

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»

Розробка роботизованого технологічного комплексу
механічної обробки деталей типу корпус

спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМм-21
Лешко Ярослав Ярославович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Самчук Людмила Михайлівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2024 р.
к.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Луцьк – 2024 року

Луцький національний технічний університет
Факультет Транспорту та механічної інженерії

Кафедра Прикладної механіки та мехатроніки

Другий (Магістерський) рівень вищої освіти

Спеціальність 131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ Редько Р.Г.

“ _____ ” _____ 2024р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Лешку Ярославу Ярославовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка роботизованого технологічного комплексу механічної обробки деталей типу корпус, керівник роботи Самчук Людмила Михайлівна, к.т.н., доцент, затвержені наказом вищого навчального закладу від «30» грудня 2023р. № 452/01-02.
2. Строк подання студентом роботи 1.12.2024 року.
3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі корпус редуктора, річна програма випуску 5100 шт/рік, нормативно-технічна документація, довідникові дані
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Розділ 1. Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва. розробка технологічного процесу виготовлення деталі. Розділ 2. Конструкторська частина. Розділ 3. Автоматизація виробничого процесу. Розділ 4. Технологічна оцінка РТК та конструювання допоміжного обладнання. Висновки. Список посилань.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Креслення деталі корпус редуктора – 1 лист (ф. А1), Прижим пневматичний– 1 лист (ф.А1), Затискний пристрій – 1 лист (ф.А1), Контрольний пристрій – 1 лист (ф.А1), Компонувальна схема РТК – 1 лист (ф.А1).

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 01.03.2024р.

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи магістра	Примітка
1.	<i>Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва. розробка технологічного процесу виготовлення деталі</i>	<i>14.04.2024р.</i>	
2.	<i>Конструкторська частина</i>	<i>18.06.2024р.</i>	
3.	<i>Автоматизація виробничого процесу</i>	<i>18.08.2024р.</i>	
4.	<i>Технологічна оцінка РТК та конструювання допоміжного обладнання</i>	<i>12.09.2024р.</i>	
5	<i>Електронний варіант роботи</i>	<i>1.12.2024р</i>	

Студент

_____ (підпис)

(Лешко Я.Я.)

Керівник роботи

_____ (підпис)

(Самчук Л.М.)

АНОТАЦІЯ

Лешко Я.Я. Розробка роботизованого технологічного комплексу механічної обробки деталей типу корпус. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра на здобуття кваліфікації другого (магістерського) рівня вищої освіти із спеціальності 131 Прикладна механіка – Луцький національний технічний університет. – Луцьк, 2024.

Робота присвячена питанням автоматизації виготовлення деталей в серійному виробництві за рахунок підвищення автоматизації технологічних процесів. Використання автоматизованих виробничих ліній дозволяє підвищити ефективність виготовлення, вбудувати контроль якості на кожному з етапів виготовлення та зменшити собівартість виробів. Спроектовано технологічний процес виготовлення деталі, технічні засоби для його реалізації та проведено усі необхідні розрахунки.

Ключові слова: Корпус, технологія, обробка, технологічна система, автоматизація, роботизований технологічний комплекс.

ANNOTATION

Y. Lesko Development of a robotic technological complex for machining parts of the body type. – Manuscript.

Master's qualification work for obtaining the qualification of the second (master's) level of higher education in specialty 131 Applied Mechanics - Lutsk National Technical University. - Lutsk, 2024.

The paper is devoted to the automation of manufacturing parts in mass production by increasing the automation of technological processes. The use of automated production lines makes it possible to increase the efficiency of manufacturing, build in quality control at each stage of manufacturing and reduce the cost of products. The technological process of manufacturing the part, the technical means for its implementation were designed and all the necessary calculations were made.

Key words: Housing, technology, processing, technological system, automation, robotic technological complex.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	10
1.1 Призначення і технічна характеристика деталі.....	10
1.2. Попереднє визначення типу виробництва.....	10
1.3 Вибір методу отримання заготовки та економічне обґрунтування методу.....	11
1.4 Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі.....	13
1.5 Аналіз правильності вибору баз у розробленому технологічному процесі.....	14
1.6 Розрахунок припусків на механічну обробку.....	16
1.7 Розрахунок режимів різання та основного часу.....	18
1.8 Нормування технологічного процесу.....	21
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	24
2.1 Проектування затискного пристрою для операції 010.....	24
2.1.1 Вибір технологічної системи та розробки схеми пристрою.....	24
2.1.2 Розрахунок необхідного зусилля для закріплення заготовки.....	25
2.1.3 Розрахунок пристрою на точність.....	27
2.2 Проектування верстатного пристосування для операції 015.....	28
2.2.1 Вибір технологічної системи та розробки схеми пристрою.....	28
2.2.2 Розрахунок необхідного зусилля для закріплення заготовки.....	29
2.2.3 Розрахунок пристрою на точність.....	31
3.3 Проектування контрольного пристрою.....	32
3.3.1 Опис роботи пристрою.....	32
3.3.2 Розрахунок пристрою на точність.....	33
3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ.....	35
3.1 Вибір промислового роботу для дільниці механічної обробки деталі.....	35
3.2 Аналіз компоновальної схеми РТК.....	35
3.3 Алгоритм роботи РТК.....	37
3.4 Розрахунок геометричних і кінематичних параметрів. Побудова циклограми роботи РТК.....	46
3.5 Лінійні переміщення, що здійснюються ПР.....	49

4 ТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА РТК ТА КОНСТРУЮВАННЯ ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	54
4.1 Аналіз і оцінка продуктивності РТК, пошук оптимального алгоритму функціонування РТК.....	54
4.2 Розрахунок коефіцієнтів завантаження обладнання.....	55
4.3 Розрахунок затискного пристрою ПР.....	56
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	62

ВСТУП

Роботизовані технологічні комплекси (РТК) створює умови для якісно нового рівня автоматизації, а саме переходу до автоматизованих виробничих систем, що працюють з мінімальним втручанням людини. В даний час РТК використовується практично у всіх галузях народного господарства, але найбільшого поширення він отримав в галузі машинобудування. Однією з головних переваг РТК є те, що їх можна швидко переналаштувати для виконання завдань з різним порядком і типом дій. РТК є найбільш ефективним, коли виробниче обладнання часто змінюється. Однією з причин розробки та впровадження РТК є, звісно, економія коштів. Порівняно з традиційними засобами автоматизації РТК забезпечують велику гнучкість технічних та організаційних рішень, зниження термінів комплектації та запуску виробництва. Доцільність застосування РТК насамперед має диктуватися інтересами людини, її безпекою та зручностями роботи (особливо на ділянках з небезпечними, шкідливими для здоров'я умовами праці).

Актуальність теми. Автоматизація виробництва в машинобудуванні є самостійним комплексним завданням, пов'язаним зі створенням нового сучасного устаткування, технологічних процесів, систем організації виробництва за умови систематичного підвищення прибутку, поліпшення умов праці та скорочення потреби в робочій силі. Проводити організаційно-технічні заходи значного обсягу заради одиничного впровадження промислового робота не рентабельно. Тільки розширене застосування промислових роботів у складі складних роботизованих технологічних систем виправдане технічно, економічно і соціально.

Проблему комплексної автоматизації середньосерійного багатомноменклатурного виробництва найефективніше можна розв'язати на основі створення типових РТК різного технологічного призначення, в яких промисловий робот здійснює одиничне або групове обслуговування обладнання. Такі РТК мають забезпечити виконання найпоширеніших у машинобудуванні операцій, включно із заготівельними та складальними. Конструктивно-технологічні параметри РТК мають бути такими, щоб можна було об'єднувати їх у гнучкі виробничі системи, побудовані на основі методів групової технології. Розробка

типових РТК для обробки найпоширеніших деталей машинобудування та виконання широкої номенклатури операцій дає змогу комплектувати автоматизовані дільниці виробництва й автоматичні лінії різних типів, створюючи складні виробничі системи, диференційовані за призначенням, складом виконуваних операцій та рівнем автоматизації процесів обробки й керування.

Метою роботи є розробка гнучкого, швидко-переналагоджувального та уніфікованого РТК для підвищення якості продукції та обсягів її випуску завдяки зниженню часу виконання операцій і забезпеченню постійного режиму випуску, зростанню коефіцієнта змінності роботи устаткування, інтенсифікації наявних і стимулюванню створення нових високошвидкісних процесів і устаткування;

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення деталі корпус редуктора.

Предмет дослідження – процеси виготовлення деталі корпус редуктора.

Методи дослідження. При розробці оптимізованого технологічного процесу виготовлення деталі було проаналізовано призначення і технічну характеристику деталі. На підставі заданої програми випуску і трудомісткості виготовлення виробу було визначено тип та організаційну форму виробництва. Як метод отримання заготовки приймаємо метод лиття у піщані форми з використанням рідких самотверднучих сумішей, оскільки для цієї форми заготовки цей варіант є найбільш оптимальним з точки зору якості заготовки та її вартості. Технологічний процес виготовлення складено раціонально, послідовність операцій дає змогу отримати потрібну форму і точність деталі. Обладнання, що застосовується на виробництві має підвищену потужність. таке обладнання потребує частішого обслуговування і ремонту, а це призводить до збільшення часу і витрат.

Під час призначення режимів різання враховували метод обробки, тип і розміри інструменту, матеріал його ріжучої частини, матеріал і стан заготовки, тип і стан обладнання.

Розроблено затискні пристрої для 010та 015 операцій та контрольний пристрій для контролю паралельності осей отворів. Для даних пристроїв проведено розрахунок необхідного діаметру циліндра приводу та розрахунок на точність.

На розробленій обробній станції підбираються промислові роботи та захватне обладнання, проводяться розрахунки часу циклу обробки деталей і продуктивності за зміну, а також виконується графік руху машин, що працюють на промислових роботах і гнучких системах автоматизації було створено. Використання промислових роботів підвищило продуктивність і скоротило час, необхідний для встановлення та демонтажу деталей. Функціональний алгоритм РТК гарантує заданий шлях механічної обробки деталі. Щоб максимізувати продуктивність РТК, передбачається, що основний час роботи машини збігається з часом, необхідним для роботи допоміжного обладнання.

Новизна одержаних результатів. Розроблені технологічні процеси є унікальними і гарантують виготовлення високоякісних деталей відповідно до технічних завдань. Виготовлення деталей за допомогою РТК і композитного інструменту вимагає меншої кваліфікації робочої сили в порівнянні з існуючими технологічними процесами. Розроблене пристосування забезпечує гнучкість технологічного обладнання та скорочує час виготовлення деталей.

Практичне значення одержаних результатів. Продуктивність розробленого РТК становить 0,13 хв. з урахуванням внутрішньоциклових втрат через наявність неповних циклів на початку та в кінці обробки. Для отримання додаткової інформації. Середній коефіцієнт завантаження для пристроїв РТК становить 0,61%. Затискний пристрій і його привід розраховані таким чином, що рушійна сила повинна бути не менше 150,6 Н для надійного утримання заготовки під час руху.

Особистий внесок магістранта. В рамках магістерської кваліфікаційної роботи студенти магістратури вивчають конструкторсько-технічну підготовку до виробництва, тобто економічне обґрунтування процесу отримання заготовки, розробку технічного процесу виготовлення деталі та приймають такі рішення: Для кожної роботи ми розрахували вид обробки та різання та стандартизували техпроцес. Для підвищення рівня автоматизації розроблені затискні пристрої для операцій 010 і 015, що скорочують час затиску відповідно на 1,7 і 1,15 хв. для кожної операції. В рамках роботи створено компоновку схему РТК, розроблено алгоритм її роботи, розраховано її геометричні та кінематичні параметри. Створено циклограму роботи РТК.

Апробація роботи.

Я. Лешко Аналіз типів виробництва та можливості застосування роботизованих комплексів / Я. Лешко, Л. Самчук / Тези ІV студентської науково-технічної конференції факультету транспорту та механічної інженерії “Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії”. Луцьк: ЛНТУ – 2024р. С.40-42.

РОЗДІЛ 1

КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1. Призначення і технічна характеристика деталі

Розглянута в роботі деталь «Корпус редуктора» є основною деталлю редуктора «2Ц2-125Н». Даний двоступеневий циліндричний редуктор використовується в приводах різних машин і механізмів для зміни крутних моментів і частот обертання.

Корпус і кришка редуктора призначені для базування деталей, що входять до складу редуктора а також для забезпечення герметичності всього виробу. Корпус служить картером для змащення механічної передачі, опорою для підшипників. Основним показником якості корпусу є [1]:

- співвісність отворів під підшипники кочення;
- міжосьова відстань під підшипники: $165, 100 \pm 0,036, 125 \pm 0,036$.

Деталь «Корпус редуктора» виготовляється з СЧ15 ГОСТ 1412-95.

1.2. Попереднє визначення типу виробництва

Тип виробництва залежить від двох чинників, а саме: заданої програми випуску і трудомісткості виготовлення виробу. На підставі заданої програми розраховується такт випуску виробу t_v , а трудомісткість визначається середнім штучним часом $T_{шт}$ за операціями чинного або аналогічного технологічного процесу [3].

Коефіцієнт серійності дорівнює [3]:

$$k_c = \frac{t_e}{T_{um}}, \quad (1.1)$$

де $t_e = \frac{F_D \times 60}{N},$

« F_D – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год/зміну;

N – річна програма випуску деталей ($N=5100$ шт.);

$F_D=4015$ год. (для метало ріжучих верстатів)»[3].

$$t_e = \frac{4015 \times 60}{5100} = 47,23 \text{ хв},$$

$$T_{um} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{um}}{n}, \text{ хв} \quad (1.2)$$

де n - кількість деталей у партії, шт.

Кількість для одночасного запуску визначається за формулою [3]:

$$n = \frac{N \times a}{F}, \quad (1.3)$$

де « N – річна програма випуску деталей, шт.;

a – число днів, на які необхідно мати запас деталей ($a=5$ днів);

F – число робочих днів у році ($F=251$ дні)»[3].

$$n = \frac{5100 \times 5}{251} = 102 \text{ шт.}$$

$$T_{um} = \frac{60,04}{8} = 7,505.$$

$$k_c = \frac{47,23}{7,505} = 6,29.$$

Оскільки $k=6,29$ то тип виробництва крупно серійний.

1.3. Вибір методу отримання заготовки та економічне обґрунтування методу

«Метод отримання заготовки в умовах заводу – лиття сірого чавуну СЧ15 ГОСТ 1412-95 у піщано-глинисті форми. При виробництві форм і стрижнів

застосовується ручне формування за дерев'яними моделями. Це дуже важкий, шкідливий і малопродуктивний спосіб отримання виливків» [4].

Пропонується виготовляти заготовку литтям сірого чавуну СЧ15 ГОСТ 1412-95 у піщано-глинисті форми з використанням рідких самотверднучих сумішей.

З використанням рідких самотверднучих сумішей трудомісткість формувальних робіт зменшується на 15-50%, поліпшуються умови праці, збільшується в 1,5-2 рази термін служби стрижневих ящиків і значно знижується, а в деяких випадках і повністю усувається, витрата палива на сушку стрижнів. Економія на заробітній платі (через зниження вартості формувальних робіт у середньому на один розряд) отримується за рахунок скорочення (на 18-47%) трудомісткості та зменшення (на 3-11%) складності робіт. Період сушіння форм скорочується приблизно в 3-4 рази, відповідно зменшується витрата палива і відносні витрати на оплату праці [4].

Розрахунок припусків для литих заготовок здійснювали за ГОСТ Р 53464-2009 [5].

«Клас розмірної точності - 11.

Ступінь точності поверхні виливки - 16.

Ряд припусків - 9.

Ступінь викривлення елементів виливки - 6.

Клас точності ваги виливки - 11.

Допуск зміщення виливки по площині - 4,0 мм.

Допуск зміщення, викликаний перекосом стрижня, - 2,0 мм.

Допуск форми і розташування поверхонь виливки - 0,5 мм.

Допуск нерівностей поверхонь виливки - 1,6 мм.

Економічне обґрунтування запропонованого методу отримання заготовки»[5].

Вартість заготовки, отриманої литтям у піщані форми, визначитися за формулою [6]:

$$M = \left(\frac{C \times Q}{1000} \times k_T \times k_C \times k_B \times k_M \times k_C \right) - (Q - q) \times \frac{S_{omx}}{1000} \text{ грн.}, \quad (1.4)$$

де « С – 50000 грн. базова вартість лиття 1 тонни чавуну.

$$M = \left(\frac{50000 \times 41}{1000} \times 1,1 \times 1 \times 0,8 \times 1 \times 1 \right) - (41 - 30,5) \times \frac{5000}{1000} = 1751 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки, отриманої литтям у піщані форми з використанням рідких самотверднучих сумішей »[6]:

$$M = \left(\frac{40000 \times 41}{1000} \times 1,1 \times 1 \times 0,8 \times 1 \times 1 \right) - (41 - 30,5) \times \frac{5000}{1000} = 1390,7 \text{ грн.}$$

Цей спосіб дає змогу економити метал і формувальну суміш, підвищити точність виготовлення заготовки, скоротити витрати на паливо для сушіння формовок а також скорочує витрати на заробітну плату.

Економічний ефект на партію виробів складатиме 1837530 грн.

$$E_r = (C_1 - C_2) \times N = (1751 - 1390,7) \times 5100 = 1837530 \text{ грн.}$$

Як метод отримання заготовки приймаємо метод лиття у піщані форми з використанням рідких самотверднучих сумішей, оскільки для цієї форми заготовки цей варіант є найбільш оптимальним з точки зору якості заготовки та її вартості.

1.4. Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі

Аналіз наявного технологічного процесу виготовлення деталі.

