

Хмельницький національний університет
Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра: Технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти магістра

«Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус приводу 421-001» з розробленням програм для розрахунків сили затиску та міцності елементів пристроїв»
Назва теми

Рівень вищої освіти: другий (магістр)

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Шифр і назва галузі знань

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Шифр і назва спеціальності

Спеціалізація: Технології машинобудування
Назва

Освітня програма: Технології машинобудування

Назва

Шифр 17049

Виконав студент 2 курсу група ПМТм-22-1
Шифр

Максим КАШПУРЕНКО
Ім'я, прізвище

Керівник д.т.н., професор
Науковий ступінь, звання

Анатолій ГОРДЕЄВ
Ім'я, прізвище

Нормоконтролер _____

Сергій БИСЬ
Ім'я, прізвище

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри технології
машинобудування _____
Назва

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище

Дата 27.12.2023

Завідувачу кафедри
Технології машинобудування
Віталію ТКАЧУКУ
здобувача вищої освіти
Максима КАШПУРЕНКО,
факультету інженерії, транспорту та
архітектури, 2 курсу гр. ПМТм-22-1

здобувача вищої освіти (студента
ПІБ, факультет, «курс», «група»)

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

27.12.2023

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ

КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продкованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:
 Назва кваліфікаційної роботи: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус приводу 421-001» з розробленням програм для розрахунків сили затиску та міцності елементів пристроїв»

Автор: Максим КАШПУРЕНКО
 Освітня програма: 131. Прикладна механіка
 Спеціальність: Технології машинобудування
 Науковий керівник: Анатолій ГОРДЕСВ

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	Текст вважається оригінальним та не потребує додаткових дій щодо запобігання неправомірним запозиченням. Передається на розгляд Експертної ради кафедри

Підтвердження:

.....

.....

.....

.....

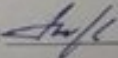
Дата

Завідувач кафедри


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи


Підпис

Анатолій ГОРДЕСВ
Ім'я, прізвище

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Кашпуренко Максим Русланович на захист дипломного проєкту (роботи)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус приводу 421-001» з розробленням програм для розрахунків сили затиску та міцності елементів пристроїв

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету

ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ
(підпис, ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Кашпуренко М. Р. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2022 по 2022 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 33,33 %, задовільно 66,67 %, шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 9,09 %, С 18,18 %, D 27,27 %, E 45,45 %.

Методист факультету

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Кашпуренко М.Р. продемонстрував високу якість роботи зокрема на базі виконаних у змінній мережі. За період роботи з наглядом показав добрі технічні знання.

Оцінка дипломного проєкту (роботи) добре

Керівник дипломного проєкту

В. Гордєєв
(підпис, ім'я, прізвище)
- 31 - 12 2023 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Кашпуренко М. Р. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

Віталій ІВАНУШ
(підпис, ім'я, прізвище)

Михайло ДУДІВ
(підпис, ім'я, прізвище)
- 27 - 12 2023 р.

РЕЦЕНЗІЯ

на магістерську роботу Кашпуренко М. Р. «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус приводу 421-001» з розробленням програм для розрахунків сили затиску та міцності елементів пристроїв»

Тема магістерської роботи Кашпуренко М. Р. є інженерно цікавою і актуальною для сучасного виробництва. Технічна задача вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу приводу полягає у використанні багатоцільових верстатів з ЧПК, а розроблення програмних продуктів для розрахунків конструкцій верстатних пристроїв є актуальною задачею.

В загальному розділі розглянуто роль технологічного оснащення в сучасному машинобудуванні і виконана постановка задачі досліджень. В другому розділі технологічному запропоновано новий техпроцес виготовлення корпусу приводу, виконано розрахунки собівартості заготовки, визначено припуски, режими різання, норми часу. В третьому розділі наведено розроблення програмних продуктів для автоматизації розрахунку верстатних пристроїв. В четвертому розділі виконано проектування верстатного пристрою для фрезерування.

Графічна частина виконана на доброму рівні з використанням комп'ютерного просторового проектування і дає повне уявлення про предмет розробки. Креслення та пояснювальна записка відповідають вимогам ДСТУ.

За матеріалами досліджень опубліковані тези.

По роботі є зауваження:

1. Бажано було би надати загальну методику проектування верстатних пристроїв для розуміння ролі запропонованих програмних продуктів.

Виходячи з результатів, які містяться в магістерській роботі та виконанні її на високому технічному рівні, який відповідає вимогам до магістерських праць, робота рекомендується до захисту, а здобувач Кашпуренко М. Р. заслуговує присудження ступеня магістра за спеціальністю 131 - Прикладна механіка.

Доцент каф. галузевого машинобудування
та агроінженерії, к.т.н., доцент



Лук'янюк М.В.

Хмельницький національний університет
факультет Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра Технології машинобудування

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Шифр і назва

Освітня програма Технології машинобудування

Спеціалізація Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
технології машинобудування
_____. _____. 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

Кашпуренко М. Р.

Тема роботи: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус приводу 421-001» з розробленням програм для розрахунків сили затиску та міцності елементів пристроїв»

керівник проекту (роботи) Гордєєв А.І., д.т.н., професор

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

Затверджено наказом ректора університету від _____ 20__ р. № _____

2 Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 10.12.2023 р

3 Вихідні дані до проекту (роботи): Обзор літературних джерел. Креслення деталі.

4 Зміст пояснювальної записки: Вступ. Загальний розділ. Технологічний розділ. Дослідницький розділ. Конструкторський розділ. Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу: Перелік графічних матеріалів: 1 Загальний лист – 1 лист А1; Креслення деталі – 1 лист А1; 2 Креслення заготовки –1 лист А1; 3. Графотехнологія –1 лист А1; 4. Карта наладки верстата Наас – 1 лист А1; 5. Верстатний пристрій – 2 листа А1; 6. Дослідницький лист – 3 листа А1 6 Дата видачі завдання 10.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
Розділ I	30.09.2023	
Розділ II	15.10.2023	
Розділ III	30.11.2023	
Розділ IV	05.12.2023	

Студент _____
Підпис

Максим КАШПУРЕНКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проекту (роботи) _____
Підпис

Анатолій ГОРДЄЄВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Анотація

Тема проекту: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус приводу 421-001» з розробленням програм для розрахунків сили затиску та міцності елементів пристроїв»

Автор М. Р. Кашпуренко Керівник проекту: А. І. Гордєєв

Об'єм пояснювальної записки 84 стор. Графічна частина 9 листів А1.

Актуальність теми дослідження

Технічна задача вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпуса приводу полягає у використанні багатоцільових верстатів з ЧПК, а розроблення програмних продуктів для розрахунків конструкцій верстатних пристроїв є актуальною задачею.

Мета роботи. Метою магістерської дипломної роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки із застосуванням сучасних технологій на верстатах з ЧПК з розробленням пакету програм для розрахунку верстатних пристроїв.

Предмет дослідження – технологічний процес виготовлення корпуса приводу та розробка пакету прикладних програм.

Об'єкт дослідження – технологічний процес обробки Корпуса приводу 421-001 з розрахунками прямої та зворотної задачі визначення параметрів приводу пристроїв з подальшим розрахунком деталей на міцність.

Предмет дослідження – Вдосконалений технологічний процес обробки Корпуса приводу 421-001 із застосуванням верстатів з ЧПК та програмні продукти розрахунку прямої та зворотної задачі визначення параметрів приводу пристроїв з подальшим розрахунком деталей на міцність.

Наукова новизна. Розроблено пакети програм для розрахунку верстатних пристроїв.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус приводу» при цьому запропоновані такі нові рішення:

- розроблено удосконалений технологічний процес механічної обробки корпуса із застосуванням верстатів з ЧПК фірми HAAS;
- розроблено конструкцію пристрою для виконання операції фрезерування.
- розроблені пакети програм для розрахунку верстатних пристроїв прискорюють проектування.

Ключеві слова: удосконалення технологічного процесу корпуса приводу, пакети програм, параметри передавальних механізмів та приводу пристроїв.

Автор проекту:

М. Р. Кашпуренко

2023 р.

/Підпис/

/Дата/

Abstract

Topic of the project: "Improving the manufacturing process of the part "Drive housing 421-001" with the development of programs for calculating the clamping force and strength of device elements"

Author M. R. Kashpurenko Project manager: A. I. Gordeev

The volume of the explanatory note is 84 pages. Graphic part of 9 A1 sheets.

Relevance of the research topic

The technical task of improving the manufacturing process of the drive housing is the use of multi-purpose machines with CNC, and the development of software products for calculating the designs of machine tools is an urgent task.

The goal of the work. The purpose of the master's thesis is to improve the technological process of mechanical processing of the workpiece using modern technologies on CNC machines with the development of a package of programs for calculating machine tools.

The subject of research is the manufacturing process of the drive housing and the development of a package of application programs.

The object of the research is an improved technological process of processing the workpiece and calculations of the direct and inverse problem of determining the parameters of the device drive with further calculation of the strength of the parts.

The subject of the study is the improved technological process of processing the drive housing 421-001 with the use of CNC machines and software products for calculating the direct and inverse problem of determining the drive parameters of devices with the subsequent calculation of parts for strength.

Scientific novelty. Software packages for calculating machine tools have been developed.

The practical significance of the obtained results lies in the improvement of the technological process of mechanical processing of the workpiece of the "Drive housing" part, while the following new solutions are proposed:

- an improved technological process of mechanical processing of the hull was developed using HAAS CNC machines;
- the design of the device for performing the milling operation was developed.
- developed software packages for calculating machine tools accelerate design.

Keywords: improvement of the technological process of the drive housing, program packages, parameters of transmission mechanisms and drive devices.

Author of the project:

M. R. Kashpurenko

2023

/Signature/

/ Date/

<i>№ рядка</i>	<i>Формат</i>	<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кількість</i>	<i>При міт ка</i>
1			Документація загальна		
2					
3					
4	A4	ДРМ.ФІТА.23.00.00 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна записка		
5	A1	ДРМ.ФІТА.23.02.02.00.00	Креслення заготовки	1	
6	A1	ДРМ.ФІТА.23.02.01.00.00	Креслення деталі	1	
7	A1	ДРМ. ФІТА.23.02.03.00.00	Карта наладки	1	
8	A1	ДРМ.ФІТА.23.04.01.00.00СК	Пристрій для фрезерування	2	
9	A1	ДРМ.ФІТА.23.01.01.00.00	Загальний лист	1	
9	A1	ДРМ.ФІТА.23.03.01.00.00	Дослідницький лист 1	1	
10	A1	ДРМ.ФІТА.23.03.02.00.00	Дослідницький лист 2	1	
11	A1	ДРМ.ФІТА.23.03.03.00.00	Дослідницький лист 3	1	

					ДРМ.ФІТА.23.00.00ПЗ		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив.	Кашпуренко				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Гордєєв						
Н. Контр.	Бись				ХНУ-ПМТМ-22-1		
Затвердив	Ткачук						
					<i>Відомість роботи</i>		

ЗМІСТ

	арк.
Вступ	9
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	11
1.1 Роль технологічного оснащення в сучасному машинобудуванні.....	11
1.2 Автоматизація конструкторського документування.....	14
1.3 Основні пропозиції щодо побудови удосконаленого технологічного процесу виготовлення деталі корпус приводу	17
1.4 Висновки до розділу 1 та завдання досліджень	18
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	19
2.1 Аналіз креслення і технічних вимог на виготовлення деталі	19
2.2 Аналіз технологічності конструкції деталі	22
2.3 Визначення типу та організаційної форми виробництва	23
2.4 Вибір заготовки та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання.....	25
2.4.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготовки.....	25
2.4.2 Визначення розмірів заготовки та їх допусків.....	27
2.5 Вибір технологічних баз.....	29
2.6 Вибір технологічного маршруту обробки деталі корпус.....	30
2.7 Встановлення планів обробки окремих поверхонь.....	31
2.8 Розробка технологічних операцій механічної обробки.....	32
2.9 Розрахунок припусків.....	38
2.9.1 Аналітичний метод визначення припусків.....	38
2.10 Розрахунок та призначення режимів різання на операції механічної обробки.....	39
2.10.1 Розрахунок режимів різання аналітичним методом.....	40
2.10.2 Розрахунок режимів різання на ЕОМ.....	42
2.11 Розрахунок норм часу на виконання операцій механічного оброблення деталі.....	44

2.12	Висновки до розділу 2.....	45
	РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКУ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ.....	46
3.1	Організація автоматизованого проектування пристроїв на підприємстві.....	46
3.2	Схеми затискних механізмів і розрахункові формули для визначення початкових сил.....	49
3.3	Схеми пневматичних приводів і розрахункові формули для визначення зусилля на штокові приводу.....	57
3.4	Проектування, опис і можливості програми «Пристрій 1.0».....	59
3.5	Інструкція по користуванню програмним продуктом «Пристрій 1.0».....	62
	3.5.1 Загальна інформація про організацію діалогу з користувачем програми «Пристрій 1.0».....	62
	3.5.2 Порядок роботи з програмою «Пристрій 1.0».....	64
3.6	Створення програми розрахунків на міцність елементів пристрою.....	65
	3.6.1 Розроблення схема роботи програми «Rozrahunok» для розрахунку елементів на міцність.....	65
	3.6.2 Опис та послідовність користування програмним пакетом «Rozrahunok».....	67
3.7	Висновки до розділу 3.....	72
	РОЗДІЛ 4. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ.....	73
4.1	Проектування верстатного пристрою для фрезерування.....	73
	4.1.1 Вибір установочних елементів пристрою.....	73
	4.1.2 Розрахунок точності обробки.....	74
	4.1.3 Розрахунок сили закріплення деталі.....	75
	4.1.4 Розрахунок затискного механізму.....	76
	4.1.5 Розрахунок приводу пристрою.....	77
	4.1.6 Розрахунок елементів верстатного пристрою на міцність.....	78
	4.1.7 Розробка технічних вимог на пристрій та опис роботи.....	78
4.2	Висновки до розділу 4.....	82

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	84
ДОДАТКИ.....	85

ВСТУП

Задача керівників і організаторів машинобудівного виробництва полягає в тому щоб, створити сітку переважно середніх і мілких підприємств, що спеціалізуються на виробництві деталей, вузлів модулів сучасної техніки, така практика виправдала себе в машинобудуванні розвинених країн Заходу. Ця сітка необхідна інфраструктура сучасного машинобудування разом зі спеціальним виробництвом заготовок, інструментів, оснащення. Вона повинна складати ядро комплексу галузей загально машинобудівного використання.

Підвищення продуктивності праці досягається розподілом праці і спеціалізації виробництва перед усім, на базі функціонального підходу до проектування і виробництва техніки. Найважливішою рисою прогресивної моделі машинобудування в сучасних умовах повинно бути поєднання високоспеціалізованого виробництва функціональних вузлів і деталей техніки з добросовісним, культурним і класифікованим рівнем розробки технічних пристроїв.

Основні задачі, що стоять на даному етапі переходу економіки нашої країни до ринкових відносин – являє не допускати спаду об'єму випуску товарної продукції, збільшення долі товарів народного споживання в об'ємі всієї продукції, що випускається перехід на нові методи ведення господарства. Підвищення продуктивності праці за рахунок зміни відношення людей до праці, використання нового обладнання і нових технологій розвинених країн переорієнтація економіки на нові ринки збуту і як наслідок освоєння випуску нової продукції що відповідає світовим стандартам, перехід на міжнародну систему ISO всього машинобудування.

Вітчизняне машинобудування дуже мало забезпечене високоякісним обладнанням, інструментом, швидкодіючими прогресивними пристроями. В майбутньому необхідно забезпечити значно випереджувальні темпи розвитку на Україні спеціалізованого виробництва і інструмента і технологічного оснащення.

Актуальність теми дослідження

Технічна задача вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу приводу полягає у використанні багатоцільових верстатів з ЧПК, а розроблення програмних продуктів для розрахунків конструкцій верстатних пристроїв є актуальною задачею.

Мета роботи. Метою магістерської дипломної роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки із застосуванням сучасних технологій на верстатах з ЧПК з розробленням пакету програм для розрахунку верстатних пристроїв.

Предмет дослідження – технологічний процес виготовлення корпусу приводу та розробка пакету прикладних програм.

Об'єкт дослідження – вдосконалений технологічний процес обробки заготовки та розрахунки прямої та зворотної задачі визначення параметрів приводу пристроїв з подальшим розрахунком деталей на міцність.

Методи дослідження. Використано аналітичні та експериментальні методи дослідження з розробленням пакетів програм.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу, застосувавши верстати з ЧПК, а саме обробляючий центр свердлильно-фрезерно-розточувальної групи VF-1 фірми HAAS (США).

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус приводу» при цьому запропоновані такі нові рішення:

- розроблено удосконалений технологічний процес механічної обробки корпусу із застосуванням верстатів з ЧПК фірми HAAS;

- розроблено конструкцію пристрою для виконання операції фрезерування.

- розроблені пакети програм для розрахунку верстатних пристроїв прискорюють проектування.

Публікації. Оpubліковано тези.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Роль технологічного оснащення в сучасному машинобудуванні

Точність механічної обробки в значній мірі залежить від верстатного оснащення. При обробці заготовель методом спробних проходів точність деталі залежить в основному від кваліфікації робітника. Застосування автоматичного методу одержання розмірів і механізованого закріплення заготовель у пристосуванні практично цілком усуває вплив рівня кваліфікації робітника на точність обробки. Якість деталей у цьому випадку в значній мірі залежить від верстатного пристосування, його точності, здатності зберегти її в процесі обробки, місця додатка і напрямку затискної сили і т.д.

Особливого значення набуває технологічне оснащення для гнучких виробничих систем (ГПС). Швидке переналагодження ГПС полягає не в зміні програми, на що затрачається незначний час, а в переналагодженні пристосувань і заміні комплекту інструмента. Застосування прогресивної швидко налагоджувальної і керованої від системи ЧПУ технологічного оснащення є значним резервом підвищення ступеня гнучкості ГПС.

