

# Хмельницький національний університет

Факультет: інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра: Технології машинобудування

## РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи магістра на тему:  
**Робото-технологічний комплекс та удосконалення  
технологічного процесу виготовлення фланця ДА 3020-322.01  
із застосуванням верстатів з ЧПК фірми HAAS**

Спеціальність: 131 – Прикладна механіка

Магістрант: \_\_\_\_\_ (Богуславський А.В.)

Керівник магістерської роботи: \_\_\_\_\_ (Гордєєв А.І.)

Рецензент \_\_\_\_\_ (Лук'янюк М.В.)

Робота допущена до захисту  
Завідувач кафедри технології машинобудування  
\_\_\_\_\_ Ткачук В.П.

Хмельницький – 2021 року

## Хмельницький національний університет

Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра Технології машинобудування  
Спеціальність: 131 - Прикладна механіка

### ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ МАГІСТРА

магістру Богуславському А.В.

Тема затверджена наказом ректора  
' \_\_\_\_ ' від " \_\_\_\_ " 2021 р.

Тема роботи: **«Робото-технологічний комплекс та удосконалення технологічного процесу виготовлення фланця ДА 3020-322.01 із застосуванням верстатів з ЧПК фірми HAAS»**

План роботи і терміни подання окремих розділів

Розділ I \_\_\_\_\_ 1.10.2021

Розділ II \_\_\_\_\_ 15.10.2021

Розділ III \_\_\_\_\_ 15.11.2021

Розділ IV \_\_\_\_\_ 1.11.2021

Перелік графічних матеріалів: 1. Мета і задачі досліджень - 1 лист; 2. Деталь - 1 лист; 3. Заготовка - 1 лист; 4. Графотехнологія - 1 лист; 5. Пристрій для верстата з ЧПК - 2 листа. 6. Контрольний пристрій - 1 лист; 7. Різальний інструмент – 1 лист; 8. Дослідний лист - 1 лист.

Термін подання закінченої роботи на кафедру \_\_\_\_ 02.12.2021

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Ткачук В.П.  
Керівник \_\_\_\_\_ Гордєєв А.І.  
Магістр \_\_\_\_\_ Богуславський А.В.

## Реферат

магістерської дипломної роботи на тему:  
**«Робото-технологічний комплекс та удосконалення технологічного процесу виготовлення фланця ДА 3020-322.01 із застосуванням верстатів з ЧПК фірми HAAS»**

Здобувач: Богуславський А.В. Керівник: д.т.н., проф. Гордєєв А.І.

Магістерська робота Богуславського А.В. присвячена розробленню робото-технологічного комплексу та удосконаленню технологічного процесу виготовлення фланця із застосуванням верстатів з ЧПК, а саме токарного центру ST30 фірми HAAS (США).

Проведено аналіз існуючого технологічного процесу та запропоновано новий технологічний процес виготовлення фланця із застосуванням верстатів з ЧПК.

Для здійснення технологічного процесу виготовлення фланця вибрано відповідне обладнання та різальний інструмент і виконані розрахунки припусків, режимів різання, та норм часу на виконання операцій оброблення.

Проведено розрахунки верстаних пристроїв для свердлування, з визначенням сили затиску, розрахунком елемента пристрою на міцність, на точність та приведено опис його роботи.

Проведено розрахунки контрольного пристрою на точність та приведено опис його роботи.

Спроектовано та проведено розрахунки різального інструменту – різця з механічним кріпленням пластини.

В дослідному розділі проведено дослідження і аналіз конструктивних параметрів деталі фланець ДА 3020-322.01 та їх міцності при робочому навантаженні у програмному продукті SolidWorks.

У розділі охорони праці наведено заходи по безпечній роботі на робото-технологічному комплексі та верстатах з ЧПК.

Автор:

Богуславський А.В.

/Підпис/

## ЗМІСТ

<b>Зміст</b> .....	4
<b>Вступ</b> .....	7
<b>РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ. ОБ'ЄКТ ВИРОБНИЦТВА ТА ШЛЯХИ</b>	
<b>ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ</b>	
<b>ВИГОТОВЛЕННЯ</b> .....	
1.1. Значення та місце промислових робіт у машинобудівному виробництві.....	12
1.2. Основні вимоги до пристроїв автоматичного захоплювання штучних об'єктів.....	13
1.3. Принципи побудови робото-технологічних комплексів	16
1.4. Типові схеми побудови робото-технологічного комплексу.....	18
1.5. Вибір за технічними характеристиками марки промислового робота для робото-технологічного комплексу.....	22
1.6. Основні пропозиції щодо побудови нового технологічного процесу виготовлення виробу.....	23
1.7. Аналіз об'єкта виробництва.....	25
1.8. Аналіз технологічної конструкції деталі з точки зору автоматизації завантаження та її призначення.....	26
1.9. Визначення типу та організаційної форми виробництва.	30
1.10. Висновки до розділу 1 та завдання досліджень .....	32
<b>РОЗДІЛ 2.ТЕХНОЛОГІЧНИЙ</b> .....	
2.1. Аналіз існуючого технологічного процесу.....	33
2.2. Вибір заготовки та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання.....	35
2.3. Вибір технологічних баз.....	36
2.4. Вибір технологічного маршруту механічної обробки деталі	38

2.5. Розробка технологічних операцій обробки .....	41
2.6. Розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом	42
2.7. Розрахунок та вибір режимів різання .....	46
2.8. Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій...	54
2.9. Визначення рівня механізації технологічного процесу.....	57
Висновки до розділу 2.....	58
<b>РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ.....</b>	<b>59</b>
3.1. Проектування верстатного пристрою для закріплення заготовки при свердлуванні 8-х отворів на верстаті з ЧПК .....	59
3.1.1. Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої.....	59
3.1.2. Розрахунок сили затиску деталі .....	61
3.1.3. Розрахунок приводу пристрою.....	62
3.1.4. Розрахунок елементів пристрою на міцність.....	64
3.1.5. Розрахунок пристрою на точність.....	65
3.1.6. Розробка технічних умов на пристрій, компонування та опис його роботи.....	66
3.2. Проектування контрольно - вимірювального пристрою для контролю торцевого биття .....	67
3.2.1. Розробка схеми вимірювання.....	68
3.2.2. Розрахунок точності пристрою для контролю .....	68
3.2.3. Опис роботи контрольного пристрою .....	70
3.3. Розрахунок та проектування різального інструменту різця контурного із механічним кріпленням пластини.....	70
3.4. Розрахунок зусилля затиску заготовки у захватному пристрої робота СМ8ОЦ.25.О1А.....	71
3.5. Опис роботи РТК для виготовлення деталі фланець.....	72
3.6. Висновки до розділу 3.....	75
<b>РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДИЦЬКИЙ .....</b>	<b>76</b>

4.1. Аналіз конструкції деталі фланець у середовищі SolidWorks в модулі Simulation .....	76
4.1.1. Розбиття моделі фланця на скінчені елементи.....	78
4.1.2. Визначення переміщень окремих поверхонь фланця.....	79
4.1.3. Методика розрахунків на міцність елементів фланця...	80
4.2. Висновки до розділу 4.....	82
<b>РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....</b>	<b>83</b>
5.1. Загальні вимоги безпеки до експлуатації роботизованих технологічних комплексів (РТК).....	83
5.2. Техніка безпеки при налагоджуванні, експлуатації верстатів з ЧПК .....	89
5.3. Розрахунок природного освітлення виробничого приміщення верстатів з ЧПК.....	92
Загальні висновки по роботі.....	95
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>96</b>
<b>Додатки</b>	

## ВСТУП

У відповідності з основними законами розвитку промислового виробництва необхідне постійне підвищення продуктивності та ефективності суспільної праці з метою безперервного випуску у всезростаючій кількості та асортименті продукції з покращеною якістю. Це вимагає послідовного впровадження прогресивної техніки та технології, вдосконалення організаційно-економічних форм виробництва, підвищення загального освітнього та кваліфікаційного рівня працюючих, вирішення соціальних та інших проблем.

Вирішення проблем сучасного промислового виробництва все більше пов'язують із застосуванням устаткування з програмним керуванням, обчислювальної техніки та промислових роботів, які являються основними елементами гнучкого автоматизованого виробництва. Комплексне їх використання створює сприятливі умови для підвищення продуктивності та ефективності праці, покращення якості випускаючої продукції, вирішення інших техніко-економічних та соціальних задач. В цьому переліку нової техніки промислові роботи виступають в якості головних засобів автоматизації виробничих процесів. Основним призначенням промислових роботів є автоматизація ручних та допоміжних робіт, які стають все більш вузьким місцем у виробництві. В цілому, по країні, на виконанні таких робіт зайнято близько 40% працюючих, що складає великий резерв робочої сили та джерело підвищення продуктивності праці. Тому задача автоматизації цих робіт вказує на народногосподарську її важливість. Ситуація, що склалася, пояснюється з одного боку тим, що в першу чергу більш важливою була задача автоматизації основних технологічних операцій, а з другого боку - автоматизація ручної праці є більш складною науково-технічною проблемою.

Основною відмінною ознакою промислових роботів від традиційних засобів механізації та автоматизації є висока кінематична рухомість виконуючих пристроїв (маніпуляторів), що дозволяє їм відтворювати рухові функції рук

людини по здійсненню переміщень та переорієнтації різних об'єктів. Такі рухи необхідні для забезпечення завантаження та розвантаження металообробних верстатів, ковальсько-пресового та іншого устаткування або виконання різних технологічних операцій, таких, як складання, фарбування, зварювання та інше. Другою відмінною особливістю роботів є оснащення їх системами програмного керування, що підвищує їх універсальність та сприяє здійсненню швидкого їх переналагодження на виконання іншої роботи.

З використанням промислових роботів пов'язують вирішення багатьох соціально-економічних проблем:

1. Вивільнення людини від виконання шкідливої для здоров'я праці – фарбування, зварювання, термообробки та ін.;

2. Вивільнення людини від виконання фізично важкої та монотонної праці (завантаження і розвантаження устаткування, транспортні, складальні та ін. роботи), травмонебезпечних операцій (обслуговування ковальсько-пресового та ін. устаткування);

3. Ліквідація некваліфікованих та не престижних робіт з наданням людині більш творчої роботи;

4. Підвищення продуктивності праці, яка, в основному, має місце при використанні швидкодіючих, багаторуких та багатозахватних роботів, їх «не втомлюваності» в роботі і ін.;

5. Підвищення змінності та ступеня завантаження устаткування, яке стає все більш складним та дорого вартісним;

6. Підвищення мобільності та гнучкості виробництва з метою швидкого його переналагодження на випуск нової продукції;

7. Підвищення якості випускної продукції, так як добре налагоджена технічна система, включаючи і промислові роботи, забезпечує стабільне виконання операцій;

8. Вирішення проблеми дефіциту робочої сили, де впровадження кожного робота необхідно також розглядати як появу додаткового «механічного робітника», який є однією з головних ланок безлюдного виробництва з усіма факторами :

зменшення витрат на житло, транспорт, виплат по лікарняних листках та ін. При цьому необхідно враховувати, що вже сьогодні є цілий ряд машин та устаткування, кількість яких більша, ніж працівників відповідної кваліфікації для їх обслуговування.

Використання прогресивних методів обробки, забезпечує високу точність і якість поверхонь деталей машин, підвищує ресурс роботи деталей і машин в цілому, ефективне використання сучасних автоматичних і потокових ліній, верстатів з програмним управлінням (в тому числі і багатоопераційних) – все це направлено на рішення головних задач: підвищення ефективності виробництва і якості продукції.

### **Актуальність теми дослідження**

Технічна задача створення робото-технологічного комплексу та вдосконалення технологічного процесу виготовлення фланця ДА 382.22.01 полягає у використанні багатоцільових верстатів з ЧПК та нових інструментальних матеріалів, що дозволяє значно скоротити час обробки деталі, що в свою чергу призводить до зменшення собівартості, підвищує точність оброблення та його конкурентоспроможність на ринку даної продукції.

Тому створення робото-технологічного комплексу вдосконалення технологічного процесу та розроблення конструкцій верстатних пристроїв є актуальною технологічно-конструкторською задачею.

**Мета роботи.** Метою магістерської дипломної роботи є створення робото-технологічного комплексу та удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки із застосуванням сучасних технологій і нових моделей верстатів з ЧПК фірми HAAS.

**Предмет дослідження** – технологічний процес виготовлення деталі фланець ДА 382.22.01 при застосуванні робото-технологічного комплексу.

**Об'єкт дослідження** – параметри робото-технологічного комплексу та обґрунтування технологічних параметрів процесу механічної обробки деталі фланець ДА 382.22.01 і конструктивні параметри верстатного та контрольного пристроїв.

**Практичне значення** одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі фланець ДА 382.22.01 при цьому запропоновані такі нові рішення:

- конструктивну схему робото-технологічного комплексу;
- розроблено удосконалений технологічний процес механічної обробки фланця із застосуванням верстатів з ЧПК фірми HAAS;
- розроблено конструкцію пристрою для виконання операції механічної обробки на верстаті з ЧПК та для свердлувальної операції, контрольний пристрій.

#### **Задачі досліджень**

Базуючись на типовому технологічному процесі виготовлення фланця ДА 382.22.01 необхідно:

- для створення робото-технологічного комплексу обґрунтувати за технічними характеристиками марку промислового робота;
- вдосконалити технологічний процес виготовлення фланця, застосувавши верстат з ЧПК моделі VF-1 фірми HAAS;
- провести конструктивну розробку верстатних пристроїв;
- провести аналіз конструктивних параметрів деталі фланець ДА 382.22.01 та їх міцності при робочому навантаженні у програмному продукті SolidWorks.

## **РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ**

### **ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ФЛАНЕЦЬ ДА 3020-322.01 ТА АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ВИРОБНИЦТВА**

#### **1.1. Значення та місце промислових робіт у машинобудівному виробництві**

Головним критерієм, що визначає доцільність впровадження робіт у виробництво, є забезпечення економічної ефективності. Впровадженню робіт повинно передувати комплексне обстеження виробництва на предмет оцінки доцільності та виробу оптимальних форм проведення цієї роботи [1-5].

Основні області застосування промислових робіт у машинобудуванні:

- механообробне виробництво: здійснення завантаження і розвантаження різних металообробних верстатів та іншого устаткування;
- складальне виробництво: виконання операцій складання деталей, включаючи запресування, загвинчування, розвальцювання та ін.;
- зварювальне виробництво; обслуговування зварювальних машин та пристроїв для точкового та шовного зварювання деталей, а також при зварюванні тертям та тиском;
- ливарне виробництво: обслуговування різних ливарних машин по розливці металу, нанесення на моделі керамічного покриття, вилучення модельної маси та стержнів з відливок, операції зрубання ливників;
- термічне виробництво: обслуговування гартувальних машин та різних печей для нагрівання деталей;
- ковальсько-пресове та штампувальне виробництво: обслуговування ковальського та пресового устаткування, в особливості листового штампування;
- гальванохімічне виробництво: обслуговування гальванічних ванн,

виготовлення друкарських плат та фотошаблонів;

– виробництво виробів із пластмаси та порошоків: обслуговування термопластавтоматів, печей та ін.;

– фарбувальне виробництво: нанесення лакофарбувальних, теплозахисних, зносостійких покриттів методом напилення, а також фарбування деталей методом розпилення та занурення;

– транспортні операції: здійснення різних переміщень та орієнтації виробів по технологічному процесу; касетування, штабелювання та інше упорядковане їх розташування на складах та ділянках виробництва, консервація, пакування та ін.

З цього, далеко неповного переліку, виходить, що область практичного застосування промислових роботів дуже різноманітна. Все це свідчить про велику та всезростаючу роль промислових роботів в машинобудівному виробництві.

## **1.2. Основні вимоги до пристроїв автоматичного захоплення штучних об'єктів**

Автоматизоване завантаження і розвантаження технологічного обладнання займає особливе місце в загальному комплексі завдань із автоматизації виробничих процесів та є одним із найскладніших. Важливими в цій галузі є розроблення і дослідження завантажувально-розвантажувальних пристроїв для штучних заготовок виконаних у вигляді самостійних механізмів (магазинних, бункерних та ін.).

Важливий вклад у формування наукових основ автоматизації технологічних процесів завантаження і розвантаження обладнання штучними заготовками з допомогою промислових роботів внесли дослідження відомих учених Волчковича Я.І., Камишного Н.І., Малова А.Н., Рабіновича А.Н., Шаумяна Г.А. та ін. Дослідження з кінематики і динаміки промислових роботів, з розроблення алгоритмів керування та інших питань проводили

Белянін П.Н., Попов Є.П., Макаров І.М., Юрєвич Є.І., Козирєв Ю.Г., Спиноу Г.А., Костюк В.І., Гавриш А.П. Питанням автоматизації складальних процесів із застосуванням роботів присвячені роботи Ямпольського Л.С., Пашкова Є.В., Коппа В.Я., Карлова А.Г. та ін.

Інтенсивне впровадженням промислових роботів у різних галузях народного господарства в даний час стимулює розроблення нових, досконаліших конструкцій.

Захватні пристрої промислових роботів і маніпуляторів призначені для захоплення й утримання в певному положенні об'єктів маніпулювання. Основними класифікаційними ознаками об'єктів маніпулювання є: фізичний стан, форма, ознаки симетрії, рухомість і орієнтація в момент захоплення. За фізичним станом об'єкти можуть бути твердими, крихкими, жорсткими, нежорсткими, нагрітими, забрудненими твердою або рідкою фазою, феромагнітні й т.д. Об'єкти можуть являти собою тіла найрізноманітнішої форми (циліндричні, прямокутні, сферичні й т. д.).

Твердими вважають такі об'єкти, котрі в певному діапазоні не вимагають накладання будь-яких обмежень зверху на контактні зусилля; жорсткими – об'єкти, деформаціями яких у процесі захоплення і перенесення свідомо можна знехтувати. Такий поділ у ряді випадків умовний і може бути поширений у детальніших класифікаціях. Стосовно завдань захоплення та утримання об'єкта захоплювачем важливе значення мають особливості форми поверхонь, стосовно яких проводять захоплення, наявність точок, осей і площин симетрії, розподіл інерційних характеристик за осями об'єкта (він різний для плоских, видовжених і об'ємних об'єктів). Для об'єктів складної форми може бути вагомим наявність отвору, виступаючих штирів та ін. При описуванні об'єкта важливо знати, рухомий об'єкт під час захоплення чи він знаходиться на безупинно рухомому транспортері [2].

Набір кількісних показників для об'єктів різноманітних класифікаційних груп формують з числа наступних параметрів:

- габаритних розмірів;

- положення й орієнтації характерних осей, ліній і поверхонь;
- діапазонів зміни похибок форми і положення поверхонь;
- діапазонів зміни похибок встановлення;
- маси та інших інерційних характеристик;
- допустимих значень контактних зусиль.

Захоплювальні пристрої повинні забезпечувати надійне захоплювання і утримання об'єктів, стабільність базування, недопустимість пошкодження або руйнування об'єктів. Міцність захоплювальних пристроїв повинна бути високою при малих габаритних розмірах і маси. Захоплювальні пристрої промислових роботів, які працюють в умовах серійного виробництва, повинні забезпечувати можливість захоплювання й базування об'єктів у широкому діапазоні маси, розмірів і форми; легкість і швидку їх заміну (ручну і автоматичну); можливість автоматичного регулювання зусилля утримання об'єктів залежно від їх маси.

У кожному конкретному випадку можливе розширення цього переліку. При формулюванні вимог до способу й особливостей захоплювання потрібно визначити напрямки підходу захоплювача до об'єкта, зазначити поверхні, за якими доцільно виконувати захоплювання і встановити його спосіб.

Перелічені вище фактори визначають різноманітність конструктивних виконань захоплювальних пристроїв, які залежать також від способу утримання ними об'єктів маніпулювання (затиск деталі жорсткими пальцями, використання електромагнітних сил або сил атмосферного тиску при створенні вакууму в чашці захоплювального пристрою) і привідних пристроїв, в якості яких можуть виступати електромагнітний, пневмо- або гідропривід.