Технічний процес виготовлення раціонально побудований, ряд операцій дозволяє отримати необхідну форму і точність деталей. Зросла потужність обладнання, яке використовується у виробництві. Такі пристрої вимагають частішого обслуговування та ремонту, збільшуючи час і витрати. У фрезеруванні (верстат 6Г606) при фрезеруванні плоских поверхонь використовується обладнання з механічним приводом і спеціальними фрезами. Це збільшує час простою машини та знижує продуктивність обробки.

При радіальному свердлінні (верстат 2М55) використовується пластина з кондукторними вводами, що збільшує непродуктивний час верстата і знижує продуктивність. У процесі виготовлення використовуються універсальні вимірювальні прилади для контролю оброблених поверхонь, що збільшує час контролю. Загальним недоліком цього технологічного процесу є те, що він не повністю автоматизований. Використовується обладнання з ручними затискачами і ручним складанням деталей.

Існуючі технологічні процеси вимагають від слюсаря більшої роботи, що збільшує час і призводить до збільшення вартості компонентів. На основі аналізу існуючих технологічних процесів можна зробити декілька висновків. Поле погано автоматизоване та має застаріле обладнання, яке потребує додаткової робочої сили та збільшує час обробки, що призводить до зниження продуктивності та вищих витрат на запчастини. У крупносерійних виробництвах ефективним є застосування верстатів з ЧПУ, оскільки спеціальні верстати не вигідні в цих умовах.

Виходячи з наведених вище зауважень, слід внести наступні зміни в існуючий технічний процес:

1) Замінити операції поздовжнього фрезерування та операції радіального свердління операціями фрезерування з ЧПУ.

2) Замінити операцію поздовжнього фрезерування та дві операції радіального свердління операціями фрезерування з ЧПУ.

3) Замінити процес вертикального фрезерування, радіального свердління та два процеси горизонтального свердління одним процесом фрезерування з ЧПУ.

4) Замінити високошвидкісний ріжучий інструмент на інструмент із твердосплавною пластиною.

5) Бланковий контроль проводиться через 20-30 штук, оскільки технологічний процес передбачає зниження впливу праці людини на якість продукції, що виготовляється.

6) Ми використовуємо машини закордонних виробників замість вітчизняних для підвищення якості готової продукції.

1.5. Аналіз правильності вибору баз у розробленому технологічному процесі

У розробленому варіанті технологічного процесу теоретичні схеми базування позбавляють деталь шести ступенів вільності і дотримуються принципу сталості та поєднання установочних баз з вимірювальними.

На операції 010 деталь має таке базування:

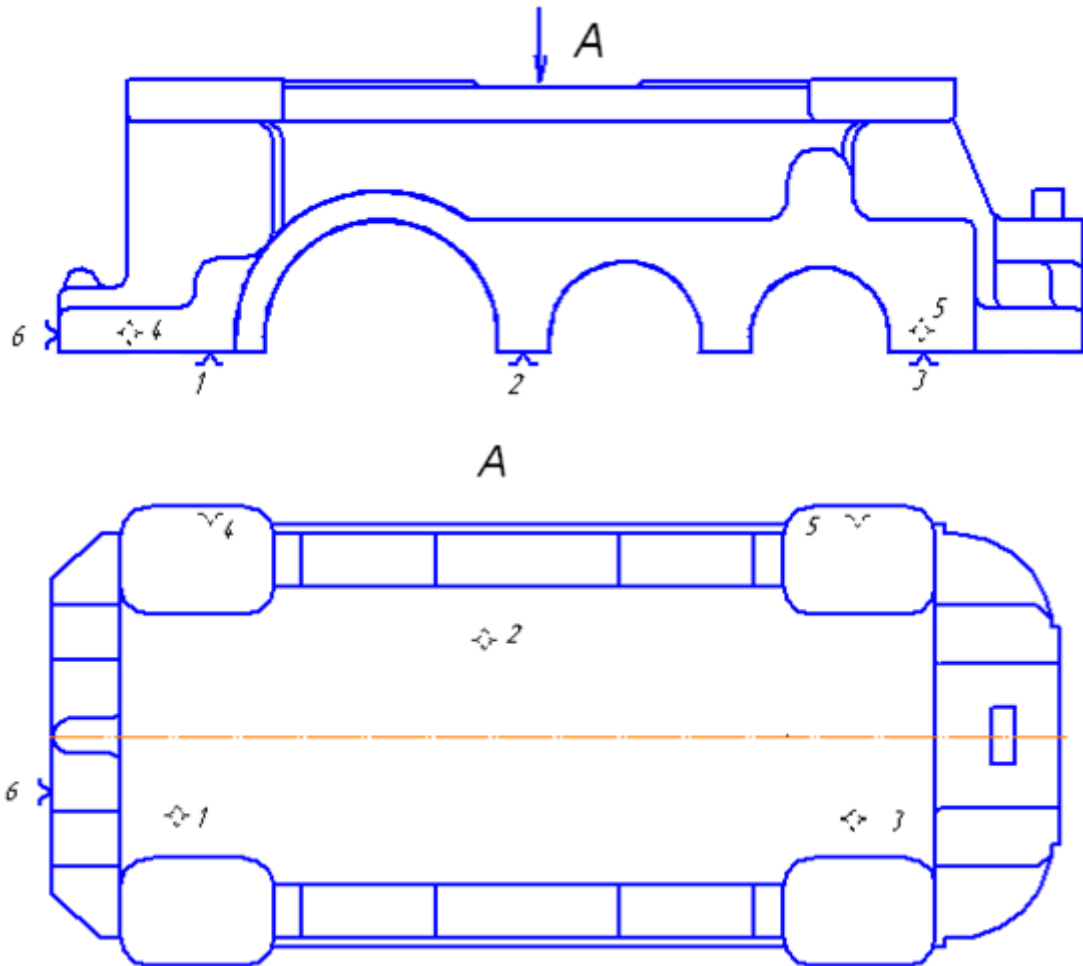


Рисунок 1.1 Схема базування деталі на 010 операцію

т. 1, 2, 3 – установочна база;

т. 4, 5 – напрямна база;

т. 6 – опорна база.

На операції 015 і 025 деталь має таке базування, рисунок 1.2:

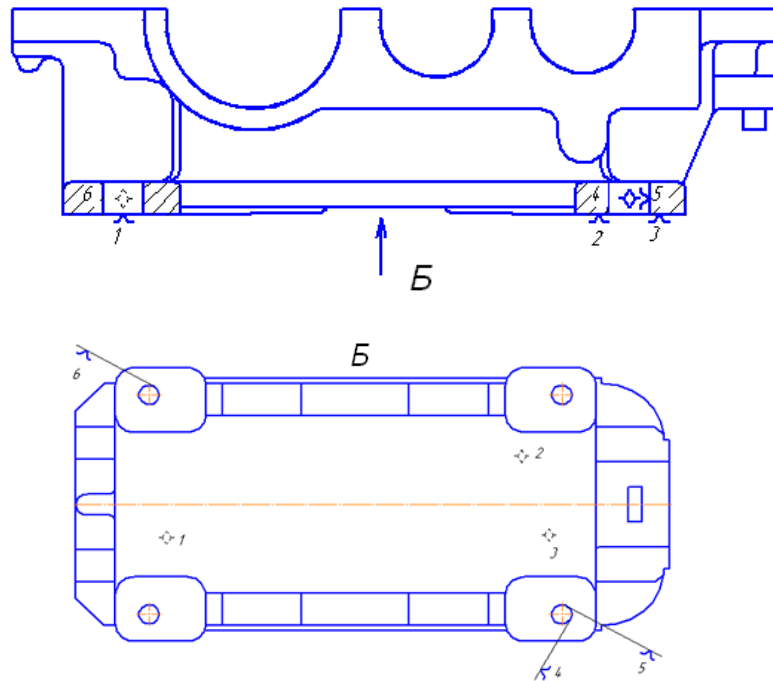


Рисунок 1.2 Схема базування деталі на 015 та 020 операції

т. 1, 2, 3 – установочна база;

т. 4, 5 – подвійна опорна база;

т. 6 – опорна база.

1.6. Розрахунок припусків на механічну обробку

Припуск визначається розрахунково-аналітичним методом на внутрішній діаметр під підшипник $\varnothing 72H7(+0,030)$. Маршрут обробки: точіння чорнове, точіння напівчистове, точіння чистове, точіння тонке.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу визначиться за формулою [7]:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{кор}^2 + \Delta_{см}^2} \quad (1.5)$$

де « $\Delta_{кор}$ » – величина короблення,

$$\Delta_{кор} = \Delta_{к} \times l, \quad (1.6)$$

$\Delta_{к}$ – питома кривизна заготовки на 1мм довжини, $\Delta_{к}=1$ мкм/мм;

l – довжина деталі; $l=235$ мм,

$$\rho_{кор} = 1 \times 235 = 235 \text{ мкм},$$

$\Delta_{см}$ – сумарне зміщення, $\Delta_{см}=0,4$ мм.

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{0,235^2 + 0,03^2} = 0,237 \approx 237 \text{ мкм}.$$

Величина залишкового просторового відхилення» [7]:

$$\Delta_{зал} = K_y \times \Delta_{\Sigma}, \quad (1.7)$$

де K_y – коефіцієнт уточнення форми, $K_y=0,06$,

$$\Delta_{зал} = 0,06 \times 237 = 14,22 \approx 15 \text{ мкм},$$

Після чорнового точіння значенням Δ нехтуємо, оскільки дане значення мале та не впливає на загальний результат.

Похибка базування $\varepsilon_{\delta a3}=0$, адже заготовка кріпиться в центрах.

На підставі наведених у таблиці даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись формулою для окремого випадку (обробка в центрах) [7]:

$$2Z_{i\min} = 2 \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right]_{\text{мм}} \quad (1.8)$$

де « $R_{Z\ i-1}$ – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

h_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару, на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – сумарне відхилення розміщення поверхонь на переході.

При чорновому розточуванні»[7]:

$$2Z_{\min \text{ .точ.чорнове}} = 2 \left[(420 + 180) + \sqrt{327^2 + 0^2} \right] = 1674 \text{ мкм}$$

При напівчистовому розточуванні:

$$2Z_{\min \text{ .точ.напівчистове}} = 2 \left[(100 + 50) + \sqrt{15^2 + 0^2} \right] = 330 \text{ мкм}$$

При чистовому розточуванні:

$$2Z_{\min \text{ .точ.чистове}} = 2 \left[(20 + 15) + \sqrt{0^2 + 0^2} \right] = 70 \text{ мкм}$$

При тонкому розточуванні:

$$2Z_{\min \text{ .точ.тонке}} = 2 \left[(7 + 55) + \sqrt{0^2 + 0^2} \right] = 24 \text{ мкм}$$

Максимальне значення припуску визначаємо користуючись формулою [7]:

$$2Z_{i\max} = 2Z_{i\min} + TD_{i-1} - TD_i, \text{ мкм} \quad (1.9)$$

де « Td_{i-1} – допуск на розмір на попередньому переході, мкм;

Td_i – допуск на розмір на наявному переході, мкм.

При чорновому розточуванні»[7]:

$$2Z_{\max \text{ розт.чорнове}} = 1674 + 1900 - 460 = 3114, \text{ мкм}$$

При напівчистовому розточуванні

$$2Z_{\max \text{ розт.напівчистове}} = 330 + 460 - 160 = 600, \text{ мкм}$$

При чистовому розточуванні:

$$2Z_{\max \text{ розт.чистове}} = 70 + 190 - 74 = 186, \text{ мкм}$$

При тонкому розточуванні:

$$2Z_{\max \text{ розт.тонке}} = 24 + 74 - 30 = 68, \text{ мкм}$$

Значення граничних діаметрів, отриманих на кожному з переходів, визначаємо, користуючись формулами [7]:

$$d_{\max} = d_{\max i} + 2Z_{\max i}, \text{ мм} \quad (1.10)$$

$$d_{\min i} = d_{\min i} + 2Z_{\min i}, \text{ мм} \quad (1.11)$$

де « $d_{\max i}$, $d_{\min i}$ – найбільший і найменший граничні розміри отримані на попередньому переході, мм;

$2Z_{\max i}$, $2Z_{\min i}$ – максимальний та мінімальний припуски на попередньому переході, мм.

Після тонкого розточування» [7]:

$$d_{\max \text{ ТОНКЕ}} = d_n + es = 72 + 0,030 = 72,030 \text{ мм},$$

$$d_{\min \text{ ТОНКЕ}} = d_n + ei = 72 - 0 = 72,0 \text{ мм},$$

Після чистового розточування [7]:

$$d_{\max \text{ ЧИСТОВЕ.РОЗТОЧУВАННЯ}} = d_{\max} - 2Z_{\min} = 72,030 - 0,024 = 72,006 \text{ мм},$$

$$d_{\min \text{ чистове.розточування}} = d_{\min} - 2Z_{\max} = 72,0 - 0,068 = 71,932 \text{ мм}.$$

Після напівчистового розточування [7]:

$$d_{\max \text{ НАПІВЧИСТОВЕ}} = d_{\max} - 2Z_{\min} = 72,006 - 0,070 = 71,936 \text{ мм},$$

$$d_{\min \text{ НАПІВЧИСТОВЕ.}} = d_{\min} - 2Z_{\max} = 71,932 - 0,168 = 71,764 \text{ мм}.$$

Після чорнового розточування [7]:

$$d_{\max \text{ ЧОРНОВЕ.РОЗТОЧУВАННЯ}} = d_{\max} - 2Z_{\min} = 71,936 - 0,330 = 71,606 \text{ мм},$$

$$d_{\min \text{ ЧООНОВЕ.РОЗТОЧУВАННЯ}} = d_{\min} - 2Z_{\max} = 71,764 - 0,6 = 71,164 \text{ мм}.$$

Розміри заготовки:

$$d_{\max \text{ ЗАГОТ.}} = d_{\max} - 2Z_{\min} = 71,606 - 1,674 = 69,932 \text{ мм},$$

$$d_{\min_{\text{загот.}}} = d_{\min} - 2Z_{\max} = 71,164 - 3,114 = 68,050 \text{ мм.}$$

Загальні припуски на обробку [7]:

$$2Z_{0\min} = \Sigma 2Z_{i\min} = 1674 + 330 + 70 + 24 = 2098 \text{ мкм,}$$

$$2Z_{0\max} = \Sigma 2Z_{i\max} = 3114 + 600 + 186 + 68 = 3968 \text{ мкм.}$$

Перевірка:

$$2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_{\text{загот.}} - Td_{\text{дет.}}$$

$$3968 - 2098 = 1900 - 30.$$

$$1870 = 1870.$$

1.7. Розрахунок режимів різання та основного часу

Під час призначення режимів різання враховують метод обробки, тип і розміри інструменту, матеріал його ріжучої частини, матеріал і стан заготовки, тип і стан обладнання.

Розрахунок проводили за методикою, запропонованою в літературі [8] для другого переходу 010 операції. Перехід 2. Фрезерувати основу начорно і начисто, витримуючи розмір 22 ± 1 мм та шорсткість Ra3,2 мкм.

1. Вибір ріжучого інструменту:

«Приймаємо торцеву фрезу з багатограними пластинами з твердого сплаву ВК6 діаметром $D=125$ мм 01.2.0200.000-00 ТУ 2-035-874-82, з числом зубів $z=8$. Для закріплення фрези використовується оправка 6222-0139 для торцевих фрез до верстатів з ЧПУ ГОСТ 26538-85» [8].

2. Глибина різання, t , мм:

Для чорнового фрезерування, $t=4,1$ мм;

Для напівчистового фрезерування, $t=1,5$ мм;

Для чистового фрезерування, $t=0,7$ мм.

3. Подача на зуб S_z , мм/зуб:

Для чорнового фрезерування, $S_z=0,18$ мм/зуб;

Для напівчистового фрезерування, $S_z=0,28$ мм/зуб;

Для чистового фрезерування, $S_z=1,0$ мм/зуб.

4. Подача на хв., S_m , мм/хв., визначаємо за формулою [8]:

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n_\Phi \quad (1.12)$$

Для чорнового фрезерування, 425,5 мм/хв.;

Для напівчистового фрезерування, 659,2 мм/хв.;

Для чистового фрезерування, 1689,6 мм/хв.

5. Швидкість різання, V , м/хв., визначаємо за формулою [8]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \text{ м/хв.} \quad (1.13)$$

де $T=180$ хв, стійкість фрези;

$C_v=445$; $q=0,2$; $x=0,15$; $y=0,35$; $u=0,2$; $p=0$; $m=0,32$ – коефіцієнти для розрахунку швидкості різання;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт. Вираховуємо за формулою:

$$K_v = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{uv} \quad (1.14)$$

де « K_{mv} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки, визначаємо за формулою» [8]:

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,95} = 1, \quad (1.15)$$

де « $n_v=0,95$ – показник степеню»;

$K_{nv}=0,85$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

$K_{uv}=1$ – коефіцієнт, що враховує вплив інструменту на заготовку» [8];

$$K_v = 1,0 \times 0,85 \times 1,0 = 0,85$$

Швидкість різання [10]:

$$\text{При чорновому } V = \frac{445 \times 125^{0,2}}{180^{0,32} \times 4,1^{0,15} \times 0,18^{0,35} \times 80^{0,2} \times 8^0} \times 0,85 = 116 \text{ м/хв,}$$

$$\text{При напівчистовому } V = \frac{445 \times 125^{0,2}}{180^{0,32} \times 1,5^{0,15} \times 0,28^{0,35} \times 80^{0,2} \times 8^0} \times 0,85 = 115,5 \text{ м/хв,}$$

При чистовому $V = \frac{445 \times 125^{0,2}}{180^{0,32} \times 0,7^{0,15} \times 1,0^{0,35} \times 80^{0,2} \times 8^0} \times 0,85 = 82,9 \text{ м/хв.}$

6. Частота обертання n , об/хв. [10]:

При чорновому $n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 116}{3,14 \times 125} = 295,5 \text{ об/хв.};$

При напівчистовому $n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 115,5}{3,14 \times 125} = 294,3 \text{ об/хв.};$

При чистовому $n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 82,9}{3,14 \times 125} = 211,2 \text{ об/хв.}$

Приймаємо розрахункові значення n , оскільки на верстаті здійснюється безступінчасте регулювання частоти обертання шпинделя.