Проектовані конструкції верстатних пристосувань повинні забезпечувати найбільшу ефективність і рентабельність виробництва, зниження вартості пристосувань і скорочення термінів їхнього виготовлення; бути зручними і безпечними в роботі; швидкодіючими; зручними для швидкої установки на верстат, що особливо важливо при періодичній зміні пристосувань у серійному виробництві, а в умовах ГПС - для автоматичної зміни й установки; простими і дешевими у виготовленні, доступними для ремонту і заміни зношених деталей.

Виходячи з того, що верстатні пристосування є одним з ланок технологічної системи верстат-пристосування-інструмент-заготівля, до них, як і до всіх елементів системи, пред'являються високі експлуатаційні вимоги, кінцева мета яких - забезпечити необхідну точність і якість виготовлення

деталей. До таких експлуатаційних властивостей відносяться: твердість, надійність, точність, зносостійкість основних елементів, вібростійкість.

Створення конструкцій технологічного оснащення, що відповідає перерахованим вимогам, - процес складний і трудомісткий, що надає конструктору широкі можливості для прояву творчої ініціативи, реалізувати який найбільше раціонально впливає з використанням електронної обчислювальної техніки.

Впровадження САПР пристосувань на підприємстві змінює структуру підготовки виробництва і передбачає виконання таких видів робіт, показаних на рисунку 2.1. Завдання на проектування пристосувань видається технологічним підрозділам ОГТ конструкторському підрозділу по оснастці. До завдання додається підготовлене по визначених правилах операційне креслення деталі що оснащується. Підрозділ по конструюванню пристосувань кодує інформацію операційного креслення і завдання на проектування, перевіряє чи правильно виконане кодування, складає завдання на автоматизоване проектування для обчислювального центру (ОЦ). Вхідні дані, що є в таблицях вхідної інформації (ТВІ), і завдання на автоматизоване проектування пристосувань передаються на ОЦ.

ОЦ реалізує програми проектування на ЕОМ. У результаті ОЦ одержує специфікацію С, маршрутні карти виготовлення деталей пристосування {Т}, відомості заготовок W1, що комплектують виробів W2 і витрат на виготовлення з пристосування, а також програми для опрацювання деталей на верстатах із ЧПК (ПЧПК). Креслярським принтером на ОЦ викреслюють складальне креслення S і комплект робочих креслень {Rc} спеціальних деталей пристосувань.

Всю конструкторську документацію, отриману на ОЦ, разом із ТВІ спрямовують до підрозділу по конструюванню пристосувань. Технологічні документи разом із носіями програм для верстатів із ЧПК передаються технічній службі (бюро) інструментального виробництва. Підрозділ по конструюванню пристосувань контролює отриману на ОЦ конструкторську

документацію, доповнює її копіями бланків - креслень частково нормалізованих деталей із постійною конфігурацією і заповнює їхніми розмірами, отриманими на ЕОМ. У результаті утвориться повний комплект робочих креслень деталей пристосування $\{R\}$. Копії перевірених і доукомплектованих конструкторських документів спрямовують до технічній службі інструментального виробництва і здають до архіву.



Рисунок 1.1 - Технологічна схема організації автоматизованого проектування верстатних пристроїв на промисловому підприємстві

У підрозділі підготовки інструментального виробництва перевіряють технологічні документи, отримані на ЕОМ, а також комплектують усю документацію для виготовлення пристосувань із подальшою її передачею в цех.

Поява в останні роки персональних ЕОМ і розширення їхніх можливостей використання на промислових підприємствах проектувальниками на всіх етапах проектування пов'язано з їхніми головними особливостями: максимальною орієнтацією на користувача, універсальністю і загальнодоступністю. Застосування ЕОМ безпосередньо на робочому місці інженера - конструктора і технолога змінює загальну схему організації автоматизованого проектування пристосувань (рис. 1.1) за рахунок передачі функцій, виконуваних обчислювальним центром, підрозділам по конструюванню пристосувань і підготуванню інструментального виробництва.

Надалі розвиток САПР пристосувань у сукупності з АБД технологічного призначення повинні створити умови для виконання всього циклу робіт із вибору, проектування верстатних пристосувань і технічних процесів, включаючи розробку керуючих програм для верстатів із ЧПК, безпосередньо одним проектувальником.

1.2 Автоматизація конструкторського документування

Результати автоматизованого синтезу пристосувань, подані у виді цифрової моделі, можуть бути використані при виготовленні конструкції. Мовою опису машинобудівних конструкцій поки залишається креслення, оформлений відповідно до вимозі ЄСКД, тому виникає необхідність автоматизації конструкторського документування результатів проектування пристосувань.

Послідовність виконаних процедур по автоматизації побудови складальних креслень пристосувань може бути подана у вигляді укрупненої схеми алгоритму (рис. 1.2).

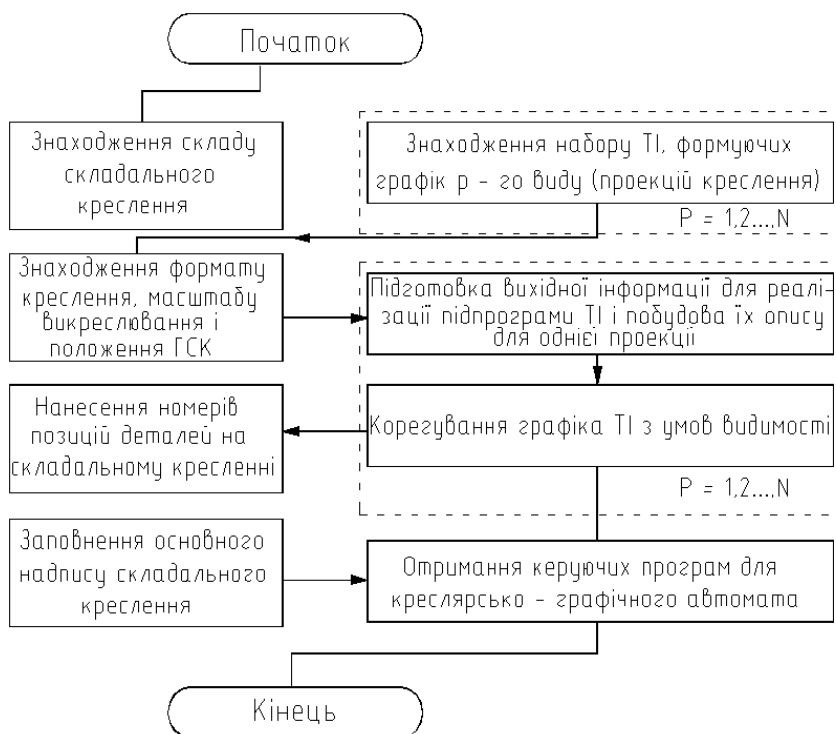


Рисунок 1.2 - Укрупнена схема алгоритму побудови складальних креслень пристроїв.

Головні особливості автоматизації одержання креслень конструкцій пристосувань складаються в наступному:

- у побудові цифрових моделей креслень пристосування визначальну роль грає тривимірний цифровий опис (модель) конструкції; модель креслення за допомогою програмних засобів графіки можна перетворити в програму, що управляє роботою графобудівника; у якості основи для побудови креслень використовується інформаційне поле ТІ, описи ТІ формуються програмними процедурами з опису КЭ;
- при інтерпретації КЭ типовими зображеннями провадиться членування просторових уявлень КЭ на частині; у результаті ТІ може графічно відображати не всю, а лише частина деталі (складальної одиниці);
- креслення конструкцій виконуються в двох мірному просторі, що описується системою координат проекцій, як-от головну систему координат конструкції і множина систем координат ТІ; для переходу

від цифрової тривимірної моделі конструкції до плоскої моделі креслення доцільно, щоб названі системи координат були тривимірними;

- для оцінки видимості ліній на кресленні застосовуються метод конкуруючих точок і критерій різниці аплікату;
- при нанесенні номерів позицій на складальних кресленнях пристосувань використовується метод міченої точки, під яким розуміють точку в тривимірному просторі з заздалегідь відомими координатами. З її починається лінія винесення специфікує елемент пристосування; мічена точка вибирається на ділянці КЭ, який відомий як видимий.

Одержання креслень при автоматизованому проектуванні пристосувань провадиться на креслярсько-графічних автоматах (графобудівниках), серед яких розрізняють планшетні (ЄС 7051, ЄС 7054) і рулонні (ЄС 7052, ЄС 7053). Графобудівники можуть працювати при безпосередньому керуванні від ЕОМ і автономно. Останній режим роботи економічно більш кращий, що пов'язано з істотним розходженням швидкодії ЕОМ і графобудівника.

Розробка програм креслення пристосувань ґрунтується на базовому програмному і математичному забезпеченні креслень графіки. У САПР пристосувань найбільше часто використовують пакет креслярської графіки РАД-ЕС і систему ГРАФОР для виводу інформації на графобудівник

Одержання креслень деталей у системах автоматизованого проектування пристосувань залежить від ступеня нормалізації цих деталей. Для деталей, конструкції яких визначається стандартами, робітники креслення звичайно не видаються. Для виробництва достатньо вказувати в специфікації їхній найменування з посиланням на номери відповідних стандартів. Це дозволяє істотно скоротити загальний час проектування і креслення креслень пристосувань. Для деталей із постійною конфігурацією (формою) і перемінними розмірами немає необхідності автоматично будувати на ЧГА їхні робітники креслення, тому що вони відповідають типам деталей. У цьому випадку доцільно використовувати бланки - креслення для кожного типу

деталей, а перемінну інформацію про розміри деталі виводити у виді таблиць на друкувальний пристрій.

1.3 Основні пропозиції щодо побудови удосконаленого технологічного процесу виготовлення деталі корпус приводу

Для удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу приводу запропоновано застосувати верстати з ЧПК фірми HAAS (США). Для виконання операцій 030, 035 та 040 приймаємо верстат оброблюючий центр VF1 фірми HAAS. Дана модель верстату має можливість виконувати наступні переходи оброблення заготовки: фрезерування, розточування, свердлування нарізання різьби. Загальний вигляд верстата VF1 показано на (рис. 1.3) та його основних оригінальних вузлів показано на (рис. 1.4).



Рисунок 1.3 - Загальний вигляд верстата VF1



Рисунок 1.4 - Загальний вигляд магазину зміни інструменту

1.4 Висновки до розділу 1 та завдання досліджень

1. Для визначеного типу виробництва запропоновано вдосконалити технологічний процес виготовлення деталі корпус приводу, застосуванням верстату з ЧПК, а саме вертикального оброблюючого центру VF1 фірми HAAS (США).

Задачі досліджень

Базуючись на типовому технологічному процесі виготовлення деталі «Корпус приводу» необхідно:

- вдосконалити технологічний процес виготовлення деталі «Корпус приводу», застосувавши верстат з ЧПК моделі VF-1 фірми HAAS;
- провести конструктивну розробку верстатного пристрою;
- провести розробку пакету прикладних програм розрахунку прямої та зворотної задачі визначення параметрів приводу пристроїв та розрахунку деталей пристрою на міцність.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз креслення і технічних вимог на виготовлення деталі

Аналізуючи робоче креслення робимо висновок про наявність всіх даних для виготовлення деталі, що вимагає ДСТУ БА. 4-4:2009 «Загальні вимоги до робочих креслень».

1. Вибір матеріалу деталі.

Для виготовлення даної деталі використаємо сірий чавун СЧ20 ДСТУ 4038-2001, що обумовлено вимогами до технології виготовлення деталі “корпус”.

Таблиця 2.1- Механічні властивості СЧ20 ДСТУ 4038-2001

σ_b , МПа <	σ_T , МПа<	НВ	δ ,%
700	80	170	1

2. Обґрунтування призначення чистоти поверхонь деталі.

Таблиця 2.2 - Хімічний склад та механічні властивості чавуна СЧ20 ДСТУ 4038-2001

С , %	Si , %	Mn , %	Не більше		Ni , %	Cu , %
			S , %	P , %		
3...5	1.5...3.5	>0.03	0.05	0.15	$\cong 0.9$	$\cong 0.9$
σ_b , Мпа <	$\sigma_{міц}$, Мпа <	$[\sigma_0]_f$ <	$[\sigma_{-1}]_f$ <	$[\sigma_H]$	НВ	δ ,%
200	20	67	44	255- 361	170...24 1	36

За умовами роботи деталі необхідно забезпечити високу чистоту поверхонь та форми та взаємного розміщення поверхонь деталі (рис. 2.1).

Дані по чистоті поверхонь деталі зведено в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3- Елементи деталі

№ пп	Назва елемента.	Кваліте т точності	Шорсткі- сть R_a , мкм.	Призначення поверхні.
1	2	3	4	5
1.	Площина стику (1)	IT14	0,32	Конструктивний елемент
2.	Торець (1)	IT14	1,25	Конструктивний елемент
3.	Гладка внутрішня циліндрична поверхня (1)	H7	0,63	Конструктивний елемент
4.	Гладка внутрішня циліндрична поверхня (2)	H14	3,2	Конструктивний елемент
5.	Гладка внутрішня циліндрична поверхня (1).	H14	1,25	Конструктивний елемент
6.	Торець (1)	IT14	0,63	Посадочна поверхня
7.	Гладка внутрішня циліндрична поверхня (1).	H14	3,2	Конструктивний елемент
8.	Фаска внутрішня (1)	IT14	3,2	Конструктивний елемент
9.	Гладка внутрішня циліндрична поверхня (1).	H14	6,3	Конструктивний елемент
10.	Гладка внутрішня циліндрична поверхня (1).	H7	0,63	Посадочна поверхня
11.	Торець (1)	IT14	3,2	Конструктивний елемент
12.	Гладка внутрішня циліндрична поверхня (1).	H14	3,2	Конструктивний елемент
13.	Канавка (1)	IT14	3,2	Технологічний елемент
14.	Торець (1)	IT14	1,25	Конструктивний елемент
15.	Канавка (1)	IT14	3,2	Технологічний елемент
16.	Канавка (1)	IT14	3,2	Технологічний елемент

Закінчення таблиці 2.3

1	2	3	4	5
17	Канавка (17)	IT14	2,5	Конструктивний елемент
18	Гладкий отвір (4)	H14	6,3	Конструктивний елемент
19	Різьбовий отвір M16 (6)	6H	3,2	Конструктивний елемент
20	Гладкий отвір (11)	H14	3,2	Конструктивний елемент
21	Зенківка (11)	IT14	2,5	Конструктивний елемент
22	Різьбовий отвір M10 (4)	6H	3,2	Конструктивний елемент
23	Торець (2)	IT14	1,25	Конструктивний елемент
24	Гладка внутрішня циліндрична поверхня (1).	H7	0,32	Посадочна поверхня

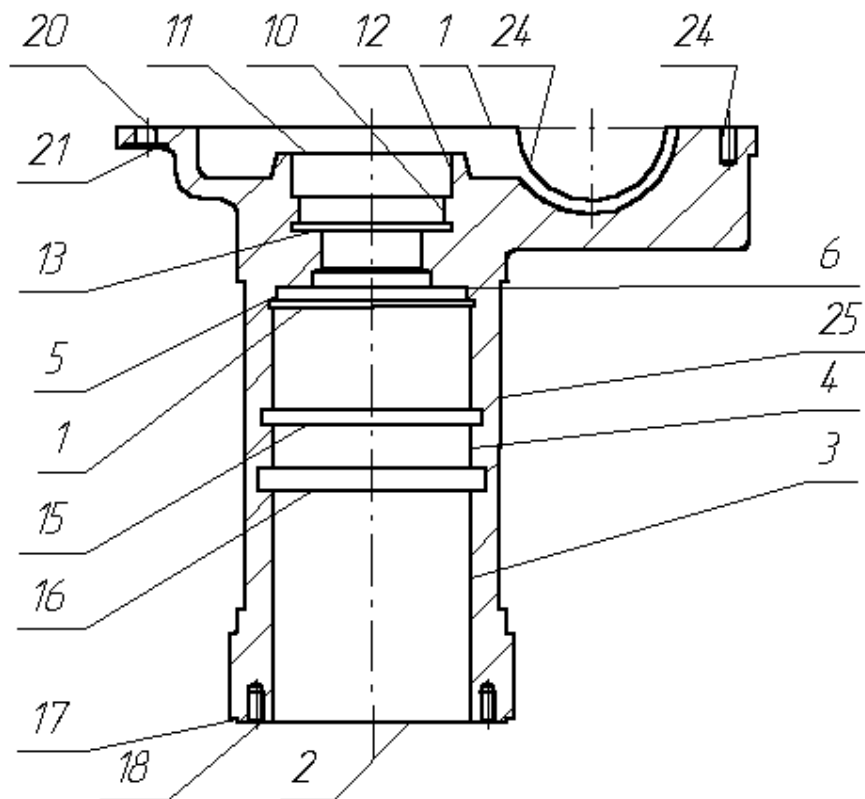


Рис. 2.1- Елементи деталі

2.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

1. Якісний аналіз.

Дана деталь відноситься до типу корпусних, утворена поверхнями, як простої так і складної форми. Наявність в деталі канавок різних розмірів, різьбових та гладких отворів різної глибини та діаметру, великих перепадів діаметрів внутрішніх отворів, несиметричної форми елементів наближує даний корпус до класу нетехнологічних деталей.

2. Кількісний аналіз.

Коефіцієнт точності :

$$K_{mч.} = 12/T_{cp.}, \quad (2.1)$$

де T_{cp} – середня точність розмірів деталі.

$$T_{cp.} = \Sigma T_i/n \quad (2.2)$$

де T_i – допуск на розмір деталі, мкм;

n – кількість розмірів деталі.

$$T_{cp} = 6400/18 = 355,6;$$

$$K_{mч.} = 12/355,6 = 0,03.$$

Деталь по коефіцієнту точності є технологічною, так як $K_{mч} \ll 1$.