Умови роботи захоплювача можуть бути кваліфіковані як нормальні або аномальні. Аномальні відзначаються підвищеним або зниженим рівнем інтенсивності факторів впливу, зокрема температури, тиску, вологості, вібрацій, концентрації в середовищі активних хімічних речовин, радіоактивності та ін.

Вид об'єкта маніпулювання в більшості випадків визначає тип і конструктивні особливості захоплювача, насамперед поверхонь його робочих елементів, що вступають у безпосередній контакт із об'єктом. Основними класифікаційними ознаками є геометричні особливості, властивості поверхні, конструктивні особливості та кінематика руху робочих елементів.

Залежно від призначення захоплювальні пристрої можна обладнувати додатковим пристосуваннями для виконання орієнтуючих переміщень, а також пристосуваннями для виконання деяких технологічних операцій (складальних, контрольних та ін.).

Найбільш широко в конструкціях сучасних промислових роботів використовують активні затискні механічні захоплювальні пристрої які складаються з наступних складових: вузол кріплення до руки маніпулятора, двигун, механізм передавання руху і зусиль, робочі елементи (затискні губки).

Геометричні особливості робочих елементів захоплювача містять загальні особливості форми та ступінь погодженості форми робочих елементів із формою об'єкта. За властивостями поверхні робочі елементи поділяють на гладкі, з насічкою, накладками та роликками. При класифікації за конструктивними особливостями у якості основних ознак виділяють спосіб кріплення, можливість зміни форми, реалізацію спеціальних вирішень.

Процедури аналізу сукупностей вихідних даних про об'єкт маніпулювання й умови експлуатації захоплювача мають важливе значення при проектуванні захоплювачів на етапі вибору схемних рішень та характерних параметрів.

### **1.3. Принципи побудови робото-технологічних комплексів**

При порівнянні різних типів РТК, що реалізують один і той же вид технологічного або виробничого процесу, і оцінкою їх технічного рівня керуються п'ятьма основними принципами побудови створюваних комплексів [5].

Перший і головний принцип - принцип поєднання високої продуктивності і універсальності. Він заснований на, виборі оптимального, на даному рівні розвитку техніки з'єднання універсальності і автоматизації в програмно керованому і програмно перенастроювати обладнанні.

Знаходження оптимуму - завдання техніко-економічного аналізу для конкретно створюваного РТК.

Другий принцип - принцип переважного програмного переналагоджування. Згідно з цим принципом обладнання РТК (як основне, так і допоміжне) при зміні виробів повинно переналагоджуватися шляхом введення нових керуючих програм модулів. Переналагоджування модулів вручну допустима в мінімальних обсягах і тільки у випадках очевидної економічної неефективності реалізації програмного переналагоджування.

Третій принцип полягає в забезпеченні максимально предметно замкнутості виробництва. Створення замкнутих виробничих процесів сприяє скороченню витрат

на транспорт і маніпулювання. У теж час досягається зниження деталей операцій при загальному підвищенні гнучкості РТК. У відповідності з цим принципом найкращі результати досягаються в разі забезпечення предметної замкнутості на рівні модуля, наприклад при використанні багатоопераційних верстатів. Максимальна предметна замкнутість - одна з умов скорочення тривалості виробничого циклу за рахунок зменшення часу на міжопераційного проживання, додатковий контроль, передачу і транспортування деталей і складальних одиниць з ділянки на ділянку, з цеху в цех і т. д. Однак з точки зору використання обладнання це не завжди досягне та економічно доцільно навіть на рівні ділянки, цеху і підприємства, наприклад з позиції завантаження унікального дорогого устаткування. Занижений (менше 0,85) коефіцієнт завантаження збільшує вартість верстатів, а значить, і вартість обробки, так як пропорційно зростають відрахування з капітальних вкладень і амортизаційні відрахування. До позитивних аспектам цього принципу слід віднести те, що виконання його вимог обумовлює найбільш ефективно впровадження бригадних

форм організації праці. Крім того, підвищується відповідальність персоналу за кінцеві результати праці - виготовлені в підрозділі вузли і вироби.

Четвертий принцип - принцип ієрархічності полягає у створенні багаторівневої системи: від складається з найпростіших елементів на нижньому рівні до цехів, заводів на верхньому. Кожен більш високий рівень має у своєму складі два і більше елемента нижніх рівнів, не рахуючи модулів складування, транспортування та управління. Модульність і ієрархічність дозволяють створювати проекти РТК і ГПС будь-якого необхідного рівня (Аж до автоматизованого підприємства в цілому) і реалізовувати їх, керуючись специфікою конкретного виробництва. Принцип побудови РТК на основі базових модулів як функціонально закінчених елементів полягає в тому, що шляхом комбінування і перекомпонування окремих змінних модулів при використанні певного числа базових створюється комплекс, якісно не відрізняється від раніше існуючої конструкції, але забезпечує новий технологічний процес.

П'ятий принцип-принцип модульності. Всі складові РТК за функціональними ознаками можна представити як систему типових модулів. Причому кожен модуль, будучи компонентом РТК, може бути самостійно розроблений, виготовлений і впроваджений, проте властиві йому функції управління або технологічні функції він може виконувати тільки в складі РТК.

#### **1.4. Типові схеми побудови робото-технологічного комплексу**

В якості базових представляють інтерес наступні чотири типових побудови РТК [3].

РТК першого типу можна реалізувати в двох варіантах. У першому варіанті (рис. 1.1) один робот 4 обслуговує одну одиницю технологічного обладнання 3 або одне робоче місце. Для подачі заготівки в зону захватного пристрою ПР пропонується завантажувальний пристрій 5, а для розвантаження готових деталей може бути використана конструкція, що складається зі

спеціального сковзала 2 і розвантажувального пристрою 1.

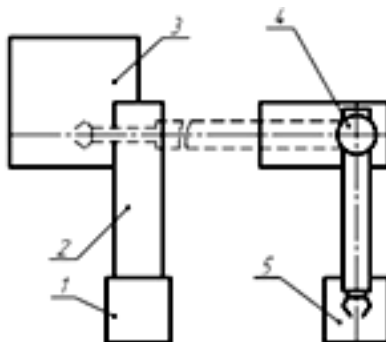


Рисунок 1.1. Схема РТК першого типу

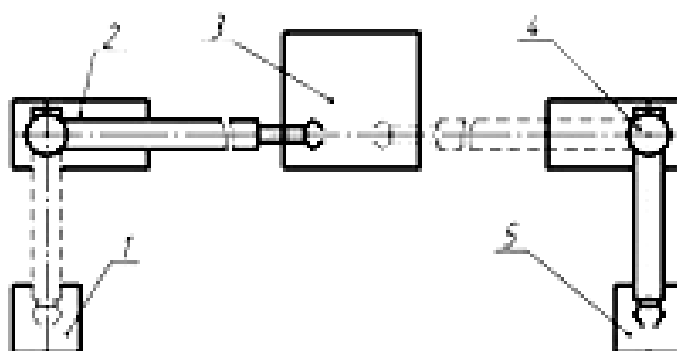


Рисунок 1.2. Схема модифікація РТК першого типу

У другому варіанті (рис. 1.2) РТК складається з двох роботів 2 і 4 для обслуговування однієї одиниці технологічного обладнання 3. Як і в першому випадку, для подачі заготовок в зону захватного пристрою застосовують завантажувальний пристрій 5, а для розвантаження готових деталей - розвантажувальний пристрій 1.

Ця компоновка дає змогу підвищити продуктивність праці на допоміжних операціях.

РТК другого типу можна представити також у двох варіантах, перший з яких (рис. 1.3) полягає в тому, що один робот 4 обслуговує кілька одиниць технологічного обладнання або робочих місць (наприклад, 1 і 7).

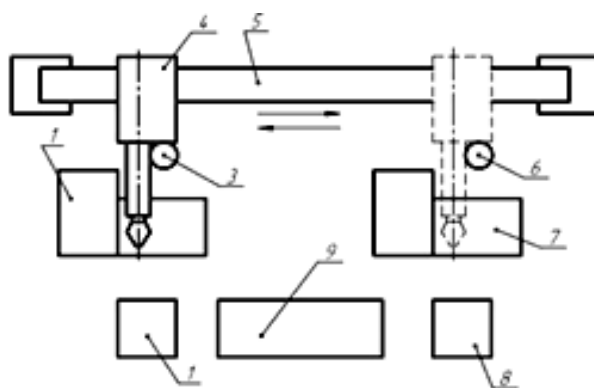


Рисунок 1.3. Схема РТК другого типу

Модифікація РТК другого типу Найчастіше це ПР підвісного типу з переміщенням по монорельсу 5. В якості завантажувальних пристроїв можуть бути використані вібробункери 3 і 6 або інші види. Для розвантаження готових деталей використовують розвантажувальні пристрої 1 і 8 з лотками. У другому варіанті (рис. 1.4) використовується стаціонарний робот 5, який встановлюється в центрі обслуговується технологічного обладнання 2, 3 і 4 або в центрі обслуговуваних робочих місць. Завантаження та розвантаження виконуються в одній позиції за допомогою пристрою 1. РТК цього типу як в першому, так і в другому варіантах допускають групове управління відповідно від систем 9 (рис. 1.3) і 6 (рис. 1.4).

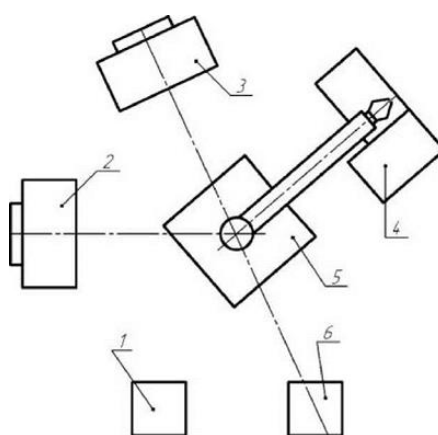


Рисунок 1.4. Схема модифікація РТК другого типу

РТК третього типу (рис.1.5) найчастіше застосовують на складальних



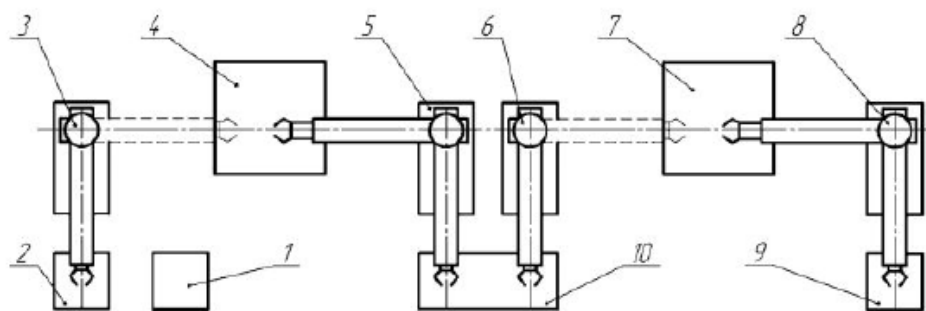


Рисунок 1.6. Схема РТК четвертого типу

### 1.5. Вибір за технічними характеристиками марки промислового робота для робото-технологічного комплексу

Для проектуваного РТК було прийнято схему РТК другого типу. Розглянувши каталоги промислових роботів за конструкцією та вантажопідемністю [12] (табл.1.1) було встановлено, що роботи СМ80Ц.48.11 і СМ80Ц.25.01А мають циклову та навчальну системи управління і застосовуються в основному для роботи с одним верстатом.

Таблиця 1.1

#### Технічні характеристики промислових роботів

Технічна характеристика	Модель промислового робота	
	СМ80Ц.48.11	СМ80Ц.25.01А
Вантажопідемність на одну руку, Н	800/400	800/400
Число рук/захватів на руку	2/1	1/2
Тип приводу	Електрогідравлічний	Гідравлічний
Система управління	Циклова	Позиційна
Спосіб програмування переміщень	По упорам	Навчання
Похибка позиціонування,мм	±1,5	±0,3
Лінійне переміщення, мм	горизонтальне	2070
	вертикальне	320
		3600
		1000

Робот СМ80Ц.48.11 монтують безпосередньо на передній бабці токарного верстата. Робот СМ80Ц.25.01А порталного типу має самостійну несущу конструкцію.

Виходячи з вантажепідємності та лінійних переміщень руки робота було прийнято для створення конструкції РТК робот моделі СМ80Ц.25.01А, який працює із тактовим столом СТ 220.

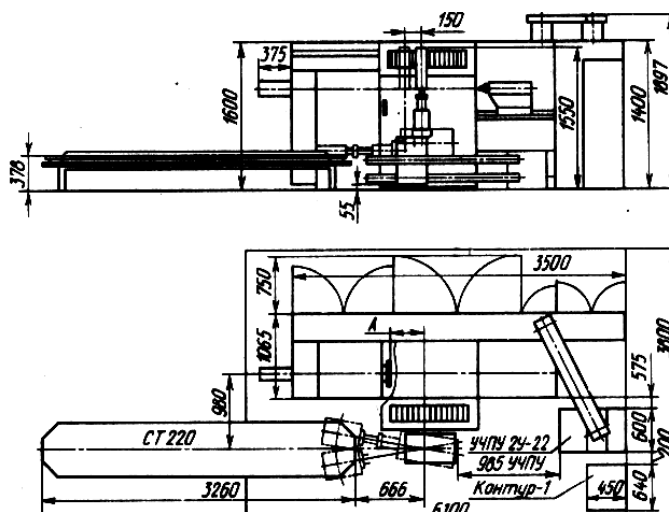


Рисунок 1.7. Компонівка РТК з тактовим столом

## 1.6. Основні пропозиції щодо побудови нового технологічного процесу виготовлення виробу

Верстати з ЧПУ оснащені сервомоторами, які приводяться в дію системою ЧПУ, а та, в свою чергу, в точності виконує команди керуючої програми. Узагальнюючи, можна сказати, що тип руху, величина і швидкість переміщення програмується у всіх типах систем з ЧПУ.

В умовах нормальної експлуатації один верстат з ЧПУ дозволяє замінити від 2 до 6 одиниць універсального обладнання, крім того, значно скорочується термін підготовки виробництва і тривалість циклу виготовлення продукції, зростає гнучкість.

Перша перевага використання верстатів з ЧПУ полягає у більш високому рівні автоматизації. Більшість верстатів з ЧПУ можуть працювати автономно

впродовж усього процесу обробки заготовлі деталі, тому оператор-верстатник може виконувати інші завдання.

Друга перевага використання технології ЧПУ полягає в точнішому виготовленні деталі. Сьогодні виробники верстатів з ЧПУ говорять про найвищу точність і надійність устаткування. Це означає, що програма, яка управляє, може бути використана на верстаті з ЧПУ для виробництва десяти або тисячі абсолютно ідентичних деталей, причому при повному дотриманні вимог до точності.

Третьою перевагою застосування будь-якого устаткування з ЧПУ являється гнучкість і можливість швидкого переналагоджування верстата. На устаткуванні з програмним керуванням виготовлення різних деталей зводиться до простої заміни програми, що керує.

Для виконання операції токорної обробки фланця ДА3020-322.01 запропоновано використовувати токарний центр з ЧПК ST30 нового покоління фірми HAAS (США), його вигляд представлений на рис.1.7.



Рисунок 1.8. Загальний вигляд верстата з ЧПК ST30 фірми HAAS

Основні характеристики роботи токарного центру: 12 позиційна револьверна головка; шпиндель з високим крутним моментом 3400 об/хв.; векторний привод 22,4 кВт; швидкість переміщення 240 м/хв.



сторони закрита кришкою 1, а з іншої сторони фланцем 8. Фланець 8 кріпиться до малорухомої плити механізму запирання. У кришці 1 змонтовано гвинт 16, який рухає рухомий упор 15. В упорі 15 змонтовано зворотній клапан 14 з пружиною 5, призначеною для пропуску масла у порожнину штока 3.

### **1.8. Аналіз технологічної конструкції деталі з точки зору автоматизації завантаження та її призначення**

З точки зору придатності деталі фланець ДА3020-322.01 до автоматизації завантаження можна визначити наступні аспекти:

- деталь має багато різноманітних поверхонь, які розташовані у просторі та зв'язані з різними координатними осями, тому такі зв'язки утруднюють орієнтацію деталі у просторі при виконанні усіх операцій механічної обробки;

- але на початкових операціях, коли заготовка являє собою циліндричну продовгасту деталь з двома осями орієнтації, є можливість піддати її процесу автоматизації завантаження за допомогою промислового робота;

- таких операцій чотири: дві чорнові та дві чистові, які пропонується виконувати на токарному верстаті з ЧПК.

Деталь являє собою деталь обертання типа фланця з центральним отвором. Заготовка отримана з прокату методом відрізки з круга і досить проста по конфігурації.

Основною базовою поверхнею являє собою зовнішня поверхня. Поверхні з точки зору збереження точності і шорсткості не представляють технологічних труднощів, дозволяють вести обробку на прохід і дають можливість оброблювати деталь на верстатах з ЧПК, застосовувати високопродуктивні методи. Поверхні деталі не вимагають спеціального верстатного обладнання для виконання технічних вимог.

Це значить, що деталь по конструкції технологічна.

Таблиця 1.1-Хімічний склад сталі 45 ГОСТ1055-88 в %

C	Si	P	S	Gr	Ni	Cu
		Не більше		Не більше		
0.42	0.2	0,04	0,045	0,30	0,30	0,30
0.50	0.52					

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 45

Межа текучості: мПа	Тимчасовий опір розриву: мПа	Відносне подовження: %	Відносне звуження: %	НВ
Не менше				
360	610	16	20	241

З точки зору характеристик матеріалу (сталь 45), який оброблюється, деталь також технологічна.

### *Кількісна оцінка технологічності конструкції деталі*

Рівень технологічності конструкції по точності обробки характеризується коефіцієнтом точності, який визначається за формулою [8], с. 33:

$$K_{T.ч.} = 1 - \frac{1}{T_{сер}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum Tn_i}, \quad (1.1)$$

де:  $T_{сер} = \frac{\sum Tn_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 17n_{17}}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{17}}$  - середній клас точності обробки

виробу;

$n_i$  - число розмірів відповідного класу точності;

$T$  - клас точності обробки.

Класи точності поверхонь:

Поверхні  $\varnothing 100H8$  і  $\varnothing 85H8$  – 8 квалітет,  $n = 10$ ;  $T = 7$ ;

Поверхні 110 мм – 10 квалітет,  $n = 2$ ;  $T = 10$ ;

Поверхні М8, М6 – 7 квалітет,  $n = 33$ ;  $T = 7$ ;

Основні елементи фланця та їх характеристики занесені в таблицю 2.1

Таблиця 2.1

## Елементи фланця ДА3020-322.01

№ п/п	Назва елементу	Квалітет Точності.	Шорсткість Rz, мкм
1.	Отвори	H7,H8,H9	2.5, 3,2
2.	Циліндрична поверхня	H7, h8	2.5
3.	Виточка	H11	2.5
4.	Паз	H12	2.5
5.	Паз	H12	2.5
6.	Гладка поверхня	h9	1.25
7.	Торець	H14	2.5
8,	Різьбові отвори	H14	3,2

Поверхня торця – 14 квалітет,  $l = 4$ ;  $T = 14$ .

$$T_{сер} = \frac{7 \cdot 40 + 10 \cdot 2 + 12 \cdot 6 + 14 \cdot 4}{40 + 2 + 6 + 4} = 3,84,8$$

$$K_{Т.ч.} = 1 - \frac{1}{3,84} = 0,84$$

Згідно ГОСТ14.205-83 при  $K_{Т.ч.} > 0,8$  - деталь середньої точності, і відповідно є технологічною.

Рівень технологічності конструкції по шорсткості оцінюється по коефіцієнту шорсткості, який визначається за формулою [8], с. 33:

$$K_u = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{\sum ni_u}{\sum Ш_i}, \quad (1.2)$$

де:  $Ш_{cp}$  - середній клас шорсткості деталі;

$n$  і- кількість розмірів з шорсткістю даного класу.