7. Сила різання P_z , Н, визначається за формулою [10]:

$$P_z = \frac{10 \times C_p \times t^x \times S_z^y \times B^u \times z}{D^q \times n^w} \times K_{mp} \text{ Н,} \quad (1.16)$$

де « $C_p=54,5$; $x=0,9$; $y=0,74$; $u=1$; $q=1$; $w=0$; – коефіцієнти для розрахунку сили різання;

K_{mp} – коефіцієнт, що залежить від матеріалу заготовки, визначаємо за формулою»[10]:

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{190}{190} \right)^1 = 1,0, \quad (1.17)$$

де $n=0,55$ – показник степеню.

При чорновому: $P_z = \frac{10 \times 54,5 \times 4,1^{0,9} \times 0,18^{0,74} \times 80^1 \times 8}{125^1 \times 295,5^0} \times 1 = 2781,4 \text{ Н,}$

Решта складових сили різання [10]:

$$P_x = 0,4 \times P_z = 0,4 \times 2781,4 = 1112,6 \text{ Н,}$$

$$P_y = 0,4 \times P_z = 0,4 \times 2781,4 = 1112,6 \text{ Н,}$$

8. Крутний момент, $M_{кр}$, Н·м

$$M_{кр} = \frac{P_z \times D}{2 \times 100} = \frac{2781,4 \times 125}{2 \times 100} = 1738,4 \text{ Н} \times \text{м}$$

9. Потужність різання, $N_{рез}$, кВт

$$N_{рез} = \frac{P_z \times V}{1020 \times 60} = \frac{2781,4 \times 116}{1020 \times 60} = 5,27 \text{ кВт},$$

Ефективна потужність верстату, $N_{эф} = 24$ кВт, обробка можлива.

10. Основний час [10]:

$$\text{Для чорнового фрезерування } T_o = \frac{L}{S} = \frac{1054}{425,5} = 2,48 \text{ хв.};$$

$$\text{Для напівчистового фрезерування } T_o = \frac{L}{S} = \frac{1054}{659,2} = 1,59 \text{ хв.};$$

$$\text{Для чистового фрезерування } T_o = \frac{L}{S} = \frac{1054}{1689,6} = 0,62 \text{ хв.};$$

де « L – величина ходу інструменту, мм;

$$L = l + l_1 = 1040 + 14 = 1054 \text{ мм},$$

де l_1 – величина врізання інструменту, мм;

l – довжина оброблюваної поверхні, мм»[10].

Аналогічно розраховуємо режими різання на інші операції і переходи технологічного процесу.

1.8. Нормування технологічного процесу

На усі операції технологічного процесу розраховані норми часу. Розрахунок виконано за рекомендаціями, наведеними в [11]. Нижче наведено приклад розрахунку норм часу на операцію 010 фрезерна з ЧПК.

1. Основний час роботи верстату [11]:

$$T_{oa} = \sum T_{oi} \text{ хв,} \quad (1.18)$$

де T_{oi} – основний час на переходи.

$$T_{oa} = 1,99 + 1,29 + 0,62 + 0,41 + 0,172 + 0,102 + 0,18 + 0,15 + 0,17 = 5,084 \text{ хв.}$$

2. Штучний час [11]:

$$T_{um} = T_a + T_e + T_{обсл} + T_{опе} + T_{отд} \text{ хв.} \quad (1.19)$$

де « T_a – час автоматичної роботи верстату, хв.

3. Час автоматичної роботи верстату »[11]:

$$T_a = T_{oa} + T_{ав} \text{ хв.,} \quad (1.20)$$

де $T_{ав}$ – час допоміжної роботи, хв.;

$$T_{ав} = t_1 + t_2 + t_3 \text{ хв.,} \quad (1.21)$$

де « $t_1=0,017 \cdot 6$ хв – час на пришвидшене переміщення робочого столу;

$t_2=0,10$ хв – час на переміщення заготовки;

$t_3=0,2 \cdot 5$ хв – час на заміну інструменту»[11];

$$T_{еа} = 0,102 + 0,10 + 1,0 = 1,202 \text{ хв.,}$$

$$T_a = 5,084 + 1,202 = 6,286 \text{ хв.,}$$

4. Допоміжний час на ручну роботу [11]:

$$T_e = t_{уст} + t_{закр} + t_{унр} + t_{контр} \text{ хв.,} \quad (1.22)$$

де « $t_{ус}$ – час на монтаж та зняття заготовки, $t_{ус}=0,1$ хв.,

$t_{закр}$ – час на закріплення деталі, $t_{закр}=0,024$ хв.,

$t_{унр}$ – час на вибір керуючої програми на верстаті, $t_{унр}=0,01$ хв.,

$t_{контр}$ – час на контрольні заміни, $t_{контр}=0$, верстат с ЧПК»[11].

$$T_e = 0,1 + 0,024 + 0,01 + 0 = 0,134 \text{ хв.,}$$

5. Оперативний час [11]:

$$T_{on} = T_a + T_e = 6,286 + 0,134 = 6,42 \text{ хв}, \quad (1.23)$$

6. Час на технічне обслуговування робочого місця, $T_{tex}=2,8$ хв [11].

7. Час на організацію обслуговування робочого місця, $T_{ope}=0,09$ хв [11].

8. Час технічних перерв для відпочинку складає 7% від оперативного часу, $T_{otd}=0,45$ хв [11].

9. Штучний час [11]:

$$T_{um} = 6,286 + 0,134 + 2,8 + 0,09 + 0,45 = 9,76 \text{ хв},$$

10. штучно-калькуляційний час [11]:

$$T_{um-k} = T_{um} + \frac{T_{nz}}{n} \text{ хв}, \quad (1.24)$$

де « T_{nz} – підготовчо-заключний час, $T_{nz}=32$ хв;

n – число деталей в партії, $n=102$ шт»[11].

$$T_{um-k} = 9,76 + \frac{32}{102} = 10,07 \text{ хв},$$

Висновки. У цьому розділі роботи аналізується технічне призначення деталі та визначаються основні показники якості деталі: орієнтація та міжосьова відстань опорних отворів. Тип виробництва визначений як великосерійне. Запропоновано новий спосіб одержання заготовок, а саме лиття у піщано-глиняні форми з використанням рідкої самотвердіючої суміші. Завдяки цьому методу необхідний об'єм формування зменшується на 15-50 %, покращуються умови праці, в 1,5-2 рази подовжується термін служби стрижневої коробки, значно зменшується витрата палива водієм. Економія заробітної плати (за рахунок зниження витрат на навчальну роботу в середньому на 1 розряд) досягається за рахунок зниження трудомісткості (18-47%) і складності завдань (3-11%). Час висихання прес-форми скорочується приблизно в три-чотири рази, відповідно зменшується витрата палива та відносна вартість праці.

Розроблено новий технологічний процес виготовлення деталі з застосуванням верстатів з ЧПУ, що значно збільшило автоматизацію дільниці,

зменшило кількість працівників та час на обробку деталі. Для усіх операцій технологічного процесу проведено розрахунок різання та нормування.

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1. Проектування затискного пристрою для операції 010

2.1.1 Вибір технологічної системи та розробки схеми пристрою

Удосконалений варіант технологічного процесу заснований на заводському обладнанні і автоматизований за допомогою двох діафрагмових пневмоциліндрів. Проста конструкція полегшує технічне обслуговування, а деталь автоматично фіксується та відпускається, заощаджуючи працю та час оператора, підвищуючи продуктивність праці та точність обробки. Цей пристрій можна встановити на свердлильний верстат, фрезерний верстат або свердлильний прес. Направляючий штифт 14 використовується для центрування пристрою на столі машини. Ширина штифта відповідає ширині канавки машини. Пристрій кріпиться до столу машини за допомогою гвинтів і гайок.

Заготовка встановлюється на рифлені опори 23 базуючись об упори 10. Через отвори в корпусі 6 подається стиснене повітря, яке тисне на діафрагму 2, за рахунок чого відбувається переміщення штока пневмоциліндра 11 і штока прихвату 12 з одночасним поворотом прихвату 8 на 90°. Розтискання деталі відбувається за рахунок подачі стисненого повітря до кришки пневмокамери.

Відповідно до рекомендацій єдиної системи підготовки виробництва Р-50-54-11-87 наш пристрій належить до системи УНП і СНП (рис. 2.1) [12].

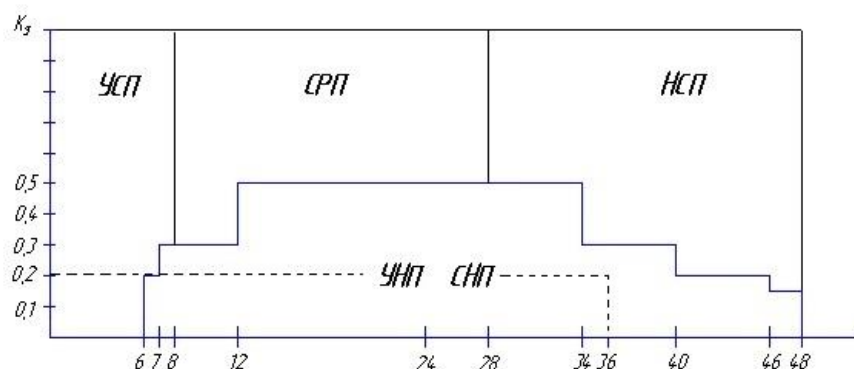


Рисунок 2.1 Графік для визначення певних областей раціонального застосування стандартних систем СП

Коефіцієнт завантаження [13]:

$$K_3 = \frac{N_{on} \times t_k}{F}, \quad (2.1)$$

де « N_{on} – кількість повторювальних операцій, відповідає кількості оброблених заготовок з однаковими типорозмірами;

t_k – штучно-калькуляційний час виконання операції;

F – місячний фонд часу роботи» [13].

$$K_3 = \frac{425 \times 10,07}{20300} = 0,21$$

2.1.2 Розрахунок необхідного зусилля для закріплення заготовки

Розрахунок необхідної сили затиску зводиться до вирішення статичної задачі про рівновагу заготовки, на яку діють усі зовнішні сили, що діють на заготовку, і створювані цими силами моменти (сили різання). Враховуйте резервні фактори, сили тертя, інерцію та опорні сили реакції.

Схема обробки представлена на рисунку 2.1

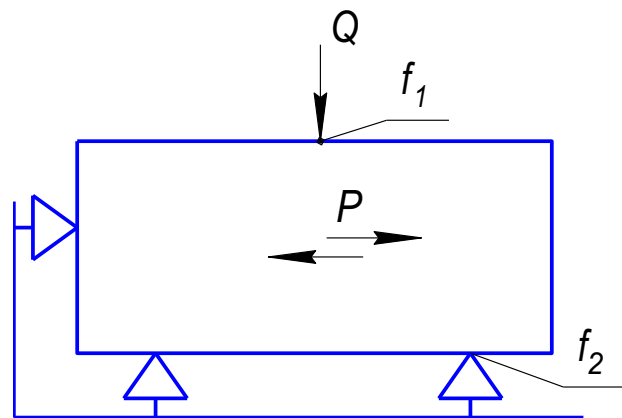


Рисунок 2.2 Схема прикладення сил до заготовки в процесі механічної обробки

Головна складова сили різання під час фрезерування - сила різання, визначається за формулою [14]:

$$P_z = \frac{10C_p \times t^x \times S_z^y \times B^u \times z}{D^q \times n^w} \times K_{MP} \text{ Н}, \quad (2.2)$$

де « C_p , x , y , u , q , w – значення коефіцієнтів та показники степенів.

$$C_p=54,5; x=0,9; y=0,74; u=1,0; q=1,0; w=0;$$

$K_{MV}=1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки.»[14]

$$P_z = \frac{10 \times 54,5 \times 4,1^{0,9} \times 0,18^{0,74} \times 55^{1,0} \times 8}{125^{1,0} \times 295,5^0} \times 1,0 = 1912,3H$$

Зсуву заготовки запобігають сили тертя, що виникають у місцях контакту заготовки з опорами і затискними елементами [14]:

$$W = \frac{kP}{f_1 + f_2}. \quad (2.3)$$

де « P – сила різання;

f_1 и $f_2=0,25$ – коефіцієнти тертя заготовки об установочні та затискні елементи;

k – коефіцієнт запасу»[14].

Щоб забезпечити надійність затиску оброблюваної заготовки, враховують коефіцієнт запасу, який залежить від стану поверхні заготовки в процесі її обробки, процесу затуплення ріжучого інструменту та інших чинників, що виникають у процесі обробки.

Коефіцієнт запасу визначаємо за формулою [14]:

$$K_{зан} = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6, \quad (2.4)$$

де « K_0 – постійний коефіцієнт запасу при усіх видах обробки, $K_0=1,5$;

K_1 – коефіцієнт, що враховує, стан поверхні заготовки – оброблена чи не оброблена, $K_1=1,2$;

K_2 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при при затупленні інструменту, $K_2=1,3$;

K_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при обробці ступінчатих поверхонь на деталі при, $K_3=1,2$;

K_4 - коефіцієнт, що враховує сталість сили затиску, $K_4=1$;

K_5 - коефіцієнт, що враховує зручність розміщення рукояток для пристроїв з ручним затиском, $K_5=1$;

K_6 - коефіцієнт, що враховує сили які повертають заготовку навколо своєї осі, $K_6=1,5$.»[14]

$$K_{зан} = 1,5 \times 1,2 \times 1,3 \times 1,2 \times 1 \times 1 \times 1,5 = 4,21$$

Сила затиску для оброблюваної заготовки [14]:

$$W_o = \frac{4.2 \cdot 1912.3}{0.25 + 0.25} = 16102H$$

Оскільки в пристосуванні два затискні елементи, то сила закріплення на кожному дорівнюватиме [14]:

$$W = \frac{W_o}{2} = \frac{16102}{2} = 8051H$$

Приймаємо діаметр діафрагми по ГОСТ 9887-70 $D_{\Pi}=200\text{мм}$, діаметр опорного диску $d_{\text{д}}=140\text{мм}$.

Дійсна сила затиску на штоку [14]:

$$Q_o = 0,58 \times D_{\Pi}^2 \times p \times \eta \text{ Н}, \quad (2.5)$$

Де « p – тиск стисненого повітря, $p=0,4\text{МПа}$;

η – коефіцієнт корисної дії гідроциліндра, що враховує втрати в гідроциліндрі, $\eta=0,85\dots 0,90$.

$$Q_o = 0,58 \times 200^2 \times 0,4 \times 0,9 = 8352 \text{ Н} [14],$$

Оскільки значення $Q_{\text{д}} > W$ даний пневмопривід забезпечує надійний затиск заготовки.

2.1.3 Розрахунок пристрою на точність

Для розрахунку точності виготовлення пристрою користуємось формулою [15]:

$$\varepsilon_{np} = \delta - \kappa \times \sqrt{(\kappa_1 \times \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{пер}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + (\kappa_2 \times \varpi)^2} \quad (2.6)$$

де « δ – допуск на відповідний розмір оброблюваної поверхні, заданий кресленням $\delta=0,3 \text{ мм}$;

κ – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин згідно закону нормального розподілу, $\kappa=1,0$;

κ_1 – коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування під час роботи на налаштованих верстатах, $\kappa_1=0,8$;

κ_2 – коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки в сумарній похибці, спричиненій факторами, які не залежать від пристрою, $\kappa_2=0,6$;

ε_{δ} – похибки базування заготовок у пристрої $\varepsilon_{\delta}=0$;

ε_3 – похибки, що виникають у наслідок деформації заготовки та установчих елементів пристрою під дією зусилля прижиму $\varepsilon_3=0,22\text{мм}$;

$\varepsilon_{уст}$ – похибка встановлення пристрою на верстаті $\varepsilon_{уст}=0,025\text{мм}$;

$\varepsilon_{пр}$ – похибка, що виникає внаслідок неточності виготовлення пристрою $\varepsilon_{пр}=0$;

$\varepsilon_{пер}$ – похибка перекосу і зсуву різального і допоміжного інструменту, що викликається наявністю експлуатаційного і конструктивного зазору між інструментом і напрямними елементами пристрою, $\varepsilon_{пер}=0$;

$\varepsilon_{зн}$ – похибка, що виникає в результаті зносу установчих елементів пристрою, $\varepsilon_{зн}=0,0102$;

ω – значення похибки обробки виходячи з економічності для даного методу обробки, $\omega=0,15\text{ мм}$ »[14].

Похибка пристрою становитиме 0,06 мм:

$$\varepsilon_{пр} \leq 0,3 - 1 \sqrt{(0,8 \times 0)^2 + 0,22^2 + 0,025^2 + 0^2 + 0,0102^2 + (0,6 \times 0,15^2)} = 0,06\text{мм}$$

2.2. Проектування верстатного пристосування для операції 015

2.2.1 Вибір технологічної системи та розробки схеми пристрою

Пропонований варіант технологічного процесу заснований на заводському обладнанні та автоматизований за допомогою двох мембранних циліндрів. Його легко обслуговувати та виготовляти, а заготовки автоматично затягуються та знімаються, що економить час та зусилля працівника, покращуючи продуктивність праці та точність обробки. Цей пристрій розташований на столі свердлильних верстатів, фрезерів і свердлильних верстатів. Направляючий штифт 13 використовується для центрування пристрою на столі машини. Ширина штифта відповідає ширині канавки машини. Пристрій кріпиться до столу машини за допомогою гвинтів і гайок.