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = 1/Ш_{cp.}, \quad (2.3)$$

де $Ш_{cp}$ – середня шорсткість поверхонь деталі.

$$Ш_{cp} = \Sigma R_a/n, \quad (24)$$

де R_a – параметр шорсткості поверхні

$$Ш_{cp} = 91,6/18 = 5,09;$$

$$K_{ш} = 1/5,09 = 0,19.$$

Так як $K_{ш} \ll 1$, то деталь по $K_{ш}$ є технологічною.

2.3 Визначення типу та організаційної форми виробництва

«Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операції: $K_{30}=1$ масове, $1 < K_{30} < 10$ – багатосерійне, $10 < K_{30} < 20$ – середньосерійне, $20 < K_{30} < 40$ – дрібносерійне. В одиничному виробництві K_{30} не регламентується» [3].

«Коефіцієнт закріплення операції для усіх різновидів серійного виробництва визначається за формулою:

$$K_{30} = \frac{\sum n_{oi}}{\sum P_i}, \quad (2.5)$$

де $\sum n_{oi}$ - сумарне кількість різних операцій за місяць по дільниці з розрахунку на одного змінного майстра.

$\sum P_i$ - явочна кількість робітників дільниці виконуючих різноманітні операції при роботі в одну зміну.

У даному розрахунку рекомендується визначати умовну кількість операцій виконаних на одному верстаті на протязі одного місяця при роботі водну зміну за формулою:

$$n_{oi} = \frac{\eta_m}{\eta_3}, \quad (2.6)$$

де η_3 - коефіцієнт завантаження верстата на операцією, яка проектується

η - планує мий нормативний коефіцієнт завантаження верстата всіма закріпленими за ним однотипними операціями : прийнятий ; для велико серійного – 0,75 ; для середньо серійного – 0,8; та для дрібносерійного виробництва – 0,9.

$$\eta = T_{ш.к} N_M / (60 F_M k_B) \quad (2.7)$$

де $T_{ш.к}$ - штучно-калькуляційний час на виконання операції, хв.,
 N_M – місячна програма випуску заданої деталі при роботі в одну зміну, шт.» [3].

$$N_M = N_p / 24, \quad (2.8)$$

де N_p - річна програма випуску заданої деталі.

$$N_M = 2000 / 24 = 83 \text{ шт.}$$

F_M – місячний фонд часу роботи обладнання в одну зміну, год.

$$F_M = 4055 / (2 * 12) = 169 \text{ год.}$$

K_v – коефіцієнт виконання норм, приймаємо рівним 1,3.

Підставивши в формулу (2,6) значення F_M та k_v отримаємо такий вираз;

$$\eta_3 = \frac{T_{ш.к.} N_M}{13182} \quad (2.9)$$

Після підстановки виразу (2.9) у формулу (2.6) отримаємо залежність для визначення кількості однотипних операцій виконуваних на одному верстаті протягом місяця.

$$n_{oi} = \frac{13182 \eta_{ш}}{T_{ш.к.} N_M} \quad (2.10)$$

$$n_{o1} = 13182 * 0.8 / 2.0 * 83 = 50.8$$

$$n_{o2} = 13182 * 0.8 / 16.67 * 83 = 7.6$$

$$n_{o3} = 13182 * 0.8 / 9.35 * 83 = 13.5$$

$$n_{o4} = 13182 * 0.8 / 21.5 * 83 = 5.9$$

$$n_{o5} = 13182 * 0.8 / 30.9 * 83 = 4.1$$

$$n_{o6} = 13182 * 0.8 / 12.7 * 83 = 10$$

$$n_{o7} = 13182 * 0.8 / 26.6 * 83 = 4.7$$

«Загальну кількість операцій на ділянці, виконуються протягом одного місяця визначаємо за формулою;

$$\sum n_{oi} = n_{o1} + n_{o2} + \dots + n_{on} \quad (2.11)$$

$$\sum n_{oi} = 50.8 + 7.6 + 13.9 + 5.9 + 4.1 + 10 + 4.7 = 97$$

Необхідна кількість робітників для обслуговування на протязі однієї зміни одного верстата завантаженого по плановому нормативному коефіцієнту.

$$P_i = \frac{N_i t_i}{60 k_g \Phi} = \frac{n_{oi} N_M T_{ш.к}}{60 k_g \Phi} \quad (2.12)$$

де N_i – приведений місячний об'єм випуску деталей, шт., при завантаженні верстата до прийнятого значення η_n : $N_i = n_{oi} N_M$;

t_i - штучно-калькуляційний час на виконання операції, хв.

Φ – місячний фонд часу робочого, зайнятого протягом 22 робочих днів в місяць, год. $\Phi = 22 \cdot 8 = 176$ год.

Після підстановки в формулу (1.8) значень k_v , Φ та n_{oi} отримаємо залежність для визначення необхідної кількості працівників для обслуговування одного верстата.

$$P_i = 0.96 \eta_n \quad (2.13)$$

$$P_i = 0.96 \cdot 0.8 = 0.77$$

Кількість робітників, що обслуговують один верстат приймаємо однаковою тобто 0,77.

Явочну кількість робітників дільниці визначаємо сумуванням значень P_i ;

$$\sum P_i = P_1 + P_2 + \dots + P_n \gg [3] \quad (2.14)$$

$$\sum P_i = 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 = 5.39$$

Отже:

$$K_{30} = 97 / 5.39 = 17.9$$

По розрахованому коефіцієнту закріплення операції приймаємо тип виробництва – середньосерійне.

2.4 Вибір заготовки та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання

2.4.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготовки

Проведемо порівняння двох методів отримання заготовки: литво в кокіль і литво в земляні форми.

Визначаємо масу заготовки при литві в кокіль:

$$m_{зк} = V_{зк} \cdot \rho_{чав}, \quad (2.15)$$

де $\rho_{чав}$ - питома вага чавуну, кг/м³; $\rho_{чав}=5600$ кг/м³;

$V_{зк}$ - об'єм заготовки при литві в кокіль, $V_{зк} = 0,0053\text{м}^3$.

$$m_{зк} = 0,0053 \cdot 5600 = 31,56 \text{ (кг)}.$$

Визначаємо масу заготовки при литві в земляні форми:

$$m_{зф} = V_{зф} \cdot \rho_{чав}, \quad (2.16)$$

де $V_{зф}$ - об'єм заготовки при литві в земляні форми, $V_{зф} = 0,0053\text{м}^3$.

$$m_{зф} = 0,0053 \cdot 5600 = 36,4 \text{ (кг)}.$$

Витрати на матеріал для обробки литвом:

$$M = \left[\left(\frac{C_i}{1000} \right) \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} \right] - (Q - q) \cdot \frac{S_{від}}{1000}, \quad (2.17)$$

де C_i – базова вартість 1т литих заготовок; $C_i=7500$ грн;

$S_{від}$ – вартість 1т відходів, $S_{від}=1000$ грн.;

Q – маса заготовки: при литті в кокіль $Q_k=31,56$ кг;

при литві в земляні форми $Q_f=36,4$ кг;

q – маса деталі;

$K_T, K_C, K_B, K_M, K_{II}$ – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси заготовки, матеріалу деталі, об'єму виробництва.

Витрати при литві в кокіль:

$$K_T=1; K_C=0,95; K_B=0,61; K_M=6,72; K_{II}=1.[2]$$

$$M = \left[\left(\frac{7500}{1000} \right) \cdot 29.68 \cdot 1 \cdot 0.95 \cdot 0.61 \cdot 6.72 \cdot 1 \right] -$$

$$- (29.68 - 23.61) \cdot \frac{1000}{1000} = 1043.91 \text{ грн.}$$

Витрати при литві в земляні форми:

$$K_T=1; K_C=0,95; K_B=0,57; K_M=6,72; K_{II}=0,96.$$

$$M = \left[\left(\frac{7500}{1000} \right) \cdot 36.4 \cdot 1 \cdot 0.95 \cdot 0.57 \cdot 6.72 \cdot 0,96 \right] -$$

$$- (36.4 - 23.61) \cdot \frac{1000}{1000} = 860.79 \text{ грн.}$$

Таким чином виготовлення відливки в земляні форми дешевше ніж литво в кокіль. Попередньо вибираємо відливку в пісчано-глинисті форми.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{вм} = \frac{q}{Q} ; \quad (2.18)$$

$$K_{вм} = 23,61 - 29,68 = 0,79.$$

2.4.2 Визначення розмірів заготовки та їх допусків

Згідно з попередніми економічними розрахунками приймаємо, як метод виготовлення заготовки литвом в пісчано-глинисті форми.

1. Визначаємо клас розмірної точності відливки.

Матеріал: СЧ 20 ДСТУ 4038-2001.

Найбільший габаритний розмір деталі: 365 мм. Клас розмірної точності: 10.

2. Визначаємо ступінь короблення відливки.

Відношення найменшого розміру до найбільшого : $\delta = 0,25$

Ступінь короблення відливки : 4.

3. Визначаємо ступінь точності поверхні відливки. Ступінь точності поверхні: 14.

4. Визначаємо клас точності маси відливки в залежності від маси деталі.

Маса деталі: 25 кг. Клас точності маси: 10.

5. Визначаємо ряд припусків. Ступінь точності поверхні: 14.

Приймаємо ряд припусків: 6

6. Призначаємо допуски на основні розміри відливки.

Результати заносимо у таблицю 2.4.

7. Визначаємо допуск форми та розміщення елементів відливки в залежності від найбільшого габаритного розміру та ступені короблення.

Ступінь короблення: 6;

Найбільший габарит: 365 мм; Допуск форми та розміщення: 0,32.

Таблиця 2.4 - Допуски на розміри відливки

№ п.п.	Розмір відливки, мм	Допуск на розмір, мм
1	2	3
1	∅ 80	+ 0,2
2	∅ 110	+ 0,2
3	∅ 50	+ 0,2
4	375	± 0,3
5	63	± 0,3
6	19	± 0,2
7	81	± 0,3
8	262	± 0,3
9	18,5	± 0,2
10	267	± 0,3

8. Визначаємо допуск нерівностей поверхні відливки в залежності від ступені точності її поверхонь. Ступінь точності поверхні: 14 ;

Допуск нерівностей : 0.8 мм.

9. Визначаємо допуск маси відливки в залежності від класу точності маси:

Клас точності маси : 10;

Допуск маси відливки : 12 %.

10. Визначаємо мінімальний ливарний припуск на сторону

Мінімальний ливарний припуск на сторону 0.8 мм.

11. Визначаємо загальний припуск на сторону і основні розміри відливки в залежності від виду механічної обробки:

Таблиця 2.5 – Основні розміри відливки та припуски на поверхню

№ п.п.	Номінальний розмір деталі, мм	Загальний припуск на сторону, мм	Номінальний розмір відливки, мм
1	2	3	4
1	Ø90	5	Ø80
2	Ø120	5	Ø110
3	Ø60	5	Ø50
4	17	3,5	18,5
5	267	5	267
6	365	5	375
7	50	4	63
8	14	3,5	19
9	76	4	81
10	250	6	262

2.5 Вибір технологічних баз

На операціях 010,015,020 відбувається підготовка баз для обробки на верстатах з ЧПК. На операції 010 заготовка встановлюється в чотирьохкулачковому патроні з упором в торець 1 (див. рис. 2.1). Зліва заготовка підтримується “грибковим” обертовим центром для підвищення жорсткості в процесі обробки.

На операції 015 заготовка базується по зовнішній поверхні у призмах з упором в чорний торець 2. На операції 020 заготовка базується по чистій

зовнішній поверхні у призмах з упором в чорний торець 2. Високе значення паралельності поверхонь дає базування по одному з паралельних торців 23. На операціях 025,030,045 базування заготовки відбувається по чистій зовнішній циліндричній поверхні, чистій площині роз'єму 1, чистому торцю 23. На операціях 035,040 базування заготовки відбувається по чистому торцю 2, чистим бічним поверхням.

2.6 Встановлення планів обробки окремих поверхонь

Плани обробки окремих поверхонь наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6- Плани обробки окремих поверхонь

№ пп.	Назва елемента.	Квалітет точності.	Шорсткість R_a , мкм.	План обробки поверхні
1	2	3	4	5
1	Площина стику (1)	IT14	0,32	1.Фрезерування чорнове. 2.Фрезерування під шліфування. 3.Шліфування попереднє. 4.Шліфування остаточне.
2	Торець (1)	IT14	1,25	1.Фрезерування чорнове 2. Фрезерування чистове
3	Гладка внутрішня циліндрична поверхня (1)	H7	0,32	1.Розточування чорнове 2.Розточування під шліфування 3.Шліфування попереднє 4.Шліфування остаточне
4	Гладка внутрішня циліндрична поверхня(2)	H14	3,2	Розточування чорнове
5	Гладка внутрішня циліндрична поверхня(1).	H14	1,25	1.Розточування чорнове 2.Розточування чистове
6	Торець (1)	IT14	0,63	1.Точіння чорнове 2.Точіння чистове 3.Точіння тонке.
7	Гладка внутрішня циліндрична поверхня (1).	H14	3,2	Розточування чорнове
8	Фаска внутрішня (1)	IT14	3,2	Розточування чорнове
9	Гладка внутрішня циліндрична поверхня (1).	H7	0,63	1.Розточування чорнове 2.Розточування чистове 3.Розточування тонке

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5
11	Торець (1)	IT14	3,2	Точіння чорнове
12	Гладка внутрішня циліндрична поверхня (1).	H14	3,2	Розточування чорнове
13	Канавка	H14	3,2	Розточування чорнове
14	Торець (1)	IT14	1,25	1.Точіння чорнове 2.Точіння чистове
15	Канавка (1)	IT14	3,2	Точіння чорнове
16	Канавка (1)	IT14	3,2	Точіння чорнове
17	Уступ (17)	IT14	2,5	Фрезерування чистове
18	Гладкий отвір (4)	H14	6,3	Свердлування
19	Різьбовий отвір M16 (6)	6H	3,2	1.Свердлування 2.Нарізання різьби мітчиком
20	Гладкий отвір (11)	H14	6,3	Свердлування
21	Зенківка (11)	IT14	2,5	1.Зенкування чорнове 2.Зенкування чистове
22	Різьбовий отвір M10 (4)	6H	3,2	1.Свердлування 2.Нарізання різьби мітчиком.
23	Торець (2)	IT14	1,25	1.Фрезерування чорнове 2.Фрезерування чистове
24	Гладка внутрішня циліндрична поверхня (1).	H7	0,32	1.Розточування чорнове 2.Розточування під шліфування 3.Шліфування попереднє 4.Шліфування остаточне

2.7 Вибір технологічного маршруту обробки деталі корпус

Згідно методів обробки поверхонь розробляємо технологічний маршрут обробки Корпуса приводу та підбираємо технологічне обладнання для

виконання поставлених завдань. Заносимо технологічний маршрут у таблицю 2.7.

Таблиця 2.7. Технологічний маршрут обробки деталі Корпус

№ операції	Назва операції	Верстат
1	2	3
005	Заготівельна	
010	Токарно-гвинторізна	16K25
015	Горизонтально -фрезерна	6620
020	Вертикально - фрезерна	6540
025	Плоскошліфувальна	3Д723
030	Багатоцільова з ЧПК	VF1
035	Багатоцільова з ЧПК	VF1
040	Багатоцільова з ЧПК	VF1
045	Вертикально свердлувальна	2Н135

2.8 Розробка технологічних операцій механічної обробки

«Маршрут обробки окремих поверхонь встановлюють виходячи з вимог робочого креслення і властивостей заготовки. Послідовність методів обробки поверхні на першому переході вибирають в залежності від способу отримання заготовки та її точності. Встановлюють методи кінцевої обробки поверхні в залежності від технічних вимог, які ставляться до цієї поверхні.

Назначають методи обробки поверхні на проміжних переходах на основі вже вибраного першого і останнього методів обробки.

Ціль розробки – подати загальний план обробки заготовки, намітити зміст операції технологічного процесу, підібрати тип обладнання» [3].

Таблиця 2.8 - Операції механічної обробки

№ опер	Назва операції та її зміст	Верстат	Інструмент		Оснащення
			Різальний	Контрольний	
1	2	3	4	5	6
005	Заготівельна				
010	<u>Токарно-гвинторізна</u> 1.Точити поверхню начорно на довжину 200 мм. 2.Точити поверхню до $\varnothing 160_{(-0.1)}$ на довжину 200 мм. 3.Підрізати торець начорно. 4.Підрізати торець начисто.	16К25	1.Різець токарний прохідний прямий (32x20x170), оснащений пластиною з твердого сплаву ВК8 2.Різець токарний підрізний відігнутий лівий (32x20x170), оснащений пластиною з твердого сплаву ВК8	Штангенциркуль ШЦ-II-400-0.1	1.Патрон чотирьохкулачковий 7103-0049 2.Центр обертовий "грибковий" Б-6-У
015	<u>Повздовжньо-фрезерна</u> 1.Фрезерувати площину (392 x 310) начорно. 2.Фрезерувати площину (392 x 310) під шліфування.	6620	Торцева насадна фреза $\varnothing 400$ з ножами,пластинами з твердого сплаву	Штангенциркуль ШЦ-III	Пристрій переналагоджуваний.