Поверхні циліндричні та виточки –  $Ra2,5$   $n = 4$  – 6 клас шорсткості;

Поверхні пазів  $Ra2,5$   $n=5$  – 5 клас шорсткості;

Поверхні різбових отворів –  $Ra6,3$   $n = 16$  – 4 клас шорсткості;

$$Ш_{cp} = \frac{1 \cdot 2 + 2 \cdot 3 + 16 \cdot 4 + 5 \cdot 5 + 1 \cdot 6}{1 + 2 + 16 + 5 + 1} = \frac{103}{25} = 4,1;$$

$$K_u = \frac{1}{4,1} = 0,24;$$

За ГОСТ 14.205-83 при  $K_u > 0,16$  - деталь не важко оброблювана.

Середній клас шорсткості  $Ra6,3$ .

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{yc} = \frac{N_{ye}}{N_e} = \frac{17}{18} = 0,9,$$

де:  $N_{ye}$  - число уніфікованих типорозмірів;

$N_e$  загальне число конструктивних елементів в деталі.

Уніфіковані елемент – такі, що обробляються стандартним різальним інструментом і не потребують спеціального.

По ГОСТ14.205-83 при  $K_y > 0,6$  деталь відноситься до технологічних.

Рівень технологічності конструкції по трудомісткості виготовлення (орієнтовний) характеризується коефіцієнтом трудомісткості:

$$K_{mp} = \frac{T_{np}}{T_{\sigma}} = \frac{25,05}{33,5} = 0,78;$$

де:  $T_{np}$  і  $T_{\sigma}$  - відповідно проектна та базова трудомісткості виготовлення деталі.

Коефіцієнт трудомісткості складання:

$$K_{скл} = \frac{T_{скл}}{T_{мех}} = \frac{10,05}{33,5} = 0,3;$$

де:  $T_{скл}$  - трудомісткість складання;

$T_{мех}$  - трудомісткість механічної обробки.

$K_{скл} = 0,3$  - що відповідає середньосерійному типу виробництва.

### 1.9. Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва, як найбільш загальна організаційно-технічна характеристика виробництва визначається ступеню спеціалізації робочих місць, номенклатурою об'єктів виробництва, формою руху виробів на робочих місцях.

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій згідно ГОСТ14.004-83 [6].

$$K_{zo} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (1.4)$$

де  $\sum O$  - сумарне число різноманітних операцій, що виконуються на дільниці за місяць;

$\sum P$  - сумарне число робочих місць на даній дільниці цеху.

Число операцій розраховуємо за формулою:

$$O = \frac{60 \cdot F_M \cdot K_B \cdot \eta_H}{T_{шт} \cdot N_M}, \quad (1.5)$$

де  $F_M = \frac{4015}{12} = 334,5$  год. – місячний фонд часу роботи обладнання

при двохзмінному режимі роботи;

$K_B = 1,3$  - середній коефіцієнт виконання норм;

$\eta_H = 0,8$  - нормативний коефіцієнт завантаження верстатів;

$T_{шт}$  - штучний час операції на даному верстаті;

$N_M = N / 12 = 600 / 12 = 50$  - місячна програма випуску деталей ( $N = 600$  шт. згідно завдання).

Визначаємо  $K_{30}$  за існуючим варіантом технологічного процесу.

Робоче місце  $O_2$ , верстат РТ705Ф3, токарна 035-050.

$$\sum T_{ум} = 25,3 \text{ хв.}$$

$$O_1 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{25,3 \cdot 50} = 16,4.$$

Робоче місце  $O_1$ , верстат 6Р13, фрезерний.050, 055 операція.

$$\sum T_{ум} = 3,31 \text{ хв.}$$

$$O_2 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{3,31 \cdot 50} = 126.$$

Робоче місце  $O_3$ , верстат 2С135П, свердлильна 070,075.

$$\sum T_{ум} = 4,09 \text{ хв.}$$

$$O_3 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{4,09 \cdot 50} = 102.$$

1. Робоче місце  $O_4$ , верстат 2М55, радіально-свердлильна 085,095,105.

$$\sum T_{um} = 18,4 \text{ хв.}$$

$$O_4 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{18,4 \cdot 50} = 23.$$

$$O_{заг} = \sum O_i = 16,4 + 126 + 102 + 23 = 267,4$$

Коефіцієнт завантаження :

$$K_{зо} = \frac{267,4}{12} = 22,2 ;$$

Оскільки  $K_{зо} \geq 20$ , то тип виробництва – дрібносерійний.

Форма організації виробничого процесу – предметно-потокова.

Розміщення обладнання – по ходу технологічного процесу.

Повторюваність партій – періодична.

### **1.10. Висновки до розділу 1 та завдання досліджень**

1. Для визначеного типу виробництва запропоновано вдосконалити технологічний процес виготовлення фланця, створивши РТК та застосувавши верстати з ЧПК, а саме токарний центр ST30 фірми HAAS (США).

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

1. Спроекувати новий технологічний процес оброблення «фланця» із застосуванням верстатів ЧПК фірми HAAS (США).

2. Провести проектування верстатного пристрою для свердлування. Спроекувати контрольний пристрій.

3. У дослідному розділі провести аналіз навантажень елементів конструкції деталі «фланець» під робочим навантаженням у програмному продукті SolidWorks.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1. Аналіз існуючого технологічного процесу

Таблиця 2.1

Існуючий технологічний процес

Операції	Найменування операцій	Обладнання	T <sub>шт</sub>
030	Токарна	1А64	5,7
035	Токарна	РТ705Ф3	9,83
040	Токарна	РТ705Ф3	12,9
045	Токарна	РТ705Ф3	6,0
050	Токарна	РТ705Ф3	6,0
055	Фрезерна	6Р13	2,8
060	Фрезерна	6Р13	2,8
065	Слюсарна	Верст.	0,54
070	Свердлувальна	2С135П	3,5
075	Свердлувальна	2С135П	2,6
080	Слюсарна	Верст.	1,0
085	Свердлувальна	2М55	11,57
090	Слесарна	Верст.	0,61
095	Свердлильна	2М55	4,33
100	Розточувальна	2А620Ф3	3,52
105	Свердлувальна	2М55	16,6
110	Контрольна	Стол ОТК	
115	Гальванічна	вани	3
120	Здача на склад	000	

Проаналізувавши існуючий технологічний процес обробки деталі фланець запропоновано провести часткову автоматизацію виготовлення деталі фланець, застосувавши робото-технологічний комплекс на базі токарного верстату ST30 фірми HAAS, тактового столу CT220 та промислового робота CM80Ц.25.01А. Крім цього запропоновано на операції 085 свердлувати 8 отворів на верстаті з ЧПК застосувавши спеціальний пристрій. Для ефективності контролю запропоновано спроектувати спеціальний контрольний пристрій.

## **2.2. Вибір заготовки та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання**

Проаналізувавши конструктивні властивості деталі можна зробити висновок, що для мінімізації ваги стружки, яка утворюється після обробки деталі, заготовку слід виготовляти як виливку. Вибираємо лиття землю. Цей спосіб отримання заготовок литтям є найбільш універсальним. Другий варіант отримання заготовки приймаємо з прокату виходячи з партії виготовлення 600 шт.

### **2.2.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготовки.**

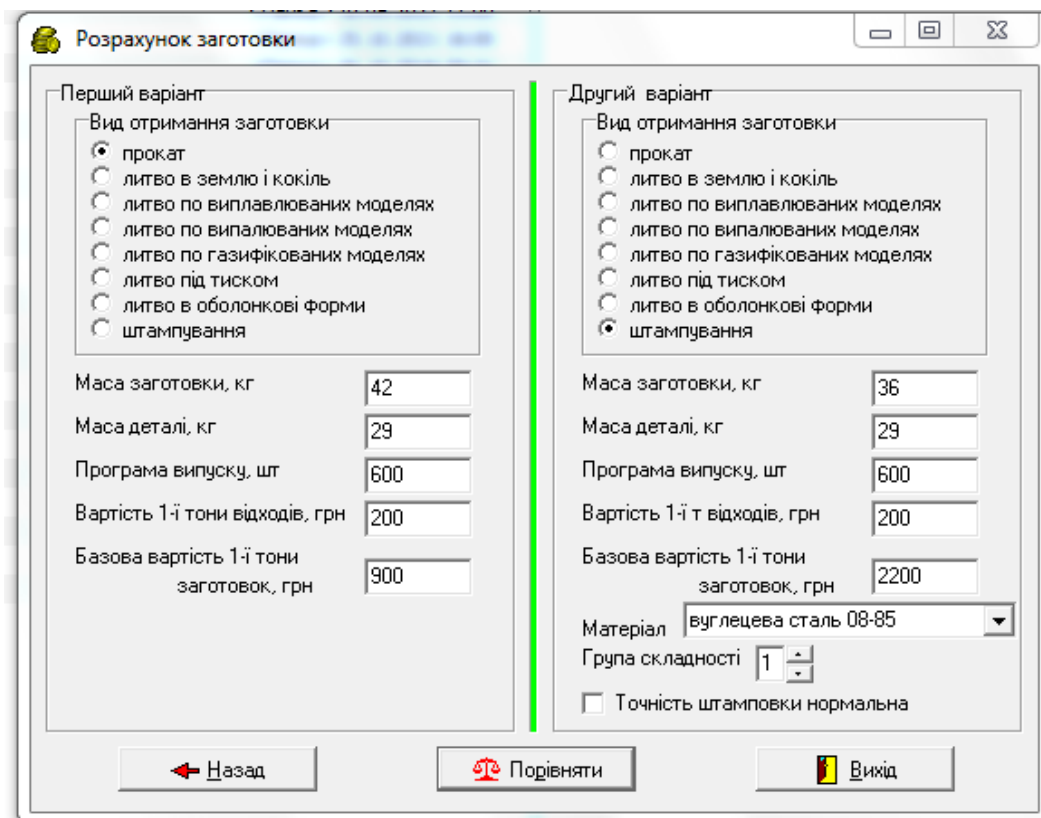
У даному випадку можливі два способи отримання заготовок:

- 1) Прокат.
- 2) Штампування

Якщо порівняти ці два методи отримання заготовок, то базова вартість однієї тони штамповок із сталі 45  $C = 2200$ (грн), а вартість прокату 900 грн.

Оптимальний метод отримання заготовки вибирається на основі техніко-економічного розрахунку технологічної собівартості заготовок з допомогою програми Vartist на ЕОМ.

Розрахунки показані на рис.2.1 та рис.2.2.



**Розрахунок заготовки**

**Перший варіант**

Вид отримання заготовки

- прокат
- литво в землю і кокіль
- литво по виплавлюваних моделях
- литво по випалюваних моделях
- литво по газифікованих моделях
- литво під тиском
- литво в оболонкові форми
- штампування

Маса заготовки, кг: 42

Маса деталі, кг: 29

Програма випуску, шт: 600

Вартість 1-ї тони відходів, грн: 200

Базова вартість 1-ї тони заготовок, грн: 900

**Другий варіант**

Вид отримання заготовки

- прокат
- литво в землю і кокіль
- литво по виплавлюваних моделях
- литво по випалюваних моделях
- литво по газифікованих моделях
- литво під тиском
- литво в оболонкові форми
- штампування

Маса заготовки, кг: 36

Маса деталі, кг: 29

Програма випуску, шт: 600

Вартість 1-ї т відходів, грн: 200

Базова вартість 1-ї тони заготовок, грн: 2200

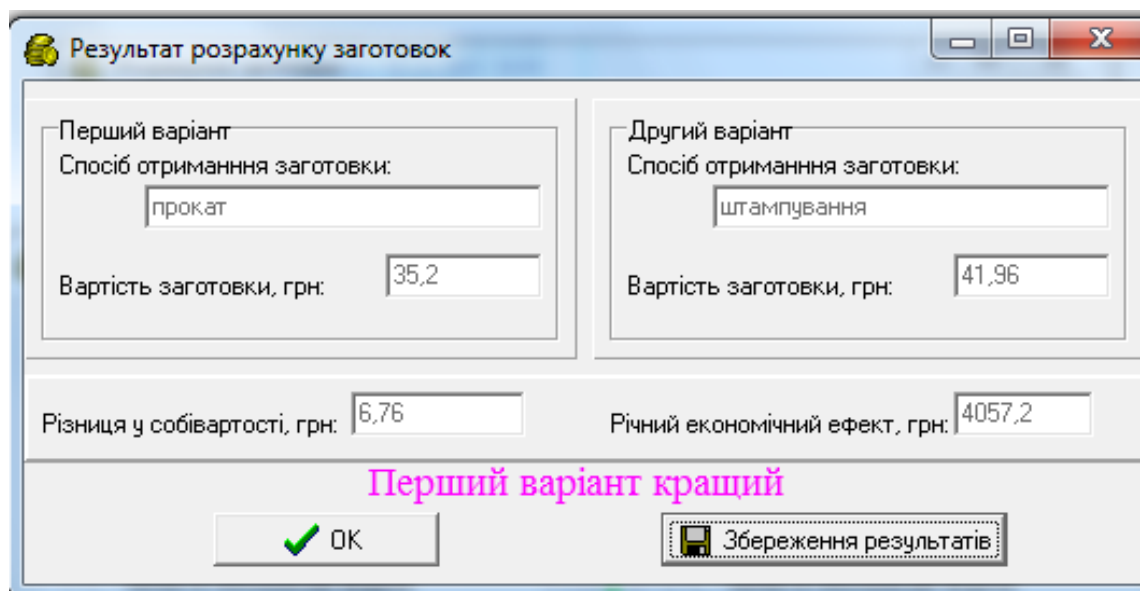
Матеріал: вуглецева сталь 08-85

Група складності: 1

Точність штамповки нормальна

Назад | Порівняти | Вихід

Рисунок 2.1. Порівняння двох варіантів вибору заготовки за прогр. “Vartist”



**Результат розрахунку заготовок**

**Перший варіант**

Спосіб отримання заготовки: прокат

Вартість заготовки, грн: 35,2

**Другий варіант**

Спосіб отримання заготовки: штампування

Вартість заготовки, грн: 41,96

Різниця у собівартості, грн: 6,76

Річний економічний ефект, грн: 4057,2

**Перший варіант кращий**

OK | Збереження результатів

Рисунок 2.2. Результати розрахунків програми EOM “Vartist”

За результатами техніко-економічного розрахунку технологічної собівартості, ми отримали оптимальний метод отримання заготовки з круглого прокату.

### 2.2.2 Визначення припусків та допусків на розміри заготовки.

Заготовка з круглого прокату має розміри  $\varnothing 250 \times 230$ .

Відхилення зовнішнього діаметру  $\pm 0,5$  мм, торця після відрізки  $\pm 1,2$

Згідно з розрахованими розмірами виконуємо креслення заготовки.

## 2.3. Вибір технологічних баз

Визначення технологічних баз – відповідальний етап проектування технологічного процесу механічної обробки, тісно пов'язаний з побудовою самого процесу обробки заготовки.

Основні принципи, яких необхідно дотримуватись при визначенні баз;

- 1.) принцип суміщення баз;
- 2.) принцип постійності баз;
- 3.) принцип єдності баз;

При визначенні базових поверхонь необхідно, щоб останні забезпечували добру стійкість і надійність встановлення заготовок, тобто були достатньо розвинуті.

Проаналізувавши конструктивні властивості заготовки можна назначити такі бази:

- за чорнову базу приймаємо циліндричну поверхню  $\varnothing 245$  і торець.
- за основну чистову базу слід прийняти поверхню 155 Н7. При цьому заготовку слід встановлювати у самоцентруючийся патрон.
- за допоміжну базу приймемо підготовлений торець фланця.
- 

На рисунках 2.3-2.5 показано схеми базування на різних видах операцій.

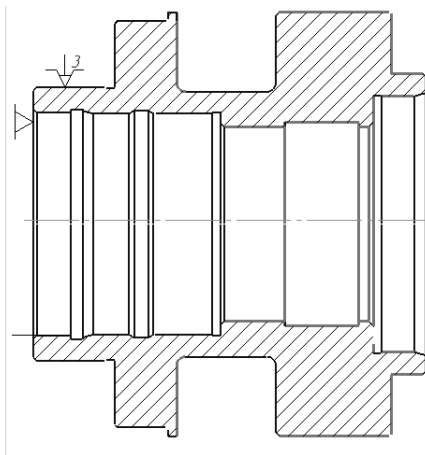


Рисунок 2.3. Схема базування на токарній операції

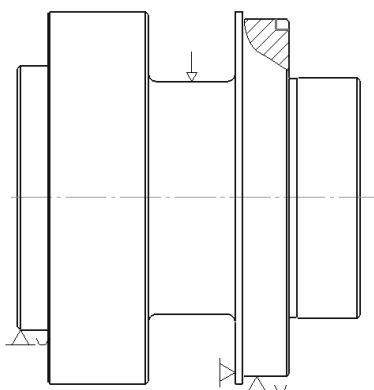


Рисунок 2.4. Схема базування на операції фрезерування

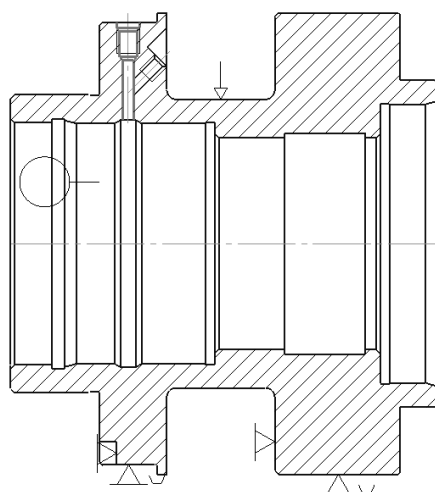


Рисунок 2.5. Схема базування на операції свердлування отвору

## 2.4. Вибір технологічного маршруту механічної обробки деталі

Складаємо маршрут обробки фланця з умовою часткової автоматизації окремих операцій у вигляді табл.2.2.

Таблиця 2.2

## Маршрут обробки фланця ДА3020-322.01

Найменування і короткий зміст операції	Різальний інструмент	Обладнання
1	2	3
005 Відрізна	Фреза дискова $\varnothing$ 800 Матеріал ВК8 ГОСТ 1092-80	81356
010 Токарна 1. Підрізати торець 2.Точити $\varnothing$ 245 до кулачків 3. Підрізати в р-р 230 4. Точити залишок до $\varnothing$ 245. 5.Центрувати,свердлувати $\varnothing$ 25 6.Розсвердлити до $\varnothing$ 70	Різець прохідний упорний відігнутий ГОСТ 18870-73 Різець токарно-прохідний з механічним кріпленням трьохграної пластини Т15К6 ГОСТ 21151-75. Свердла $\varnothing$ 25, $\varnothing$ 70, Р6М5 ГОСТ 2092-77	1А64
015Токарна з ЧПК Точити по контору витримавши р-ри $\varnothing$ 170, $\varnothing$ 150, 161, 85. начорно. Розточити р-ри $\varnothing$ 110, $\varnothing$ 115, $\varnothing$ 145, $\varnothing$ 170, 116,42,80. начорно	Різець контурний Т15К6 ГОСТ22085-76 Різець токарний канавочний Т15К6 ГОСТ 18881-73	ST30. Тактовий стіл СТ 220, промисловий робот СМ80Ц.25.