Заготовка встановлюється на пластини 23 і установчі пальці 21,22. Через отвори в корпусі 6 подається стиснене повітря, яке діє на діафрагму 2, за рахунок чого відбувається переміщення штока пневмокамери 10 і штока прихвата 11 з одночасним поворотом прихвату 8 на 90°. Розтискання деталі відбувається за рахунок подачі стисненого повітря через отвір до кришки пневмокамери. Для транспортування пристрою застосовуються рим-болти 25, які кріпляться на корпусі пристрою 6.

Відповідно до рекомендацій Р-50-54-11-87 наше пристосування належить до системи УНП і СНП (рис. 2.3) [12].

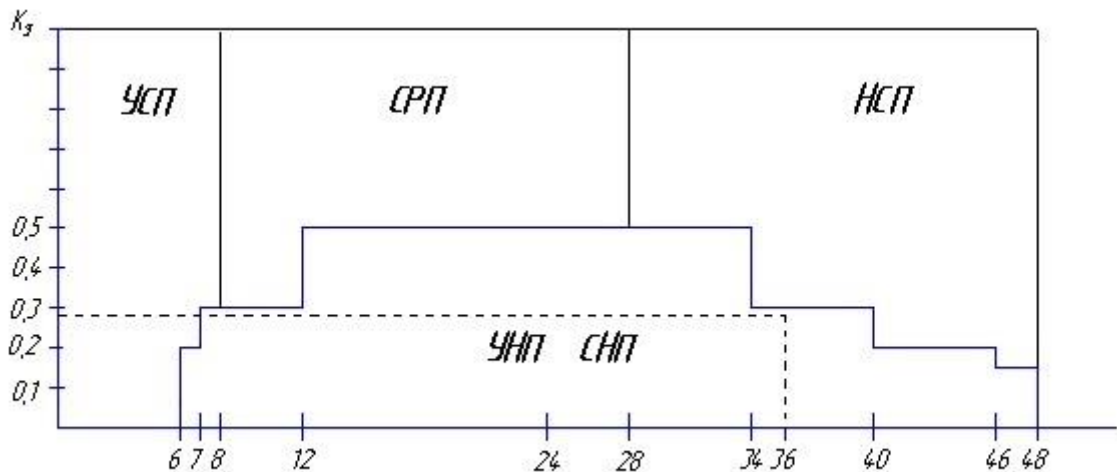


Рисунок 2.3 Графік для визначення певних областей раціонального застосування стандартних систем СП

Коефіцієнт завантаження розраховуємо згідно формули 2.1.

$$K_z = \frac{425 \times 13,04}{20300} = 0,273$$

2.2.2 Розрахунок необхідного зусилля для закріплення заготовки

Розрахунок необхідного зусилля затиску зводиться до вирішення статичної задачі балансування заготовки. Заготівля знаходиться під дією всіх діючих на неї зовнішніх сил, а також моментів, створюваних цими силами (якщо розглядати сили різання). Граничні коефіцієнти, сили тертя, інерційні та опорні реакції
Схема для розрахунку наведена на рисунку 2.4

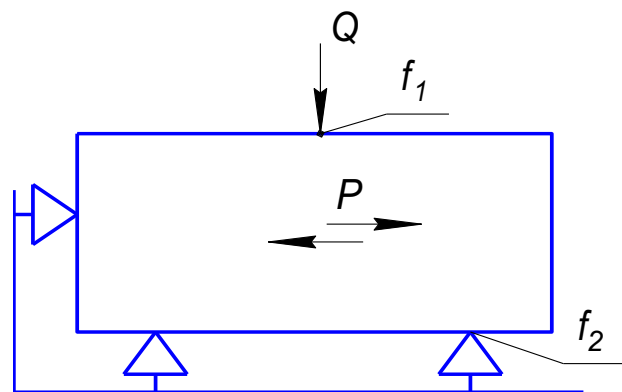


Рисунок 2.4 Схема прикладення сил до заготовки в процесі механічної обробки

Основна складова сили різання при фрезеруванні – сила різання, розраховуємо за формулою 2.2

де « C_p , x , y , u , q , w – значення коефіцієнта і показників степенів;

$$C_p=54,5; x=0,9; y=0,74; u=1,0; q=1,0; w=0;$$

$K_{MV}=1,0$ - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки,

$$P_z = \frac{10 \times 54,5 \times 3,5^{0,9} \times 0,18^{0,74} \times 53^{1,0} \times 8}{125^{1,0} \times 326,3^0} \times 1,0 = 1588,8H \quad \gg[14]$$

Зсуву заготовки запобігають сили тертя, що виникають у місцях контакту заготовки з опорами і затискними елементами, визначаємо за формулою 2.3.

де P - сила різання,

f_1 и $f_2=0,25$ - коефіцієнти тертя заготовки з настановними і затискними елементами;

k – коефіцієнт запасу.

Щоб забезпечити надійність затиску оброблюваної заготовки, застосовують коефіцієнт запасу, який залежить від стану поверхні заготовки в процесі її обробки, процесу затуплення ріжучого інструменту та інших чинників, що виникають у процесі обробки. Коефіцієнт запасу визначаємо за формулою 2.4

де « K_0 – постійний коефіцієнт запасу при всіх випадках обробки, $K_0=1,5$;

K_1 – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки - оброблена або необроблена, $K_1=1,2$;

K_2 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання під час затуплення різального інструменту, $K_2=1,3$;

K_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання під час обробки переривчастих поверхонь на деталі, $K_3=1,2$;

K_4 - коефіцієнт, що враховує сталість сили затиску, що розвивається приводом пристрою, $K_4=1$;

K_5 - коефіцієнт, що враховує зручне розташування рукоятки для ручних затискних пристроїв, $K_5=1$;

K_6 - коефіцієнт, що враховується за наявності моментів, які прагнуть повернути оброблювану деталь навколо її осі, $K_6=1,5$.

Отже коефіцієнт запасу становитиме $\gg[14]$:

$$K_{зан} = 1,5 \times 1,2 \times 1,3 \times 1,2 \times 1 \times 1 \times 1,5 = 4,21$$

Необхідна сила затиску для обробки заготовки становить [14]:

$$W_o = \frac{4,2 \cdot 1588,8}{0,25 + 0,25} = 13377,7 \text{ Н}$$

Оскільки в пристосуванні два затискні елементи, то сила закріплення на кожному дорівнюватиме [14]:

$$W = \frac{W_o}{2} = \frac{13377,7}{2} = 6688,8 \text{ Н}$$

Діаметр діафрагми згідно ГОСТ 9887-70 $D_{\pi}=200\text{мм}$, діаметр опорного диску $d_{д}=140\text{мм}$.

Дійсна сила на штоці [14]:

$$Q_o = 0,58 \times D_n^2 \times p \times \eta \text{ Н,}$$

де « p – тиск стиснутого повітря, $p=0,4\text{МПа}$;

η – коефіцієнт корисної дії гідроциліндра, що враховує втрати в гідроциліндрі, $\eta=0,85\dots 0,90$.

$$Q_o = 0,58 \times 200^2 \times 0,4 \times 0,9 = 8352 \text{ Н} \text{ [14],}$$

Оскільки значення $Q_{д} > W$ даний пневмопривід забезпечує надійний затиск заготовки.

2.2.3 Розрахунок пристрою на точність

Для розрахунку точності виготовлення пристрою користуємось формулою 2.6 [15]:

Де « δ – допуск на відповідний розмір оброблюваної поверхні, заданий кресленням $\delta=0,3 \text{ мм}$;

κ – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу, $\kappa=1,0$;

κ_1 - коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування під час роботи на налаштованих верстатах, $\kappa_1=0,8$;

κ_2 - коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки в сумарній похибці, що викликається факторами, які не залежать від пристрою, $\kappa_2=0,6$;

ε_{δ} – похибки базування заготовок у пристрої $\varepsilon_{\delta}=0$;

ε_3 – похибки, що виникають у наслідок деформації заготовки та настановних елементів пристрою під дією зусилля затиску $\varepsilon_3=0,13\text{мм}$;

$\varepsilon_{уст}$ – похибка встановлення пристрою на верстаті $\varepsilon_{уст}=0,025\text{мм}$;

ε_{np} – похибка, що виникає внаслідок неточності виготовлення пристрою $\varepsilon_{np}=0$;

$\varepsilon_{пер}$ – похибка перекосу і зсуву різального і допоміжного інструменту»[15], що викликається наявністю експлуатаційного і конструктивного зазору між інструментом і напрямними елементами пристрою, що його направляють, $\varepsilon_y=0$;

$\varepsilon_{зн}$ – похибка, що виникає в результаті зносу настановних елементів пристрою, $\varepsilon_{зн} = 0,0102$;

ω – значення похибки обробки виходячи з економічності для даного методу обробки, $\omega=0,15\text{ мм}$.

Похибка пристрою становитиме 0,139 мм.

$$\varepsilon_{np} \leq 0,3 - 1\sqrt{(0,8 \times 0)^2 + 0,13^2 + 0,025^2 + 0^2 + 0,0102^2 + (0,6 \times 0,15^2)} = 0,139\text{мм}$$

3.3. Проектування контрольного пристрою

3.3.1 Опис роботи пристрою

Контрольний пристрій (151001.Д12.592.05.00 00) призначене для контролю паралельності осей отворів Н, П, Р.

Для підтвердження виміряйте паралельність отвору під підшипник, використовуючи доступну в продажу тестову пластину. Корпус редуктора встановлюють на плиту, в отвори $\varnothing 120\text{ мм}$ і $\varnothing 90\text{мм}$ встановлюють контрольні оправки з $\varnothing 120\text{мм}$ та $\varnothing 90\text{мм}$. Потім працівник налаштовує індикаторну стійку з встановленим на ній електронним індикатором на номінальний розрахунковий розмір А, що визначається за формулою [16]:

$$A = 0,5[(A_1 + A_2) + (d_1 + d_2)] \quad (2.7)$$

де « d_1 та d_2 – дав метри контрольних оправок;

A_1 та A_2 – міжосьові відстані з правого і лівого торців корпусу відповідно.

Заміри (рис. 2.5) проводять у двох точках на початку і в кінці оправки»[16]. Допуск паралельності отворів Н, П, заданий на кресленні деталі та дорівнює 0,022 мм.

Відхилення від паралельності одного отвору іншому обчислюється за формулою [16]:

$$\Delta_{\beta} = (A_1 - A_2) / L \quad (2.8)$$

де L – відстань між точками, в яких проводиться контроль.

Аналогічно визначається відхилення від паралельності осей П і Р з попереднім налаштуванням на відстань між осями цих отворів.

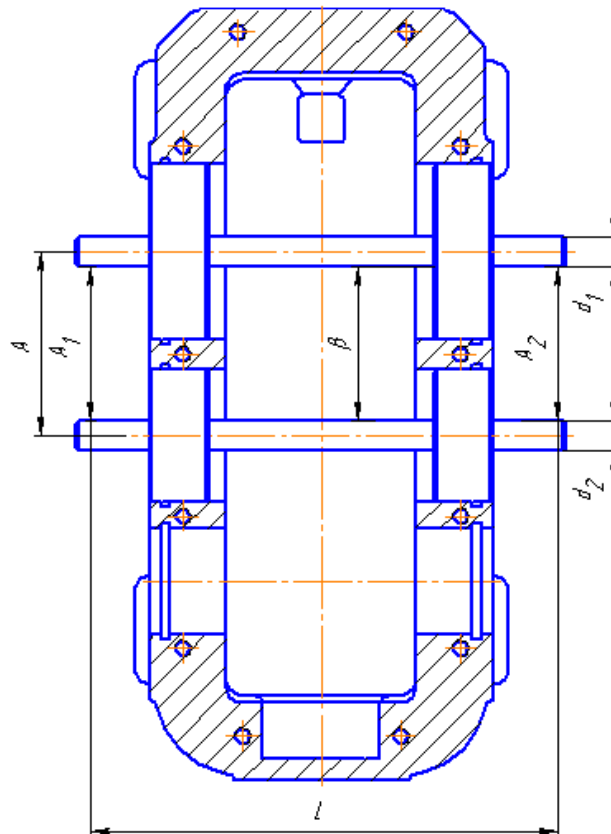


Рисунок 2.5 Схема вимірювання паралельності отворів під підшипники

3.3.2 Розрахунок пристрою на точність

Похибка вимірювання цього приладу відповідає похибці електронної індикації (0,002 мм для 1 класу точності) і фактичним розмірам оправки, вказаним у маркуванні.

$$\varepsilon_{np} = \varepsilon_i = 0,002 \text{ мм}, \text{ що менше допустимого } \delta = 0,022 \text{ мм}$$

де ε_i – похибка індикатора, $\varepsilon_i = 0,002 \text{ мм}$;

Розміри A_1 та A_2 визначаємо за формулами:

$$A_1 = A - \left(\frac{d_{1np}}{2} + \frac{d_{2np}}{2} \right) \quad (2.9)$$

$$A_2 = A - \left(\frac{d_{1on}}{2} + \frac{d_{2on}}{2} \right) \quad (2.10)$$

де $d_{1оп}$, $d_{1оп}$, $d_{2оп}$, $d_{2пр}$ – фактичні розміри оправок.

Наприклад $d_{1оп} = 19,990$ мм; $d_{1пр} = 19,992$ мм; $d_{2оп} = 19,998$ мм; $d_{2пр} = 19,997$ мм; $A_{пр} = 125,020$ мм; $A_{оп} = 124,980$ мм; $L = 300$ мм, тоді

$$A_1 = 125,020 - \left(\frac{19,992}{2} + \frac{19,997}{2} \right) = 105,0255 \text{ мм}$$

$$A_2 = 124,980 - \left(\frac{19,990}{2} + \frac{19,998}{2} \right) = 104,986 \text{ мм}$$

Відхилення від паралельності осі отвору Н відносно осі отвору. Даний пристрій задовольняє вимоги щодо точності.

Висновки. В розділі представлено затискний пристрій для обробки 010 і 015 і контрольний пристрій для контролю паралельності осей отворів. Для цих пристроїв ми розраховували необхідний діаметр приводного циліндра та розраховували точність. Розроблене обладнання є напівавтоматичним, що скорочує час обробки деталей. Контрольне обладнання дозволяє швидко вимірювати та відсіювати деталі, які не відповідають вимогам точності обробки.

РОЗДІЛ 3

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ

3.1. Вибір промислового роботу для дільниці механічної обробки деталі

Час циклу визначають сумою не суміщених за часом рухів певних одиниць РТК. Час роботи визначається за формулою [18]:

$$T_u = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{V_r} + \frac{\sum_{j=1}^k \theta_{1f}}{V_z} + \frac{\sum_{f=1}^b \theta_{2f}}{\omega_\theta} + \frac{\sum_{c=1}^m \alpha_c}{\omega_\alpha} + \sum T_{zo} + T_{u-k} \quad (3.1)$$

$$T_u = \frac{13,5}{1,2} + \frac{10,99}{0,51} + \frac{2,44}{0,51} + 0 + 4 + 19,13 = 19,963 \text{ хв}$$

Випуск деталей за зміну визначається за формулою [18]:

$$n = \frac{480}{T_{\text{ц}}} \quad (3.2)$$

де $T_{\text{ц}}$ – час циклу виготовлення деталі, хв.;

480 хв – кількість хвилин у годині: 8 год. х 60 хв. = 480 хв..

Таким чином, кількість деталей за зміну дорівнює:

$$n = \frac{480}{T_{\text{ц}}} = \frac{480}{19,963} = 24,04 \text{ деталей}$$

Продуктивність деталей за годину [18]:

$$r = \frac{60}{T_{\text{ц}}} = \frac{60}{19,963} = 3 \text{ деталей за годину.}$$

3.2. Аналіз компоувальної схеми РТК

На рисунку 3.1 зображено лінійне компоування РТК з одномісним причіпним накопичувачем і промисловим роботом порталного типу з полярною системою координат.

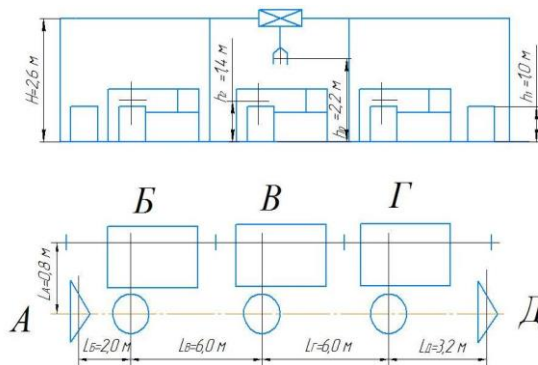


Рисунок 3.1 Компоувальна схема РТК

Даний РТК містить три верстати з причіпними накопичувачами (поз. Б, В, Г), промисловий робот, вхідний і вихідний накопичувачі (поз. А і Д). Для виходу з робочої зони верстата ПР повинен послідовно виконувати повороти на кути $\varphi_2 = \varphi_{2h2} - \varphi_{2h0}$ і $\varphi_3 = \varphi_{3h2} - \varphi_{3h0}$. Переміщення від верстата до верстата і від накопичувача до верстата відбувається в положенні h_0 ; а так само вхід у робочу

зону верстата і під час роботи з накопичувачами всі переміщення виконуються через точку h_0 .

ПР порталного компонування, що працює в полярній системі координат (Рис. 3.2), повинен виконати поворот ланок 2 і 3 на кут φ_2' і φ_3' для виходу з верстата у вихідне положення з подальшим переміщенням по осі Y на необхідну відстань. Для взаємодії з причіпним накопичувачем спочатку виконуються рухи φ_2' та φ_3' , потім φ_2' та φ_3' .