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6
020	<u>Вертикально фрезерна</u> 1.Фрезерувати грані з переустановкою деталі начорно. 2.Фрезерувати грані з переустановкою деталі нанисто.	6540	Торцева насадна фреза Ø200 з вставними ножами,оснащеними пластинами з твердого сплаву	Штангенциркуль ШЦ-П-150-0.05	Пристрій з комплекту УЗП-16.
025	<u>Плоскошліфувальна</u> 1.Шліфувати площину 392 x 310 попередньо. 2.Шліфувати площину 392 x 310 остаточно	ЗД723	Круг шліфувальний 200x100x55 37А С1-7-К5	Штангенциркуль ШЦ-Ш	Пристрій з комплекту УЗП-16
030	<u>Багатоцільова зЧПК</u> 1.Фрезерувати торець 166 x 250 начорно. 2.Фрезерувати торець 166x 250 начисто. 3. Фрезерувати уступ начисто. 4. Фрезерувати по контуру начорно. 5. Фрезерувати по контуру начисто. 6. Розточити отвір доØ116 однократно. 7. Підрізати торець начорно, начисто. 8.Розточити отвір до	VF1	1. Кінцева фреза Ø45 з конічним хвостовиком 2.Різець розточний державочний з пластинками твердого сплаву ВК8 для косоного кріплення 3.Різець розточний державочний з пластинками	1.Штангенциркуль ШЦ-І 2.Штанген-глибиномір ШГ 3. Калібр-пробка листова одно-стороння	1.Розточна оправка консольна з кріпленням різця під кутом 60 2.Розточна оправка консольна з кріпленням різця під кутом 90 3.Фрезерна оправка з

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6
	Ø70 однократно		твердого сплаву VK8 для прямого кріплення		
	9.Розточити отвір до Ø118 начорно. 10.Розточити отвір начисто. 11.Фрезерувати канавку b=5. 12. Фрезерувати канавку b=8. 13. Фрезерувати канавку b=12. 14. Тонке розточування отвору до Ø120H7 15. Центрувати 4 отв. 16.Свердлити 6 отв. під різьбу М8. 17.Нарізати різьбу М8 у 6-ти отворах. 18.Свердлувати 4 отв. Ø28.		4. Пазова затилована фреза Ø50,b=5 5. Пазова затилована фреза Ø63,b=8 6. Пазова затилована фреза Ø80,b=12 7. Свердло спіральне Ø6.7 з цил. хвостовиком коротка серія 8. Компл. мітчиків з прохідним хвостовиком для метричної різьби М8 9.Свердло спіральне Ø28 з		циліндричною цапфою 4.Оправка з мікрорегулюва нням положення різця для чистового розточування 5.Пристрій з комплекту УЗП-16

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6
			конічним хвостовиком		
035	<u>Багатоцільова зЧПК</u> 1.Фрезерувати торець $\varnothing 116$ однократно. 2. Розточити отвір $\varnothing 85$ начорно 3.Підрізати торець начорно,начисто. 4.Розточити отвір $\varnothing 98$ однократно 5. Розточити отвір $\varnothing 85$ начисто. 6.Розточити канавку $b=5\text{мм}$. 7.Свердлувати 11 отв. $\varnothing 14$ напрохід. 8.Свердлувати 2отв. $\varnothing 7$. 9.Зенкерувати 2отв. до $\varnothing 8$ під розвірчування. 10.Розвернути 2.отв. під контрольні штифти начорно,начисто	VF1	1.Кінцева фреза $\varnothing 45$ з конічним хвостовиком. 2.Різець розточувальний державочний з пластинками твердого сплаву ВК8 для косоого кріплення 3.Різець розточувальний державочний з пластинками твердого сплаву ВК8 для прямого кріплення 4. Свердло спіральне $\varnothing 14$ з конічним хвостовиком. Свердло спіральне $\varnothing 7$ з цил. хвостовиком	Штангенциркуль ШЦ-II	1.Розточна оправка консольна з кріпленням різця під кутом 60 2.Розточна оправка консольна з кріпленням різця під кутом 90 3.Пристрій спеціальний.

Кінець таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6
			коротка серія 6.Зенкер Ø8 з конічним хвостовиком Комплект машинних розвіток з циліндричним хвостовиком		
040	<u>Багатоцільова з ЧПК</u> 1.Розточити отвір Ø89,5 начорно. 2.Розточити отвір до Ø89,5 начисто. 3. Тонке розточування отвору до Ø90 . 3.Розточити 2 фаски 4x45°. 4.Свердлувати 8 отворів Ø8.4 під різьбу М10 в зборі . 5.Нарізати різьбу М10 в отворах.	VF1	1.Різець розточувальний державочний з пластинками твердого сплаву ВК8 для косого кріплення 2.Свердло спіральне Ø8,4 з конічним хвостовиком . 3.Компл. мітчиків з прохідним хвостовиком для метричної різьби М10.	1.Штангенци ркуль ШЦ-II 2.Калібр- пробка з насадками	1.Розточна оправка консольна з кріпленням різця під кутом 60 2.Оправка з мікрорегулюва нням положення різця для чистового розточування 3. Пристрій з комплекту УЗП-16.
045	<u>Вертикально- свердлувальна</u> Зенкувати 11 отв. Ø28 на глибину 2 мм.	2Н135	Зенківка циліндрична , оснащена пластинами з твердого сплаву для обробки опорних поверхонь під кріпильні деталі.	Штангенцирк уль ШЦ-I	Пристрій з комплекту УЗП-16.

2.9 Розрахунок припусків

2.9.1 Аналітичний метод визначення припусків

Припуск на одну з поверхонь розраховується аналітично і приводиться в записці, а інші припуски вибираються з довідника [4].

Розрахунок припусків на торець 2 (див. рис. 2.1), який оброблюється однократним фрезеруванням у розмір деталі $L=365h14_{(-1.4)}$.

1. Розрахунок і вибір величини елементів припуску на заготовку :

R_z+h - сума висоти нерівностей профілю на попередньому переході та глибини поверхневого дефектного шару; $R_z+h = 300$ мкм [2];

ε_y – похибка установки; $\varepsilon_y = 0$ [2];

Сумарне відхилення розміщення поверхні

$$\Delta\Sigma_3 = \Delta K \cdot D, \quad (2.19)$$

де ΔK – кривизна осі заготовки, мкм; $\Delta K = 0,1$ [2];

D -розрахунковий розмір.

$$\Delta\Sigma_3 = 0,1 \cdot 32 = 3,2 \text{ (мкм)}.$$

2. Розрахунок і вибір величини елементів припуску на фрезерування чорнове:

$R_z = 50$ мкм [2]; $h = 50$ мкм [2]

$$\Delta\Sigma_{ф.чор.} = \Delta\Sigma_3 \cdot K_y, \quad (2.20)$$

де $K_y = 0,05$ [2];

$$\Delta\Sigma_{т.чор.} = 3,2 \cdot 0,05 = 0,16 \text{ (мкм)}.$$

$\varepsilon_y = 300$ мкм [2].

3. Розрахунок мінімальних припусків :

$$Z_{1min} = 2(R_{zo} + h_o + \Delta\Sigma_o + \varepsilon_l). \quad (2.21)$$

$$Z_{1min} = 2(300 + 300 + 3,2) = 1206,4 \text{ мкм. } \approx 1,21 \text{ мм.}$$

4.Визначаємо розрахунковий розмір $365h14_{(-1.4)}$.

5.Відхилення заготовки ($\pm 1.5\text{мм}$)

6.Перевірка

$$2Z_{omin}=1.1 \text{ мм};$$

$$2Z_{omax}=4.9 \text{ мм};$$

Тоді

$$2Z_{omax}-2Z_{omin}=3.1-1.1=2 \text{ мм};$$

$$T_3-T_0=3.0-1.0=2 \text{ мм}.$$

7. Будуємо схему розміщення допусків та припусків рис.2.2.

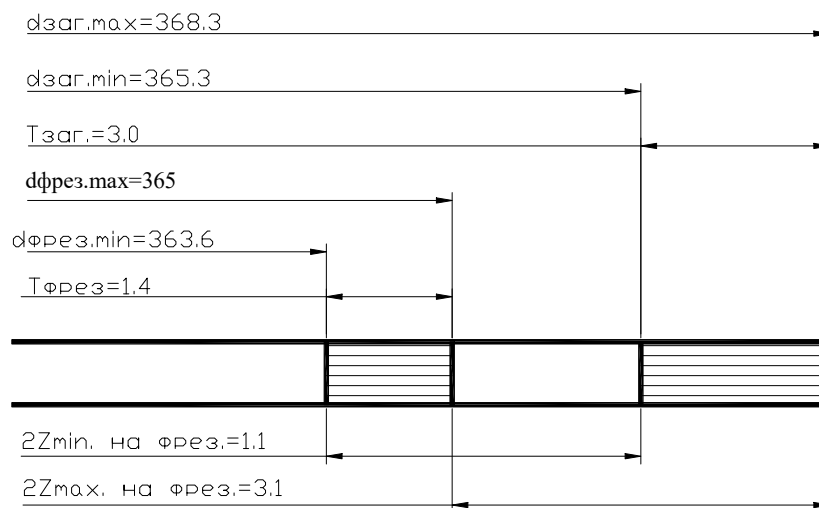


Рисунок 2.2- Схема розміщення допусків та припусків

2.10 Розрахунок та призначення режимів різання на операції механічної обробки

2.10.1 Розрахунок режимів різання аналітичним методом

Розраховуємо режим різання на однократне розточування отвору до $\varnothing 116_{(+0.87)}$ в заготовці з СЧ 20 ДСТУ 4038-2001 на операції 035 (багатоцільова з ЧПК).

1. Вибір інструменту та його геометричних параметрів.

Приймаємо різець розточувальний з пластинками твердого сплаву ВК8.

Розміри різця і його геометричні параметри:

$$H \times B \times L = 25 \times 25 \times 100 \text{ мм}; R = 1; \varphi = 60^\circ; \varphi_1 = 30^\circ; \gamma = 12^\circ; \\ \alpha = 10^\circ; \lambda = 0^\circ [1]$$

Для кріплення різця застосовується консольна розточувальна оправка з кріпленням різця під кутом 60° .

2. Розрахунок режимів різання.

Глибина різання по прийнятим умовам обробки:

$$t = \frac{116 - 112}{2} = 2 \text{ мм.}$$

Величина подачі:

$$S = 0.3 \frac{\text{мм}}{\text{об}} [2].$$

Визначаємо стійкість різця:

$$T = 60 \text{ хв.} [2].$$

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.22)$$

де $C_v = 292$; $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$ [2];

K_v - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{m_v} K_{n_v} K_{u_v} K_{\varphi_v} K_{\varphi l_v}, \quad (2.23)$$

де $K_{m_v} = 1,39$; $K_{n_v} = 0,8$; $K_{u_v} = 0,83$; $K_{\varphi_v} = 0,7$; $K_{\varphi l_v} = 1$ [2].

$$K_v = 1,39 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,6$$

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 0,6 = 88,57 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \quad (2.24)$$

де D - діаметр обробленої поверхні,мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 88,57}{3,14 \cdot 116} = 243,16 \text{ (об/хв)}.$$

Приймаємо по паспорту верстата: $n_d = 250 \text{ об/хв}$.

Дійсна швидкість різання визначається за формулою:

$$v_l = \frac{\pi D n}{1000} d.$$

$$v_l = \frac{3,14 \cdot 116 \cdot 250}{1000} = 91,06 \text{ (мм/хв)} .$$

Сила різання визначається за формулою:

$$P_z = 10 C_{pt}^x S^y V^n K_p, \quad (2.25)$$

де $C_p=92$; $x=1$; $y=0,75$; $n=0$ [2];

K_p - загальний поправочний коефіцієнт для сили різання.

$$K_p = K_{\mu p} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{r p}. \quad (2.26)$$

$$K_{\mu\mu} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{198}{190} \right)^{0,4} = 1,016.$$

$K_{\varphi p} = 0,89$; $K_{\gamma\gamma} = 1$; $K_{\lambda} = 1$; $K_{rp} = 1$ [2].

$$K_p = 1,016 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 0,9 = 671,27(\text{Н}).$$

Потужність затрачувана на різання визначається за формулою:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (2.27)$$

$$N_p = \frac{672 \cdot 91,06}{1020 \cdot 60} = 0,9 \text{ (кВт)},$$

що менше максимальної потужності на шпинделі верстата VF-1:

$$N_{\text{шп}} = N\partial \cdot \eta, \quad (2.28)$$

де η - ККД коробки швидкостей верстата; $\eta = 0,8$.

$$N_{\text{шп}} = 6,3 \cdot 0,8 = 5 \text{ (кВт)}.$$

Тобто виконання необхідного переходу на даному верстаті можливе.

2.10.2 Розрахунок режимів різання на ЕОМ

Розрахунок режимів різання проводимо на персональному комп'ютері за допомогою програми «Rez TM».

Результати розрахунку

Вид обробки Свердління Операція 030 перех.16
 Верстат VF1
 Матеріал заготовки Чавун СЧ 20
 Матеріал інструменту Р6М5
 Подача 0.3 мм/про
 Хвилинна подача 120 мм/хв
 Глибина різання 2,6 мм
 Швидкість різання 17 м/хв
 Частота обертання шпинделя 400 об/хв
 Машинний час 0.2 хв
 Потужність різання 0.16 кВт
 Осьова сила різання 834.27 Н
 Стійкість свердла 47.29 хв
 Обробка без охолодження

 Розрахунок виконав Бордюг
 Група ТМЗ-01-1

Результати розрахунку

Вид обробки Зенкерування Операція 045
 Верстат 2Н135
 Матеріал заготовки Чавун СЧ 20
 Матеріал інструменту Р6М5
 Подача 0.1 мм/про
 Хвилинна подача 40 мм/хв
 Глибина різання 2 мм
 Швидкість різання 30 м/хв
 Частота обертання шпинделя 400 об/хв
 Машинний час 0.4 хв
 Потужність різання 0.1 кВт
 Осьова сила різання 144.27 Н
 Стійкість зенковки 47.29 хв

Обробка без охолодження

 Розрахунок виконав Кашпуренко
 Група ПМТм -22-1

Результати розрахунку

Вид обробки Різьбонарізання Операція 040 перех.5
Верстат VF1
Матеріал заготовки Чавун СЧ20
Матеріал інструменту Р6М5
Подача 1,5 мм/об
Хвилинна подача 225 мм/хв
Глибина різання 1,5 мм
Швидкість різання 7 м/хв
Частота обертання шпинделя 150 об/хв
Машинний час 0.8 хв
Потужність різання 0.1 кВт
Стійкість мітчика 48 хв

Обробка без охолодження

Розрахунок виконав Кашпуренко
Група ПМТм -22-1

Результати розрахунку

Вид обробки Свердління Операція 040 перех.4
Верстат VF1
Матеріал заготовки Чавун СЧ20
Матеріал інструменту Р6М5
Подача 0.4 мм/об
Хвилинна подача 100 мм/хв
Глибина різання 4,2 мм
Швидкість різання 15.7 м/хв
Частота обертання шпинделя 250 об/хв
Машинний час 0.2 хв
Потужність різання 0.1 кВт
Осьова сила різання 144.27 Н
Стійкість свердла 47.29 хв

Обробка без охолодження

Розрахунок виконав Кашпуренко
Група ПМТм -22-1

Результати розрахунку

Вид обробки Свердління Операція 030 перех.18
Верстат VF1
Матеріал заготовки Чавун СЧ20
Матеріал інструменту Р6М5
Подача 0.4 мм/об
Хвилинна подача 100 мм/хв
Глибина різання 14 мм
Швидкість різання 15.7 м/хв
Частота обертання шпинделя 250 об/хв
Машинний час 0.8 хв
Потужність різання 0.1 кВт
Осьова сила різання 144.27 Н
Стійкість свердла 47.29 хв

Обробка без охолодження

Розрахунок виконав Кашпуренко
Група ПМТм -22-1

2.11 Розрахунок норм часу на виконання операцій механічного оброблення деталі

Одна операція, а саме 010 розраховується поелементно і приводиться в записці. Результати розрахунків для інших операцій занесене в таблицю 2.9.

«В серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу, $T_{ш.к.}$

$$T_{ш.т.к.} = (T_{н.з.}/n) + T_{шт.}, \quad (2.29)$$

$$T_{шт.} = T_o + T_в + T_{об} + T_{від}, \quad (2.30)$$

де $T_{шт.}$ - штучний час обробки деталі, хв;

$T_{н.з.}$ - підготовчо-заклучний час на обробку, хв;

n - кількість деталей в налагоджуемій партії;

T_o - основний час обробки, хв;

$T_в$ - допоміжний час обробки, хв;

$T_{об}$ - час на обслуговування робочого місця, хв;

$T_{від}$ - час відпочинку, хв; $T_o = 1,50$ хв.

$$T_в = T_{вст} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим}, \quad (2.31)$$

де $T_{вст}$ - час встановлення та зняття деталі, хв;

$T_{з.о}$ - час на закріплення та відкріплення деталі, хв;

$T_{кер}$ - час на керування верстатом, хв;

$T_{вим}$ - час на вимірювання деталі, хв;

$T_{вст} + T_{з.о} = 0,8$ хв.» [5];

$T_{кер} = (0.01 + 0.04 + 0.01 \cdot 2 + 0.04 \cdot 2) = 0.15$ хв. [5];

$T_{вим} = 0,21$ хв. [5];

$$T_в = (0,8 + 0,15 + 0,21) \cdot 1,85 = 2,146 \text{ (хв.)}$$

$$T_{об} + T_{від} = \Pi_{об.від} \cdot ((T_o + T_в) / 100), \quad (2.32)$$

де $P_{об.від}$ - норматив часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби; $P_{об.від}=7\%$, [5]

$$T_{об}+T_{від}=7\%(1,50+2,146)/100 = 0,26 \text{ (хв).}$$

$$T_{ум.} = 1,50+2,146+0,26=3,91 \text{ (хв).}$$

$$T_{н.з.} = 9+12=21 \text{ хв. [5];}$$

$$n = (N \cdot a) / 254, \quad (2.33)$$

де a -періодичність запуску деталей, $a=12$ днів.

$$n = (2000 \cdot 12) / 254 = 95 \text{ (шт).}$$

$$\text{Тоді : } T_{ум.к} = (21/95) + 3,91 = 4,13 \text{ (хв).}$$

Результати розрахунків по іншим операціям наведені в хвилинах в таблиці

2.9

Таблиця 2.9 - Норми часу

№	T_o хв.	$T_{вст}+T_z$ хв.	$T_{кер}$ хв.	$T_{вим}$ хв.	T_B хв.	$T_{об}+T_{від}, \%$ хв.	$T_{шт.}$ хв.	$T_{п.з}$ хв.	$T_{шт.к}$ хв.
010	1.50	0.8	0.15	0.21	2.15	7	3.91	21	4.13
015	0.81	0.5	0.18	0.24	1.7	7	3.15	17	3.55
020	0.66	0.8	0.18	0.24	0.93	7	1.54	17	1.56
025	0.52	0,08	0,19	0,18	0.83	7	1.42	15	1.44
030	4.47	1.11	0.25	0.5	3.44	8	1.08	23	5.23
035	3.56	0.8	0.14	0.6	2.87	5,5	2.09	14	4.27
040	2.35	0.7	0.18	0.6	2.12	7	1.67	16	3.17
045	0.52	0.08	0.19	0.18	0.83	7	1.42	15	1.44

2.12 Висновки до розділу 2

Вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу приводу із застосуванням верстатів з ЧПК.