Продовження табл.2.2

1	2	3
<p>020 Токарна з ЧПК</p> <p>1.Підрізати торець в розмір 223 -0,1. 2.Розточити розміри по контуру начорно. 3. Точити розміри по контуру начорно</p>	<p>Різець контурний ГОСТ 22085-76.Різець токарно-розточувальний Т15К6 ГОСТ 10044-75.Різець токарний, фасочний Т15К6 ГОСТ 10044-75</p>	<p>ST30.</p> <p>Тактовий стіл СТ 220, промисловий робот СМ80Ц.25.</p>
<p>025 Токарна</p> <p>Точити по контору витримавши р-ри Ø170, Ø150, 161, 85. начисто</p> <p>Розточити ро-ри Ø 110, Ø115, Ø145, Ø170, 116,42,80. начисто</p>	<p>Різець контурний Т15К6 ГОСТ22085-76</p> <p>Різець токарний канавочний Т15К6 ГОСТ 18881-73</p>	<p>ST30.</p> <p>Тактовий стіл СТ 220, промисловий робот СМ80Ц.25.</p>
<p>030 Токарна</p> <p>1.Підрізати торець в розмір 222 -0,1</p> <p>2. Розточити розміри по контуру начисто</p> <p>3 Точити розміри по контуру начисто</p>	<p>Різець контурний ГОСТ 22085-76</p> <p>Різець токарний розточувальний Т15К6 ГОСТ 10044-75</p> <p>Різець токарний, фасочний Т15К6 ГОСТ10044-75</p>	<p>ST30.</p> <p>Тактовий стіл СТ 220, промисловий робот СМ80Ц.25.</p>
<p>035 Фрезерна</p> <p>1. Фрезерувати лиску в р-р 110</p>	<p>Фреза торцева Ø 100 Р6М5 ГОСТ 2679-73</p>	<p>Вертикально-фрезерний</p> <p>Модель 6Р13</p>
<p>040 Фрезерна</p> <p>1.Фрезерувати паз 6Н11</p>	<p>Фреза пальцева Р6М5 ГОСТ 2678-73</p>	<p>6Р12</p>

Закінчення табл.2.2

1	2	3
045 Свердлильна 1. Свердлити Ø32, 2.Зенкерувати під конічну різьбу. 3. Нарізати різьбу К1/4”	Свердло Ø32, Р6М5 ГОСТ 2092-77, Зенкер конічний Р6М5 ГОСТ 3257- 73 Мітчик ГОСТ 3266-81	2С150П
050Свердлувальна 1.Центрувати. 2. Сердлити 2 отв. Ø6; 3.Розсвердлити Ø8,7, 4.Зенкерувати Ø12. 5.Нарізати різьбу К 1/8”	Свердла Р6М5ГОСТ 2092- 77, Мітчик ГОСТ 3266-81	2М55
055Свердлувальна з ЧПК 1. Свердлити 8 отв. Ø16,2, 2. Зняти фаски 2,5х45 3. Нарізати різьбу М20х2	Свердло Р6М5ГОСТ 2092- 77.Мітчик М20х2,5 ГОСТ 3266-81	2Р135Ф2
060 Свердлувальна 1. Розсвердлити Ø 22	Свердло Ø22 Р6М5 ГОСТ 2092-77.	2М55
066 Розточувальна 1.Фрезерувати 2 уступи. 2.Зацентрувати. 3.Свердлувати два отв. Ø10,2. 4. Зняти фаски 1х45. 5.Наріз різ. в 2отв.М12	Фреза пальцеваØ 20 Р6М5 ГОСТ 2678-73 Мітчик М8-М6 ГОСТ 3266-81	2А620Ф2

В розробленому новому технологічному процесі механічної обробки в якості технологічного обладнання були впровадженні верстати з ЧПК високопродуктивних режимів обробки та промислові роботи. За одну установку можливо оброблювати декілька поверхонь, що веде до підвищення точності

обробки. Так як виробництво дрібносерійне то впровадження високопродуктивного устаткування у вигляді робото-технологічних комплексів є єдиним можливим варіантом забезпечення високої продуктивності, підвищення якості оброблюваної деталі, а так само зменшення частки допоміжного часу, що витрачається на прийоми зв'язані із зміною режимів різання, переходом з обробки однієї поверхні на іншу, зміною інструмента, що звичайно має місце при послідовній обробці декількох поверхонь на універсальних верстатах.

## **2.5. Розробка технологічних операцій**

Структура 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.

Слід пам'ятати, що кожному методу кінцевої обробки, передує декілька попередніх методів. На чорнових операціях точність поверхні підвищується на 2-3 квалітети, на чистових на 1-2. враховуючи всі ці рекомендації можна визначити маршрут механічної обробки на кожну поверхню.

Операційні переміщення деталей виконуються з використанням тари ГОСТ 8183.00. (4 шт. 30 кг) та ручні візки 8078.00. Візок загрузати не більше двох одиниць тари з деталями.

Жінкам дозволяється підіймати тару з деталями вагою до 7 кг. Вагою більше 14 кг. вдвох.

При між операційному переміщенні необхідно дотримуватись вимог, що до охорони праці та промислової санітарії.

Всі робочі місця повинні бути оснащені прикріпними столиками 8077.00. кількість тари дві штуки в один ярус.

Видалення стружки і чистку станків проводять крючком та щіткою при відключені обладнання.

Загальна вага тари 1-1-120-80-70-1; ООМ; ГОСТ 14861-91 з деталями, що застосовують для міжцехового транспортування не повинен перевищувати 1000кг. Рівень завантаження в тару деталей не повинен перевищувати рівня борту тари більше ніж на 100мм. Категорично забороняється застосовувати тару 1-1-120-80-70-1 ООМ; ГОСТ 14861-91 для між операційного транспортування деталей по дільниці.

## **2.6. Розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом**

Розрахуємо припуски на обробку і проміжні граничні розміри для обробки отвору  $\varnothing 110H7$ . Схема установки деталі – обробка в трьохкулачковому патроні.

План обробки отвору  $\varnothing 110H7$  відповідно до вимог креслення та з врахуванням економічної точності обробки [6]:

- свердлування;
- розсвердлювання;
- розточування чорнове;
- розточування чистове;
- розточування тонке.

Значення параметрів  $R_z$  і  $h$  для заготовки вибираємо з [6];

Значення  $R_z$  і  $h$  після механічної обробки - з [6]; значення технологічних допусків  $T$  з [2].

Значення просторових відхилень оброблюваної поверхні відносно базової визначається за формулою:

$$\rho_3 = \sqrt{C_o^2 + (\Delta_y \cdot l)^2}, \quad (2.1)$$

де  $C_o$  – зміщення отвору,  $C_o = 30$  мкм, [6];

$\Delta_y$  – викривлення свердла,  $\Delta_y = 0,7$  мкм/мм;

$l$  – довжина отвору,  $l = 100$  мм.

$$\rho_{кор} = 0,7 \cdot 100 = 70 \text{ мкм}.$$

$$\rho_3 = \sqrt{30^2 + 70^2} = 76 \text{ мкм}.$$

Залишкова похибка після обробки, мкм:

$$\rho_{ост} = \rho \cdot K_y, \quad (2.2)$$

де  $K_y$  – коефіцієнт уточнення,

після розточування  $K_y = 0,005$ , [6].

$$\rho_{ост} = 76 \cdot 0,005 = 0,4 \text{ мкм}.$$

Значення мінімального припуску:

$$2z_{i\min} = 2 \cdot (R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1})$$

Результати розрахунку заносимо в таблицю 2.3.

Колонка "Розрахунковий розмір" заповнюється, починаючи з найбільшого кінцевого розміру (110,025мм) шляхом послідовного віднімання розрахункового мінімального припуску для кожного технологічного переходу від відповідного розрахункового розміру.

Таблиця 2.3

Результати розрахунку припусків і граничних розмірів за переходами на обробку поверхні  $\varnothing 110H7$  мм.

План обробки	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, $2z_{i\min}$ , мкм	Розрахунковий розмір, $d_p$ , мм	Допуск $T$ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	$R_{zi}$	$h_i$	$\rho_i$	$\varepsilon_{yi}$				$d_{max}$	$d_{min}$	$2z_{i\max}^{ep}$	$2z_{i\min}^{ep}$
Розсвердлюв.	40	60	76	-	-	109,795	250	109,79	109,54	-	-
Розточування чорнове	30	40	-	-	2·176	109,935	100	109,9	109,8	260	110
Розточування чистове	10	25	-	-	2·70	110,005	39	110,005	109,96	166	105
Розточування тонке.	5	5	-	-	2·25	110,025	25	110,025	110	34	20

460 235

Найменші граничні розміри розраховуються шляхом віднімання технологічного допуску за переходами від округленого найбільшого граничного розміру.

Граничні значення припусків  $2z_{i\max}^{ep}$  визначаються як різниця найменших граничних розмірів, а  $2z_{i\min}^{ep}$  - як різниця найбільших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів.

Загальні припуски знаходяться як сума проміжних припусків

$$2z_{o\max} = \sum 2z_{i\max}^{ep} \quad (2.3)$$

$$2z_{o\min} = \sum 2z_{i\min}^{ep}$$

$$2z_{o\max} = 260 + 166 + 34 = 460 \text{ мкм.}$$

$$2z_{o\min} = 110 + 105 + 20 = 235 \text{ мкм.}$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$2z_{o\max} - 2z_{o\min} = Td_{\text{заг}} - Td_{\text{дет}} \quad (2.4)$$

$$460 - 235 = 250 - 25 = 225 \text{ мкм.}$$

Після розрахунку будемо схему розташування припусків, допусків та граничних розмірів отвору в мм (див. рис. 2.6).

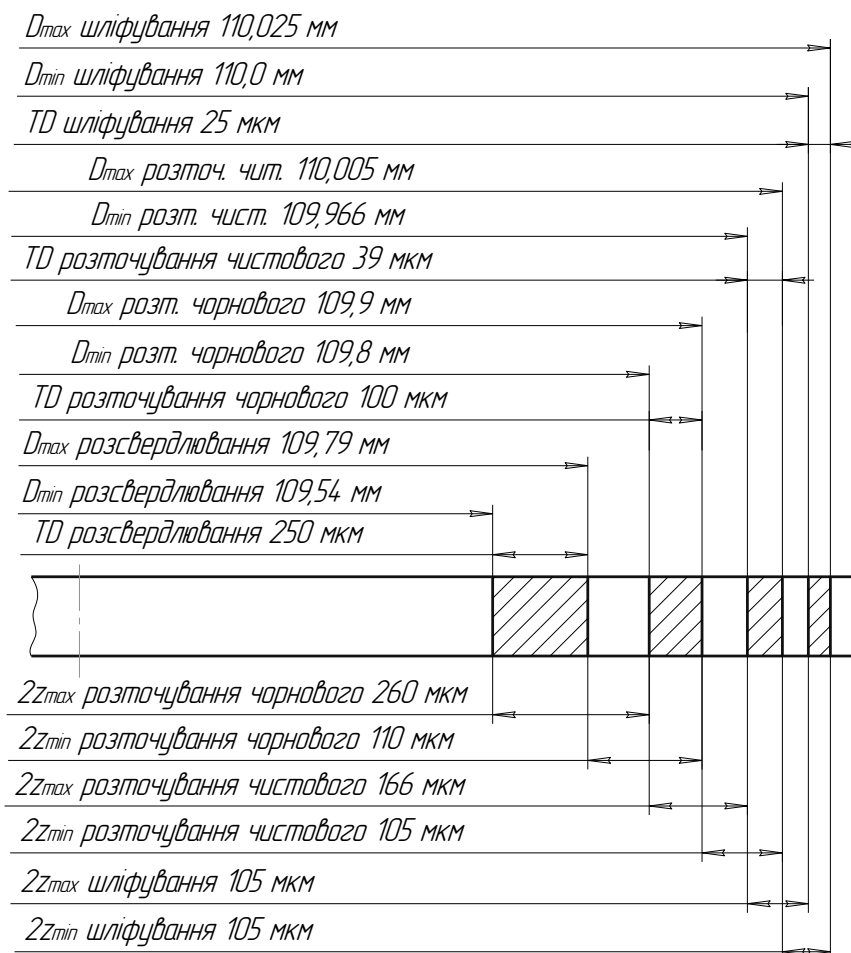


Рисунок 2.6 – Схема розташування полів припусків і допусків на обробку поверхні  $\text{Ø}110\text{H}7$

## 2.7. Розрахунок та вибір режимів різання

2.7.1 Проводимо аналітичний розрахунок режимів різання на токарну операцію.

Обробка ведеться на верстаті з ЧПК ST30. Різальний інструмент різець MSSNR 2525 M12; T15K6; ГОСТ 26476-85; пластина ріжуча 03114-150412 T15K6 ГОСТ 1905-80; пластина опорна 723-1504 ГОСТ 19077-80.

а). Точити  $\varnothing 155$ ,  $\varnothing 230$ ,  $\varnothing 240$  по контуру начорно.

Верстат: ST30.

1. Визначаємо глибину різання:

$$t = 0.4(\text{мм.})$$

2. Визначаємо подачу  $S = 1,2 \left( \frac{\text{мм}}{\text{об}} \right)$ ; [13]

3. Визначаємо швидкість різання

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \left( \frac{\text{м}}{\text{хв}} \right) \quad (2.5)$$

де,  $C_V=340$  – коефіцієнт швидкості

$m, x, y$  – змінні параметри,  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ ;  $m = 0,20$ . [13]

$T$  – стійкість різця,  $T = 60$  хв.

$K_V$  – поправочний коефіцієнт:

$$K_V = K_{MV} K_{nv} K_{IV}, \quad (2.6)$$

де  $K_{nv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні деталі,  $K_{nv} = 0.8$  [13]

$K_{IV}$  – коефіцієнт, що враховує вплив інструмента,  $K_{iv} = 1$  [13]

$K_{MV}$  – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки

$$K_{MV} = Kr (750/\sigma_B)^{n_V}, \quad (2.7)$$

де  $Kr, n_V$  коефіцієнти;  $Kr = 1$ ,  $n_V = 1,75$  [13]

$$K_{MV} = 1 (750/980)^{1,75} = 0,63$$

$$K_V = 0,63 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,50$$

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 1,2^{0,45}} \cdot 0,5 = 79,25 \left( \frac{\text{м}}{\text{хв}} \right)$$

Число обертів шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 79,25}{3,14 \cdot 240} = 105,2 \left( \frac{\text{об}}{\text{хв}} \right) \quad (2.8)$$

Приймаємо данні оберти 105,2 об/хв, тому що регулювання обертів на верстаті безступеневе.

Визначення сили різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p. \quad (2.9)$$

Вибираємо значення коефіцієнта  $C_p$  і показників степеня в формулах сили різання при точінні [13]

де,  $C_p = 300$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = -0,15$ .

$K_p$  – поправочний коефіцієнт.

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}, \quad (2.10)$$

де  $K_{\varphi p}$ ,  $K_{\gamma p}$ ,  $K_{\lambda p}$ ,  $K_{rp}$  – коефіцієнти, що враховують якість обробленої поверхні,

$$K_{\varphi p} = 0.83; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{rp} = 1;$$

$K_{mp}$  – коефіцієнт, що враховує якість обробленої поверхні,

$$K_{mp} = (\sigma_b/750)^n, \quad (2.11)$$

$$K_{mp} = (980/750)^{0,75} = 1,217;$$

$$K_p = 1,217 \times 0.89 \times 1 = 0.98$$

Розраховуємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0.4^1 \cdot 1.2^{0.75} \cdot 79,25^{-0,15} \cdot 0.98 = 630 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність різання наближено за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (2.12)$$

де,  $N$  – потужність різання;

$P_z$  – сила різання;

$V$  – швидкість різання.

$$N_{\text{різ}} = \frac{630 \cdot 79,25}{1020 \cdot 60} = 0,8 \text{кВт} \quad (2.13)$$

$$N_{\text{двиг}} = 30 \text{кВт} \quad (2.14)$$

Так як  $N_{\text{різ}} < N_{\text{двиг}}$  можемо зробити висновок, що обробка можлива на даному верстаті.

Визначаємо машинний час за формулою:

$$T_M = \frac{L_{\text{р.х.}}}{n \cdot S} \quad (2.15)$$

де,  $L_{\text{р.х.}}$  – довжина робочого ходу інструменту.

$$L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_2 + l_3 = 46 + 30 + 40 = 116 \text{ мм.}$$

$$T_M = \frac{116}{105,2 \cdot 1,2} = 0,92 \text{ хв.}$$

### 2.7.2. Підрізання торця в розмір 230-0,1

Різець PSLNR 2525 M12 T15K6 ГОСТ 26476-85

Ріжуча пластина 05114-120408 T15K6 ГОСТ 19078-80

Пластина опорна 713-1203 ГОСТ 19078-80

Верстат ЧПК ST30

3. Глибина різання  $t = 1,2$  (мм.)

$$\text{Подача } S = 1,2 \left( \frac{\text{мм}}{\text{об}} \right)$$

Визначаємо швидкість різання

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \left( \frac{\text{м}}{\text{хв}} \right) \quad (2.16)$$

де,  $C_V = 340$  – коефіцієнт швидкості

$m, x, y$  – змінні параметри;  $x=0,15$ ;  $y=0,45$ ;  $m=0,20$ . [13]

$T$  – стійкість різця,  $T=60$  хв.

$K_V$  – поправочний коефіцієнт:

$$K_V = K_{MV} K_{nv} K_{IV}, \quad (2.17)$$

де  $K_{nv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні деталі,  $K_{nv}=0.8$  [2]

$K_{IV}$  – коефіцієнт, що враховує вплив інструмента,  $K_{iv} = 1$  [13]

$K_{MV}$  – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки

$$K_{MV} = K_r (750/\sigma_B)^{n_v}, \quad (2.17)$$

де  $K_r$ ,  $n_v$  коефіцієнти;  $K_r = 1$ ,  $n_v = 1,75$  [13]

$$K_{MV} = 1 (750/980)^{1,75} = 0,63$$

$$K_V = 0,63 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,50$$

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 1,2^{0,45}} \cdot 0,5 = 79,25 \left( \frac{m}{xv} \right)$$

Число обертів шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 79,25}{3,14 \cdot 240} = 105,2 \left( \frac{об}{xv} \right) \quad (2.18)$$

Приймаємо данні оберти 105,2 об/хв, тому що регулювання обертів на верстаті безступеневе.

Визначення сили різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.19)$$

Вибираємо значення коефіцієнта  $C_p$  і показників степеня в формулах сили різання при точінні [13].

де,  $C_p=384$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,9$ ;  $n = - 0,15$ .

$K_p$  – поправочний коефіцієнт.

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{r p}, \quad (2.20)$$

де  $K_{\varphi p}$  -  $K_{\gamma p}$   $K_{\lambda p}$   $K_{r p}$  – коефіцієнти, що враховують якість обробленої поверхні,

$$K_{\varphi p} = 0.89; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{r p} = 1;$$

$K_{mp}$ - коефіцієнт, що враховує якість обробленої поверхні,

$$K_{mp} = (\sigma_v/750)^n, \quad (2.21)$$

$$K_{mp} = (980/750)^{0.75} = 1.217;$$

$$K_p = 1.217 \times 0.89 \times 1 = 0.98$$

Розраховуємо силу різання:

$$P_z = 10\,384 \cdot 0.33^{0.9} \cdot 1.2^{0.9} \cdot 79.25^{-0.15} \cdot 0.98 = 630.35 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність різання наближено за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (2.22)$$

де,  $N$  – потужність різання;

$P_z$  – сила різання;

$V$  – швидкість різання.

$$N_{\text{різ}} = \frac{630 \cdot 79.25}{1020 \cdot 60} = 0.8 (\text{кВт}) \quad (2.23)$$

$$N_{\text{верс}} = 10 (\text{кВт}) \quad (2.24)$$

Так як  $N_{\text{різ}} < N_{\text{верс}}$  ( $0.8 < 10$ ) можемо зробити висновок, що обробка можлива на даному верстаті.

Визначаємо машинний час за формулою:

$$T_M = \frac{L_{p.x.}}{n \cdot S} \quad (2.25)$$

де,  $L_{p.x.}$  – довжина робочого ходу інструменту.

$$L_{p.x.} = l_{вр.} + l_{р.х.} = 120 + 2 = 122 \text{ мм.} \quad (2.26)$$

Підставляємо данні в формулу і обраховуємо:

$$T_M = \frac{122}{100 \cdot 1.2} = 1.02 \text{ хв.}$$

### 2.7.3. Розрахунок режимів різання табличним методом для свердлування Ø16,2 мм

Верстат вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2, N=2,5 кВт.

Глибина різання  $t = \frac{d_{св.}}{2} = \frac{16,2}{2} = 8,1 \text{ мм}$

Подача: приймаємо  $S=0,2 \text{ мм/об}$  [7]. Свердло Ø16,2, P6M5.