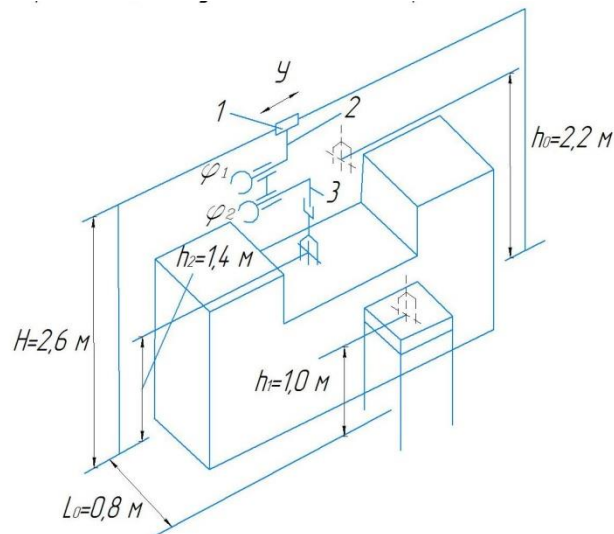


Рисунок 3.2 Робоча зона РТК механообробки при використуванні ПР, працюючого в полярній системі координат

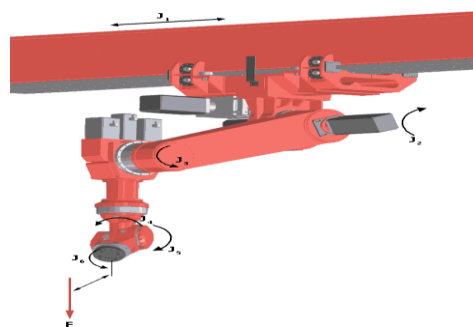


Рисунок 3.3 Промисловий робот моделі Motoman GP25M

3.3. Алгоритм роботи РТК

Схема роботи системи складається з [19]:

- 1) Символів даних, що вказують на наявність даних;
- 2) Символів процесу, що вказують операції, які слід виконати над даними, а також визначають логічний шлях, якого слід дотримуватися;

3) Лінійних символів, що вказують потоки даних між процесами і (або) носіями даних, а також потік управління між процесами;

4) Спеціальних символів, що використовуються для полегшення написання і читання блок-схеми.

Під час написання алгоритму використовуємо такі символи:

Процес (рис. 3.4 а) - відображає функцію опрацювання даних будь-якого виду (виконання певної операції або групи операцій, що приводить до зміни значення, форми чи розміщення інформації або до визначення, за яким із кількох напрямків потоку слід рухатися).

Заздалегідь визначений процес (рис. 3.4 б) - відображає заздалегідь визначений процес, який складається з однієї чи кількох операцій або кроків програми, що визначені в іншому місці (у підпрограмі, модулі).

Рішення (рис. 3.4 в) - відображає рішення або функцію перемикального типу, що має один вхід і низку альтернативних виходів, один і тільки один з яких може бути активізований після обчислення умов, визначених усередині цього символу (відповідні результати обчислення можуть бути записані по сусідству з лініями, що відображають ці шляхи).

Лінія (рис. 3.4г) - відображає потік даних або керування.

З'єднувач (рис. 3.4 д) - відображає вихід у частину схеми та вихід з іншої частини цієї схеми і використовується для обриву лінії та продовження її в іншому місці.

Маніпулятор (рис. 3.4 е) відображає вихід у зовнішнє середовище і вхід із зовнішнього середовища (початок або кінець схеми програми, зовнішнє використання і джерело або пункт призначення даних).

Паралельні дії (рис. 3.4 ж) - символ відображає синхронізацію двох або більше паралельних операцій.

Умовні графічні позначення елементів алгоритму наведено на рисунку 3.4.

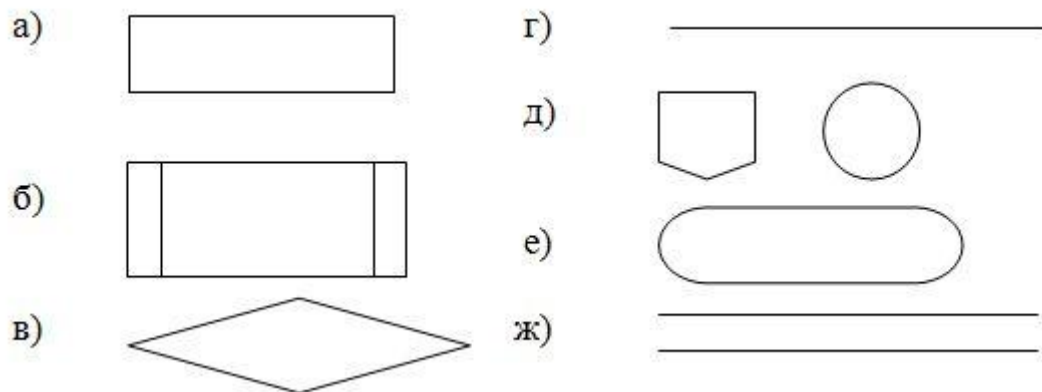
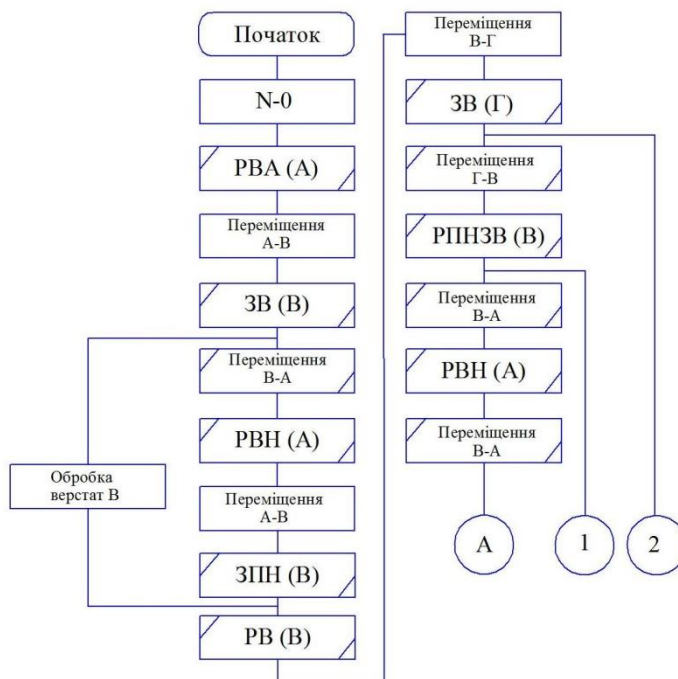
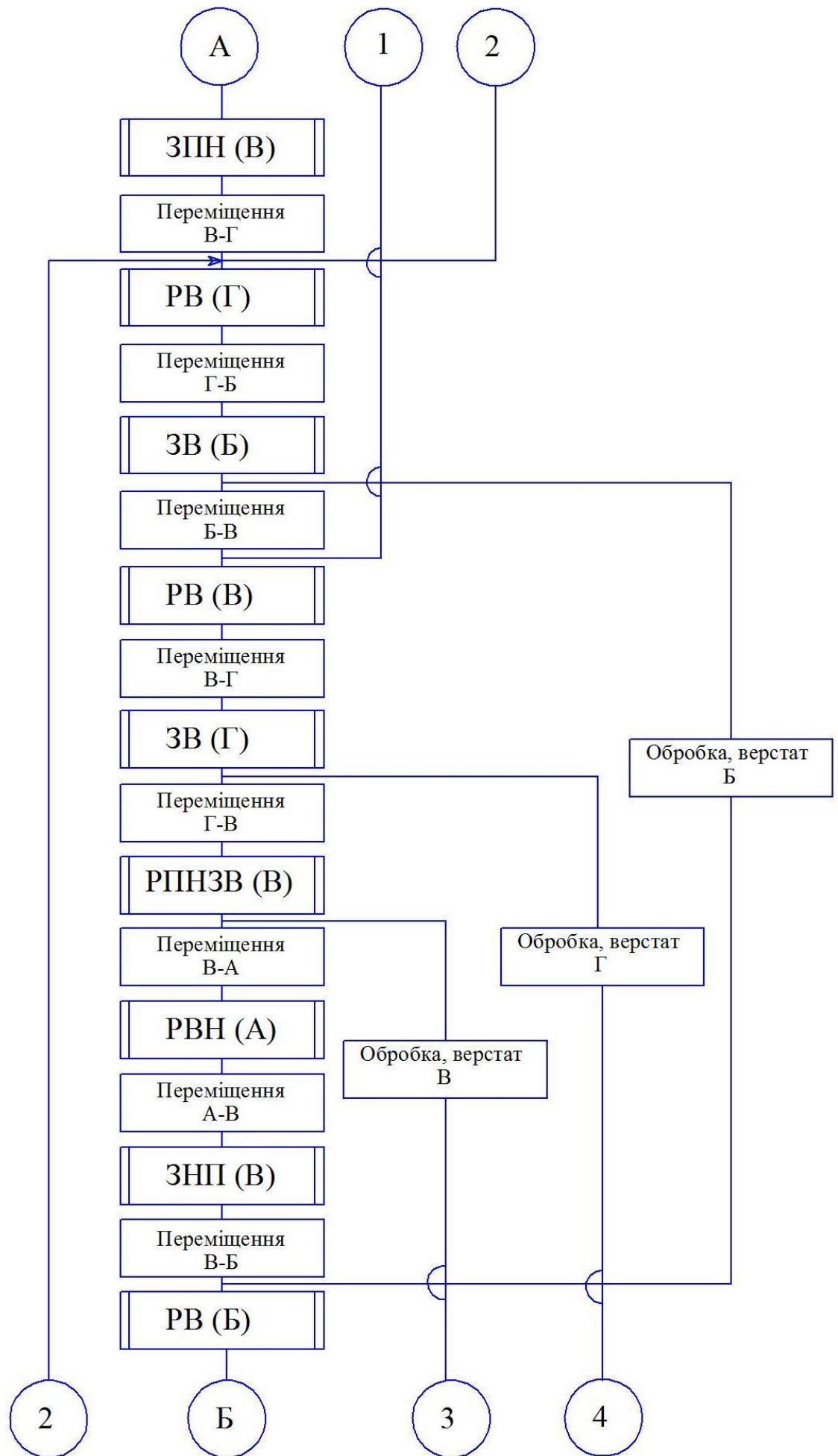
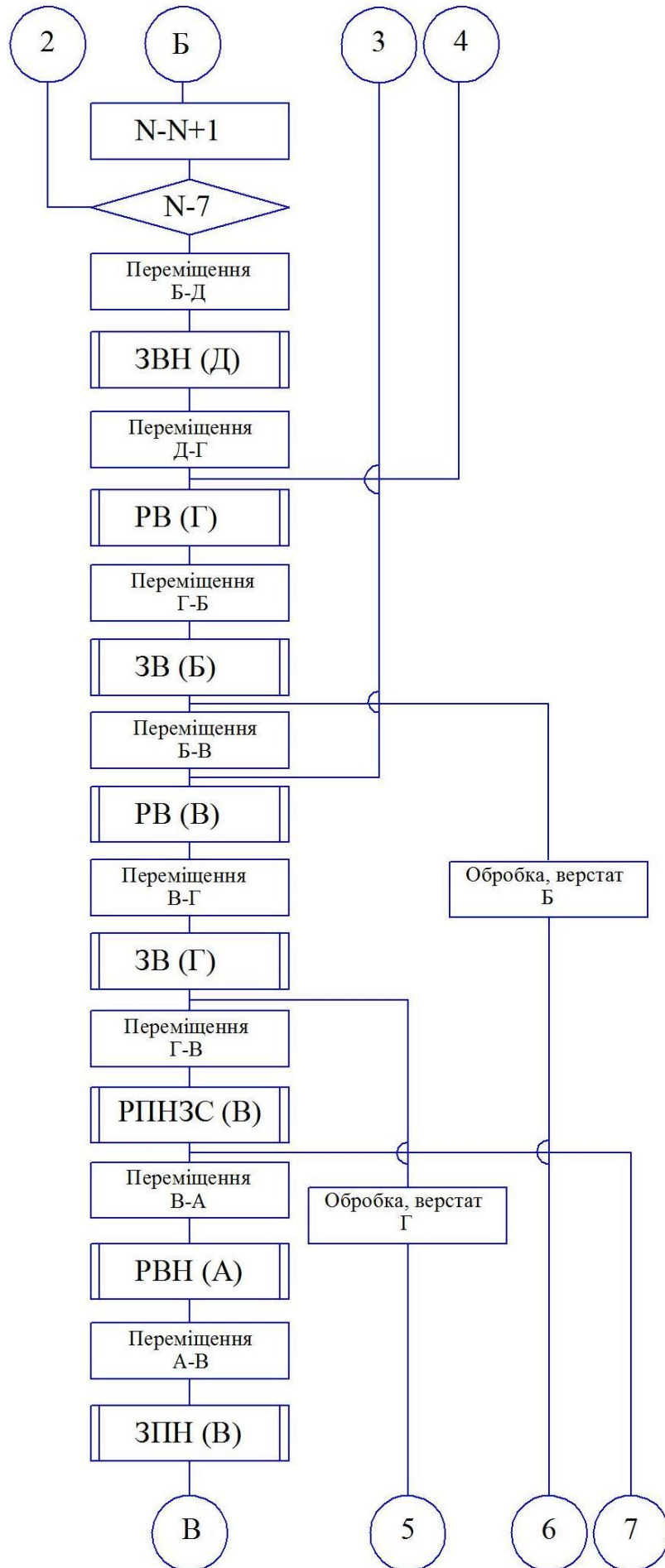


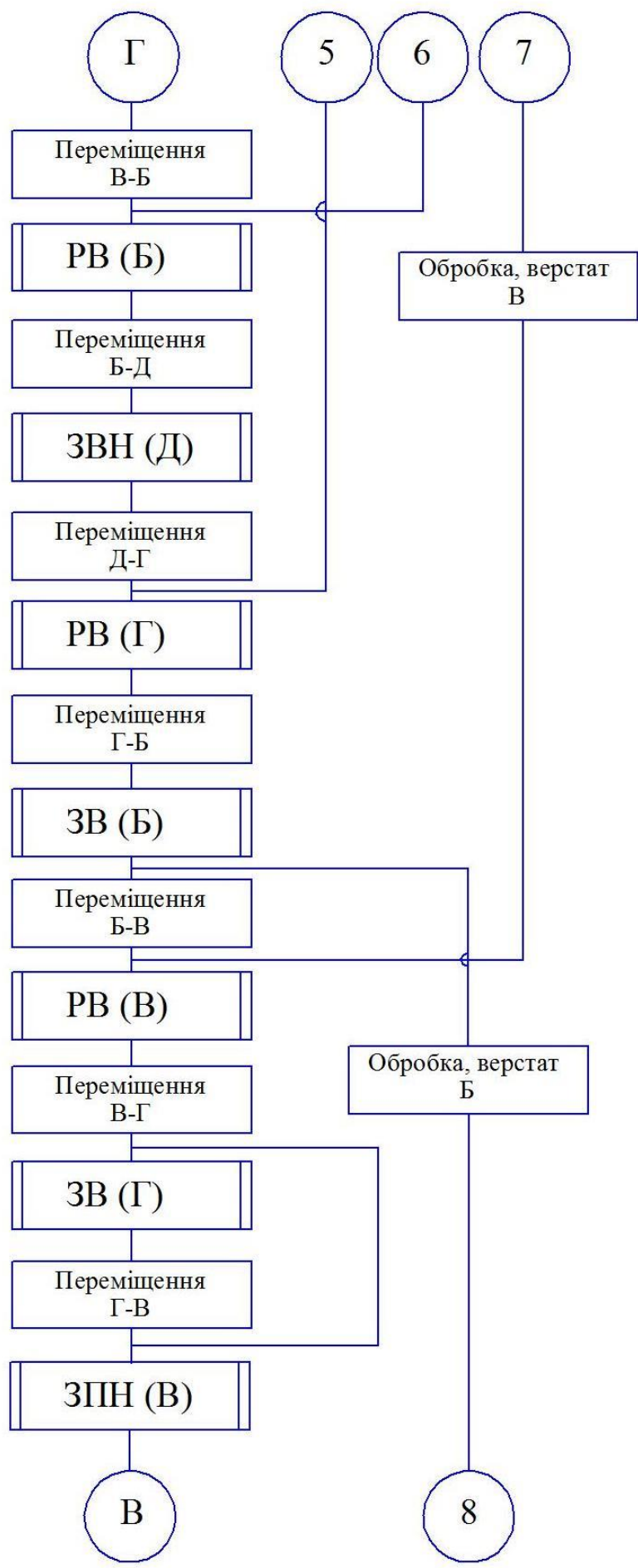
Рисунок 3.4 Умовні графічні позначення елементів алгоритму роботи РТК

Для полегшення складання алгоритму виділимо деякі блоки алгоритму, які досить часто трапляються в ньому [20]. Це агрегати для вантажно-розвантажувальних машин, вантажно-розвантажувальних причепів, вхідних і вихідних приводів, вантажно-розвантажувальних приводів причепів і навантажувальних машин одночасно. Нижче ви знайдете найпоширеніші блокові алгоритми, а також основи та запропоновані варіанти алгоритмів. Початкове положення робота візьмемо за координати $Z=h_0$ і положення в позиції A , захват розтиснутий [20].