Розраховано припуски, режим різання, проведено нормування технологічного процесу.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКУ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

3.1 Організація автоматизованого проектування пристроїв на підприємстві

Скорочення часу та засобів на конструювання та виготовлення технологічного оснащення досягається застосуванням інформаційно - пошукових систем (ІПС). Ці системи дозволяють швидко виявляти раніше складені креслення технологічного оснащення, придатного до випуску нових виробів, та підвищувати ефективність праці інженерно-технічних робітників в результаті дублювання розробок. ІПС розпізнають відповідність змістовного складу між інформацією, яка зберігається і запитом. Наявність оберненого зв'язку між людиною та системою дозволяє знаходити необхідну інформацію в масивах будь-якої ємності.

В усіх ІПС передбачається поповнення інформації, яка зберігається. Поступаючи інформація про оснащення піддається обробці, індексуванню та кодуванню на прийнятій мові. При отриманні запиту відбувається пошук інформації та видача результатів у вигляді копій документів, даних про їх адреси або у вигляді систематизованих фактичних даних.

До найбільш простих ІПС для невеликих та середніх масивів інформації відносяться системи на базі ручних перфострічок. Час пошуку на них складає 7-10 хв., а ємність картотеки - декілька тисяч перфострічок. Ці ІПС звичайно бувають спеціалізованими (наприклад для пристроїв типу кондукторів), а за принципом роботи - напівмеханізованими. Для великих масивів інформації застосовують універсальні та автоматизовані ІПС на базі ЕОМ.

При наявності опанованих ІПС з великими масивами інформації можна отримати високий ефект по скороченню праці конструкторів: вдається зменшити на 30% та більше трудомісткість конструкторських розробок,

скоротити тривалість циклу технічної підготовки виробництва нових об'єктів виробництва.

Автоматизація конструювання пристосувань дозволяє знизити трудомісткість та вартість конструювання в 3-5 разів та більше, прискорити підготовку виробництва нових виробів, покращити якість пристроїв, а також підвищити рівень їх нормалізації. При автоматизації конструювання, яка здійснюється на ЄОМ, розв'язуються частинні та загальні задачі. До перших відносяться розрахунки похибок установки, сил закріплення заготовки, розмірів затискних механізмів, економічної доцільності застосування пристроїв. До других відносяться задачі конструювання пристроїв в цілому. Вони розв'язуються на різних рівнях: від розробки простих схем до викреслювання загальних виглядів, основних деталей та складання специфікацій.

На складні деталі пристосувань може бути розроблена технологія механічної обробки, включаючи написання управляючих програм для верстатів з ЧПК.

До теперішнього часу було створено та застосовано на окремих заводах системи автоматизованого конструювання типових пристроїв для свердлування плоских деталей, а також для обробки заготовок типу тіл обертання. В основі цих систем лежить широке використання типових рішень та визначене обмеження вихідних даних; задача звичайно розв'язується з чисто геометричних позицій, без розрахунків похибок обробки, сил закріплення, економічної ефективності та розв'язку багатьох інших питань.

Автоматизація конструювання більш складних та нетипових пристроїв значно ускладнюється та виконується більшою частиною в діалоговому режимі. Задача ще більш ускладнюється при конструюванні спеціальних складних пристроїв; автоматизація їх конструювання часто буває економічно недоцільною і основою тут стає погано формалізована творча робота конструктора.

Автоматизації конструювання пристроїв сприяє розроблений в останній час комплекс засобів для підготовки та введення інформації, видаючи текстової та графічної документації, засобів тиражування отриманих результатів.

Сучасні пристрої як об'єкти автоматичного конструювання відрізняються багатокomпонентністю, ієрархічністю структур, широким діапазоном розмірів та високим рівнем типізації та нормалізації конструкцій, який при автоматичному конструюванні може бути ще більш підвищено. В основі автоматичного конструювання лежить моделювання процесів та об'єктів конструювання. Завдання на конструювання пристрою відображає інформацію про оброблювану деталь та виконувану операцію; воно формулюється при підготовці вихідних даних в прийнятій мовній системі. Далі розробляють інформаційну модель конструювання пристрою та алгоритми перетворення завдання на конструювання та формалізовані на ЄОМ цифрові дані.

Моделювання процесів конструювання зв'язане з виявленням законів конструювання, аналізом структур, параметрів та призначення окремих класів пристроїв, а також з дослідженням інформаційних процесів при розробці конструкцій. Інформаційна база автоматичного конструювання крім вхідної інформації містить постійну інформацію та проміжні дані. Найбільш прості алгоритми розв'язку задач конструювання застосовують для типових пристроїв незмінної структури та з постійною геометрією елементів. Для нетипових пристроїв з структурами на різних ієрархічних рівнях та з елементами з різними формами та розмірами застосовують методи алгоритмічного синтезу моделей пристроїв, використовуючи бібліотеку конструктивних елементів. Ще більш складні пристрої синтезуються в діалоговому режимі.

В теперішній час автоматичне конструювання пристроїв застосовують ще мало. Це обумовлено великими затратами на створення систем та складнощами їх адаптації до конкретних умов виробництва. Автоматизоване конструювання пристроїв перспективно головним чином на крупних підприємствах і спеціалізованих заводах по виробництву технологічного оснащення. Подальше вдосконалення автоматичного конструювання зв'язане з проведенням

дослідницьких робіт по створенню нових принципів конструювання, розробки основ оптимізації конструкцій для підвищення якості пристроїв, а також по розширенню автоматичного проектування на УСП, УНП та інших системах збірно-розбірного оснащення. Перспективний подальший розвиток діалогового проектування, коли на проміжному етапі відбувається вивід з ЕОМ проектної ситуації на екран дисплею, візуальна оцінка та коригування її конструктором з послідуочим остаточним розв'язком задачі. Процес конструювання виконується у вигляді діалогу між людиною та ЕОМ. Для складних об'єктів процес конструювання розбивається на декілька взаємопов'язаних етапів. Результати попередніх та зміст послідуочих етапів коректується людиною для отримання остаточного рішення.

При діалоговому режимі конструювання можливості автоматичного конструювання значно збільшуються.

Конструювання пристроїв по жорстким алгоритмам поза діалоговим режимом має малі можливості та не є перспективним для подальшого розвитку.

Воно обмежується частинними задачами розрахунку та конструювання пристроїв простих типів.

3.2 Схеми затискних механізмів і розрахункові формули для визначення початкових сил

При розробці програмного пакету було використано наступні схеми і формули [6].

«3.2.1 Гвинтовий притискач

Розрахункові формули початкових зусиль:

$$Q = \frac{W}{L_{kn}} \left[r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_I) + A \right] \quad (3.1)$$

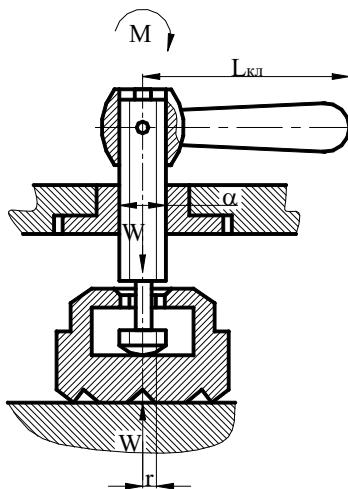


Рисунок 3.1 – Схема гвинтового притискача

де: Q - зусилля на рукоятці гвинтового притискача, Н;

$L_{кп}$ - довжина рукоятки ключа, мм;

W - необхідне притискне зусилля, знайдене при розв'язанні рівняння рівноваги заготовки, Н;

$r_{ср}$ - середній радіус різі гвинтового механізму, мм;

α - кут піднімання витків різі;

φ_1 - кут тертя в різі;

Величина кута тертя φ_1 визначається з виразу:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{f}{\cos \frac{\beta}{2}}, \quad (3.2)$$

де: f - коефіцієнт тертя;

β - кут профілю різі.

При використанні метричної різьби ($\beta = 60^\circ$): $\operatorname{tg} \varphi_1 = 1,12 f$.

A - складова, яка залежить від умов тертя гвинта.

а) затиск плоскою торцевою частиною гвинта;

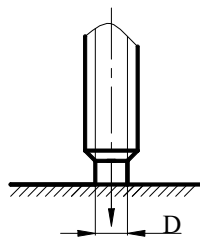


Рисунок 3.2- Схема контакту

$$A = f \frac{D}{3}, \text{ мм}; \quad (3.3)$$

б) затиск сферичною частиною гвинта по конічній поверхні п'яти;

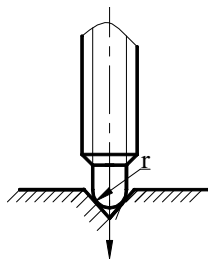


Рисунок 3.3 - Схема контакту

$$A = rf, \text{ мм}; \quad (3.4)$$

в) затиск сферичною частиною гвинта по площині;

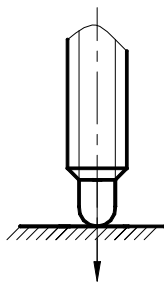


Рисунок 3.4-Схема контакту

$$A = 0.$$

3.2.2 Клиновий притискач

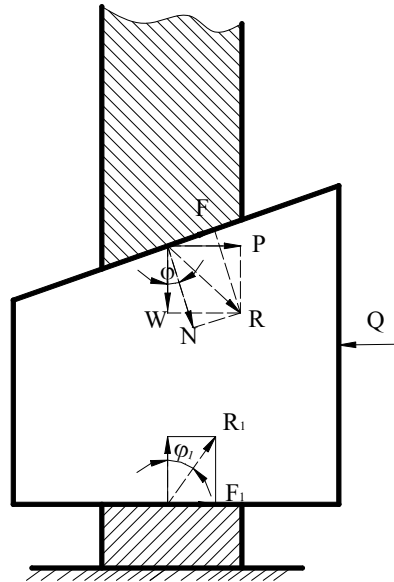


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема клинового притискного механізму

Для механізму з тертям по горизонтальній та похилій площинам:

$$Q = W [(\operatorname{tg} \alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1], \quad (3.5)$$

де: Q – початкова сила, Н (кгс);

W – притискне зусилля, Н (кгс);

α - кут клина, град.;

φ - кут тертя по похилій площині, град.

φ_1 - кут тертя по горизонтальній площині, град.

3.2.3 Ексцентриковий притискач

$$Q = \frac{W_{\text{сеп}} \rho_{\text{сеп}} [\operatorname{tg}(\alpha_{\text{сеп}} + \varphi) \operatorname{tg} \varphi_1]}{l}, \quad (3.6)$$

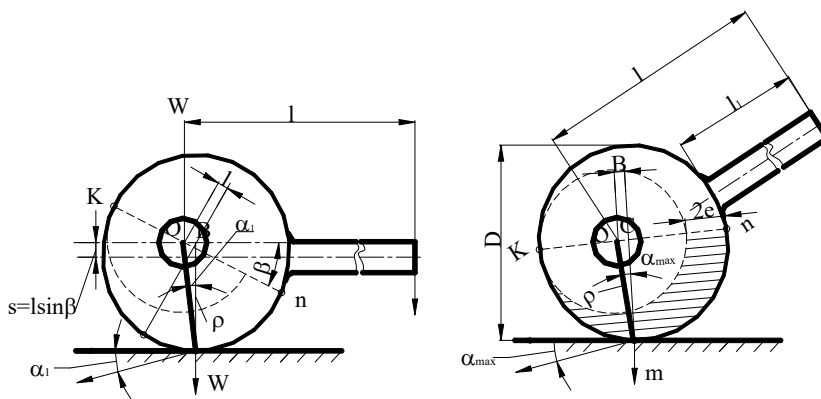


Рисунок 3.6 - Розрахункова схема ексцентрикового механізму

де: Q - сила на рукоятці;

$W_{сер}$ – середнє значення потрібної сили затиску, Н;

$\rho_{сер}$ – середнє значення радіуса, проведеного з центру обертання ексцентрика в точку А затиску, мм;

$\alpha_{сер}$ – середній кут підймання ексцентрика в точці затиску, град,

φ, φ_1 – кути тертя ковзання в точці А затиску та на осі ексцентрика, град.

3.2.4 Важільні механізми - підсилювачі

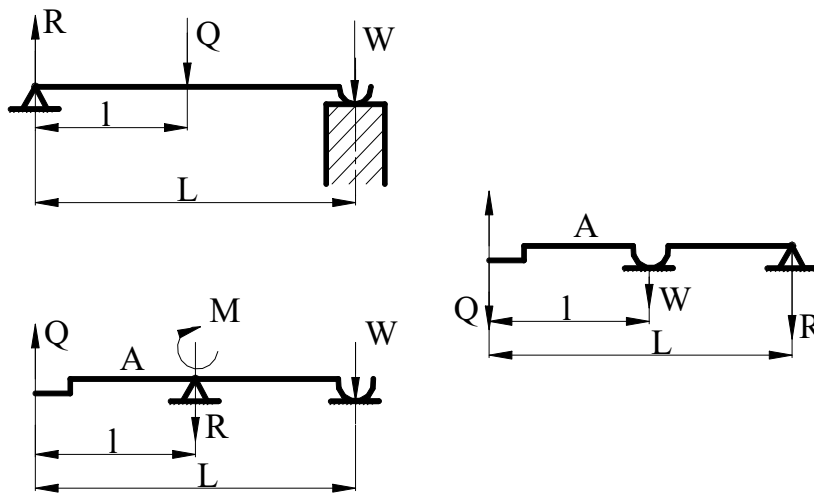


Рисунок 3.7 - Розрахункові схеми важільних механізмів

$$Q = \frac{WL^2}{Lfr(L-l)}; \quad (3.7)$$

$$Q = \frac{W(L-l)^2}{(L-l)l - frl}; \quad (3.8)$$

$$Q = \frac{W(L-l)^2}{L(L-l) - frl}, \quad (3.9)$$

де: f - коефіцієнт тертя в шарнірі;

r - радіус осі шарніра, мм.

W - притискне зусилля, Н .

3.2.5 Одноважельний шарнірний механізм-підсилювач

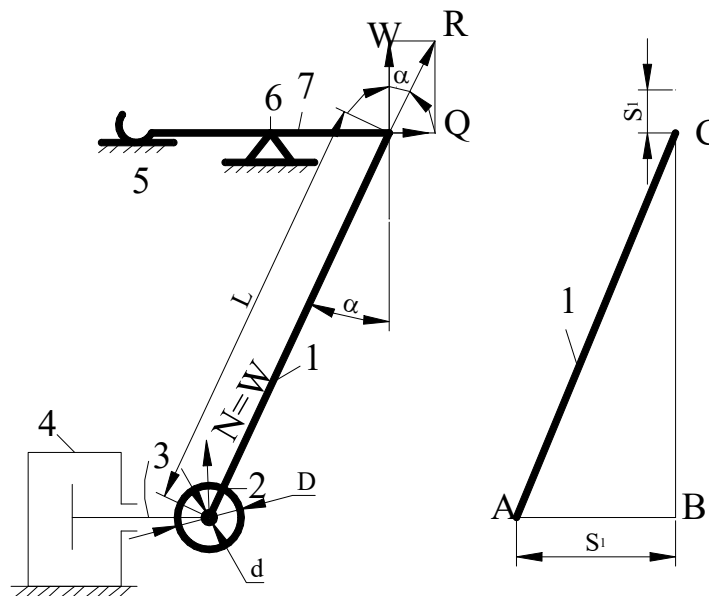


Рисунок 3.8 - Розрахункова схема механізму

$$Q = W [tg(\alpha + \beta) + tg\varphi_{23\beta}] \quad (3.10)$$

3.2.6 Двоважельний шарнірний механізм-підсилювач

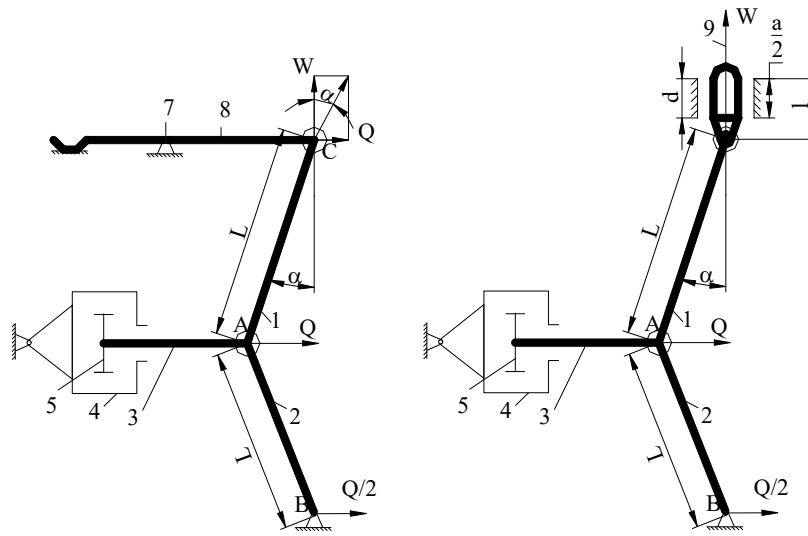


Рисунок 3.9 - Розрахункові схеми

$$\text{a) } Q = W[2\text{tg}(\alpha + \beta)]; \quad (3.11)$$

$$\text{б) } Q = \frac{2W}{\left[\frac{1}{\text{tg}(\alpha + \beta)} - \text{tg}\varphi_{33\text{в}} \right]}. \quad (3.12)$$