Розрахунок довжини робочого ходу

$$L_{p.x.} = L_p + y$$

де  $L_p = 57 \text{ мм}$ ,  $y = 3 \text{ мм}$ ,  $L_{p.x.} = 60 \text{ мм}$

Приймаємо стійкість інструмента  $T = 120 \text{ хв.}$

Рахуємо швидкість різання

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (\text{м/хв}), \quad (2.27)$$

де  $V_T = 17 \text{ м/хв.}$  [7]

$$K_1 = 1, K_2 = 12, K_3 = 1 \quad [7]$$

Тоді маємо

$$V = 17 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 1 = 20.4 \text{ м/хв.}$$

Визначимо оберти шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 20,4}{3,14 \cdot 16,2} = 402 \text{ об/хв.}$$

по паспорту верстата  $n_{\phi} = 400 \text{ об/хв.}$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 14 \cdot 400}{1000} = 18,3 \text{ м/хв.}$$

Знайдемо  $P_o$  за формулою:

$$P_o = P_{o.m.} \cdot K_p, \quad (2.28)$$

де  $P_{o.m.} = 2900 \text{ Н}$  [7],

$K_p = 1$ , тоді

$$P_o = 2900 \text{ Н.}$$

Потужність різання

$$N_p = N_T \cdot K_N \cdot \frac{n}{1000}, \quad (2.29)$$

де  $N_T = 2,2$  [7]

$K_N = 1$

$$N_p = 2,2 \cdot 1 \cdot 410 / 1000 = 0,9 \text{ кВт.}$$

Знайдемо основний час

$$T_o = \frac{L_{px}}{S \cdot n} = \frac{60}{0,2 \cdot 400} = 0,75 \text{ хв.}$$

Свердління проводиться восьми отворів тому основний час буде

$$T_o = 8 \cdot 0,75 = 6 \text{ хв.}$$

Розрахунок інших режимів різання проводимо згідно [7] та заносимо у таблицю 2.4.

Таблиця 2.4

Зведена таблиця режимів різання по операціях

№ операції	Назва операції	t, мм	S мм/об	S мм/хв	n об/хв	V м/хв	T <sub>0</sub> хв
1	2	3	4	5	6	7	8
005	Відрізна	6	-	200	745	31	3,1
010	Токарна	1,2 2 12,5	0,4 0,4 0,3	-	400 400 200	75 75 20	4,9
015	Токарна з ЧПК	0,4	1,2	-	400	75,2	5,6
020	Токарна з ЧПК	0,4	1,2	-	400	75,2	4,8
025	Токарна з ЧПК	0,25	0,4	-	470	98	4,9
030	Токарна з ЧПК	0,25	0,4	-	470	98	4,1
035	Фрезерна	30	-	100	400	60	1,89
040	Фрезерна	6	-	60	200	44	2,8
045	Свердлувальна	16 2 1,8	0,3 1 1,8	-	200 100 20	19 8 2	4,7
050	Свердлувальна	1,5;3;4,35 2 1 1,6	0,3 0,3 0,3 1,6		900 600 600 80	18 18 2 4	3,2
055	Свердлувальна з ЧПК	8,1	0,2	-	400	18,3	6
060	Свердлувальна	2,9	0,5	-	250	19	4,1
065	Розточувальна	18 5,1 1 1,5	- 0,3 0,3 1,5	200	400 500 500 50	35 18 18 2	5,6

## 2.8. Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій

Одну операцію, а саме 050 розрахуємо аналітично, а інші розраховуються і зводяться в таблицю 2.5. В дрібносерійному виробництві норма штучно-калькуляційного часу,  $T_{шт-к.}$  визначається за формулою:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_{шт} \quad [14] \quad (2.30)$$

де  $T_{n-3}$  – підготовчо-заключний час на обробку;

$$T_{n-3} = 12 + 2 + 7 = 21 \text{ хв.}$$

$n$  – кількість деталей в налагодженій партії, шт.

$$n = \frac{N \cdot a \cdot 2}{254} \quad (2.31)$$

де,  $N$  – річний випуск обсягу деталей;

$a$  – періодичність запуску  $a = 12$  днів;

$$n = \frac{200 \cdot 12 \cdot 2}{254} = 19 \text{ шт.} \quad (2.32)$$

$T_{шт}$  – штучний час на обробку деталі визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_{доп} + T_{обс} + T_{відп} \quad (2.33)$$

де,  $T_o$  – основний час обробки:

де,  $T_o = T_m = 3,2$  хв. З таблиці 2.4;

$T_{доп}$  – допоміжний час обробки.

$$T_{доп} = (T_{вст} + T_{зо} + T_{кор} + T_{вим}) \quad (2.34)$$

де,  $T_{вст}$  – час на встановлення і зняття деталі, хв.;

$$T_{вст} = 0,11 \text{ хв.} [14] \quad (2.35)$$

$T_{зо}$  – час на закріплення і відкріплення деталі, хв.;

$$T_{зо} = 0,024 \text{ хв.} [14] \quad (2.36)$$

$T_{кер}$  – час на прийоми управління, хв.;

$$T_{кер} = 0,09 \text{ хв} \quad [14] \quad (2.37)$$

$T_{вим}$  – час на вимірювання деталі, хв.; [14]

$$T_{вим} = 0,06 \text{ хв} \quad (2.38)$$

$k$  – коефіцієнт серійності.  $k = 1.85$  [14].

$$T_{дон} = (0,11 + 0,024 + 0,09 + 0,06) \cdot 1,85 = 0,52 \text{ хв.} \quad (2.39)$$

Визначаємо час на обслуговування робочого місця  $T_{обс}$ :

$$T_{обс} + T_{від} = \left( \frac{T_o + T_{дон}}{100} \right) \cdot P_{відн} \quad (2.40)$$

де,  $T_{від}$  – час на відпочинок і на особисті потреби.

$P_{відн}$  – норматив часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби.

$$P_{відн} = 6\% [14] \quad (2.41)$$

$$T_{обс} + T_{від} = \left( \frac{3,2 + 0,52}{100} \right) \cdot 6 = 0,22 \text{ хв.} \quad (2.42)$$

$$T_{ум} = 3,2 + 0,52 + 0,22 = 3,92 \text{ хв} \quad (2.43)$$

Визначення норми штучно-калькуляційного часу за формулою:

$$T_{шт-к} = \frac{21}{19} + 3,92 = 5,02 \text{ хв.} \quad (2.44)$$

Визначені технічні норми часу на інші операції наведено в таблиці 2.5

Таблиця 2.5

Зведена таблиця технічних норм часу по операціях

Операція	$T_o$	$T_{дон}$	$T_{об}+T_{від}$	$T_{шт}$	$T_{пз}$	$T_{шт-к}$
005	3,1	0,64	0,22	3,96	10	5
010	4,9	1,85	0,4	7,15	15	7,9
015	5,6	1,41	0,42	7,43	20	8,44
020	4,8	1,41	0,37	6,58	20	7,59
025	4,9	1,41	0,36	6,67	20	7,69
030	4,1	1,41	0,33	5,84	20	6,9
035	1,89	1,33	0,19	3,41	18	4,35
040	2,8	1,926	0,28	4,38	18	5,3
045	4,7	1,48	0,37	6,55	15	7,33
050	3,2	0,5	0,22	3,92	15	4,7
055	6	0,89	0,41	7,3	15	8,1
060	4,1	0,867	0,29	5,3	15	6,1
065	5,6	0,956	0,39	6,9	18	7,8

## 2.9. Визначення рівня механізації технологічного процесу

Рівень механізації технологічного процесу визначається за формулою:

$$P_M = \frac{B_M}{B_{ЗАГ}} \cdot 100\% , \quad (2.45)$$

де,  $B_M$  – кількість верстатів з механічним приводом затиску заготовки  $B_M = 9$ .

$B_{ЗАГ}$  – загальна кількість верстатів на дільниці  $B_{ЗАГ} = 13$ .

$$P_M = \frac{9}{13} \cdot 100\% = 70\%$$

На дільниці створена часткова автоматизація на операціях 015, 020, 025, 030 де застосовується робото-технологічний комплекс, тому рівень автоматизації на дільниці визначається за формулою

$$P_{автом} = \frac{B_A}{B_{ЗАГ}} \cdot 100\% , \quad (2.46)$$

де  $B_A$  – кількість верстатів з автоматизованим завантаженням та розвантаженням та затиском заготовки  $B_A = 4$   $B_{ЗАГ}$  – загальна кількість верстатів на дільниці  $B_{ЗАГ} = 13$

$$P_{автом} = \frac{4}{13} \cdot 100\% = 30\% .$$

На дільниці рівень автоматизації 30% та рівень механізації 70%.

## **Висновки до розділу 2**

У технологічному розділі вибрано вид та метод отримання заготовки, розраховано припуск на одну поверхню, розроблено маршрутний технологічний процес із використання сучасного верстатного обладнання, а саме верстатів з ЧПК фірми HAAS (США). Вбрано відповідний різальний інструмент та розраховано режими різання та норми часу на виконання операцій.

З урахуванням застосування РТК розраховано рівень автоматизації технологічного процесу.

### 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1. Проектування верстатного пристрою для закріплення заготовки при свердлуванні 8-х отворів на верстаті з ЧПК

##### 3.1.1. Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої

При виборі установчих елементів враховується загальні принципи встановлення заготовок, до установочних елементів можна пред'явити наступні вимоги: кількість і розміщення елементів, орієнтацію заготовки згідно прийнятої схеми базування та достатню її стійкість в пристосуванні.

При використанні необхідних баз з параметром жорсткості  $R_a > 20$  мкм., установочні елементи слід виконувати з обмеженою опорною поверхнею для зменшення впливу нерівностей цих баз на стійкість заготовки.

Установочні елементи не повинні псувати базові поверхні, особливо ті, які вдруге не підлягають під обробку.

Установочні елементи повинні бути жорсткими. Їх жорсткість підвищують, покращуючи якість спряження елементів з корпусом пристосування, застосовуючи шліфування поверхонь стиків, а також сильно прижимаючи елементи до корпусу пристосування кріплячи деталями.

Зносостійкість опорних поверхонь підвищують, виготовляючи їх із сталей за якими йде термічна обробка до твердості 56...61 HRC.

Знос опор можна зменшити хромуванням їх несучих поверхонь або наплавленням твердого сплаву, та шліфуванням поверхні до отримання  $R_a = 0,63...0,32$  мкм.

В якості установчих елементів для циліндричної поверхні  $\varnothing 230$  мм в пристрою, який проектується, застосовуємо торці кулачків.

Положення заготовки при обробці, як і будь якого іншого твердого тіла в просторі, характеризується шістьма степенями вільності, які визначають

можливість переміщення і повороту заготовки відносно трьох координатних осей.

При повному орієнтирі заготовка втрачає всі степені вільності; при не повному – числа степені вільності менше шести.

В нашому випадку точне встановлення деталі в усіх напрямках не потребується, а точніше можлива довільна орієнтація деталі з поворотом навколо її осі.

У випадку повного орієнтування встановлення заготовок виконують здійснюючи повний контакт базових поверхонь з елементами пристрою жорстко закріпленими в його корпусі. Це забезпечується прикладанням до заготовки відповідних сил закріплення.

Для повної орієнтації заготовки число і роз положення опор повинно бути таким, щоб при дотриманості невідривності баз від опор заготовка не могла зсувуватись відносно координатних осей.

При виконанні умови невідривності заготовка залишається без 6 ступенів вільності.

Кількість опор, на які встановлюємо заготовку, не повинно бути більше шести.

Для забезпечення стійкого положення заготовки, в пристрої відстань між опорами слід вибирати по можливості більшу, при встановленні заготовки на опори, вона не повинна перевертатись.

При збільшенні відстані між опорами зменшується вплив похибок форми базових поверхонь на положення заготовки в пристрої.

Виходячи з того, що було вище сказано, установочними базами на операцію приймаємо циліндричну поверхню  $\varnothing 230$ , і торець розміром 46мм.

Схема базування для операції має вигляд рис.3.1.

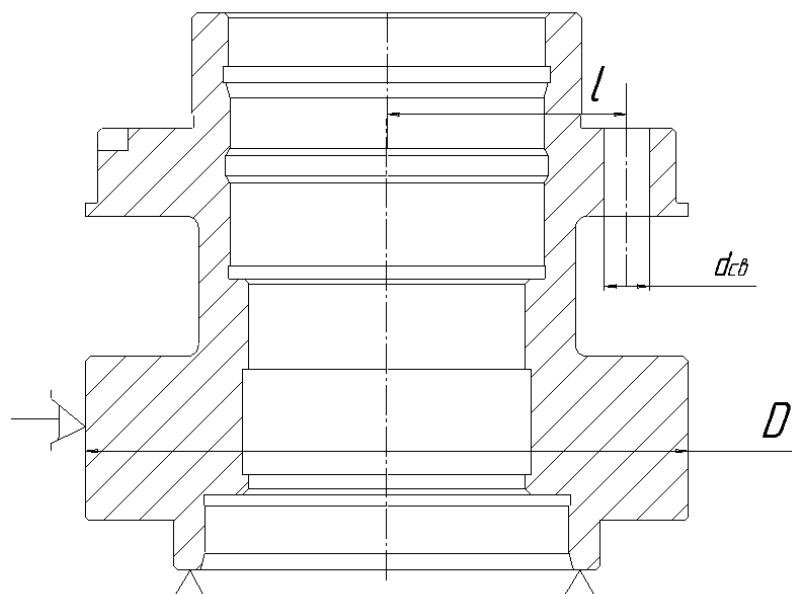


Рисунок 3.1 – Схема базування деталі маховик

### 3.1.2. Розрахунок сили затиску деталі

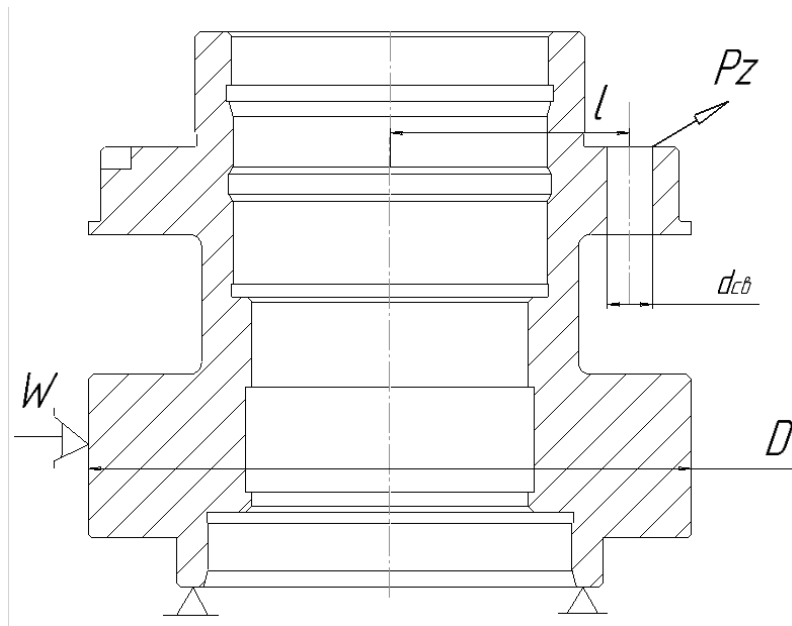


Рисунок 3.2 – Схема базування та закріплення деталі корпус

Сила затиску заготовки знаходиться з рівняння рівноваги заготовки під дією всіх сил, які прикладені до неї рис.3.2.

Запишемо умову рівноваги заготовки

$$P_z \left( l + \frac{d_{св}}{2} \right) k = 3W \cdot f \cdot \frac{D}{2}, \quad (3.1)$$

де  $D$  – діаметр деталі в точках затиску  $D = 230$  мм;

$f = 0,1$  – коефіцієнт тертя;  $K = 1,5$ ;

$l = 98$  мм – відстань від осі деталі до осі отвору;

Знайдемо силу різання з відомої потужності (див. реж. різання)

$$P_z = \frac{N \cdot 102 \cdot 60}{V} = \frac{0,9 \cdot 1020 \cdot 60}{18,3} = 3000 \text{ Н}$$

Знайдемо силу затиску

$$W = \frac{2P_z \left( l + \frac{d_{св}}{2} \right) k}{3 \cdot D \cdot f} = \frac{2 \cdot 3000 \cdot (98 + 8,1) \cdot 1,5}{3 \cdot 230 \cdot 0,1} = 9947 \text{ Н}$$

Сумарна сила затиску буде  $W_{сум} = 29741$  Н

### 3.1.3. Розрахунок приводу пристрою

Пристрій являє собою трьохкулачковий патрон з гідравлічним приводом. Передавальний механізм виконано у вигляді важільної системи рис.3.3.

Знайдемо силу, яка діє на вісі штока гідроциліндра  $Q$  з рівняння рівноваги важільної системи

$$W_{сум} \cdot l_2 = Q \cdot l_1, [15] \quad (3.2)$$

де  $l_1 = 80$  мм,  $l_2 = 80$  мм.

$$Q = \frac{W_{сум} \cdot l_2}{l_1} = \frac{29741 \cdot 80}{80} = 29741 \text{ Н}$$

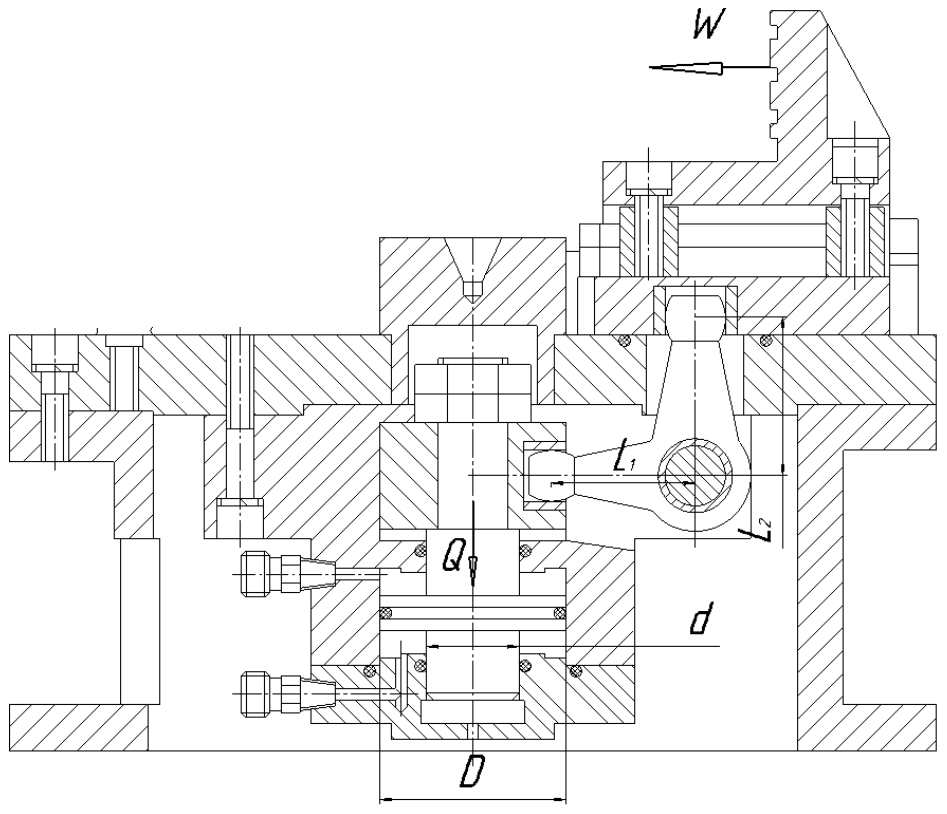


Рисунок 3.3 – Схема затискного механізму

Розрахуємо розміри гідроциліндру з урахуванням того, що робоча порожнина штокова за формулою [15]:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 29741}{3,14 \cdot 7 \cdot 0,98} + 40^2} = 74,1 \text{ мм}, \quad (3.3)$$

де тиск мастила у гідроциліндрі  $P = 7$  МПа; діаметр штока приймаємо 40 мм.

З урахуванням того, що пристрій робимо на верстат з ЧПК, на якому є можливість обробляти інші деталі, приймаємо діаметр гідроциліндра  $D = 80$  мм. Тоді фактичне зусилля затиску, яке може розвинути гідроциліндр визначимо за формулою:

$$Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p \cdot \eta = \frac{3,14}{4} (80^2 - 40^2) \cdot 7 \cdot 0,98 = 30484 \text{ Н}. \quad (3.4)$$

### 3.1.4. Розрахунок елементів пристрою на міцність

Проведемо розрахунок на міцність вісь, яка встановлена під важіль. Навантаження, яке сприймає вісь у тричі менша, що діє на осі штока тобто зусилля, яке перерізує буде 30448 Н. Кількість площин зрізу буде  $n = 2$ .

