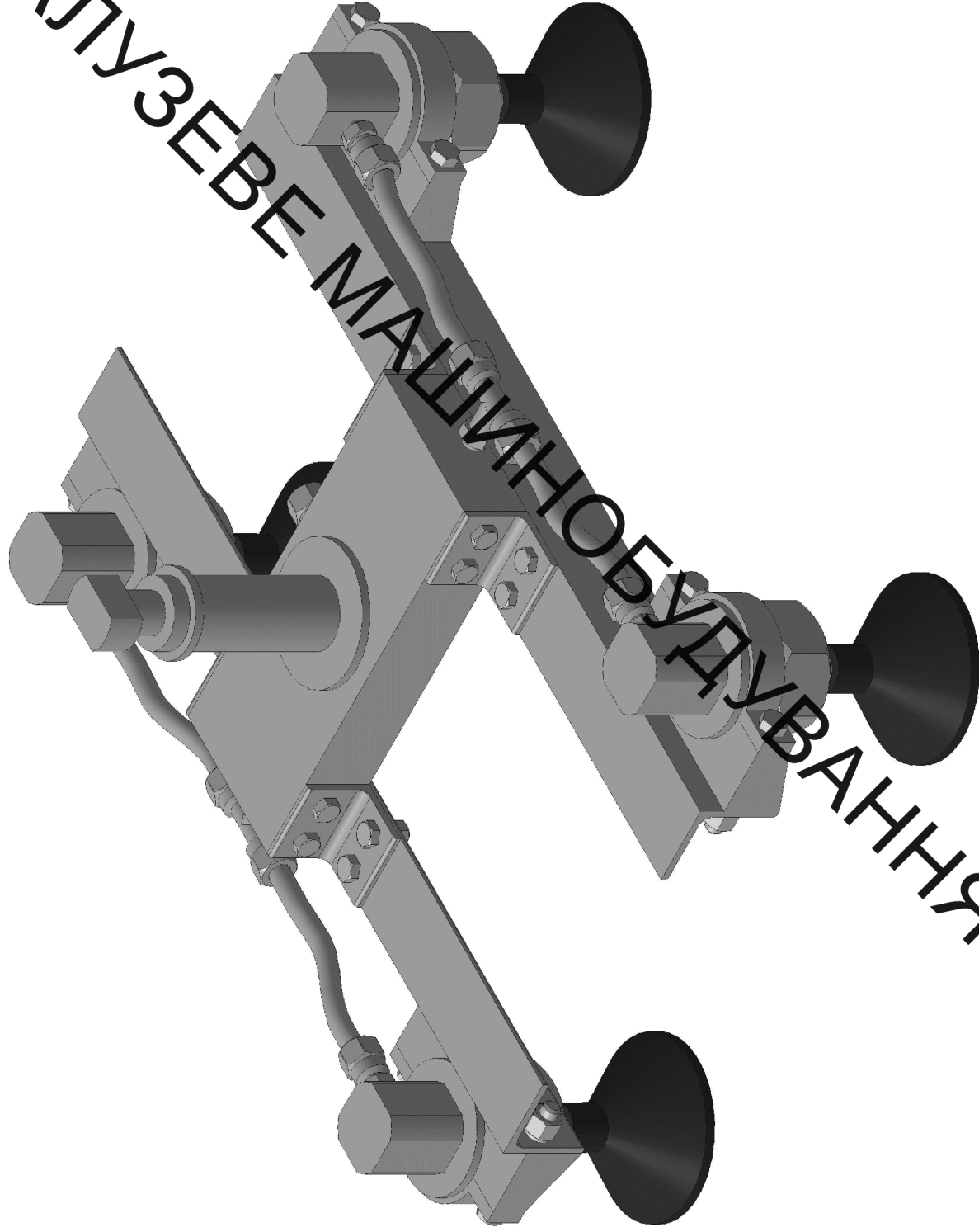
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.	A1			Документация		
				Робот		
Справ. №				Деталі		
		1	08-27.МКР.009.01.000	Механізм повороту	1	
		2	08-27.МКР.009.02.000	Механізм гоїдання	1	
		3	08-27.МКР.009.03.000	Колона	1	
		4	08-27.МКР.009.04.000	Механізм повороту руки	1	
		5	08-27.МКР.009.05.000	Рука	1	
		6	08-27.МКР.009.06.000	Механізм повороту кисті	1	

Взам. инв. №	Инв. № дѣл.	Подп. и дата
Подп. и дата		

08-27.МКР.009.02.000				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Горський М.В.		
Проб.		Поліщук Л.К.		
Н.контр.		Поліщук Л.К.		
Утв.		Поліщук Л.К.		
Робот FS20C			Лит.	Лист
				Листов
				1
ВНТУ, зр. 1ГМ-19М				

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						Документация			
					08-27.МКР.009.00.000 СК	Вакуумний захватний пристрій	1		
						Складальні одиниці			
				1	08-27.МКР.009.00.100	Корпус	1		
				2	08-27.МКР.009.00.200	Вакуумний присмоктувач	1		
				3	08-27.МКР.009.00.300	З'єднувальна арматура	1		
				4	08-27.МКР.009.00.400	Корпус	1		
						Деталі			
				7	08-27.МКР.009.00.001	Хвостовик	1		
				8	08-27.МКР.009.00.002	Кутник приєднувальний	1		
				9	08-27.МКР.009.00.003	Хомут	1		
				10	08-27.МКР.009.00.004	Кутник приєднувальний	1		
						Стандартні вироби			
						Болти ГОСТ7798-70			
				11		M8-8gx25.58	12		
				12		M10-8gx80.58	4		
						Гайки ГОСТ6393-73			
				13		M8x7H.5	12		
				14		M10x7H.5	4		
					08-27.МКР.009.00.000				
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разраб.		Тарський М.В.					
		Проб.		Поліщук Л.К.					
		Н.контр.		Поліщук Л.К.					
		Утв.		Поліщук Л.К.					
		Вакуумний захватний пристрій					Лист	Лист	Листов
								1	2
							ВНТУ, см. зр. 1ГМ-19М		

3D модель захватного пристрою ПР для
штампувальних операцій



ВНТКУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			08-27.МКР.009.01.200 СК	Вакуумний присмоктувач		
<i>Деталі</i>						
Справ. №		1	08-27.МКР.009.01.201	Колектор	1	
		2	08-27.МКР.009.01.202	Шарова опора	1	
		3	08-27.МКР.009.01.203	Присмоктувач	1	
		4	08-27.МКР.009.01.204	Штуцер	1	
		5	08-27.МКР.009.01.205	Гайка	1	
		6	08-27.МКР.009.01.206	Гайка регулювальна	1	

ЗАКАЗ НА ПОВНІЛЬНЕ БУДУВАННЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Підп. і дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Підп. і дата

08-27.МКР.009.01.200								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вакуумний присмоктувач	Лист	Лист	Листов
Разраб.		Торський М.В.						1
Проб.		Поліщук Л.К.				ВНТУ, гр. ІГМ-19М		
Н.контр.		Поліщук Л.К.				Утвор.		
Утв.		Поліщук Л.К.			Копировал			