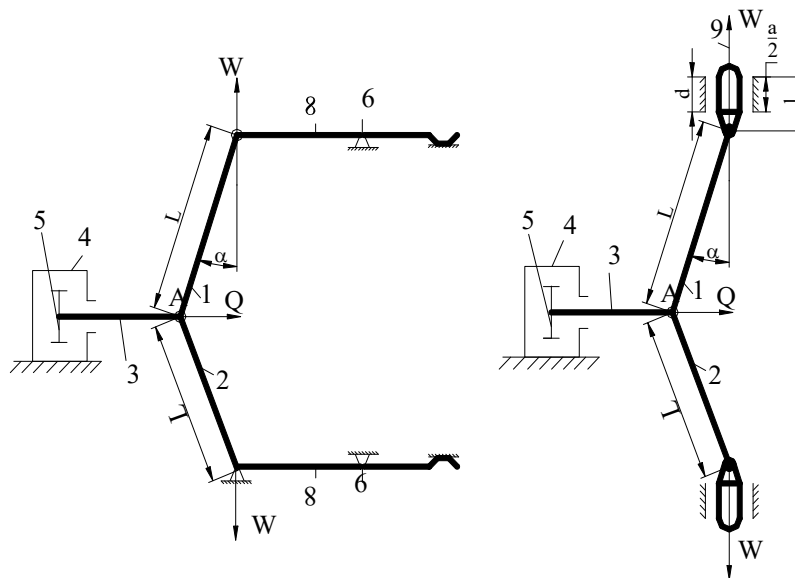


Рисунок 3.10 - Розрахункові схеми

$$\text{а) } Q = W_{\text{сум}}(\alpha + \beta); \quad (3.13)$$

$$W_{\text{сум}} = 2W.$$

$$\text{б) } Q = \frac{W_{\text{сум}}}{\left[\frac{l}{\text{tg}(\alpha + \beta)} - \text{tg} \varphi_{33\text{в}} \right]}, \quad (3.14)$$

У формулах (3.10) - (3.14) прийнято:

Q - початкова сила на штокові механізованого приводу, Н;

W - сила закріплення (притискне зусилля). Н;

$\alpha = 5-40^\circ$ -кут нахилу важеля, град.:

$\beta=1^\circ$ -додатковий кут до куту нахилу α , враховуючий втрати на тертя ковзання в шарнірах важеля, град.;

$$\beta = \arcsin f \left(\frac{d}{D} \right); f = 0.1 - \text{ коефіцієнт тертя ковзання на осі ролика та}$$

шарнірах важеля;

d -діаметр осей шарнірів та отворів ролика, мм;

D - зовнішній діаметр опорного ролика, мм; $d/D = 0,5$;

L -відстань між осями отворів важеля, мм; $d/L = 0,2$;

$\text{tg} \varphi_{23\text{в}}$ - зведений коефіцієнт тертя кочення, враховуючий утрати на тертя у роликовій опорі;

$\text{tg} \varphi_2 = 0,1$ - коефіцієнт тертя ковзання на опорі ролика;

$\text{tg} \varphi_{33\text{в}}$ - зведений коефіцієнт тертя, який урахує утрати на тертя в консольному (перекошеному) плунжері;

$\text{tg} \varphi_3$ - коефіцієнт тертя ковзання у двоопорному (не перекошеному) плунжері;

a - довжина прямої втулки плунжера, мм;

l - відстань між віссю шарніра та серединою прямої втулки плунжера, мм.» [6].

3.3 Схеми пневматичних приводів і розрахункові формули для визначення зусилля на штоковій приводу

При розробці програмного пакету було використано наступні схеми і формули.

«3.3.1 Пневмоциліндри односторонньої дії

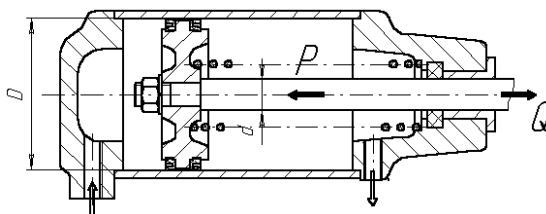


Рисунок 3.11- Пневмоциліндр односторонньої дії

$$Q = \pi/4 D^2 p \eta - P_{зв} \quad (3.15)$$

де Q -зусилля на штоковій пневмоциліндра,Н;

D -діаметр пневмоциліндра,мм;

$P_{зв}$ - з зусилля зворотної пружини;

$P_{зв} = 5\%Q$ – для великих циліндрів; $P_{зв} = 20\%Q$ – для малих циліндрів;

$\eta = 0,85 \div 0,90$ – к.к.д. циліндра;

p -тиск повітря , яке подається в пневмоциліндр; розрахунковий тиск приймається $p = 0,4$ МПа.

3.3.2 Пневмоциліндри двосторонньої дії

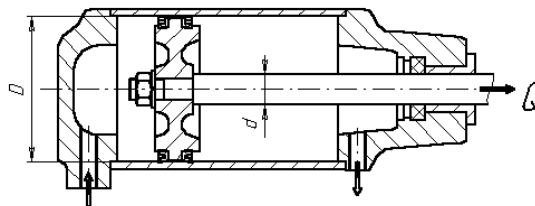


Рисунок 3.12-Пневмоциліндр двосторонньої дії

Для безштокової частини циліндра двосторонньої дії:

$$Q = \pi/4 D^2 p \eta . \quad (3.16)$$

Для штокової частини циліндра двосторонньої дії:

$$Q = \pi/4 (D^2 - d^2) p \eta . \quad (3.17)$$

У формулах (3.16), (3.17) прийнято:

Q -зусилля на штокові пневмоциліндра, Н;

D -діаметр пневмоциліндра, мм;

d -діаметр штока, мм;

$\eta = 0,85 \div 0,90$ – к.к.д. циліндра;

p -тиск повітря, яке подається в пневмоциліндр; розрахунковий тиск приймається $p = 0,4$ МПа.

3.3.3 Пневмокамери

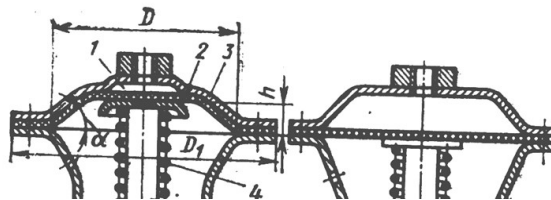


Рисунок 3.13 - Пневмокамери: а - з тарільчастою мембраною; б, в - з плоскою мембраною

Зусилля на штокові пневмокамери не постійне. Воно змінюється по мірі переміщення штока. Для пневмокамер односторонньої дії з тарільчастими (випуклими) і плоскими діафрагмами з прогумованої тканини в вихідному положенні штока:

$$Q = \pi/16 (D+d)^2 p - Q_1 , \quad (3.18)$$

де Q_1 – сила зворотної пружини, Н;

d -діаметр опорного диску, мм.

Після переміщення на величину $0,3D$ для тарільчастих діафрагм, або на величину $0,07D$ для плоских діафрагм сила буде:

$$Q=0,75\pi/16(D+d)^2p-Q_1. \quad (3.19)$$

Сила Q на штокові пневмокамери для плоских гумових діафрагм при подачі стисненого повітря в безштокову порожнину в вихідному положенні:

$$Q=\pi/4d^2p-Q_1. \quad (3.20)$$

Після переміщення на величину $0,22D$:

$$Q=0,9\pi/4d^2p-Q_1. \quad (3.21)$$

Сила на штокові для пневмокамер двосторонньої дії :

$$Q = \pi/16(D+d)^2p \text{ [6]}. \quad (3.22)$$

3.4 Проектування, опис і можливості програми «Пристрій 1.0»

Перш ніж перейти до САПР необхідно визначити загальну послідовність конструювання пристроїв.

Конструювання пристроїв - творчий процес. Для нього характерні трудомісткість, багатоваріантність можливих рішень та певна послідовність виконання.

На першому етапі конструювання отримують та аналізують вихідні данні, визначають умови експлуатації пристрою та вимоги до нього.

Другий етап полягає в уточненні схеми установки. Знаючи прийняту в технологічному процесі схему базування заготовки, точність, шорсткість поверхонь бази, визначають тип і розмір установочних елементів, їх число та

взаємне розміщення. Рішення цього питання зв'язується з необхідною точністю обробки на даній операції.

На третьому етапі конструювання, знаючи величини сил різання, встановлюють місце прикладання сил закріплення та визначають їх величину на основі розрахункових даних. Виходячи з регламентованого часу на закріплення і відкріплення заготовки, типу пристрою (одно або багатомісне), конфігурації та точності заготовки, а також сили закріплення вибирають тип затискного пристрою та його розміри.

На четвертому етапі встановлюють тип та розмір деталей для спрямування і контролю положення різального інструменту.

На п'ятому – виявляють необхідні допоміжні пристосування, вибирають їх конструкції та розміри, виходячи із маси заготовки, виконуваної точності операції і необхідної точності обробки. При виборі конструкції і розмірів вказаних елементів максимально використовують діючі стандарти.

На шостому етапі проводять розробку загального виду пристрою. Наносять на лист контури заготовки а потім навколо них наносять окремі елементи пристрою.

САПР - програми для полегшення проектування верстатних пристроїв ще не отримали широкого розповсюдження, але вже відомі спроби зарубіжних фірм автоматизувати цей процес на певних рівнях.

Так фірма "АСКОН" включила прикладну бібліотеку елементів верстатних пристроїв в свій креслярський комплекс "КОМПАС-3D". В бібліотеці знаходяться параметризовані креслення нормальних деталей пристроїв. При роботі з програмою конструктор вибирає з бібліотеки необхідні елементи, задає їх типорозміри і розміщує їх навколо контурів заготовки. Це є досить потужним засобом скорочення проектних робіт. Але дана програма полегшує роботу конструктора лише на шостому етапі проектування тобто безпосередньо при розробці складального креслення пристрою, коли відома загальна конфігурація пристрою, вид затискного механізму та розміри його деталей.

Таким чином на теперішній час попередні етапи проектування пристроїв залишаються не автоматизованими. Тобто при аналізі вихідних даних, уточнені схеми установки, виборі затискного механізму і т.д. конструктор не використовує САПР. Це призводить до збільшення часу проектування, зниження продуктивності праці конструктора, ускладнює одночасну проробку декількох варіантів конструкцій пристрою з метою вибору більш досконалої.

На рисунку 3.14 показано алгоритм роботи з програмою.

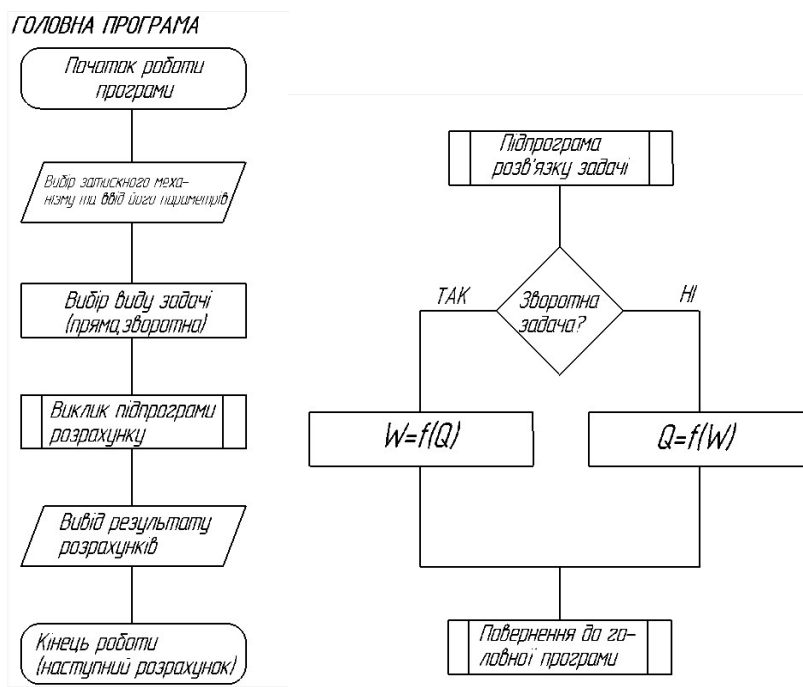


Рисунок 3.14 - Алгоритм роботи з програмою

На цьому етапі сила закріплення W , яку необхідно прикласти до деталі, вже відома з попередніх розрахунків. Конструктор на основі аналізу вимог до пристрою вибирає конкретний вид затискного механізму або механізмів для багатоваріантного аналізу. Далі перед проектувальником постає пряма або зворотня задача приводу пристрою.

Пряма задача полягає в тому, що при відомій силі затиску W , відомому виді затискного механізму і відомих його параметрах необхідно визначити

вихідну силу Q яка розвивається приводом і повинна бути прикладена до вхідної ланки затискного механізму. Значення цієї сили використовується при розрахунках і проектуванні приводу пристрою.

Зворотна задача полягає в тому, що вихідна сила Q від приводу відома, необхідно визначити силу затиску W . По суті це перевірка чи забезпечує вибраний механізм і його привод необхідне зусилля затиску.

Для кожного окремого виду затискного механізму задачі розв'язуються на основі готових формул наведених в спеціальній літературі. Отже їх розв'язок досить легко алгоритмізується.

Версія програми по розрахунку пристроїв базується на досвіді попередніх розробок. Її переваги :

- багатовіконний діалог з користувачем (дає можливість аналізувати декілька механізмів, переключаючись між вікнами розрахунків);
- програма реалізована на мові VB 5.0 корпорації MS, що враховує особливості ОС родини Windows.
- розв'язок обох видів задач приводу в одному вікні;
- збільшено кількість механізмів, що аналізується;
- додано новий розділ по розрахунку елементів пневмоприводу;

Основним недоліком програми є її вузька спеціалізація.

Дана програма дозволяє прискорити силовий розрахунок пристрою, вдало підібрати механізований привід, аналізувати різні конструкції затискних механізмів з метою вибору більш досконалої.

3.5 Інструкція по користуванню програмним продуктом «Пристрій 1.0»

3.5.1 Загальна інформація про організацію діалогу з користувачем програми «Пристрій 1.0»

Діалог з програмою є багатовіконним. Він складається з наступних елементів (рис. 3.15) :

- вікно привітання з'являється при завантаженні програми в оперативну пам'ять ЕОМ.
- головне вікно програми (1) – служить для об'єднання розрахункових вікон, та виконання певних дій над даними які було туди введено чи виведено.

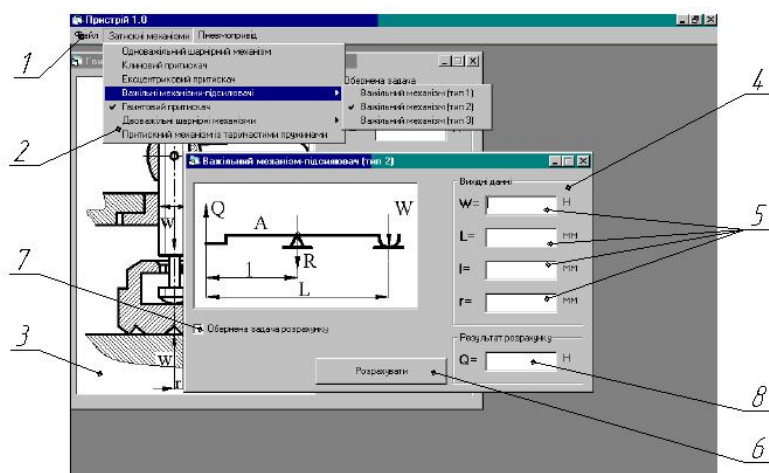


Рисунок 3.15 – Загальний вигляд діалогового вікна програми

- головне меню програми (2) – система випадаючих меню, яка служить для виклику розрахункових вікон.
- вікна розрахунків затискних механізмів (3,4) – служать для введення початкових даних, встановлення виду задачі, яка розв'язується, відображення розрахункової схеми механізму, виклику процедури розрахунку та відображення його результатів. Кількість відкритих вікон розрахунку дорівнює кількості розраховуваних механізмів за допомогою програми. Розрахункові дії проводяться з даними активного підвікна.
- поля вводу початкових даних (5) – служать для вводу вихідних даних з клавіатури, розмірність даних, яка прийнята в програмі знаходиться з права від поля вводу.

- маркер виду розрахунку (7) – служить для встановлення виду задачі, яка розв’язується (пряма або обернена).
- вікно результату розрахунку (8) – служить для виводу результату розрахунку в залежності від виду задачі.
- кнопка запуску розрахунку (6).

3.5.2 Порядок роботи з програмою «Пристрій 1.0»

Дана програма не потребує установки на комп’ютер і може бути запущена відразу після копіювання на жорсткий диск або безпосередньо з дискети .В останньому випадку час завантаження програми в оперативну пам’ять ЕОМ зростає. Після запуску програми з’являється головне вікно програми 1 (див. рис. 3.14). За допомогою мишки вибираємо з головного меню (рядок зверху вікна) пункт «затискні механізми» або «пневмопривод» відповідно до необхідних задач розрахунку.