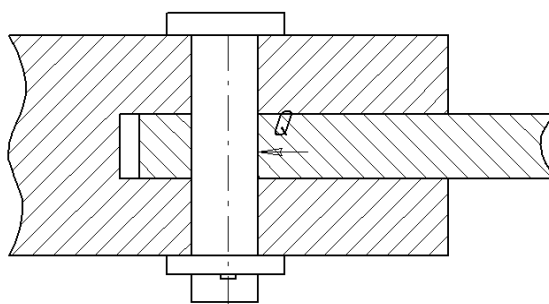


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема

Розрахунок ведемо за формулою [16]:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{n \cdot \pi \cdot [\tau]_{3P}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 30448}{2 \cdot 3,14 \cdot 240}} = 8,1 \text{ мм}, \quad (3.5)$$

де  $[\tau]_{3P} = 240 \text{ Н/мм}^2$ .

Згідно креслення прийнято діаметр осі 30 мм. Маємо запас міцності

$$K = 30 / 8,1 = 3,75 \text{ разів.}$$

### 3.1.5. Розрахунок пристрою на точність

Допустиму підсумкову похибку пристрою визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = T_D - \kappa \cdot \omega, \quad (3.6)$$

де  $T_D$  – поле допуску на виконуваний розмір деталі,  $T_D = 200 \text{ мкм}$ ;

$\kappa$  – поправочний коефіцієнт,  $\kappa = 0,8$  [15];

$\omega$  – точність обробки на вибраному верстаті,  $\omega = 80$  мкм, [12].

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 200 - 0,8 \cdot 80 = 136 \text{ мкм.}$$

Похибку установки визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (3.7)$$

де  $\varepsilon_{\delta}$  - похибка базування деталі,  $\varepsilon_{\delta} = 0$  (базування у патроні, який самоцентрує);

$\varepsilon_3$  - похибка закріплення,  $\varepsilon_3 = 0,01$  мм (затиск прихватом) [ 8];

$\varepsilon_{np}$  - похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{\text{виг}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + \varepsilon_{\text{фікс}}^2}, \quad (3.8)$$

де  $\varepsilon_{\text{виг}}$  - похибка виготовлення установочних елементів,  $\varepsilon_{\text{виг}} = 0,01$  мм;

$\varepsilon_{\text{зн}}$  - похибка зношення установочних елементів,  $\varepsilon_{\text{зн}} = 0,02$  мм;

$\varepsilon_{\text{фікс}}$  - похибка фіксації пристрою на столі верстата,  $\varepsilon_{\text{фікс}} = 0,01$  мм.

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0,01^2 + 0,02^2 + 0,01^2} = 0,025 \text{ мм.}$$

Тоді похибка встановлення

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,01^2 + 0,025^2} = 0,027 \text{ мм.}$$

Умова  $\varepsilon_{\text{дон}} \geq \varepsilon_y$  виконується. Тобто  $0,136 > 0,027$ . Точність обробки забезпечена.

### **3.1.6. Розробка технічних умов на пристрій, компонування та опис його роботи**

Пристрій попередньо настроюється на розмір 230 мм за допомогою перестановки кулачків по шаблону. Робочий хід кулачків 1.5 мм.

Деталь «Фланець» встановлюється поверхнею 230 мм до упору в кулачки торця 46 мм. Потім поворотом ручки золотника подається стиснене мастило у робочу зону гідроциліндра, шток рухається до низу та тягне важелі, які зводять кулачки – здійснюється затиск заготовки. Проводиться свердлування потім проводиться розкріплення заготовки.

#### Технічні вимоги

1. Після встановлення кулачків розточити їх з одної установки, радіальне биття відносно пов. А не більше 0,04 мм;
2. Забезпечити вільне переміщення гайки поз. 11 без люфту;
3. Випробувати під тиском 11 МПа в проміжку 15 хв, витікання мастила не допускається;
4. Робочий тиск 7 МПа.

#### Технічна характеристика

1. Зусилля затиску при тиску мастила 7 Мпа 30484 Н;
2. Максимальний діаметр захвату диску – 320 мм.

### **3.2. Проектування контрольно-вимірювального пристрою**

В умовах сучасного машинобудівного виробництва задача підвищення виробництва та точності засобів технічних вимірювань вирішується широкими впровадженнями контрольно-вимірювальних пристроїв.

Контрольно-вимірювальні пристрої – спеціальні виробничі засоби вимірювань, що представляють собою співвідношення базуючих, затискних, передаючих та вимірювальних пристроїв.

Затискні пристрої сприяють підвищенню надійності встановлення деталі в пристосуванні, не викликаючи при цьому труднощів користування контрольним пристосуванням.

Контрольно-вимірювальними пристроями перевіряються різні параметри деталей та вузлів машин:

- лінійні розміри (діаметри отворів і валів, довжини, висоти, глибини);
- взаємне розташування поверхонь;
- відхилення від правильної геометричної форми деталей;
- нелінійні параметри (пружність, твердість, герметичність стінок і зварювальних швів);
- випробування працездатності складальних вузлів та машин в експлуатаційних умовах або в умовах до них подібних.

Конструкція кожного контрольного пристрою, повинна задовольняти різні вимоги, найголовніші з них:

- оптимальна точність вимірювання і продуктивність вимірювання;
- технологічність в виготовленні;
- зносостійкість;
- зручність в експлуатації.

Конструкція контрольного пристосування в цілому та всіх в нього вхідних пристроїв, а також вимірювальних засобів повинна бути прийнята такою, щоб з одної сторони, повністю задовольняти вимоги виконання контрольної операції, а з іншої, робити його застосування економічно вигідним.

В даній дипломній роботі таким контрольно-вимірювальним пристроєм являється пристрій для вимірювання співвісності отворів  $\varnothing 125 \text{ H}8$  та  $\varnothing 145 \text{ H}8$ .

Пристрій призначений для контролю допуску співвісності 0,04 мм.

### **3.2.1. Розробка схеми вимірювання**

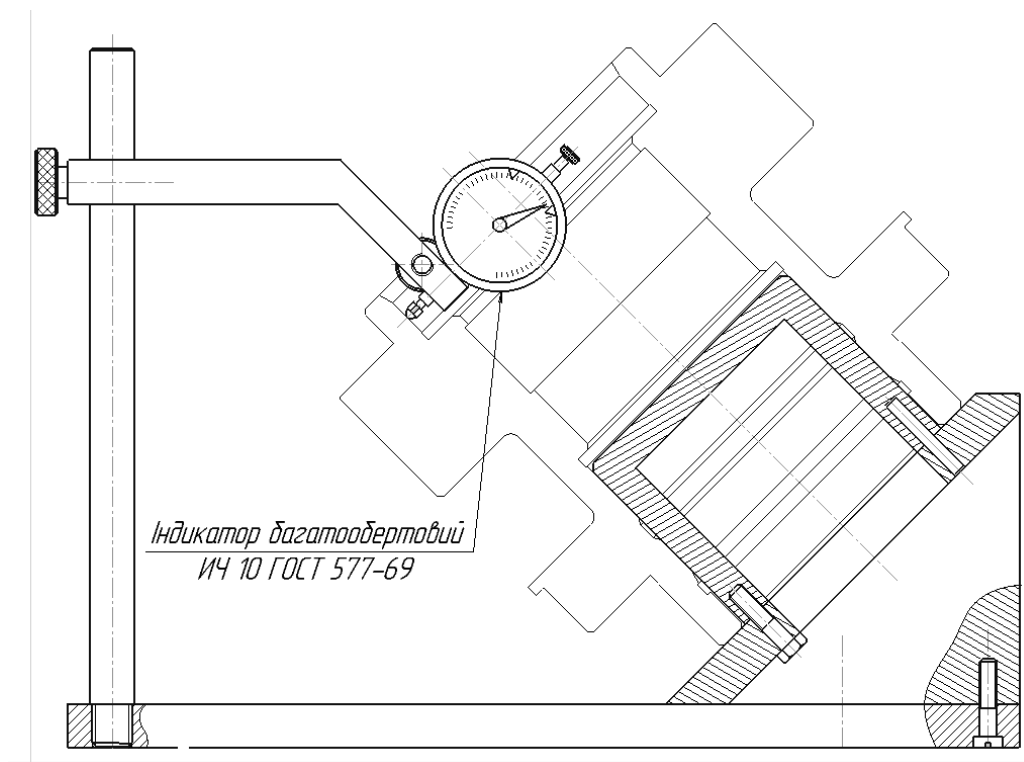


Рисунок 3.5 – Схема базування деталі фланець

### 3.2.2. Розрахунок точності пристрою для контролю

Визначаємо допустиму похибку вимірювання:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,3 \cdot T, \quad [15] \quad (3.9)$$

де  $T$ -допуск на контролюємий параметр,  $T = 0,04$  мм.

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,3 \cdot 0,04 = 0,012 \text{ мм}$$

Визначаємо фактичну похибку вимірювання:

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2 + \varepsilon_{\text{прил}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2}, \quad (3.10)$$

де  $\varepsilon_{\delta}$  – похибка базування деталі,  $\varepsilon_{\delta} = 0$  (технологічна база співпадає з конструкторською);

$\varepsilon_{np}$  - похибка виготовлення пристрою,  $\varepsilon_{np} = 0,007$  мм;

$\varepsilon_{zn}$  - похибка зношення пристрою,  $\varepsilon_{zn} = 0,005$  мм;

$\varepsilon_{прил}$  – похибка контрольно-вимірювального приладу:

$$\varepsilon_{прил} \approx \frac{Ц}{2}, \quad (3.11)$$

де  $Ц$  – ціна поділки контрольно-вимірювального приладу.

Для контролю параметрів биття і співвісність вибираємо індикатор годинникового типу ИЧ02 ГОСТ 577 – 68, ціна поділки якого  $Ц = 0,01$  мм.

$$\varepsilon_{прил} \approx \frac{0,01}{2} = 0,005 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{0^2 + 0,007^2 + 0,005^2 + 0,005^2} = 0,0099$$

Отже фактична похибка вимірювання не перевищує допустиму  $\varepsilon_{\phi} < \varepsilon_{доп}$ .

### 3.2.3. Опис роботи контрольного пристрою

Деталь фланець встановлюється на циліндричний стакан, розташований на корпусі пристрою з нахилом. Таким чином вибирається зазор між деталлю та базовим елементом – стаканом. Індикаторна головка підводиться до поверхні, що контролюється та налагоджується на «0». При обертанні деталі на  $360^{\circ}$  знімаються показники биття поверхні, що контролюється.

### 3.3. Розрахунок та проектування різального інструменту різця контурного із механічним кріпленням пластини

Для обробки заготовки на токарному верстаті з ЧПК застосовуємо різець прохідний упорний з пластинами твердого сплаву T15K6 з механічним кріпленням пластини. Основні геометричні параметри  $\alpha=8^\circ$ ,  $\gamma=10^\circ$ .

Розраховуємо на міцність державку при зніманні за схемою (див. рис. 3.6)

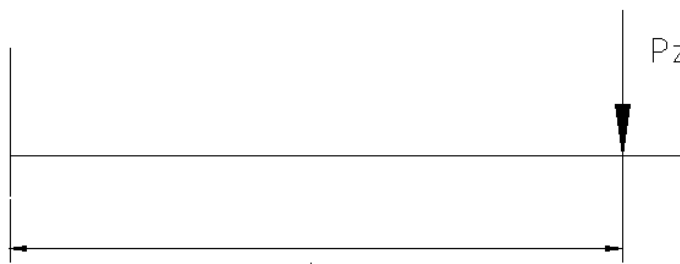


Рисунок 3.6 – Розрахункова схема

$P_z=630$  Н, беремо з режимів різання. Згинаючий момент в закріпленні [20]:

$$M_{з2} = P_z \cdot L \text{ (Н}\cdot\text{мм)} \quad (3.12)$$

$$M_{з2} = 630 \cdot 50 = 31500 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

Умова міцності при згині

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{з2}}{W} \leq [\sigma], \text{ де} \quad (3.13)$$

$\sigma_{\max}$  – максимальне напруження згину.

$$W = \frac{a^3}{6} \text{ м}^3;$$

де  $a$  – розмір різця поперечному перерізі,  $a = 25$  мм;

$$W = \frac{25^3}{6} = 2604,2 \text{ мм}^3$$

$[\sigma] = 160$  МПа – допустиме напруження для сталі 45.

$$\sigma_{\max} = \frac{31500}{2604,2} = 12,1 \text{ Мпа}$$

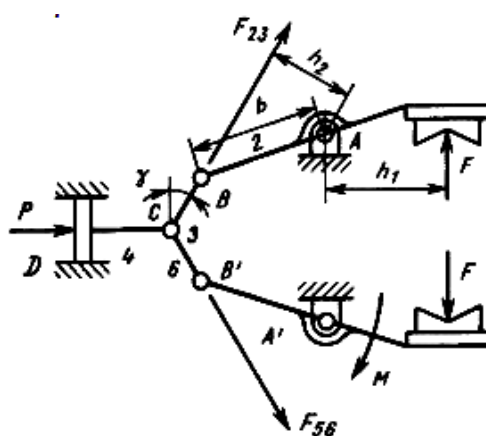
Так як  $[\sigma] = 160 \text{ МПа} > \sigma_{\max} = 12,1$  то міцність державки різця достатня.

### 3.4. Розрахунок зусилля затиску заготовки у захватному пристрої робота СМ80Ц.25.01А

Співвідношення між силою привода  $P$  та силами на губках  $F$ , або моментом  $M$  на губках захватного пристрою визначають за умов статичної рівноваги механізму захвату  $\sum M = 0$  відносно точки  $A$  (рис.3.7).

Вихідні параметри для розрахунку:

$$F = 290 \text{ Н}; h_1 = 250 \text{ мм}; h_2 = 180 \text{ мм}; \gamma = 40^\circ.$$



Рисунк 3.7 – Схема захватного механізму промислового робота СМ80Ц.25.01А

Знайдемо зусилля привода захватного механізму промислового робота.

З умови рівноваги відносно точки  $A$  можна записати рівняння:

$$\frac{P}{F} \eta = \frac{h_1}{h_2} 2 \sin \gamma. \quad (3.14)$$

Знайдемо силу привода за формулою:

$$P = \frac{F \cdot h_1 \cdot 2 \sin 40^\circ}{h_2 \cdot \eta} = \frac{290 \cdot 250 \cdot 2 \cdot 0,3986}{180 \cdot 0,9} = 356,7 \text{ Н}.$$

Визначимо діаметр пневмоциліндра для захватного механізму за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 376,5}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,98}} = 34,9 \text{ мм.}$$

Прийmemo ближній стандартний розмір пневмоциліндра  $D = 40$  мм.

### 3.5. Опис роботи РТК для виготовлення деталі фланець

Роботизовані технологічні комплекси (РТК) можуть входити в ділянки потокового виробництва типових деталей (валів, дисків, фланців), автоматизовані ділянки, лінії, цехи. У роботизованих технологічних комплексах (РТК) промисловий робот (ПР) виконує допоміжні операції типу «узяти-покласти».

РТК для індивідуального обслуговування устаткування містить верстат з ЧПК ST30 фірми HAAS і вбудований автономний промисловий робот CM80Ц.25.01А, що переміщує заготовлі з нагромаджувача (тактового столу) до верстата, а після обробки переносить до конвеєра, який переміщується по монорейці, що працює в кутовій системі координат (рис.3.8).

Робот переміщується по естакаді. Таке компонування РТК характерне для багато- і середньосерийного виробництва. У РТК, з індивідуальним обслуговуванням устаткування, автоматизовані операції установки заготовлі, зняття деталі, базування заготовлі і фіксація її в робочій зоні, обробка забезпечуються інформаційним зв'язком з основним виробництвом за допомогою ЕОМ. Металорізальний верстат з ЧПК ST 30 фірми HAAS, що вбудовується в РТК має високу продуктивність, високий рівень концентрації різнохарактерних переходів обробки, зручний доступ до робочої зони верстата, механізми автоматичної зміни інструмента, робоча позиція верстата передбачає автоматичний затиск заготовки в патроні; спеціальні датчики контролюють правильність і надійність базування заготовель та засоби автоматичного відкривання і закривання захисних екранів, які огорожують зону обробки;



на тактовому столі, який потім зміщується на одну позицію і ПР забирає нову заготовку для встановлення у патрон верстата.

№	Назва обладнання та вузла	Період роботи		
		T=5,326 хв		
1	Побача заготовки на зовнішню позицію тактового столу		0,033 хв	
2	Захвист заготовки роботом та побача заготовки у патрон		0,18 хв	4,9 хв
3	Оброблення заготовки згідно програми. Зупинка обертання патрона			0,18 хв
4	Захвист заготовки роботом та побача заготовки на зовнішню позицію тактового столу			0,033 хв
5	Переміщення тактового столу на одну позицію з побача заготовки на зовнішню позицію			

Рисунок 3.9 – Циклограма роботи робото-технологічного комплексу на базі верстата з ЧПК ST30 та тактового столу СТ220 і промислового робота SM8OЦ.25.O1A

### 3.4. Висновки до 3 розділу

В розділі запропоновано та проведені розрахунки верстатного пристрою для свердлування на верстаті з ЧПК 8 отворів. Вибрано схему вимірювання та спроектовано контрольний пристрій для контролю співвісності поверхонь фланця.

Проведено розрахунки зусилля затиску заготовки у захватному пристрої робота SM8OЦ.25.O1A. Приведено опис роботи РТК для виготовлення деталі фланець.

## РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

### 4.1. Аналіз конструкції деталі фланець у середовищі SolidWorks в модулі Simulation

Метою досліджень є інженерний аналіз конструктивних параметрів деталі фланця ДА 3020-322.01 на міцність та можливих переміщень елементів деталі при впливі робочих навантажень.

Для виконання аналізу конструкції деталі використовується програмне середовище SolidWorks.

У середовищі SolidWorks та модулі Simulation, користувач може проводити інженерні розрахунки і моделювати методом аналізу кінцевих елементів різні впливи робочих навантажень на виріб [17]. Основними особливостями модуля Simulation є:

- лінійний аналіз;
- втомний аналіз металу;
- нелінійний аналіз;
- теплової аналіз;
- частотний аналіз;
- аналіз виробів з пластмаси і гуми;
- динамічний аналіз і ін.

Моделювання методом аналізу кінцевих елементів (FEA) – це дискретизація проєктованих компонентів в тверде тіло, оболонку або балковий елемент, що використовує лінійний аналіз напружень для визначення реакції деталей і вузлів під впливом: - сили; - тиску; - прискорення; - температури. - контакт між компонентами.

Будь-який вид аналізу здійснюється у декілька етапів. Перелічимо необхідні для виконання аналізу кроки. Для здійснення розрахунків необхідно:

- 1) побудувати тривимірну модель виробу;
- 2) згенерувати кінцево-елементну сітку;

- 3) визначити матеріал моделі;
- 4) накласти граничні умови, що визначають суть фізичного явища, що підлягає аналізу;
- 5) виконати розрахунок;
- 6) проаналізувати результати.

Також можна врахувати напруження, що виникають внаслідок температурного розширення чи стиснення матеріалу або деформації конструкції на величину відомих переміщень. За допомогою програмного продукту SolidWorks користувач може оцінити міцність розробленої ним конструкції за напруженнями, що допускаються, визначити найменш надійні місця конструкції і внести необхідні зміни, конструктивно оптимізувати виріб.

Тривимірну модель створюємо за допомогою програмного продукту SolidWorks, яка представлена на рис. 4.1.