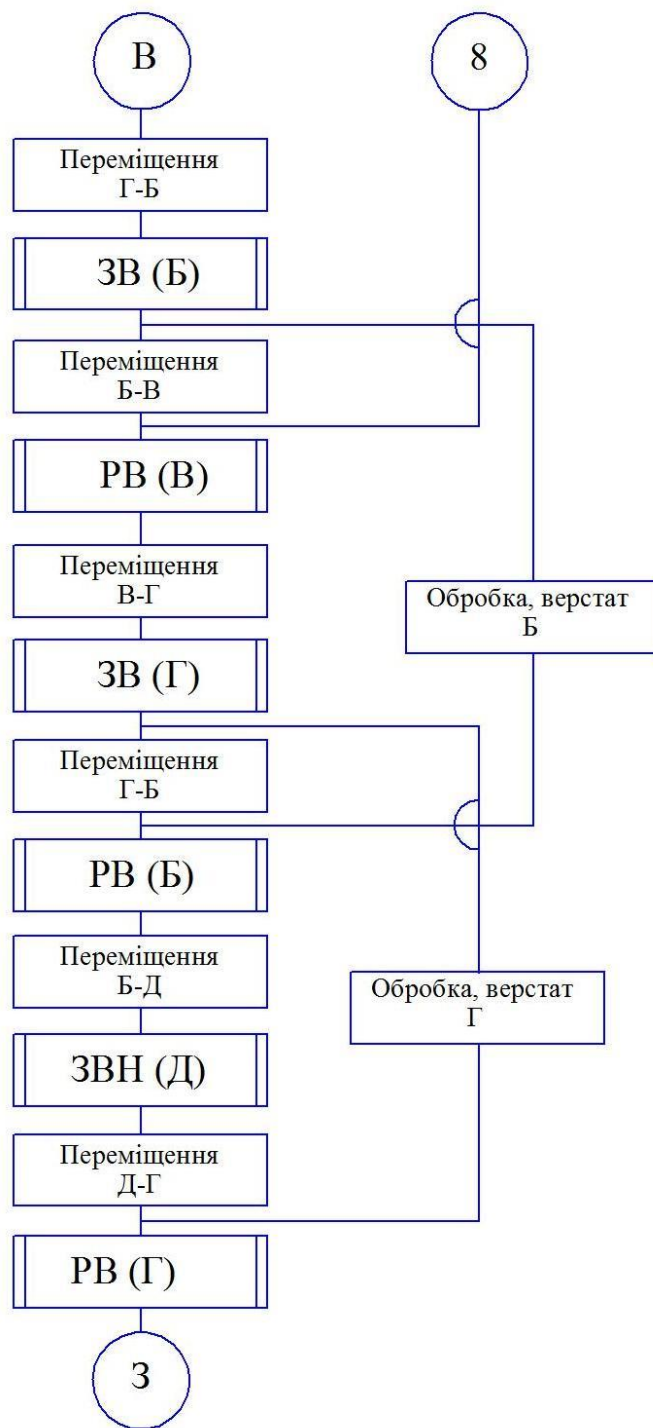




Рисунок 3.5 Алгоритм роботи РТК

Опис робочого циклу РТК.

Робот забирає заготовку з входу А і розміщує її на верстаті В. Машина В починає працювати. Потім робот бере деталь із вхідного приводу А, вставляє її в привід машини В і чекає, поки машина В завершить свою роботу. Коли машина В готова, робот забирає деталь. Звідти встановить його на машину D. Машина G починає рух. Робот завантажує машину В із приводу машини та знову завантажує привід машини В із вхідного приводу А. Потім машина переходить від приводу А до машини D і чекає завершення роботи.

Після закінчення роботи верстату Г робот бере з нього деталь і поміщає її у верстат Б. Після закінчення роботи верстату В робот розвантажує його і

завантажує деталь у верстат Г, далі робот завантажує верстат В із верстатного накопичувача і знову завантажує верстатний накопичувач верстату В із вхідного накопичувача А, чекає закінчення роботи верстату В і після закінчення його роботи робот бере деталь із нього і поміщає її у вихідний накопичувач Д. Після цього робот переміщається від вихідного накопичувача Д до верстату Г і очікує закінчення роботи. Цикл повторюється 7 разів.

Як працює РТК. Машина G дає сигнал, і робот запускає його. Робот транспортує заготовку від машини G до машини B і завантажує її туди. Цей пристрій почне обробку. У цей момент PR переміщається до верстата B і розвантажує його, потім передає заготовку до верстата G і приєднує його до цього верстата. Обробка починається на машині G. У цей момент робот переходить до машини B, розвантажує причеп, завантажує цю машину, а потім починає обробку. Потім поверніться до машини B і дочекайтеся завершення роботи.

Після закінчення обробки верстат B подає сигнал і робот, розвантаживши дане технологічне обладнання, переміщує деталь до вихідного накопичувача Д, розвантажується і переміщається до верстата Г. Закінчивши роботу, верстат Г подає сигнал і робот розвантажує його. Заготовку від верстату Г робот переносить до верстату B і завантажує його. На цьому верстаті починає виконуватися механічна обробка. Потім розвантаживши верстат B, ПР переносить заготовку до верстату Г і завантажує його. Починається обробка на верстаті Г. У цей час робот переміщається до верстату B і очікує закінчення його роботи. Після закінчення обробки верстат B подає сигнал і робот, розвантаживши цей верстат, переміщує деталь до вихідного накопичувача Д, розвантажується і переміщається до верстату Г. Після закінчення обробки на верстаті Г робот розвантажує його і переміщається до верстату B. Після його завантаження, верстат B приступає до обробки. Робот очікує закінчення його роботи. Після закінчення обробки верстат B подає сигнал, і робот, розвантаживши його, переміщає деталь до вихідного накопичувача Д, розвантажується і переміщається до вхідного накопичувача А. Обробку партії деталей у 10 штук закінчено. РТК готовий до подальшої роботи.

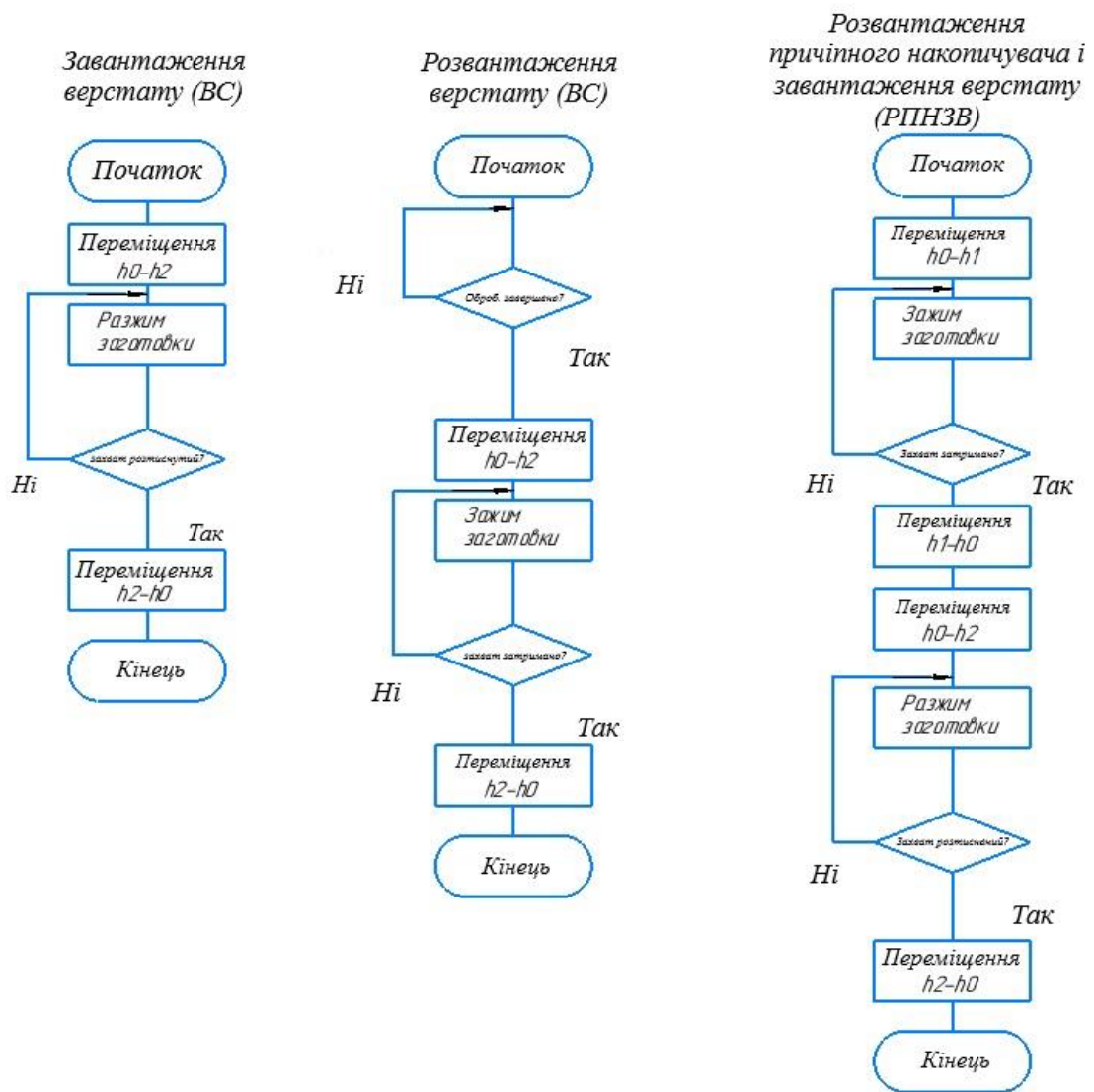


Рисунок 3.6 Блок схема роботи РТК

3.4. Розрахунок геометричних і кінематичних параметрів. Побудова циклограми роботи РТК

Для виходу з робочої зони верстату ПР повинен послідовно виконувати повороти на кути $\varphi_2 = \varphi_{2h2} - \varphi_{2h0}$ та $\varphi_3 = \varphi_{3h2} - \varphi_{3h0}$. Переміщення від верстату до верстату і від накопичувача до верстату відбувається в положенні h_0 ; а так само вхід у робочу зону верстату і під час роботи з накопичувачами всі переміщення виконуються через точку h_0 . У робочій зоні верстату, так і в робочій зоні накопичувачів ПР повинен здійснювати деякі орієнтувальні рухи (орієнтація заготовки в патрон верстату, пошук вільного місця й укладання деталі в накопичувач). Приймаємо, що будь-який елементарний рух здійснюється за час $t_{\text{доп}} = 0.2 \text{ хв} = 12 \text{ с}$. Час на закріплення і розкріплення заготовки в патроні верстату, а

також час на затиснення і розтиснення приймаємо рівним $t_{\text{зат}} = 0.1 \text{ хв} = 6 \text{ с}$,
 приймаємо також $H = 2,6 \text{ м}$, $L_1 = 0,4 \text{ м}$, $L_2 = L_3 = 0,85 \text{ м}$.

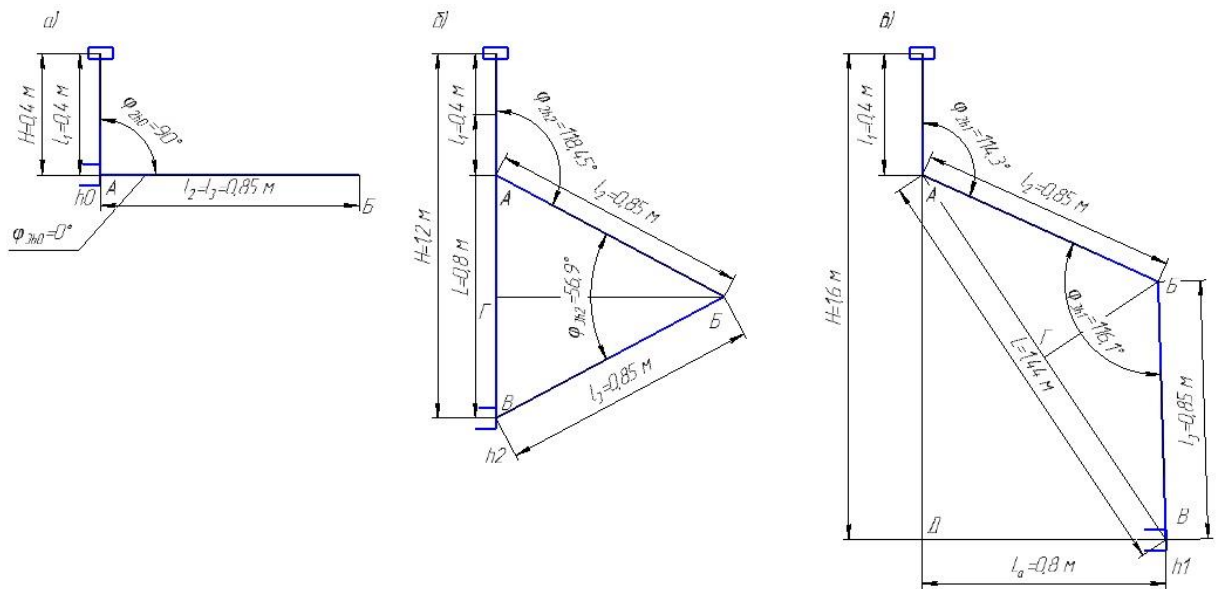


Рисунок 3.7 Схема для визначення параметрів ПР

З рис. (3.7 а) видно, що в початковому положенні лікоть і плече утворюють кут 90° , оскільки $l_1 = H = 0,4 \text{ м}$.

Кут φ_{2h0} рівний: $\varphi_{2h0} = 90^\circ$;

Кут φ_{3h0} рівний: $\varphi_{3h0} = 0^\circ$;

- Позиція h_2

З рис.(3.7 б) визначаємо:

$$AG = GB = AB/2 = (1,2 - 0,4)/2 = 0,4\text{м};$$

Із трикутника АБГ знаходимо $\varphi_{3h2}/2$:

$$\sin \frac{\varphi_{3h2}}{2} = \frac{AG}{L_2} = \frac{0,4}{0,85} = 0,471; \quad (3.3)$$

$$\frac{\varphi_{3h2}}{2} = 28,45^\circ; \quad \varphi_{3h2} = 56,9^\circ;$$

Кут БАГ рівний: $BAГ = 90 - 28,45 = 61,55^\circ$;

Отже: $\varphi_{2h2} = 180 - BAГ = 180 - 61,55 = 118,45^\circ$;

Позиція h_1

З рис. 3.7 в) визначаємо:

$$AD = 1,6 - 0,4 = 1,2\text{м};$$

З трикутника АВД визначаємо АВ:

$$AB = \sqrt{AD^2 + DB^2} = \sqrt{1,2^2 + 0,8^2} = 1,44 \text{ м}; \quad (3.4)$$

$$AG = GB = AB/2 = 1,44/2 = 0,72 \text{ м}; \quad (3.5)$$

З трикутника АБГ визначаємо:

$$\sin \frac{\varphi_{3h1}}{2} = \frac{AG}{AB} = \frac{AG}{L} = \frac{0,72}{0,85} = 0,847; \quad (3.6)$$

$$\frac{\varphi_{3h1}}{2} = 57,9^\circ; \varphi_{3h1} = 116,1^\circ;$$

$$\text{Кут БАГ дорівнює: } \angle BAG = 90 - \frac{\varphi_{3h1}}{2} = 90 - 57,9 = 32,1^\circ;$$

$$\text{Кут ДАВ дорівнює: } \sin \angle DAB = \frac{DB}{AB} = \frac{0,8}{1,44} = 0,556 \quad \angle DAB = 33,8^\circ;$$

$$\text{Кут } \varphi_{2h1} \text{ дорівнює: } 180 - \angle DAB - \angle BAG = 180 - 33,8 - 32,1 = 114,3^\circ;$$

Під час переміщення від h_0 до h_2 або від h_2 до h_0 (підведення або відведення захвату до робочої зони верстату) захват здійснює повороти на кути φ_2 і φ_3 . Кути φ_{2h1} та φ_{3h1} знаходимо шляхом побудови плану переміщень [21]:

$$\varphi_2 = \varphi_{2h2} - \varphi_{2h0} = 118,45^\circ - 90^\circ = 28,45^\circ$$

$$\varphi_3 = \varphi_{3h2} - \varphi_{3h0} = 56,9^\circ - 0^\circ = 56,9^\circ$$

Швидкість при даному переміщенні [21]:

$$\omega = \frac{1}{2} \times \frac{\sqrt{\varphi} \times \sqrt[4]{\delta}}{\sqrt[3]{(2 \times L)^4}} = \frac{1}{2} \times \frac{\sqrt{0,993} \times \sqrt[4]{48,53}}{\sqrt[3]{(2 \times 0,85)^4}} = 0,648 \text{ с.}^{-1} \quad (3.7)$$

$$\delta = \frac{\Delta l}{L} \times \frac{180}{\pi} \times 3600 = \frac{0,0002 \times 180}{0,85 \cdot 3,14} \cdot 3600 = 48,53 \text{ с.} \quad (3.8)$$

де L - переміщення консолі руки робота, м; ($L = 0,85$ м);

φ - найбільший кут повороту з ланок 2 і 3; ($\varphi = 56,9^\circ = 0,993$ рад);

δ - похибка кутового позиціонування, с.

У цьому ПР використовується трапецеїдальний закон зміни швидкості [21]. При цьому законі зміни швидкості та час, що витрачається на прямолінійне переміщення, визначається за такою формулою [21]:

$$T = \sqrt{\frac{\varphi}{\varepsilon_k}} \times \frac{1 + K \times (\omega_0 / \sqrt{\varepsilon_k \times \varphi})^2}{\omega_0 / \sqrt{\varepsilon_k \times \varphi}} = \sqrt{\frac{0,993}{5,29}} \times \frac{1 + 1 \times (0,648 / \sqrt{5,29 \times 0,993})^2}{0,648 / \sqrt{5,29 \times 0,993}} = 1,65 \text{ с.} \quad (3.9)$$

де « K » - коефіцієнт, що залежить від співвідношення прискорень під час розгону і гальмування ($K=1$);

ε_k – кутове прискорення;

$$\varepsilon_k = a_k/L = 4,5/0,85 = 5,29 \text{ с}^{-2}; \quad (3.10)$$

a_k – прискорення при розгоні-гальмуванні ($a_k = 4.5 \text{ м/с}^2$);

ω – кутова швидкість усталеного руху ($\omega = 0,648 \text{ с}^{-1}$).