Натискаємо ліву кнопку миші. Із підменю, яке з’явиться вибираємо вид механізму для розрахунків. Декотрі однотипні механізми об’єднано у групи, для визивання розрахунків яких існує власне підменю, на це вказує стрілочка з права від назви механізму. Наприклад для визивання розрахунку важільного механізму 1-го типу необхідно виконати дії, зазначені вище а потім навести курсор на рядок важільні механізми і з підменю, яке з’явиться зліва вибрати за допомогою лівої кнопки мишки відповідний вид механізму.

У підвікні розрахунку конкретного механізму, яке з’явиться після дії з меню, необхідно перш за все встановити маркер задачі 7 якщо розв’язується зворотна задача. По замовчуванню програма розв’язує пряму задачу. Після встановлення маркеру задачі умовні позначення сил W і Q поміняються місцями і при натисканні кнопки “розрахувати” задачі програма розв’язує зворотну задачу, використовуючи введені дані.

В групі полів «Вихідні данні», встановивши курсор у відповідне поле необхідно ввести дані з клавіатури в числовому форматі. Кожне поле повинно

бути заповнене. В іншому випадку програма видасть вікно з повідомленням в процесі розрахунку.

Після перевірки правильності заповнення полів вихідних даних та маркеру задачі необхідно натиснути на кнопку з написом «розрахувати». Запуститься процедура розрахунку, і в полі «Результат розрахунку» з'явиться результат роботи програми. Для виклику розрахунку іншого механізму або пневмоприводу слід повторити зазначені вище дії. Для закриття підвікна розрахунку необхідно натиснути на хрест в правому верхньому куті вікна. Переключатись між вікнами розрахунків можна натисканням на заголовок або іншу частину відповідного вікна .

Для виходу з програми слід вибрати підпункт «вихід» з меню «файл». Або натиснути на хрест у верхньому правому куті вікна.

3.6 Створення програми розрахунків на міцність елементів пристрою

3.6.1 Розроблення схема роботи програми «Rozrahunok» для розрахунку елементів на міцність

Метою створення даного програмного пакету є мінімізація витрат часу на виконання розрахунків при проектуванні верстатних пристроїв.

Для реалізації програми була вибрана мова проектування Pascal, та Delphi як така що повністю відповідає вимогам користування програмою. А саме: високий рівень математичного апарату; широкі графічні можливості; надання можливості використання зовнішніх файлів.

Ставилася вимога створити доступний для широкого використання програмний продукт. Був знайдений алгоритм програми, який, на нашу думку, відповідає цим вимогам. Алгоритм можна умовно розділити на кілька блоків:

- блок керування;
- блоки розрахунків;
- блоки надання інформації;

- графічні блоки;
- блок створення довідкових повідомлень.

Ці блоки по черзі приймають на себе обов'язки керування програмою, і, виконуючи свої суто окремі функції, дають змогу отримати кінцевий результат. Загальне керування здійснюється функцією FANTOM, яка оброблюючи отримані від різних процедур повідомлення, керує роботою всієї програми в цілому (рис. 3.15).

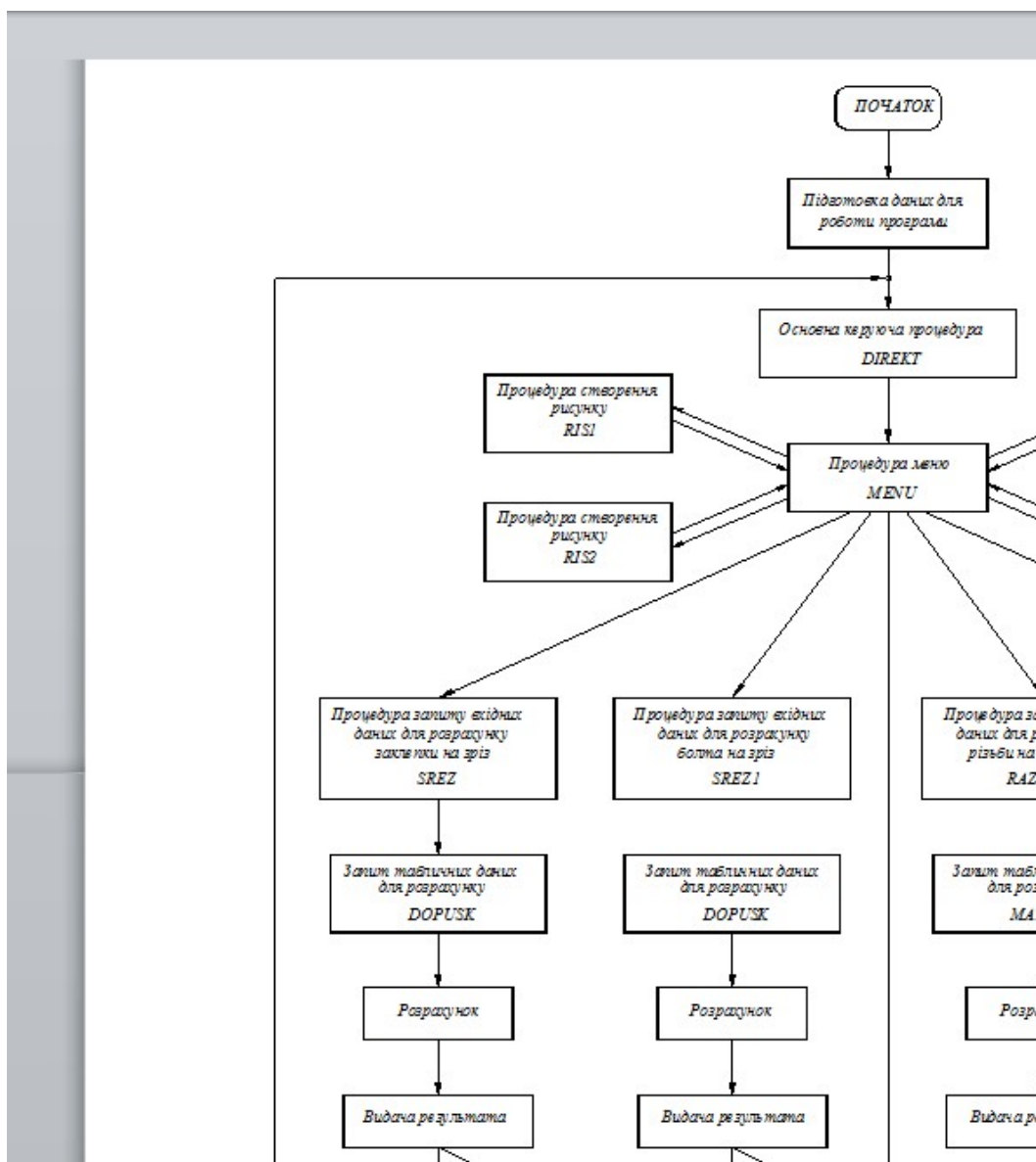


Рисунок 3.16 – Блок схема роботи програми «Rozrahunok» для розрахунку елементів на міцність

В залежності від отриманої від функції меню команди, керуюча програма дає вказівки на початок роботи потрібних в даний момент блоків. По суті справи “віддає важелі керування” іншій програмі.

По закінченні роботи цієї програми, керування знов передається основній керуючій програмі.

Розглянемо приклад роботи програми:

- 1) керуюча програма запускає функцію створення меню і чекає зворотних даних від неї;
- 2) по отриманні цих даних вона проводить їх обробку і здійснює запуск потрібних блоків програми, наприклад вона може запустити процедуру розрахунку осі на зріз, та в свою чергу самостійно проведе запит даних, розрахунки, вивід результатів розрахунків; керування передається основній програмі
- 3) після завершення роботи програми і видачі результатів, керування передається основній програмі.

Потім цикл повторюється знову. Але за бажанням користувача.

В алгоритмі передбачена підкачка текстів повідомлень з файла help.zak, це спрощує роботу при корекції текстів пояснень-підказок.

3.6.2 Опис та послідовність користуванню програмним пакетом «Rozrahunok»

Програма Rozrahunok призначена для розрахунку на міцність елементів верстатних пристроїв дозволяє конструктору – проектувальнику здійснити розрахунки на міцність окремих елементів (осі, болти і т. д.) верстатного пристрою що проектується.

У процесі проектування можливі багаторазові зміни у конструкції елементів верстатних пристроїв, для яких необхідно знову проводити розрахунки (в тому числі і розрахунки на міцність). В цьому і полягає

актуальність цього програмного продукту, який дозволяє оперативно здійснити необхідний розрахунок для конкретного елемента.

У програмі «Rozrahunok» передбачено декілька типових розрахунків на міцність, а саме:

- 1) розрахунок заклепочного з'єднання на зріз;
- 2) розрахунок болтового з'єднання на зріз;
- 3) розрахунок різьбового з'єднання на зминання;
- 4) розрахунок осі на зріз.

Запуск програми здійснюється за допомогою файлу ALFA.EXE. Для того щоб запустити цей файл необхідно встановити на ньому курсор, за допомогою клавіш <↑>, <↓> (“вгору”, “вниз”), після цього натиснути клавішу

Після запуску файлу на екрані з'являється меню, з якого за допомогою клавіш <↑>, <↓> (“вгору”, “вниз”), необхідно вибрати розрахунок який Вас цікавить, після чого натиснути ↵ (“Enter”).

Після цього програма переходить у інтерактивний (діалоговий) режим запитання даних (рис. 3.17).

При цьому у нижній частині екрана з'являється вікно запитання даних, в якому вказано величину, яку потрібно ввести і її розмірність. Перехід до іншого запитання здійснюється натисканням клавіші ↵ (“Enter”).

У програмі передбачений приємний та зручний інтерфейс, це дає змогу при невпевненості у відповіді на поставлене питання отримати від програми підказку (клавіша <F1>). При цьому підказки у програмі не загальні, а відповідають конкретним запитанням програми. Про необхідності подальшої роботи, конструктор легко може завершити роботу над конкретним розрахунком і вийти в основне меню, або вийти з програми.

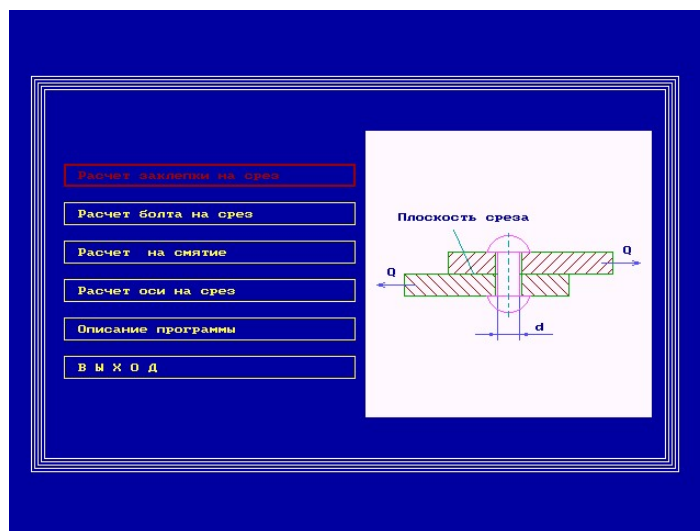


Рисунок 3.17 – Робоче вікно програми Rozrahunok

По закінченню вводу необхідних даних програма виводить на екран результати розрахунку у вигляді мінімального розрахункового розміру. Також на екрані виводиться таблиця із стандартними значеннями даного параметру.

Разом з виводом на екран конструктор у в змозі роздрукувати результати розрахунку на принтері, який під'єднаний до комп'ютера. На друк виводяться вхідні дані і результати розрахунку, що робить програму більш зручною.

Вивід на друк здійснюється натисканням клавіші <P>, а вихід в основне меню -<Esp> (Додаткові підказки з цих питань знаходяться у нижній частині екрана).

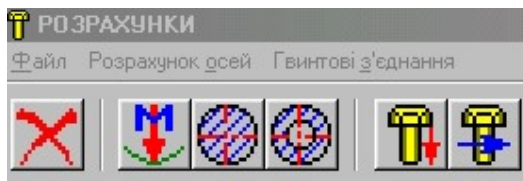
Також у програмі Rozrahunok ми можемо розрахувати елементи на міцність, а саме:

- 1) Визначення згинального моменту.
- 2) Розрахунок на зріз круглих суцільних осей.
- 3) Розрахунок на зріз круглих порожнистих осей.
- 4) Розрахунок болтового з'єднання на розтяг.
- 5) Розрахунок болтового з'єднання на зріз.

Запуск програми здійснюється за допомогою файлу .

Для того щоб запустити цей файл необхідно встановити на ньому курсор, за допомогою клавіш <↑>, <↓> (“вгору”, “вниз”), після цього натиснути клавішу


Після запуску файла на екрані з'являється меню,



з якого за допомогою миші ,необхідно вибрати розрахунок який Вас цікавить, після чого натиснути ліву кнопку миші.

Після цього програма переходить у режим запуску даних. Данні вводимо з клавіатури .

Після вводу потрібних значень натискаємо лівою клавішою миші на піктограму .

У програмі передбачений приємний та зручний інтерфейс. Вихід із програми здійснюється за допомогою значка  .

Далі приведені робочі вікна програми Rozrahunok.

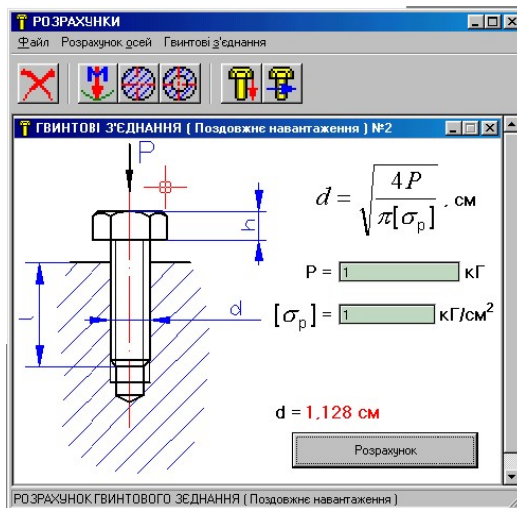


Рисунок 3.18 – Розрахунок гвинтового з'єднання на зминання

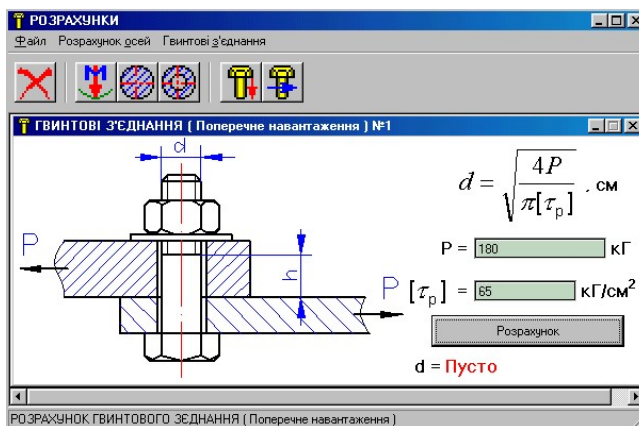


Рисунок 3.19 – Розрахунок гвинтового з'єднання на зріз

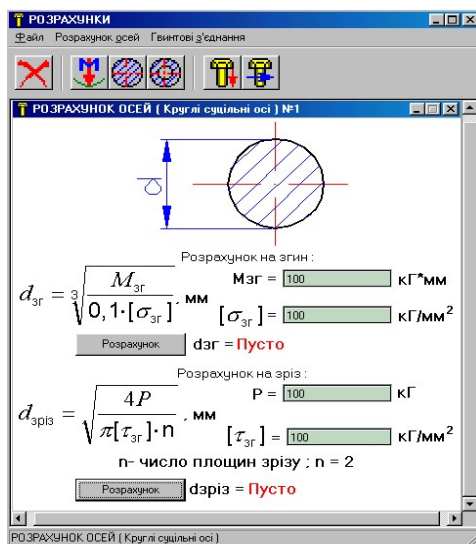


Рисунок 3.20 – Розрахунок круглої суцільної осі на зріз

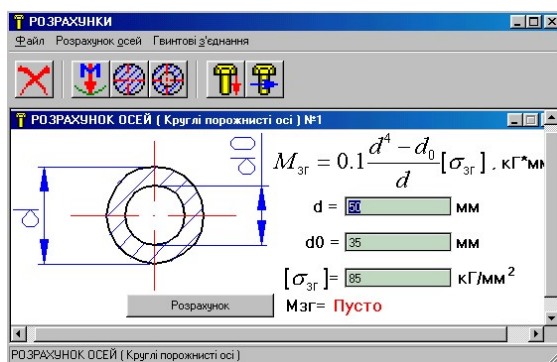


Рисунок 3.21 – Розрахунок круглої порожнистої осі на зріз

3.7 Висновки до розділу 3

Проведено розробку пакету прикладних програм розрахунку прямої та зворотної задачі визначення параметрів приводу пристроїв та розрахунку деталей пристрою на міцність.

РОЗДІЛ 4. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

4.1 Проектування верстатного пристрою для фрезерування

Згідно із завданням необхідно спроектувати спеціальний пристрій для установки заготовки корпусу, виготовленого з СЧ20 для фрезерування площини, перпендикулярної до осі корпусу на 015 операції.

4.1.1 Вибір установочних елементів пристрою

Згідно схеми базування прийнятій в технологічному процесі (рис. 4.1), корпус базується по зовнішній циліндричній поверхні в призмах які є нестандартними. Правим торцем заготовка упирається в нерухому опору, яка являє собою натискний гвинт з шестигранною головкою та циліндричним кінцем. Одною з паралельних площин для виключення повороту навколо осі під дією сил різання при фрезеруванні заготовка упирається у регульовану опору.