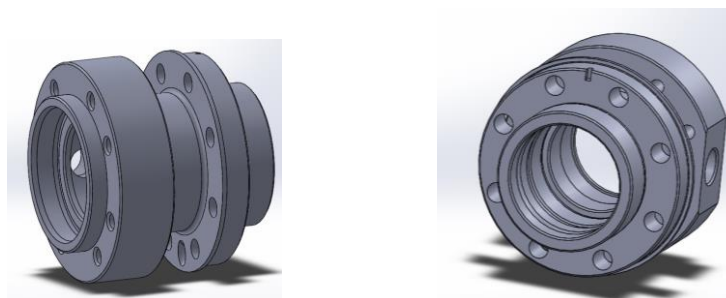


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд тривимірної моделі фланця ДА 3020-322

Щоби створити закритий простір для умовного заповнення рідини під тиском 12 МПа запроектована кришка рис.4.2.

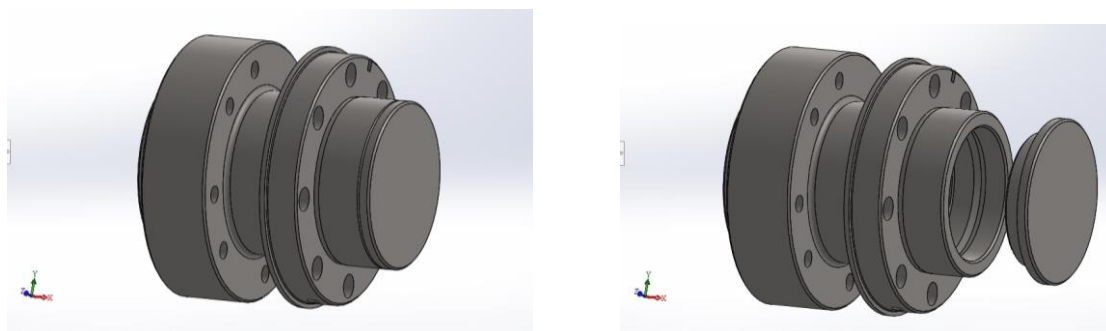


Рисунок 4.2 – Загальний вигляд тривимірної моделі фланця ДА 3020-322 з кришкою

#### 4.1.1. Розбиття моделі фланця на скінчені елементи

Користувач визначає параметри дискретизації – середній розмір скінченого елемента та, при необхідності, зони з більш мілкою сіткою. Крім того, можливо дозволити системі самостійно керувати розмірами комірок у зонах із різкою зміною геометрії [12].

У нашому випадку концентратором зусиль у корпусі будуть місця закріплення його болтами та місце центрального отвору. Після успішного створення 3D моделі з'явиться діалог управління настройками генерації кінцево-елементної сітки, після закінчення якого утворюється сіткова модель з тетраедрів, апроксимуючу тривимірну модель виробу. Схему сітки розбиття пластини на скінченні елементи зображено на рис. 4.3.

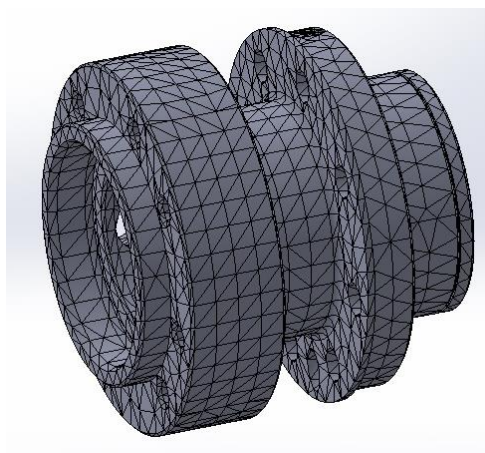


Рисунок 4.3 – Сітка деталі, побудована методом кінцевих елементів

Для того, щоб здійснювати які-небудь розрахунки з твердотільною моделлю деталі необхідно визначити матеріал, з якого вона виготовлена.

У SolidWorks аналізі є дві можливості завдання матеріалу для виконання аналізу. За умовчанням, в розрахунок використовуються характеристики матеріалу «з операції». Призначення матеріалу для тривимірної моделі здійснюється у вікні властивостей операції, або з бази даних матеріалів. Доступ до бази матеріалів Аналізу для поточної задачі здійснюється по команді

«Анализ-Материал» або з контекстного меню дерева задач, що відображається у вікні задач. Призначимо для нашої моделі матеріал «Сталь45» з бази матеріалів SolidWorks.

Для визначення закріплень в SolidWorks Аналізі передбачені три команди: «Полное закрепление», «Частичное закрепление» і «Контакт».

Команда «Анализ → Ограничение → Полное закрепление» застосовується до вершин, граней і ребер моделі. Вона визначає, що даний елемент тривимірного тіла повністю нерухомий, тобто зберігає своє первинне розташування і не міняє свого положення під дією прикладених до системи навантажень.

Вкажемо нерухому грань моделі - в даному випадку використаємо базову поверхню деталі – кріпильні отвори (рис. 4.4).

#### 4.1.2 Визначення переміщень окремих поверхонь фланця

Навантаження буде складати тиск рідини 12МПа та прикладатиметься до внутрішньої поверхні деталі імітуючи дію тиску під час роботи деталі у вузлі (рис. 4.4, рис 4.5).

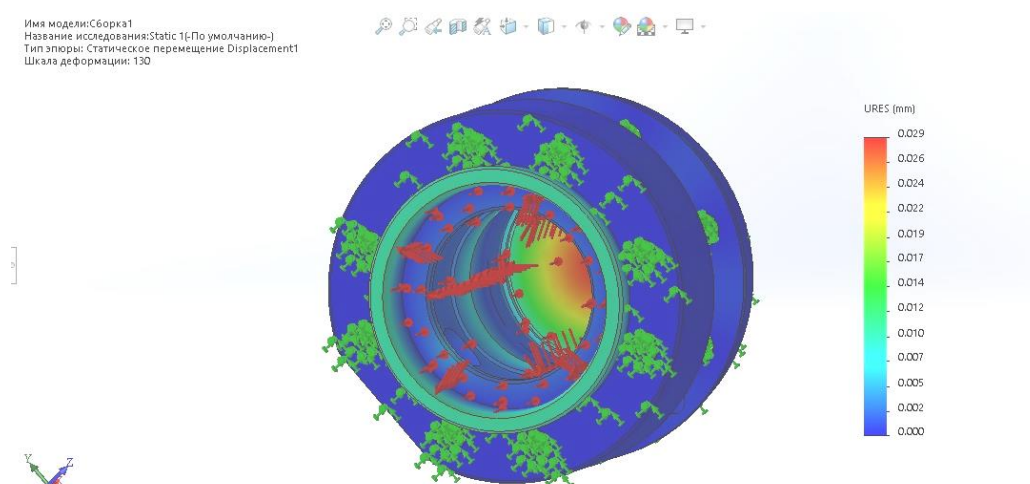


Рисунок 4.4 – Переміщення елементів деталі фланця ДА 3020-322 під дією тиску рідини

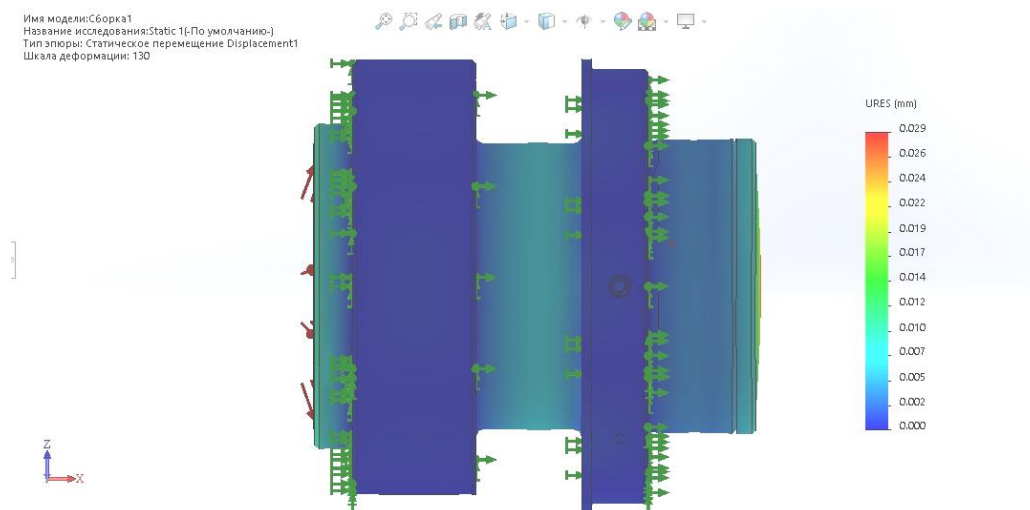


Рисунок 4.5 – Переміщення елементів деталі фланець ДА 3020-322 під дією тиску рідини

Встановлено, що під дією робочих навантажень максимальні переміщення складають – 0,0029 мм

#### 4.1.3. Методика розрахунків на міцність елементів фланця

Розрізняють наступні навантажені стани:

а) лінійний (з однією віссю) – коли з трьох головних напружень тільки одне не дорівнює нулю. У цьому напруженому стані знаходяться деталі при розтягу, стисканні, чистому згині;

б) плоский (із двома осями) – коли із трьох головних напружень два не дорівнюють нулю. Практично у двохосьовому напруженому стані знаходяться диски, що обертаються, тонкостінні посудини під внутрішнім тиском, стрижні при чистому крученні та при поперечному згині. Вільні від навантажень ділянки поверхонь деталей будь – якої конфігурації завжди знаходяться у двохосьовому напруженому стані;

в) об'ємний (трьохосьовий) – коли всі три головні напруження не дорівнюють нулю (товстостінні труби під внутрішнім тиском, ділянки контакту різних тіл, внутрішні зони масивних деталей).

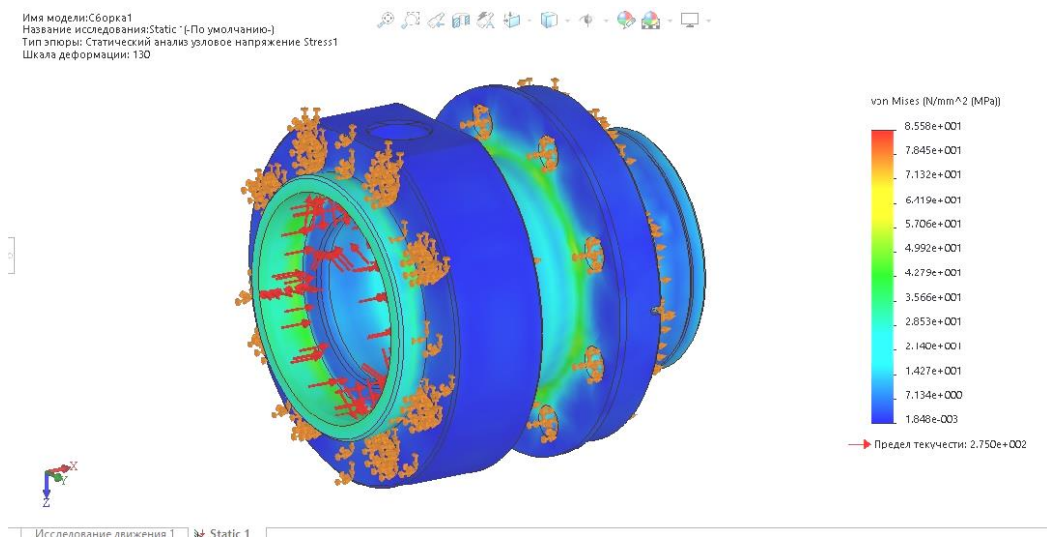


Рисунок 4.6 – Напряжения в элементах детали фланец ДА 3020-322

Після виконання всіх необхідних операцій виконується розрахунок напружень рис.4.6. і 4.7 та деформацій рис.4.8 і рис.9. Результати розрахунку відображаються в дереві задач [12].

Доступ до результатів забезпечується з контекстного меню для вибраної в дереві задач задачі по команді «Відкрити» або «Відкрити в новому вікні».

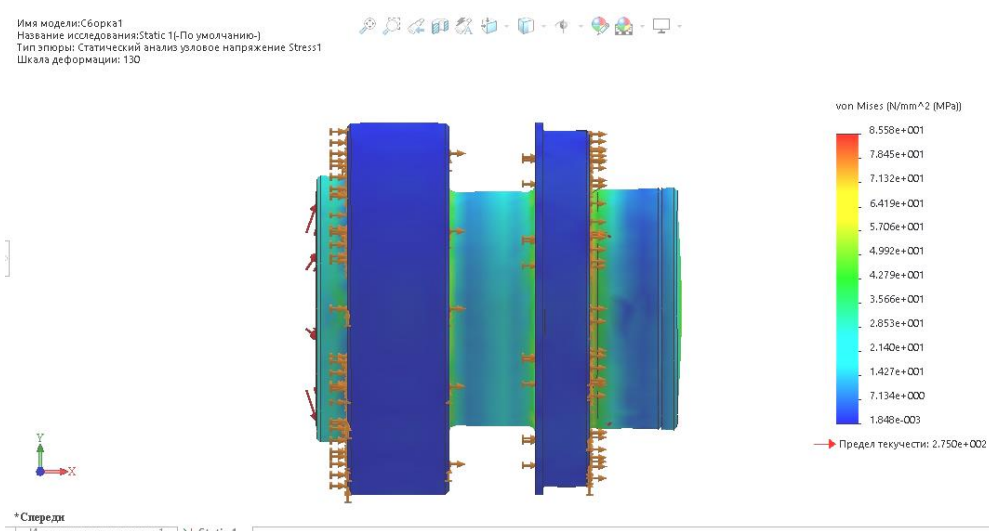


Рисунок 4.7 – Напряжения в детали фланец ДА 3020-322 (выгляд з боку)

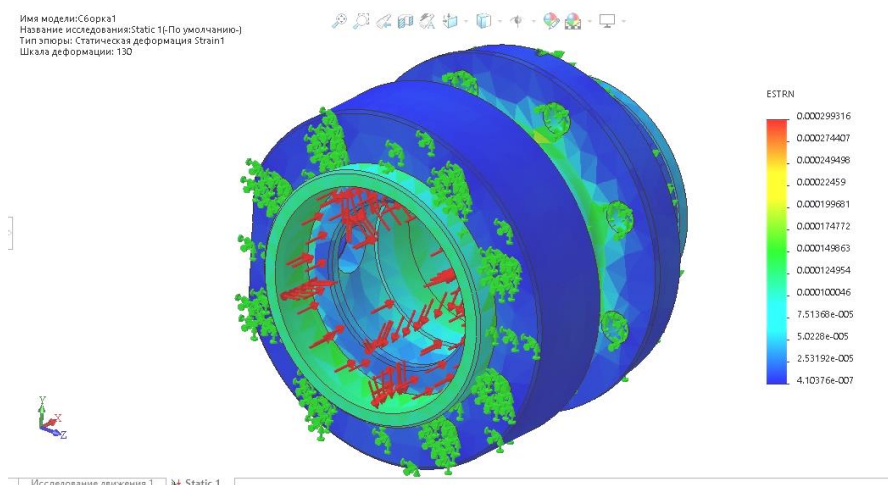


Рисунок 4.8 – Результати аналізу (деформація)

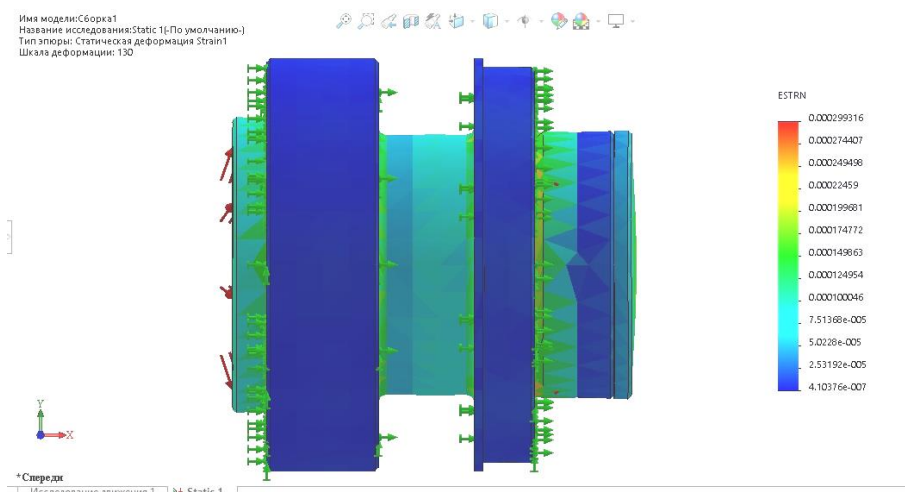


Рисунок 4.9 – Результати аналізу (деформація, вид з боку)

## 4.2. Висновки до розділу 4

Провівши аналіз конструктивних параметрів деталі при робочому навантаженні 12 МПа виявлено в деяких зонах максимальні напруження по Мізесу 8,558 МПа, та максимальні переміщення 0,0029 мм, що є в межах допустимої норми.

Отже деталь фланець ДА 3020-322 має достатню жорсткість, буде працювати при робочому навантаженні без значних деформацій поверхонь і не потребує додаткових конструкторських модернізацій по збільшенню розмірів її окремих параметрів.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Загальні вимоги безпеки до експлуатації роботизованих технологічних комплексів (РТК)

Наведемо загальні вимоги до експлуатації роботизованих технологічних комплексів [18].

1. До роботи з обслуговування РТК і РТУ (програмування, навчання, ПР, налагодження, ремонт) допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд і спеціальну підготовку по роботизованим системам і безпечної їх експлуатації, які склали кваліфікований іспит та отримали посвідчення на право обслуговування відповідних РТК.

2. Основним посібником з безпечної експлуатації РТК і РТУ є Інструкція з безпеки праці, розроблена і затверджена відповідно до вимог нормативних документів.

3. Навчання і налагодження ПР з використанням переносного пульта управління повинні здійснюватися оператором або наладчиком в присутності другої особи, яка наглядає за безпекою робіт. Перед початком навчання повинна бути перевірена працездатність регуляторів зниження швидкості переміщення виконавчих органів. Переміщати виконавчі пристрої ПР в ході налагодження і навчання слід зі швидкістю в 0,3 м / с.

4. Після навчання і налагодження перед експлуатацією РТК (тобто перед переведенням його на автоматичний режим) необхідно: - видалити до початку роботи за огорожу всі сторонні предмети; - провести до початку роботи тестову перевірку функціонування частин РТК (РТУ). При цьому перевірити спрацьовування блокувань всіх видів і призначень; - провести пробний цикл роботи комплексу на холостому ході; - не перебувати в робочому просторі ПР при його роботі в режимі виконання програми.

5. У ході експлуатації РТК, тобто при роботі його в автоматичному режимі, категорично забороняється перебувати в робочому просторі ПР, тобто всередині огорожі РТК.

6. Для періодичної зміни інструменту, регулювання і підналагодження технологічного обладнання (верстатів з ЧПУ, автоматів), їх змащування, чищення, дрібного ремонту в циклі автоматичної лінії повинно передбачатися спеціальний час. Всі роботи повинні виконуватися на знеструмленому устаткуванні.

7. Проблеми і аварійні ситуації, що виникають в процесі експлуатації РТК і РТУ, повинні щозміни реєструватися оператором або наладчиком в спеціальному журналі, форма якого встановлюється службою техніки безпеки підприємства спільно зі службою машин з ЧПУ і ПР і затверджується головним інженером.

#### **5.1.1. Вимоги безпеки до промислових роботів, роботизованих технологічних комплексів**

Конструкція промислових роботів (ПР), організація роботизованих технологічних комплексів (РТК) і гнучких виробничих систем (ГПС) повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.072.

У зв'язку з наявністю великої зони переміщення виконавчих органів одночасно по декількох координатах промислові роботи представляють об'єкти підвищеної небезпеки [18].

Основними небезпечними факторами при роботі окремих промислових роботів, роботизованих технологічних комплексів і гнучких виробничих систем в цілому є:

- Непередбачені руху виконавчих пристроїв при налагодженні, ремонті, під час навчання і виконання навчальних програм.

- Раптова відмова в роботі промислового робота або технологічного обладнання, що працює спільно з ним.

- Помилкові дії оператора або наладчика під час налагодження та ремонту, при роботі в автоматичному режимі.

- Доступ людини в робочий простір робота при роботі в режимі виконання

- Порухення умов експлуатації і вимог безпеки праці.