L – виліт консолі руки робота, м; ($L = 0,85\text{м}$).

3.5. Лінійні переміщення, що здійснюються ПР

Переміщення з позиції А в позицію Б.

ПР здійснює лінійне переміщення на довжину L :

$$L = L_B = 2,0 \text{ м}$$

Швидкість горизонтального переміщення захвату» [22]:

$$V_y = \frac{1,6 \cdot L \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}} = \frac{1,6 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{1}}{\sqrt[3]{40}} = 0,93 \text{ м/с} \quad (3.11)$$

де L довжина шляху при горизонтальному переміщенні ($L=2,0 \text{ м}$);

$$\Delta l = 1 \text{ мм}; M = 40 \text{ кг}.$$

Час переміщення [22]:

$$T = \sqrt{\frac{L}{ak} \cdot \frac{1 + K \cdot (V_y / \sqrt{ak \cdot L})^2}{V_y / \sqrt{ak \cdot L}}} = \sqrt{\frac{2}{4,5} \cdot \frac{1 + 1 \cdot (0,93 / \sqrt{4,5 \cdot 2})^2}{0,93 / \sqrt{4,5 \cdot 2}}} = 2,35 \text{ с} \quad (3.12)$$

де « $L = 2,0 \text{ м}$; $a_k = 4,5 \text{ м/с}^2$; $K = 1$; $V_y = 0,93 \text{ м/с}$.

Переміщення з позиції А в позицію В.

ПР здійснює лінійне переміщення на довжину L [22]:

$$L = L_B + L_B = 2,0 + 6,0 = 8,0 \text{ м} \quad (3.13)$$

Швидкість горизонтального переміщення захвату »[22]:

$$V_y = \frac{1,6 \cdot L \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}} = \frac{1,6 \cdot 8 \cdot \sqrt[4]{1}}{\sqrt[3]{40}} = 3,74 \text{ м/с}$$

де L довжина шляху при горизонтальному переміщенні ($L=8,0 \text{ м}$);

$$\Delta l = 1 \text{ мм}; M = 40 \text{ кг}.$$

Час переміщення [22]:

$$T = \sqrt{\frac{L}{ak} \cdot \frac{1 + K \cdot (V_y / \sqrt{ak \cdot L})^2}{V_y / \sqrt{ak \cdot L}}} = \sqrt{\frac{8}{4,5} \cdot \frac{1 + 1 \cdot (3,74 / \sqrt{4,5 \cdot 8})^2}{3,74 / \sqrt{4,5 \cdot 8}}} = 2,98 \text{ с}. \quad (3.14)$$

де $L = 8,0 \text{ м}$; $a_k = 4,5 \text{ м/с}^2$; $K = 1$; $V_y = 3,74 \text{ м/с}$.

Переміщення з позиції А в позицію Г.

ПР здійснює лінійне переміщення на довжину L [22]:

$$L = L_B + L_B + L_\Gamma = 2,0 + 6,0 + 6,0 = 14,0 \text{ м}$$

Швидкість горизонтального переміщення захвату [22]:

$$V_y = \frac{1,6 \cdot L \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}} = \frac{1,6 \cdot 14 \cdot \sqrt[4]{1}}{\sqrt[3]{40}} = 6,54 \text{ м/с.} \quad (3.15)$$

де L довжина шляху при горизонтальному переміщенні ($L = 14,0 \text{ м}$);

$$\Delta l = 1 \text{ мм}; M = 40 \text{ кг.}$$

Час переміщення [22]:

$$T = \sqrt{\frac{L}{ak} \cdot \frac{1 + K \cdot (V_y / \sqrt{ak} \cdot L)^2}{V_y / \sqrt{ak} \cdot L}} = \sqrt{\frac{14}{4,5} \cdot \frac{1 + 1 \cdot (6,54 / \sqrt{4,5 \cdot 14})^2}{6,54 / \sqrt{4,5 \cdot 14}}} = 3,6 \text{ с.} \quad (3.16)$$

де « $L = 14,0 \text{ м}$; $a_k = 4,5 \text{ м/с}^2$; $K = 1$; $V_Y = 6,54 \text{ м/с}$.

Переміщення з позиції А в позицію Д.

ПР здійснює лінійне переміщення на довжину L :

$$L = L_B + L_B + L_\Gamma + L_D = 2,0 + 6,0 + 6,0 + 3,2 = 17,2 \text{ м}$$

Швидкість горизонтального переміщення захвату »[22]:

$$V_y = \frac{1,6 \cdot L \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}} = \frac{1,6 \cdot 17,2 \cdot \sqrt[4]{1}}{\sqrt[3]{40}} = 8,04 \text{ м/с.} \quad (3.17)$$

де L довжина шляху при горизонтальному переміщенні ($L = 17,2 \text{ м}$);

$$\Delta l = 1 \text{ мм}; M = 40 \text{ кг.}$$

Час переміщення [22]:

$$T = \sqrt{\frac{L}{ak} \cdot \frac{1 + K \cdot (V_y / \sqrt{ak} \cdot L)^2}{V_y / \sqrt{ak} \cdot L}} = \sqrt{\frac{17,2}{4,5} \cdot \frac{1 + 1 \cdot (6,54 / \sqrt{4,5 \cdot 14})^2}{6,54 / \sqrt{4,5 \cdot 14}}} = 3,93 \text{ с.} \quad (3.18)$$

де « $L = 17,2 \text{ м}$; $a_k = 4,5 \text{ м/с}^2$; $K = 1$; $V_Y = 8,04 \text{ м/с}$.

Переміщення з позиції Б в позицію В.

ПР здійснює лінійне переміщення на довжину L :

$$L = L_B = 6,0 \text{ м};$$

Швидкість горизонтального переміщення захвату » [22]:

$$V_y = \frac{1,6 \cdot L \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}} = \frac{1,6 \cdot 6,0 \cdot \sqrt[4]{1}}{\sqrt[3]{40}} = 2,8 \text{ м/с.} \quad (3.19)$$

де L довжина шляху при горизонтальному переміщенні ($L = 6,0 \text{ м}$);

$$\Delta l = 1 \text{ мм}; M = 40 \text{ кг.}$$

Час переміщення [22]:

$$T = \sqrt{\frac{L}{ak}} \cdot \frac{1 + K \cdot (V_y / \sqrt{ak \cdot L})^2}{V_y / \sqrt{ak \cdot L}} = \sqrt{\frac{6}{4,5}} \cdot \frac{1 + 1 \cdot (2,8 / \sqrt{4,5 \cdot 6})^2}{2,8 / \sqrt{4,5 \cdot 6}} = 2,76 \text{ с.} \quad (3.20)$$

де $L = 6,0 \text{ м}$; $a_k = 4,5 \text{ м/с}^2$; $K = 1$; $V_Y = 2,80 \text{ м/с}$.

Переміщення позиції Б в позицію Г.

ПР здійснює лінійне переміщення на довжину L:

$$L = L_B + L_G = 6,0 + 6,0 = 12,0 \text{ м.}$$

Швидкість горизонтального переміщення захвату [22]:

$$V_y = \frac{1,6 \cdot L \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}} = \frac{1,6 \cdot 12 \cdot \sqrt[4]{1}}{\sqrt[3]{40}} = 5,61 \text{ м/с.} \quad (3.21)$$

де L довжина шляху при горизонтальному переміщенні ($L = 12,0 \text{ м}$);

$$\Delta l = 1 \text{ мм}; M = 40 \text{ кг.}$$

Час переміщення [22]:

$$T = \sqrt{\frac{L}{ak}} \cdot \frac{1 + K \cdot (V_y / \sqrt{ak \cdot L})^2}{V_y / \sqrt{ak \cdot L}} = \sqrt{\frac{12}{4,5}} \cdot \frac{1 + 1 \cdot (5,61 / \sqrt{4,5 \cdot 12})^2}{5,61 / \sqrt{4,5 \cdot 12}} = 3,38 \text{ с.} \quad (3.22)$$

де « $L = 12,0 \text{ м}$; $a_k = 4,5 \text{ м/с}^2$; $K = 1$; $V_Y = 5,61 \text{ м/с}$.

Переміщення з позиції Б в позицію Д.

ПР здійснює лінійне переміщення на довжину L:

$$L = L_D + L_G + L_B = 3,2 + 6,0 + 6,0 = 15,2 \text{ м}$$

Швидкість горизонтального переміщення захвату» [22]:

$$V_y = \frac{1,6 \cdot L \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}} = \frac{1,6 \cdot 15,2 \cdot \sqrt[4]{1}}{\sqrt[3]{40}} = 7,11 \text{ м/с.} \quad (3.23)$$

де L довжина шляху при горизонтальному переміщенні ($L = 15,2 \text{ м}$);

$$\Delta l = 1 \text{ мм}; M = 40 \text{ кг.}$$

Час переміщення [22]:

$$T = \sqrt{\frac{L}{ak}} \cdot \frac{1 + K \cdot (V_y / \sqrt{ak \cdot L})^2}{V_y / \sqrt{ak \cdot L}} = \sqrt{\frac{15,2}{4,5}} \cdot \frac{1 + 1 \cdot (7,11 / \sqrt{4,5 \cdot 15,2})^2}{7,11 / \sqrt{4,5 \cdot 15,2}} = 3,72 \text{ с.} \quad (3.24)$$

де « $L = 15,2 \text{ м}$; $a_k = 4,5 \text{ м/с}^2$; $K = 1$; $V_Y = 7,11 \text{ м/с}$.

Переміщення з позиції В в позицію Г.

ПР здійснює лінійне переміщення на довжину L »[22]:

$$L = L_{\Gamma} = 6,0 \text{ м};$$

Швидкість горизонтального переміщення захвату [22]:

$$V_y = \frac{1,6 \cdot L \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}} = \frac{1,6 \cdot 6 \cdot \sqrt[4]{1}}{\sqrt[3]{40}} = 2,8 \text{ м/с.} \quad (3.25)$$

де L довжина шляху при горизонтальному переміщенні ($L = 6,0 \text{ м}$);

$$\Delta l = 1 \text{ мм}; M = 40 \text{ кг.}$$

Час переміщення [22]:

$$T = \sqrt{\frac{L}{ak} \cdot \frac{1 + K \cdot (V_y / \sqrt{ak \cdot L})^2}{V_y / \sqrt{ak \cdot L}}} = \sqrt{\frac{6}{4,5} \cdot \frac{1 + 1 \cdot (2,8 / \sqrt{4,5 \cdot 6})^2}{2,8 / \sqrt{4,5 \cdot 6}}} = 2,76 \text{ с.} \quad (3.26)$$

де « $L = 6,0 \text{ м}$; $a_k = 4,5 \text{ м/с}^2$; $K = 1$; $V_y = 2,80 \text{ м/с}$.

Переміщення з позиції В в позицію Д.

ПР здійснює лінійне переміщення на довжину L » [22]:

$$L = L_{\Gamma} + L_{\text{Д}} = 6,0 + 3,2 = 9,2 \text{ м};$$

Швидкість горизонтального переміщення захвату [22]:

$$V_y = \frac{1,6 \cdot L \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}} = \frac{1,6 \cdot 9,2 \cdot \sqrt[4]{1}}{\sqrt[3]{40}} = 4,3 \text{ м/с.} \quad (3.27)$$

де L довжина шляху при горизонтальному переміщенні ($L = 9,2 \text{ м}$);

$$\Delta l = 1 \text{ мм}; M = 40 \text{ кг.}$$

Час переміщення [22]:

$$T = \sqrt{\frac{L}{ak} \cdot \frac{1 + K \cdot (V_y / \sqrt{ak \cdot L})^2}{V_y / \sqrt{ak \cdot L}}} = \sqrt{\frac{9,2}{4,5} \cdot \frac{1 + 1 \cdot (4,3 / \sqrt{4,5 \cdot 9,2})^2}{4,3 / \sqrt{4,5 \cdot 9,2}}} = 3,09 \text{ с.} \quad (3.28)$$

де « $L = 9,2 \text{ м}$; $a_k = 4,5 \text{ м/с}^2$; $K = 1$; $V_y = 4,30 \text{ м/с}$.

Переміщення з позиції Г в позицію Д.

ПР здійснює лінійне переміщення на довжину L :

$$L = L_{\text{Д}} = 3,2 \text{ м};$$

Швидкість горизонтального переміщення захвату »[22]:

$$V_y = \frac{1,6 \cdot L \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}} = \frac{1,6 \cdot 3,2 \cdot \sqrt[4]{1}}{\sqrt[3]{40}} = 1,49 \text{ м/с.} \quad (3.29)$$

де « L довжина шляху при горизонтальному переміщенні ($L = 3,2 \text{ м}$);

$$\Delta l = 1 \text{ мм}; M = 40 \text{ кг.}$$

Час переміщення »[22]:

$$T = \sqrt{\frac{L}{ak}} \cdot \frac{1 + K \cdot (V_y / \sqrt{ak \cdot L})^2}{V_y / \sqrt{ak \cdot L}} = \sqrt{\frac{3,2}{4,5}} \cdot \frac{1 + 1 \cdot (1,49 / \sqrt{4,5 \cdot 3,2})^2}{1,49 / \sqrt{4,5 \cdot 3,2}} = 2,48 \text{ с.} \quad (3.30)$$

де $L = 3,2 \text{ м}$; $a_k = 4,5 \text{ м/с}^2$; $K = 1$; $V_y = 1,49 \text{ м/с}$.

Висновки. У цьому розділі ми виконали аналіз продуктивності робототехнічних комплексів механічної обробки. На основі алгоритму функції РТК проведено необхідні обчислення та створено циклограму функції РТК. З цієї опцією найдовший процес виконується на машині В. Тому, щоб досягти найбільш ефективного робочого циклу РТК, необхідно було почати якомога раніше, оскільки загальна тривалість робочого циклу РТК залежить від робочого циклу РТК. Усі ці умови були враховані при створенні циклограм, забезпечуючи мінімізацію часу простою машин В, В та G.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА РТК ТА КОНСТРУЮВАННЯ ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

4.1. Аналіз і оцінка продуктивності РТК, пошук оптимального алгоритму

Визначимо продуктивність РТК при базовому варіанті обробки 10 деталей. Циклова продуктивність РТК [23]:

$$Q_u = \frac{1}{T_u}, \quad (4.1)$$

де « T_u – час виконання циклу обробки, хв; $T_u = 375,04 \text{ с} = 6,250 \text{ хв}$ ».

Тоді [23]:

$$Q_u = \frac{1}{6,25} = 0,16 \text{ шт/хв} [23].$$

Необхідно також врахувати, що функціонування РТК неможливе без внутрішньоциклових втрат, зумовлених наявністю неповних циклів на початку і наприкінці обробки. Ці втрати враховуються під час визначення фактичної продуктивності.

Фактична продуктивність РТК [23]:

$$Q_{\phi} = \frac{n}{T}, \quad (4.2)$$

де « n – кількість деталей, шт; $n=10$ шт;

T – час виконання обробки всіх деталей; $T = 4373,6 \text{ с} = 72,89 \text{ хв}$;

Тоді [23]:

$$Q_{\phi} = \frac{10}{72,89} = 0,137 \text{ шт/хв.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання ПР »[23]:

$$\eta = \frac{Q_{\phi}}{Q_{\psi}} = \frac{0,137}{0,16} = 0,85$$

4.2. Розрахунок коефіцієнтів завантаження обладнання

Циклові коефіцієнти завантаження обладнання [24]:

$$K_{30}^{\psi} = \frac{T}{T_{\psi}}, \quad (4.3)$$

де « T - час роботи обладнання, с;

T_{ψ} – час циклу роботи, = 375,04 с»[24].

Час роботи верстатного обладнання за цикл дорівнює часу обробки однієї деталі, а час роботи ПР визначаємо з циклограми та алгоритму функціонування РТК.

$$\text{Верстат Б: } K_{30}^{\psi} = \frac{276}{375,04} = 0,73 ;$$

$$\text{Верстат В: } K_{30}^{\psi} = \frac{264}{375,04} = 0,70 ;$$

$$\text{Верстат Г: } K_{30}^{\psi} = \frac{264}{375,04} = 0,70 ;$$

$$\text{ПР: } K_{30}^{\psi} = \frac{199,37}{375,04} = 0,53 .$$

У середньому по всіх верстатах:

$$K_{30}^{\psi} = \frac{0,73 + 0,70 + 0,70}{3} = 0,71$$

Фактичні коефіцієнти завантаження обладнання на обробку партії деталей [24]:

$$K_{30}^{II} = \frac{n \cdot T}{T_o}, \quad (4.4)$$

де «Т - час роботи обладнання, с;

T_c – спільний час роботи, $T_c = 4\,373,6$ с.

n – кількість деталей у партії, $n = 10$ шт.» [24].

Час роботи ПР визначаємо з циклограми та алгоритму функціонування РТК.

$$\text{Верстат Б: } K_{30}^{II} = \frac{10 \cdot 276}{4373,6} = 0,63;$$

$$\text{Верстат В: } K_{30}^{II} = \frac{10 \cdot 264}{4373,6} = 0,60;$$

$$\text{Верстат Г: } K_{30}^{II} = \frac{10 \cdot 264}{4373,6} = 0,60$$

$$K_{30}^{II} = \frac{T_{\text{вхПР}} + 9 \cdot T_{\text{цПР}} + T_{\text{вихПР}}}{T_o} = \frac{456,05 + 9 \cdot 167,45 + 246,33}{4373,6} = 0,51$$

В середньому по РТК:

$$K_{30CP}^{II} = \frac{0,63 + 0,60 + 0,60}{3} = 0,61.$$

4.3. Розрахунок затискного пристрою ПР

До затискних пристроїв висуваються вимоги загального характеру і спеціальні, пов'язані з конкретними умовами роботи. До числа обов'язкових вимог належать: надійність захоплення й утримання об'єкта, стабільність базування, неприпустимість пошкодження або руйнування об'єкта. Міцність захватних пристроїв має бути високою за малих габаритних розмірів і маси.