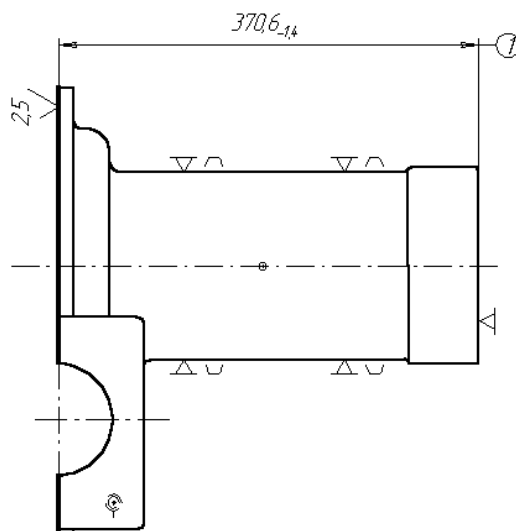


Рис. 4.1 – Операційний ескіз поздовжньо-фрезерної операції

4.1.2 Розрахунок точності обробки

Допустима похибка пристрою:

$$\Delta_{\text{дон}} = T - \kappa \cdot w, \quad [6] \quad (4.1)$$

де T - допуск на відповідний розмір, $T = 0.36$ мм;

κ - поправочний коефіцієнт, $\kappa = 1$;

w - похибка верстата, $w = 0.02$ мм;

$$\Delta_{\text{дон}} = 0,36 - 1 \cdot 0,02 = 0,34 \text{ мм.}$$

Похибка установки деталі в пристрої:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\xi_{\delta}^2 + \xi_3^2 + \xi_{np}^2} \quad [6] \quad (4.2)$$

де ξ_{δ} - похибка базування, $\xi_{\delta} = 0$;

ξ_3 - похибка закріплення, $\xi_3 = 0.03$ мм [2];

ξ_{np} - похибка пристрою.

$$\xi_{np} = (1/4 \dots 1/10) T_{\delta} = (1/4 \dots 1/10) \cdot 1,4 = (0,35 \dots 0,14) \text{ мм.}$$

Приймаємо $\xi_{np} = 0,2$ мм.

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,03^2 + 0,2^2} = 0,202 \text{ (мм)} .$$

Так як $\Delta_{\text{дон}} > \varepsilon_y$ то прийнята конструктивна схема пристрою забезпечує необхідну точність обробки на операції.

4.1.3 Розрахунок сили закріплення деталі

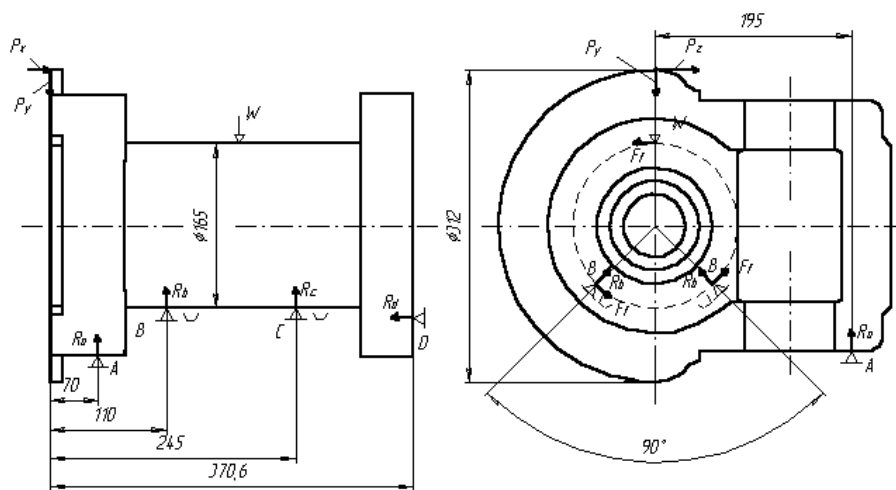


Рис. 4.2 – Схема для визначення сили закріплення деталі

Обробку проводимо на поздовжньо-фрезерному верстаті 6620
($N_0 = 30$ кВт).

Величина подачі на зуб фрези: $S_z = 0.18$ мм/зуб ($S_{xv} = 630$ мм/хв).

Швидкість різання $V = 107$ м/хв; ($n = 100$ об/хв).

Потужність, яка необхідна для різання: $N = 22,5$ кВт.

Сили, які виникають в процесі чорнового фрезерування площини роз'єму
($t = 3$ мм) визначаємо за формулою:

$$P_z = \frac{N \cdot 1020 \cdot 60}{V} \quad (4.3)$$

$$P_z = \frac{22,5 \cdot 1020 \cdot 60}{V} = 12640H$$

Сили P_z (див. рис. 4.2) створюють крутний момент, який повертає заготовку за годинниковою стрілкою:

$$M = P_z \cdot (312 / 2000) = 1971,84 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Йому протидіє момент тертя, який виникає на опорному діаметрі заготовки під дією сили затиску. Сила R_a до розрахунків не включається.

Розраховуємо силу закріплення заготовки за формулою, яка приведена в [2], , при визначенні враховуємо коефіцієнт запасу ($k = 2,5$) :

$$W = \frac{2 \cdot k \cdot M}{D_{\bar{o}} \cdot (f_2 + f_1 \div \sin 0.5\alpha)}, \quad (4.4)$$

де $D_{\bar{o}}$ - діаметр базової поверхні;

M -крутний момент від сили P_z ;

f_1 -коефіцієнт тертя між заготовкою і поверхнями призми; $f_1 = 0,16$ [6];

f_2 -коефіцієнт тертя між заготовкою і рифленою поверхнею прихвата;

$f_2 = 0,7$.

$$W = \frac{2 \cdot 2,5 \cdot 1971,84}{0,165 \cdot (0,7 + 0,16 \div 0,71)} = 64572,96 \text{ (Н)}.$$

Сила P_x намагається відштовхнути заготовку від фрези. Їй протидіє сила реакції опори R_d .

За даними [2] : $P_x = 0,5 \cdot P_z = 0,5 \cdot 12640 = 6320 \text{ (Н)}$.

Складемо рівняння проєкцій всіх сил на горизонтальну вісь:

$$P_x - R_d = 0, \quad (4.5)$$

де R_d - горизонтальна складова реакції опори D .

Звідки: $R_d = P_x = 6320 \text{ Н}$.

4.1.4 Розрахунок затискного механізму

У якості затискного механізму вибираємо важільний механізм. Очевидно, що вихідна сила Q на штокові привода ідеального механізму при рівних плечах важеля дорівнює:

$$Q = 2 \cdot W, \quad (4.6)$$

де W - необхідна сила закріплення, 64573(Н).

Всі інші необхідні розміри затискного механізму приймаємо конструктивно після розробки ескізного креслення пристрою. Для розрахунку вихідної сили використовуємо програмний пакет «Пристрій 1.0», розроблений у роботі:

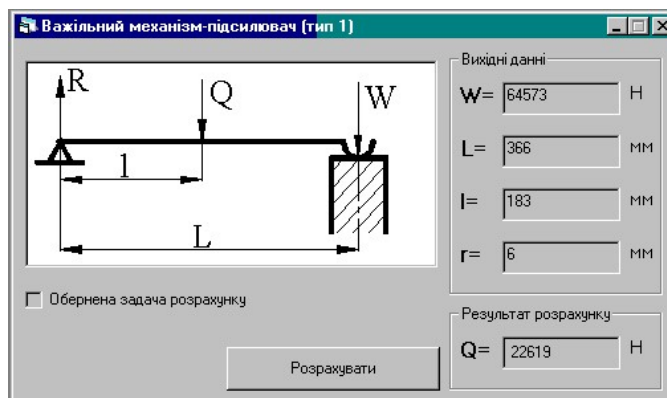


Рис. 4.3 - Розрахунок параметрів затискного механізму

Як видно з формули 4.6 для двомісного пристрою з рівноплечним затискним важелем необхідно силу на штоковій приводу збільшити в два рази:

$$Q = 2 \cdot Q_1, \quad (4.7)$$

де Q_1 – вихідна сила, яку розраховано за допомогою програми, Н (див.рис.4.3).

$$Q = 2 \cdot 22619 = 45238 \text{ (Н)}.$$

4.1.5 Розрахунок приводу пристрою

Звертаючи увагу на значні зусилля, які виникають в процесі обробки, для приводу затискного механізму вибираємо гідроциліндр. В процесі розрахунку розмірів гідроциліндра постає обернена задача розрахунку приводу. Тобто по заданій силі $Q_{пр}$ необхідно визначити діаметр гідроциліндра.

Приймаємо тиск мастила в гідросистемі $p = 10$ МПа. Для розрахунку діаметра гідроциліндра використовуємо підпрограму для розрахунків гідроциліндрів з відповідним значенням тиску.

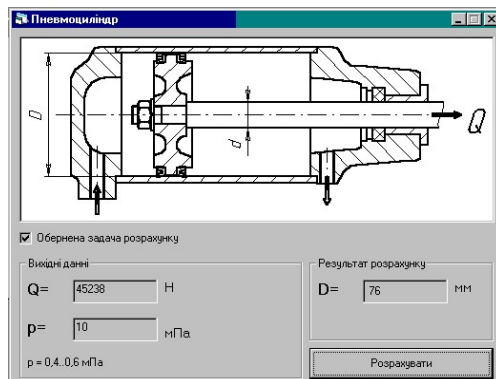


Рис. 4.4 - Визначення параметрів гідроциліндра

Вибираємо діаметр гідроциліндра з стандартного ряду [6]: 40,50,60,80,100,125мм. Приймаємо ближній більший $D_{цил} = 80$ мм, що забезпечить незначне більше зусилля затиску.

4.1.6 Розрахунок елементів верстатного пристрою на міцність

Проведемо розрахунок різьбового з'єднання (рис.4.5).

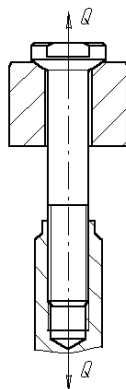


Рис. 4.5 - Розрахункова схема болтового з'єднання

При постійному навантаженні коефіцієнт запасу $K_s = 1,75$ [6];

коефіцієнт змінності навантаження $X = 0,45$.

Сила попередньої затяжки:

$$Q_o = K_z \cdot (1 - X) \cdot Q, \quad (4.8)$$

де Q - сила на штокові механізованого приводу, Н;

$$Q_o = 1,75 \cdot (1 - 0,45) \cdot 45238 = 43541 (\text{Н}).$$

Розрахункова сила:

$$Q_p = 1,38 \cdot Q_o + X \cdot Q, \quad (4.9)$$

$$Q_p = 1,38 \cdot 43541 + 0,45 \cdot 45238 = 80444 (\text{Н}).$$

Розрахунковий діаметр різьби болта:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 Q_p}{\pi [\sigma_\sigma]}}, \quad (4.10)$$

$[\sigma_\sigma]$ - допустимі напруження розтягу для матеріалу болта;

Для Сталі 45 $[\sigma_\sigma] = 667 \text{ МПа}$ [1].

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 80444}{3,14 \cdot 66,7}} = 19,3 \text{ мм.}$$

Приймаємо різьбу М24 з шагом $p = 3$, для якої:

$$d_p = d - 0,94P = 24 - 0,94 \cdot 3 = 20,73 (\text{мм})$$

$$d_p = 20,73 \text{ мм} > 19,3 \text{ мм}$$

Різьба М24 придатна.

Проведемо розрахунок прихвату на міцність.

Викреслюємо розрахункову схему прихвату, використовуючи компоновочне креслення пристрою. Розміри плечей прихвату прийняті конструктивно і проставлені на розрахунковій схемі рис.4.6 в м.

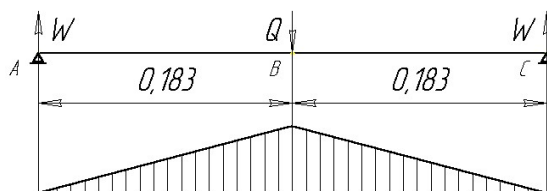


Рис. 4.6 – Розрахункова схема прихвату

Будуємо епюру згинальних моментів при цьому прихват розглядається, як балка на двох опорах. Матеріал прихвату Сталь 45.

Максимальний згинальний момент виникає в перерізі В:

$$M_b = W \cdot l_{bc} , \quad (4.11)$$

де l_{bc} - відстань між точками В і С.

$$M_b = 22619 \cdot 0,183 = 4139,3(\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Умова міцності при згині :

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x} \leq [\sigma], \quad (4.12)$$

де $M_{max} = M_b$ - максимальний згинальний момент, Н·м;

W_x - момент опору перерізу;

$[\sigma]$ – допустиме напруження згину, $[\sigma] = 700$ МПа.

Визначаємо момент опору перерізу В.

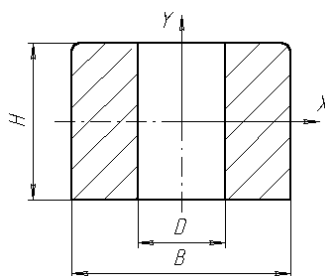


Рис. 4.7 - Вид перерізу В

$$W_x = \frac{H^3 \cdot (B - D)}{12}, \quad (4.13)$$

Необхідні розміри перерізу вибираємо з компоновки пристрою:

$$H = 50 \text{ мм} = 5 \text{ см}; B = 70 \text{ мм} = 7 \text{ см}; D = 26 \text{ мм} = 2,6 \text{ см}.$$

$$W_x = \frac{5^3 \cdot (7 - 2,6)}{6} = 91,67 (\text{см}^3) = 9167 (\text{мм}^3).$$

$$\sigma_{\max} = \frac{4139,3 \cdot 1000}{9167} = 451 (\text{МПа}) (\leq [700]).$$

Умова міцності виконується, значить основні розміри і матеріал прихвату вибрано вірно.

4.1.7 Розробка технічних вимог на пристрій та опис роботи

Виходячи з умов роботи пристрою та необхідної точності обробки на операції до пристрою поставлені наступні технічні вимоги [6]:

1. Непаралельність площини відносно площини В не більше 0,1 мм.
2. Непаралельність осей відносно площини, яка проходить через осі шпонок (поз.18) не більше 0,1 мм.

Ці вимоги до точності взаємного розміщення елементів наведено на першому листі складального креслення пристрою.

Пристрій складається з плити 1 (рис. 4.8) на якій змонтовано дві опорних призми 2. Плита має лапи з пазами визначеної конфігурації та напрямні шпонки 18 для базування і закріплення пристрою на столі верстата. Заготовки базуються в пристрої згідно прийнятої схеми базування. Осьове положення заготовки регулюється за допомогою натискного гвинта 16. Кутове положення-регулюванням підвідної опори 19.

При подачі тиску в штокову порожнину гідроциліндра, поршень із штоком рухаються вниз, і через важіль 4 відбувається закріплення заготовки.

При подачі тиску в поршневу порожнину гідроциліндра, відбувається відкріплення заготовки.

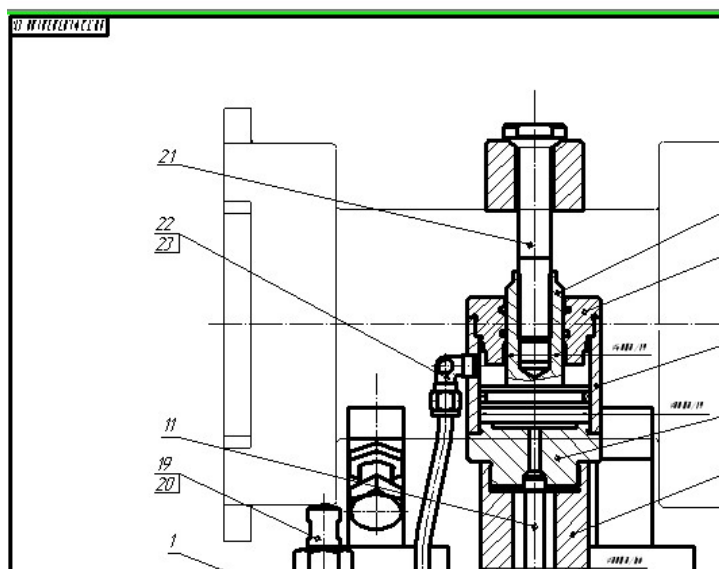


Рисунок 4.8 – Загальний вигляд пристрою

4.2 Висновки до розділу 4

Проведено проектування верстатного пристрою для фрезерування площини із застосуванням розробленого програмного продукту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. Проаналізовано призначення, конструкцію та технічні вимоги на об'єкт виробництва. Визначено тип виробництва та ступінь технологічності деталі корпус приводу. Проаналізовано сучасні досягнення та шляхи удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу приводу, визначено перспективне обладнання та різальний інструмент.

2. Для визначеного типу виробництва вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу, застосувавши верстати з ЧПК, а саме обробляючий центр свердлильно-фрезерно-розточувальної групи VF-1 фірми HAAS (США).

3. Проведено обґрунтування технологічних параметрів процесу механічної обробки деталі корпусу приводу, а саме вибрано обладнання та різальний інструмент, розраховано припуски на обробку, розраховано режими різання по операціях, проведено нормування операцій.

4. Виконано проектування технологічної оснастки для операції. Розроблено конструкцію пристрою для виконання операції механічної обробки фрезерування площини, перпендикулярної до осі корпусу на 015 операції.

5. Розроблено оригінальні програмні продукти «Пристрій 1.0» і «Rozrahunok» для автоматизації розрахунку верстатних пристроїв, а саме для визначення передавальної характеристики механізмів та розмірів приводу і розрахунків на міцність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. 353 с., іл.
- 2.Справочник технолога-машиностроителя.Т.1,Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. Машиностроение,1985.
3. Бабук В.В. Дипломное проектирование по технологии машиностроения. Минск:Вышейш.шк.,1979.464 с.
4. Залого В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В. О. Залого, О. О. Залого, В. Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залого. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
- 5.Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. .:Машиностроение, 1974.136 с.
6. Гордєєв А. І., Урбанюк Є. А., Безносів А. Є., Мігаль В. Г. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.