Вимоги безпеки до промислових роботів і умов їх експлуатації повинні бути вказані в стандартах і технічних умовах на ці роботи.

Виробниче обладнання, що застосовується в складі роботизованого технологічного комплексу, має відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.049, а також вимогам стандартів ССБТ на окремі групи промислового обладнання.

Планувальні рішення ПР, РТК і ГПС повинні забезпечувати: найкоротші шляхи руху предметів праці і виробничих відходів; мінімальна кількість операцій завантаження і розвантаження; раціональне розташування обладнання, робочих місць; раціональне розташування проходів, місць складування заготовок і готової продукції; найкоротші і зручні проходи до робочих місць та місць розташування органів аварійної зупинки; найкоротші і раціональні маршрути руху операторів при обслуговуванні двох і більше РТК; вільний доступ до зон і частин обладнання, що вимагає профілактичних оглядів та ремонту; безпеку праці через розміщення робочих місць з урахуванням вимог промсанітарії, техніки безпеки, електро-, вибухо- і пожежної безпеки; виключення впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на операторів РТК і працівників сусідніх робочих місць.

Розміщення основного і допоміжного обладнання РТК має забезпечувати вільний, зручний і безпечний доступ працівників до основних елементів обладнання для ефективного виконання робіт по його обслуговуванню в нормальних або аварійних умовах, з програмування та проведення налагоджувальних і ремонтних робіт.

Ширина проходів між різним устаткуванням на робочому місці для переміщення оператора повинна становити не менше 700 мм, для одночасного проходу двох операторів - не менше 1350 мм.

Планування робочого місця оператора, обслуговуючого два і більше РТК, повинна забезпечувати зручне спостереження за роботою технологічного устаткування і вільне пересування по оптимальному маршруту.

Розташування пульта управління РТК має забезпечувати оператору можливість візуального контролю за виконанням робочих і транспортних операцій, огляд елементів робочого місця, робочого простору ПР і суміжного з ним простору.

Взаємне розташування основного і допоміжного технологічного обладнання, ПР, пультів управління, технологічної та організаційної оснащення (вібробункера, що подають пристрої, накопичувачі, столи, тара і т.д.) повинно забезпечувати основні робочі рухи в оптимальній зоні і зоні легкої досяжності моторного поля, а також огляд в оптимальній зоні інформаційного поля робочого місця.

Робоче місце оператора повинно бути оснащено звуковою або світловою сигналізацією і телефонним зв'язком з групою наладчиків ПР, РТК або ГПС. Промислові роботи, що застосовуються для нанесення лакофарбових покриттів, повинні мати пожежо- та викоренення виконання.

Забарвлення виробів за допомогою універсальних і спеціалізованих ПР повинна здійснюватися в фарбувальних камерах прохідного типу, обладнаних транспортними засобами і вентиляційними пристроями.

ПР, призначені для експлуатації в умовах підвищеної запиленості та температури повітря, наявності вибухо-і пожежонебезпечних сумішей і в інших несприятливих умовах виробничого середовища, повинні мати відповідне захисне виконання.

Захватний пристрій ПР має утримувати об'єкт маніпулювання при раптовому відключенні живлення, якщо падіння об'єкта може привести до небезпечних ситуацій.

ПР повинні бути оснащені регулятором швидкості переміщення її виконавчих пристроїв до 0,3 м / с, якщо операції навчання і налагодження ПР вимагають перебування працівників у зоні робочого простору.

Для забезпечення безпеки праці оператора на пульті управління ПР, РТК або ДПС має відображатися інформація: про режим роботи ПР (виконання програми, ручне управління і ін.); про спрацювання блокувань ПР і технологічного обладнання, що працює спільно з ним; про наявність збою в роботі ПР; про початок руху виконавчих пристроїв і готовності до руху при виконанні керуючої програми ПР.

У конструкції ПР повинні бути кошти, що забезпечують зупинку виконавчих пристроїв при: знаходженні працівника у запрограмованій області робочого простору ПР; виході маніпулятора за межі запрограмованого простору ПР.

При спрацюванні блокувань система управління ПР повинна переводитися на ручний режим роботи.

Блокуючі пристрої ПР при роботі ПР в одному з режимів повинні виключати можливість роботи в іншому режимі і мимовільне перемикавання з одного режиму на інший.

Спрацювання пристрою аварійної зупинки має припиняти будь-які рухи ПР незалежно від режиму роботи.

Відновлення роботи ПР після аварійної зупинки повинно забезпечуватися спеціальною командою, яка подається оператором.

Огороджувальні пристрої ПР повинні виключати можливість випадкового попадання працівника в небезпечну зону РТК або ГПС, робочого простору ПР.

Захисні огорожі ПР, РТК і ГПС повинні бути пофарбовані відповідно до вимог ГОСТ 12.4.026 в жовтий колір.

У кожного РТК і ГПС на видному місці повинен бути вивішений плакат з попереджувачим написом "Увага! Працює робот!".

Пульт управління слід обладнати механічної або електронної блокуванням, що виключає випадкове включення ПР, РТК або ГПС сторонніми особами під час відсутності оператора.

У разі обслуговування одним оператором двох і більше РТК пульти управління повинні бути обладнані сигнальними лампами червоного кольору, що вказують на необхідність негайного втручання в робочий процес. 5.2.6.29. РТК або ГПС великої протяжності повинні бути оснащені додатковими органами аварійного відключення, розташованими в місцях найбільш частого перебування оператора на відстані не більше 4 м один від одного.

При проведенні робіт в зоні огороження на пульті управління, що знаходиться, як правило, за межами зони огорожі, повинен бути вивішений плакат з попереджувачим написом: "Не вмикати! Працюють люди!".

До самостійної роботи на РТК або ГПС в якості операторів і наладчиків повинні допускатися робітники, які досягли 18 років, що пройшли медичний огляд, вивчили будову та правила експлуатації основного і допоміжного технологічного обладнання, що входить до складу РТК, і безпечні прийоми і методи роботи, що мають групу з електробезпеки не нижче другої і здали кваліфікаційні іспити з отриманням посвідчення на право обслуговування РТК. Забороняється залучати до тимчасового обслуговування ПР, РТК, ГПС працівників, які не пройшли спеціальної підготовки з обслуговування ПР, РТК, ГПС і не навчених правилам їх безпечної експлуатації.

Перед допуском до самостійної роботи працівник повинен пройти первинний інструктаж на робочому місці та стажування, під час якої працівник повинен навчатися безпечним прийомам і методам роботи при програмуванні, налагодження, обслуговування і ремонт ПР.

Оператори і наладчики РТК і ГПС повинні бути ознайомлені з інструкціями з охорони праці для професій з обслуговування обладнання, що входить до складу РТК або ГПС.

При перекладі оператора або наладчика з одного типу РТК на інший кожен з них повинен пройти позаплановий інструктаж з урахуванням особливостей пристрою і обслуговування даного РТК.

Для зменшення ймовірності виникнення будь-яких несправностей в ПР і обладнанні РТК, ДПС необхідно забезпечувати своєчасне проведення їх профілактичного технічного обслуговування.

У виробництвах, де застосовуються ПР, в установленому порядку мають бути розроблені інструкції з охорони праці для наладчиків та операторів ПР, РТК або ГПС.

## **5.2. Техніка безпеки при налагоджуванні, експлуатації верстатів з ЧПК**

Безпека праці на верстаті досягається виконанням вимог безпеки.

До роботи на верстаті допускаються особи, що знайомі з його будовою, правилами експлуатації, що пройшли інструктаж по техніці безпеки, а також ознайомлені з експлуатаційною документацією.

Транспортування, установка, монтаж системи здійснюється згідно вимог відповідних розділів "Керівництва по експлуатації верстата".

Установка системи використовується тільки із застосуванням спеціальних вантажних механізмів.

*Міри безпеки при підготовці верстата до роботи.*

Необхідно перевірити наявність та справність:

- захисних механізмів та огорожень робочих органів;
- попереджувальних механізмів для захисту від стружки та МОР;
- різального та допоміжного інструментів;
- роботи блокувальних пристроїв.

*Міри безпеки при роботі верстата.*

Забороняється:

- перевищувати номінальну потужність;

- проводити контроль деталей, ручну заміну інструментів, ручне вилучення стружки, ремонт несправностей при ввімкнутому верстаті;
- використовувати в якості МОР та ін., бензин, керосин і т.п.;
- прибирати верстат стисненим повітрям.

Враховувати рекомендації по довжині інструмента та його максимальному діаметру.

Передбачене блокування інструмента, перевантаження верстата, самовільного опускання шпindelної бабки, перебігів рухомих вузлів.

Вмикання обертів шпинделя в автоматичному режимі можливе після кінцевого закріплення інструмента в шпинделі та його наявності при справній цанзі.

Реле тиску в магістралі гідроциліндра вимикає верстат при поданні тиску в гідросистемі.

Рухомі вузли верстата, що розташовані поза закритим габаритом верстата, пофарбовані в жовтий колір.

На верстаті передбачено захисні пристрої від попадання стружки та МОР на оператора.

*Міри безпеки при перевірці технічного стану верстату.*

якщо при перевірці порушена плавність роботи верстата; проходять заклинювання; з'являється сторонній шум та стук в вузлах та гідросистемі;

проходить підвищене нагрівання електрообладнання, не спрацювання блокувань, відмовлення роботи кінцевих вимикачів та ін., то роботу на верстаті припиняють, вимикають електрообладнання верстата.

### **5.2.1. Техніка безпеки при експлуатації гідроприводів верстатів з ЧПК**

Відповідно стандарту (ГОСТ12.2.086-83) розрізняють небезпечні та шкідливі виробничі чинники, які поділяються на три групи:

фізичні (не захищені рухомі частини гідромашин, підвищена температура зовнішніх поверхонь гідравлічних пристроїв та робочої рідини, частини, що відлітають при аварійному руйнуванні працюючих на великих робочих тисках гідроприводів, перегріта рідина, напруга в електричних ланцюгах тощо);

хімічні (токсичні та подразнюючі, що проникають в організм людини через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкіру та слизову оболонку);

психофізіологічні (нервово-психічні перенавантаження)

Більшість вимог до безпечної експлуатації гідроприводу реалізуються при його конструюванні.

Конструкція гідроприводу повинна виключати небезпечні для персоналу пересування вихідних ланок гідро-двигунів у будь-які моменти роботи та мати блокування, що виключають можливість помилкового включення несумісних рухів машини. Якщо гідро-привод може працювати в напівавтоматичному, то на пульті керування обов'язково повинен бути пристрій переключення на ручне керування.

Гідросистеми повинні мати блокуючі пристрої, завданням яких є виключення можливості появи небезпечних чинників шляхом зупинки роботи машини.

При необхідності фіксування в заданому положенні вихідних ланок гідро-двигунів встановлюють гідро-замки або інші фіксуючі пристрої. На пристроях, які допускають лише обертання в одному напрямку, повинні бути вказані стрілки.

Рухомі елементи, що розміщені поза корпусами, обов'язково огорожуються. Гідроприводи з акумуляторами повинні мати запобіжні пристрої від перенавантаження. Пневматичні гідроакумулятори можна заряджати лише азотом або іншим інертним газом, а їх газові порожнини повинні бути випробувані на міцність.

### 5.3. Розрахунок природного освітлення виробничого приміщення верстатів з ЧПК

Виробниче приміщення освітлюється природнім світлом через віконні прорізи. Вид природного бокового освітлення - одностороннє.

Виробниче приміщення знаходиться у місті Хмельницькому (49° північної широти). Розміри приміщення: ширина  $B = 24$  м, довжина  $A = 36$  м, висота  $H = 12,6$  м. Віконні прорізи орієнтовані по азимуту  $180^\circ$ . Відстань від виробничого приміщення до будинку, що стоїть навпроти  $P = 9$  м. Висота розташування карниза протилежного будинку над підвіконням виробничого приміщення  $H_{\text{буд}} = 3$  м. Висота від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна  $h_1 = 2,5$  м. Коефіцієнти відбиття: стелі  $\rho_{\text{п}} = 70\%$ , стін  $\rho_{\text{с}} = 50\%$ , робочої поверхні  $\rho_{\text{р}} = 10\%$ . Розряд зорової роботи IVв.

Світло-пропускний матеріал вікон - подвійне віконне скло, рами вікон – дерев'яні, здвоєні.

Визначимо площу віконних прорізів, необхідну для освітлення заданого виробничого приміщення.

Розв'язок задачі зводиться до визначення площі вікон, яка забезпечує нормоване значення коефіцієнта природної освітленості в розрахунковій точці.

При односторонньому бічному освітленні розрахункова точка приймається на відстані 1 м від стіни, найбільш віддаленої від вікон.

Площа віконних прорізів, необхідна для освітлення заданого виробничого приміщення, визначається за формулою:

$$S_0 = \frac{e_H \cdot K_3 \cdot \eta_0 \cdot K_{\text{буд}} \cdot S_{\text{пр.}}}{\tau_0 \cdot r_1 \cdot 100}, \quad (5.1)$$

де  $S_{\text{пр.}}$  - площа приміщення,  $\text{м}^2$ ,  $S_{\text{пр.}} = 864 \text{ м}^2$ ;

$e_H$  - нормоване значення коефіцієнта природної освітленості (КПО);

$K_3$  - коефіцієнт запасу,  $K_3 = 1,3$  [19];

$\eta_0$  - світлова характеристика вікон,  $\eta_0 = 22,8$  [19];

$K_{\text{буд.}}$  - коефіцієнт, що враховує затінення вікон протилежними будівлями,  $K_{\text{буд.}} = 1$  [19];

$\tau_0$  - загальний коефіцієнт світло пропускання;

$\tau_1$  - коефіцієнт, що враховує підвищення КПО за рахунок світла, що відбивається від внутрішніх поверхонь приміщення,  $\tau_1 = 3,55$  [19].

Коефіцієнт  $\tau_1$  вибирається в залежності від середнього коефіцієнта відбивання  $\rho_{\text{сер}}$ , який визначається за формулою:

$$\rho_{\text{сер}} = \frac{(\rho_n + \rho_p) \cdot S_{\text{np}} + \rho_c \cdot S_c}{2S_{\text{np}} + S_c}, \quad (5.2)$$

де  $S_c$  - площа стін,  $\text{м}^2$ ,  $S_c = 1058,4 \text{ м}^2$ .

Тому:

$$\rho_{\text{сер}} = \frac{(0,7 + 0,1) \cdot 864 + 0,5 \cdot 1058,4}{2 \cdot 864 + 1058,4} = 0,4.$$

Нормоване значення КПО визначається за формулою:

$$e_H = e_H^{IV} \cdot m \cdot C, \quad (5.3)$$

де  $e_H^{IV}$  - нормоване значення КПО для будівель, розташованих у IV поясі світлового клімату,  $e_H^{IV} = 1,5$  [19];

$m$  - коефіцієнт світлового клімату, що враховує географічний район розташування будинку,  $m = 0,9$  [19];

$C$  - коефіцієнт сонячності клімату, що враховує орієнтацію світлових прорізів відносно сторін світу,  $C = 0,7$  [19].

Тому:

$$e_H = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 0,945.$$

Загальний коефіцієнт світлопропускання  $\tau_0$  визначається за формулою:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4, \quad (5.4)$$

де  $\tau_1$  - коефіцієнт світло пропускання матеріалу,  $\tau_1 = 0,8$  [19];

$\tau_2$  - коефіцієнт, що враховує втрати світла в рамках вікон,  $\tau_2 = 0,75$  [19];

$\tau_3$  - коефіцієнт, що враховує втрати світла в несучих конструкціях,  $\tau_3 = 1$ ;

$\tau_4$  - коефіцієнт, що враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях,  $\tau_4 = 1$  [19].

Тому:

$$\tau_0 = 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 = 0,6.$$

Отже площа віконних прорізів, яка забезпечує нормоване значення коефіцієнта природної освітленості в розрахунковій точці, становить:

$$S_0 = \frac{0,945 \cdot 1,3 \cdot 22,8 \cdot 1 \cdot 864}{0,6 \cdot 3,55 \cdot 100} = 113,6 \text{ м}^2.$$

## Загальні висновки по роботі

1. Проаналізовано призначення, конструкцію та технічні вимоги на об'єкт виробництва. Визначено тип виробництва та ступінь технологічності деталі Фланець ДА3020-322.01 Проаналізовано сучасні досягнення по створенню робото-технологічних комплексів та шляхи удосконалення технологічного процесу виготовлення Фланця ДА3020-322.01, визначено перспективне обладнання та різальний інструмент.

2. Для визначеного типу виробництва вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу, застосувавши верстати з ЧПК, а саме токарний центр SV30 фірми HAAS (США).

3. Проведено обґрунтування нових технологічних параметрів процесу механічної обробки деталі Фланець ДА3020-322.01, а саме вибрано обладнання та різальний інструмент, розраховано припуски на обробку, розраховано режими різання по операціях, проведено нормування операцій, визначено ступінь механізації та автоматизації технологічного процесу.

4. Виконано проектування технологічної оснастки для операції свердлування. Розроблено технічне завдання на проектування верстатного пристрою. Розроблено конструкцію пристрою для виконання операції свердлування 8 отворів на верстаті з ЧПК та проведено його розрахунок.

Виконано проектування контрольного пристрою та проведено розрахунок його на точність.

5. Аналіз результатів проведених досліджень у SolidWorks показали, що елементи деталі Фланець ДА3020-322.01 мають достатню жорсткість, будуть працювати при робочому навантаженні без значних деформацій поверхонь і не потребують додаткових конструкторських модернізацій по збільшенню розмірів їх окремих параметрів.

### Список використаних джерел

1. Белянин П. Н. Промышленные роботы и их применение. – М.: Машиностроение, 1983. – 311с.
2. Волчкевич Л. И., Ковалев М. П., Кузнецов М. М. Комплексная автоматизация производства. – М.: Машиностроение, 1983. – 269с.
3. Козырев Ю.Г, Промышленные роботы. – М.:Машиностроение, 1988. – 392с.
4. Костюк В. И., Гавриш А. П., Ямпольский Л. С. И др. Промышленные роботы. – К, : Вища школа, 1985. – 359 с.
5. Костюк В. И., Спишу Г. О., Ямпольський Л. С. і ін. Робототехніка. – К.: Вища школа, 1994. – 447 с.
6. Бабук В.В. Дипломное проектирование по технологии машиностроения/ В.В. Бабук , 1978. – 422 с.
7. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов / Ю.В. Барановский . М. “Машиностроение”, 1972. – 311 с.
- 8.Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения /А.Ф. Горбацевич . Минск. “Высшая школа”1983. – 365 с.
9. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков/ А.К. Горошкин. М., “Машиностроение”, 1979. – 436 с.
10. Добриднев А.Н. Курсовое проектирование по предмету “Технология машиностроения” / А.Н Добриднев. Москва. М. 1985. – 244 с..
11. Егоров М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов / М.Е. Егоров . М., “Высшая школа” 1969. – 480 с.
12. Справочник технолога-машиностроителя, том 1. М. под ред. Косиловой А.Г. “Машиностроение”, 1986. – 656 с.
13. Справочник технолога-машиностроителя, том 2. под ред. Малова А.Н. М. “Машиностроение”, 1986. – 490 с.
14. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для

технического нормирования станочных работ. Серийное производство. -М.: Машиностроение.1974. – 136 с.

15. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів /А.І. Гордєєв, Є.А. Урбанюк, А.Є. Безносів, В.Г. Мігаль. Навчальний посібник, ХНУ, 2005, – 300 с.

16. Чернин А.Г. Детали машин. /А.Г. Чернин. М., “Высшая школа”, 1975. – 443 с.

17. Алямовский А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А.А. Алямовский. М.: ДМК Пресс, 2010. – 464 с.

18. Полтев М.К. Охрана труда в машиностроении.- Москва «Высшая школа»,1980. – 294с.

19. Калда Г.С., Снозик О.В., Кирилков В.А. Охорона праці в галузі. Індивідуальні завдання та методичні вказівки до їх розв’язування для студентів інженерних спеціальностей. Хмельницький: ХНУ, 2007. 40 с.

20. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. – Киев, 1986. 450 с.