«Під час обслуговування одним промисловим роботом кількох одиниць обладнання застосування широко діапазонних захватних пристроїв або їхня автоматична зміна може виявитися єдиним можливим рішенням, якщо одночасно обробляються деталі різної конфігурації та маси. Тому до затискних пристроїв для промислових роботів, що працюють в умовах серійного виробництва, висуваються додаткові вимоги: широкодіпазонність, забезпечення захоплення близько розташованих деталей, легкість і швидкість заміни» [25].

Вихідні дані для розрахунку:

1. Розрахункову схему сил представлено на рисунку 4.1
2. Розрахункова схема приводу представлена на рисунку 4.2

3. Діаметр заготовки, $d_3 = 120$ мм.
4. Маса заготовки, $M = 40$ кг.
5. Кут повороту площини $\theta = 60^\circ$.
6. Кут першої призми $2\alpha_1 = 60^\circ$.

Геометричні параметри:

$a=180$ мм; $b=180$ мм; $\alpha=70^\circ$; $C1=120$ мм; $C2=120$ мм; $\beta=8^\circ$.

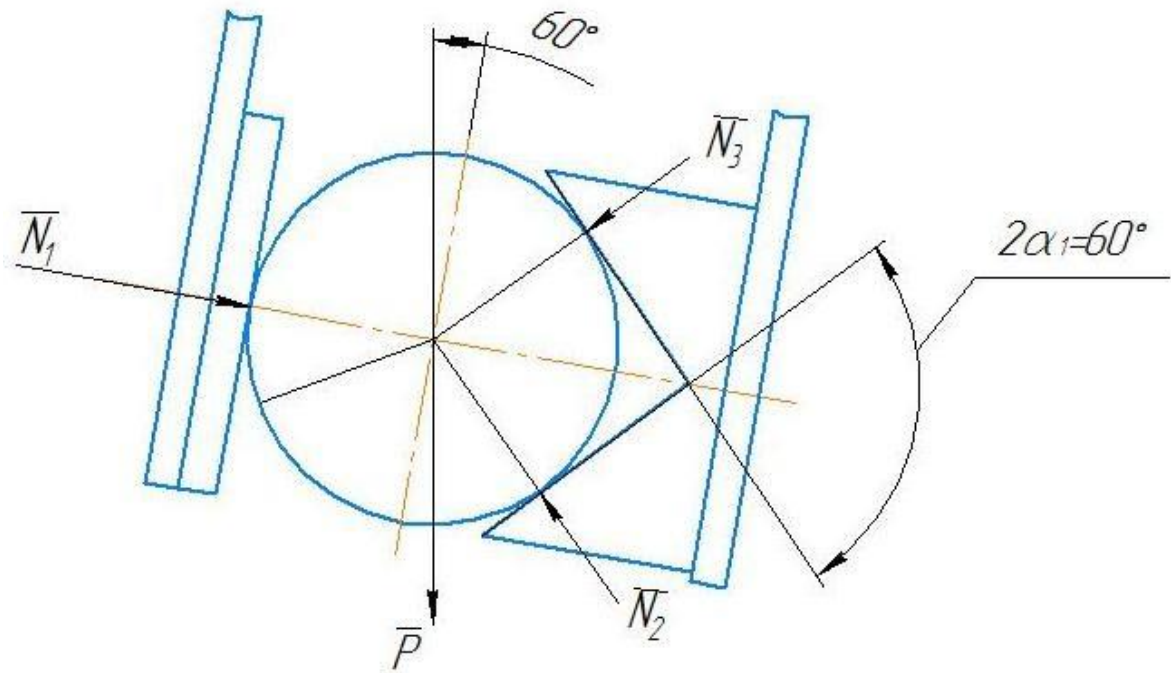


Рисунок 4.1 Схема для розрахунку сил затиску в затискному пристрої

Розрахуємо реакції N_i [25]:

$$N_1 = \begin{cases} \frac{P \sin(\alpha - \theta)}{\cos \alpha}; \text{при } \alpha \geq \theta; \\ 0; \text{при } \alpha < \theta \end{cases}$$

$$N_2 = \begin{cases} \frac{P \cos \theta}{\cos \alpha}; \text{при } \alpha \geq \theta \\ \frac{P \sin(\alpha + \theta)}{\sin 2\alpha}; \text{при } \alpha < \theta \end{cases};$$

$$N_3 = \begin{cases} 0 \text{ при } \alpha \geq \theta \\ \frac{P \sin(\theta - \alpha)}{\sin 2\alpha}; \text{при } \alpha < \theta \end{cases}$$

де « $P=mg=40 \times 9,81=392,4$ Н - сила тяжіння.

$\alpha = 30^\circ$; $\theta = 60^\circ$. Тоді» [25]:

$$N_1 = 0 \text{ H};$$

$$N_2 = \frac{P \sin(\alpha + \theta)}{\sin 2\alpha} = \frac{392,4 \times \sin(30^\circ + 60^\circ)}{\sin 60^\circ} = 453,1 \text{ H};$$

$$N_3 = \frac{P \sin(\theta - \alpha)}{\sin 2\alpha} = \frac{392,4 \times \sin(60^\circ - 30^\circ)}{\sin 60^\circ} = 226,5 \text{ H}.$$

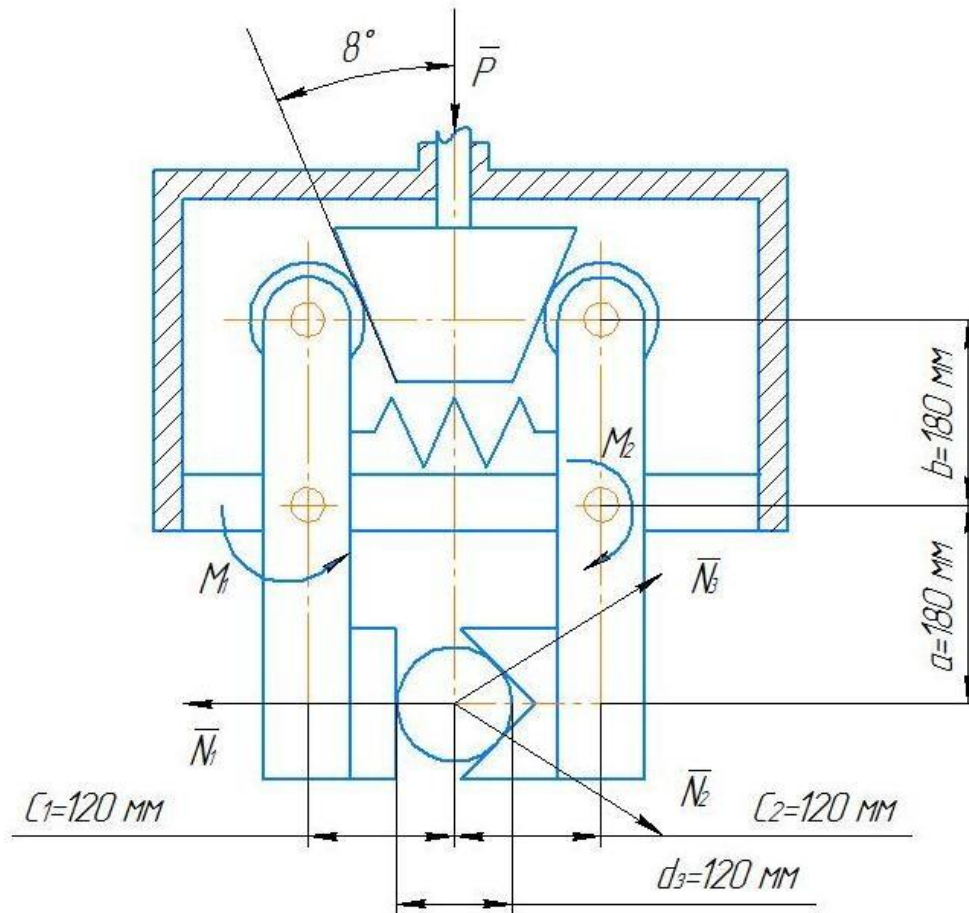


Рисунок 4.2 Схема важільного механізму

Розраховуємо зусилля приводу [25]:

$$P = \frac{\sum_{j=1}^2 M_j}{b \cdot \eta_p} \operatorname{tg} \beta \quad (4.5)$$

де « η_p - коефіцієнт корисної дії механізму, $\eta_p = (0,7..0,78)$;

β - кут розташування важеля відносно вертикальної осі (рис. 6.2);

M_j - момент (Н·мм) для j губки, визначається формулою» [25]:

$$M_1 = N_1 a; \quad (4.6)$$

$$M_2 = N_2 (a \sin a + c_2 \cos a) + N_3 (a \sin a - c_2 \cos a);$$

Розраховуємо моменти приводу захватного пристрою [25]:

$$M_1 = 0 \cdot 100 = 0 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_2 = 451,1 \cdot (120 \cdot \sin 30^\circ + 120 \cdot \cos 30^\circ) + 226,5 \cdot (120 \cdot \sin 30^\circ - 120 \cdot \cos 30^\circ) = 64,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Тоді необхідна сила затиску:

$$P = \frac{0 + 64,3}{0,08 \cdot 0,75} \cdot \text{tg} 8^\circ = 150,6 \text{ Н};$$

Висновки. Беручи до уваги внутрішньоциклові втрати, спричинені наявністю неповних циклів на початку та в кінці обробки, продуктивність РТК була розрахована на 0,13 хвилини. Для отримання додаткової інформації. Середній коефіцієнт завантаження для пристроїв РТК становить 0,61%. Затискний пристрій і його привід розраховані таким чином, що рушійна сила повинна бути не менше 150,6 Н для надійного утримання заготовки під час руху.

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи магістра було вирішено важливе технічне завдання – вдосконалено технологічний процес виготовлення деталі корпус редуктора, спроектовано автоматизовану виробничу лінію та розроблено технологічне устаткування для його виготовлення.

Запропоновано новий спосіб одержання заготовок, а саме лиття у піщано-глиняні форми з використанням рідкої самотвердіючої суміші. Завдяки цьому методу необхідний об'єм формування зменшується на 15-50 %, покращуються умови праці, в 1,5-2 рази подовжується термін служби стрижневої коробки, значно зменшується витрата палива водієм. Економія заробітної плати (за рахунок зниження витрат на навчальну роботу в середньому на 1 розряд) досягається за рахунок зниження трудомісткості (18-47%) і складності завдань (3-11%). Час висихання прес-форми скорочується приблизно в три-чотири рази, відповідно зменшується витрата палива та відносна вартість праці.

Розроблено новий технологічний процес виготовлення деталей на верстатах з ЧПК, що значно підвищило автоматизацію на місці та зменшило кількість

робітників і час на обробку деталей. Розрахунок і нормування сил різання виконано для всіх операцій технологічного процесу. Розроблено затискний пристрій для обробки 010 і 015 і контрольний пристрій для контролю паралельності осей отворів. Для цих пристроїв ми розрахували необхідний діаметр приводного циліндра та розрахували точність. Розроблене обладнання є напівавтоматичним, що скорочує час обробки деталей. Контрольне обладнання дозволяє швидко вимірювати та відсіювати деталі, які не відповідають вимогам точності обробки.

Проведено аналіз продуктивності роботизованого технологічного комплексу для механообробки. На підставі алгоритму функціонування РТК проведено необхідні розрахунки, побудовано циклограму функціонування РТК. Згідно з даним варіантом, найдовше обробка здійснюється на верстаті Б, тому для досягнення найефективнішого циклу роботи РТК необхідно було максимально швидко запускати його, оскільки від нього залежала вся довжина циклу роботи РТК. Під час розробки циклограми було враховано всі ці умови і забезпечено мінімальні простої верстатів Б, В і Г.

Розрахована продуктивність РТК, яка з врахуванням внутрішньоциклових втрат, зумовлених наявністю неповних циклів на початку і наприкінці обробки, становить 0,13 хв. на одну деталь. Середній коефіцієнт завантаження обладнання РТК становить 0,61%. Проведено розрахунок затискного пристрою та його приводу, зусилля приводу має бути не менше 150,6 Н, щоб забезпечити надійне утримання заготовки під час переміщення. Розроблений роботизований технічний комплекс, що забезпечує автоматизовану роботу виробничої лінії, автоматичний контроль стану та положення деталі, автоматичне відокремлення та видачу відходів, швидко переналадку, безперебійне виготовлення деталі без вручення інструменту людини протягом двох годин.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бучинський М. Я., Горик О. В., Чернявський А. М., Яхін С. В. Основи творення машин / [За редакцією О. В. Горика, доктора технічних наук, професора, заслуженого працівника народної освіти України]. — Харків : Вид-во «НТМТ», 2017. — 448 с.

2. Електронний ресурс: <https://evек.com.ua/materials/chugun-sch15.html>(дата звернення 10.10.2024).

3. В.Д. Рудь, Т.Є. Божко, Т.Н. Гальчук. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131- Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр; спеціалізація – технології машинобудування)./ Навчальний посібник / Під загальною редакцією професора В.Д. Рудя – Луцьк: Інформаційно - видавничий відділ Луцького НТУ. - 2017. – 500 с.

4. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин : посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 131 – «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» / О. В. Гуцин. – Краматорськ : ДДМА, 2019. – 159 с.

5. Електронний ресурс: <https://auremo.org/files/gosts/gost-r-53464-2009.pdf>(дата звернення 10.10.2024).

6. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Проектування та виробництво заготовок» для студентів 131. «Прикладна механіка». Проектування та виробництво штампованих заготовок. (Частина II). Укладачі: Добрянський С.С., к.т.н., доц., Малафєєв Ю.М. к.т.н., доц. / НТУУ «КПІ», 2017. - 70ст. Затверджено Методичною радою ММІ НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

7. Плескач В.М., Акімов І.В., Мітяєв О.А. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: підручник / за заг. ред. доц. В.М.Плескача. Запоріжжя: Просвіта, 2019. 370 с.

8. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С.С. Добрянський, Ю.М. Малафєєв; КПІ ім. Ігоря

Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.

9. Основи теорії різання матеріалів / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, В. Л. Доброскок [та ін.]. – Київ: "Новий Світ-2000", 2009. – 422 с.

10. Теорія різання [Електронний ресурс] : Підручник для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка / О. В. Глоба, В. В. Вовк, Д. А. Красновид, В. І. Солодкий. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 248 с.

11. Розробка технологічного процесу на прикладі виготовлення ступінчастого вала редуктора: Навчально-методичний посібник для виконання конструкторськотехнологічних розділів дипломного проекту бакалавра студентами спеціальності «Прикладна механіка» (спеціалізація «Інтегровані технології машинобудування») денної, заочної та дистанційної форм навчання / І.М. Пижов. – Х.: НТУ «ХП», 2018. – 91 с.

12. Youssef, Helmi A. Machining technology: machine tools and operations / Helmi A. Youssef, Hassan El-Hofy. - CRC Press, Taylor & Francis Group. - 2018.- 672р.

13. Скрипник С. В., Франчук І.Б., Шепель І. В. Особливості автоматизації обліку підприємств у сучасних умовах. Економіка та держава. Міжнародний науково-практичний журнал. Серія: "Економічна наука". № 10. 2020. URL: <http://www.economy.in.ua/?op=1&z=4757&i=6> (дата звернення 15.10.2024).

14. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

15. Дзюра В.О. Наукові основи забезпечення параметрів якості робочих поверхонь деталей машин у вигляді тіл обертання. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.08 «Технологія машинобудування» (з технічних наук). Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2021.413 с.

16. Яковенко І. Е.. Пермяков О. А. Технологічна оснастка. Розрахунки. Проектування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 –

Прикладна механіка, 133 – Галузеві машинобудування / Л. Е. Яковенко, О. А. Пермяков – Харків : НТУ «ХП», 2024. – 233с.

17. Поліщук Л. К., Іскович-Лотоцький Р. Д. Обладнання та транспорт механообробних цехів. Частина 1. Кінематика верстатів : Навч. посіб. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 154 с.

18. Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М. П27 Проектування гнучких виробничих систем машинобудування / Навч. посібник. Частина I – К.: НТУУ «КП», 2017. – 286 с. – Бібліогр.

19. Електронний ресурс: <https://elprivod.nmu.org.ua/files/programming/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2.pdf>(дата звернення 10.10.2024).

20. Павленко І. І., Мажара В. А. Роботизовані технологічні комплекси. Монографія – Кропивницький: Видавництво ТОВ «КОД». 2019. – 382 с.

21. Павленко І.І., Годунко М.О. Аналіз впливу характеристик захватних пристроїв промислових роботів на силові їх навантаження // Збірник наукових праць КНТУ. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Вип. 20. – Кіровоград: КНТУ, 2008. – С. 150 – 154.

22. Крупа В. В. Теорія технічних систем: особливості побудови створення та розвитку: навчальний посібник / Володимир Крупа. – Тернопіль : Осадца Ю. В., 2023. – 308 с.

23. Шкодзінський О.К. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №3 на тему: «Розробка алгоритму функціонування гнучкої автоматизованої дільниці (ГАД)». Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, 2016. – 16 с.

24. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С.С. Добрянський, Ю.М. Малафєєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.

25. Проектування поточних ліній [Електронний ресурс]: Текст лекцій для студентів спеціальності «Прикладна механіка», спеціалізації «Машини і

технології пакування» / Уклад.: А. Я. Карвацький – К. : НТУУ «КПІ», 2017. – 182 с. : іл. – Бібліогр.: с. 176–177.