

Хмельницький національний університет

Факультет: інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра: Технології машинобудування

## РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи магістра на тему:  
**Удосконалення технологічного процесу  
виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра ГО-  
342» із застосуванням верстатів з ЧПК**

Спеціальність: 131 – Прикладна механіка

Магістрант: Данчук Л. Р.

Керівник магістерської роботи: д. т. н., професор

Гордєєв А.І.

Рецензент: к.т.н., доцент Лук'янюк М.В.

Робота допущена до захисту  
Завідувач кафедри технології машинобудування

Ткачук В.П.

Хмельницький – 2022 року

## Хмельницький національний університет

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

### ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ МАГІСТРА

магістру Данчук Л. Р

Тема затверджена наказом ректора  
' \_\_\_\_ ' від " \_\_\_\_ " 2022 р.

Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення  
деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342» із застосуванням верстатів з  
ЧПК

План роботи і терміни подання окремих розділів

Розділ I \_\_\_\_\_ 1.10.2022

Розділ II \_\_\_\_\_ 15.10.2022

Розділ III \_\_\_\_\_ 15.11.2022

Розділ IV \_\_\_\_\_ 1.11.2022

Перелік графічних матеріалів: 1. Мета і задачі досліджень - 1 лист; 2. Деталь - 1 лист; 3. Заготовка - 1 лист; 4. РТК - 1 лист; 5. Графотехнологія - 1 лист; 6. Пристрій для верстата з ЧПК - 1 лист.; 7. Пристрій для контролю співвісності; 8. Контрольний пристрій - 1 лист; 9. Різальний інструмент - 1 лист; 10. Дослідний лист - 1 лист.

Термін подання закінченої роботи на кафедру \_\_\_\_ 12.12.2022

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Ткачук В.П.  
Керівник \_\_\_\_\_ Гордєєв А.І.  
Магістр \_\_\_\_\_ Данчук Л. Р

## Реферат

магістерської дипломної роботи на тему:

### **Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342» із застосуванням верстатів з ЧПК**

Здобувач: Данчук Л. Р. Керівник: д.т.н., проф. Гордєєв А.І.

Магістерська робота Данчук Л. Р. присвячена удосконаленню техпроцесу виготовлення «Корпуса гідроциліндра ГО-342» із застосуванням верстатів з ЧПК, а саме токарного центру ST30 фірми HAAS (США).

Проведено аналіз існуючого технологічного процесу та запропоновано новий технологічний процес виготовлення «Корпуса гідроциліндра ГО-342» із застосуванням верстатів з ЧПК.

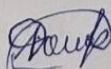
Для здійснення технологічного процесу виготовлення «Корпуса гідроциліндра ГО-342» вибрано відповідне обладнання та різальний інструмент та виконані розрахунки припусків, режимів різання, та норм часу на виконання операцій оброблення.

Проведено розрахунки верстаних пристроїв для свердлування, з визначенням сили затиску, розрахунком елемента пристрою на міцність, на точність та приведено опис його роботи. Проведено розрахунки контрольних пристроїв на точність та приведено опис їх роботи. Спроектовано конструкцію борштанги з орієнтованою жорсткістю.

В дослідному розділі проведено патентний аналіз конструктивної будови борштанг для розточування. Наведено результати досліджень деформації тіла борштанги по координатах у програмному продукті SolidWorks та запропоновано конструкцію борштанги з орієнтованою жорсткістю для оброблення деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342».

В розділі охорона праці наведено умови безпечної праці на верстатах з ЧПК та проаналізовано схеми конструкцій штучної вентиляції.

Автор:



Данчук Л. Р.

/Підпис/

## ВІДГУК

## на магістерську роботу Данчук Л.Р. «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпуса гідроциліндра ГО-342» із застосуванням верстатів з ЧПК»

Тема магістерської роботи Данчук Л.Р. є інженерно цікавою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на удосконалення техпроцесу виготовлення стійки із застосуванням верстатів з ЧПК, а саме токарного центру ST30 фірми HAAS (США).

Автором в роботі вирішені наступні задачі: проведено огляд літератури по існуючих конструкціях обладнання, запропоновано новий технологічний процес виготовлення «Корпуса гідроциліндра ГО-342», спроектовано верстатний пристрій та контрольні пристрої, різальний інструмент.

У технологічному розділі розраховано: припуски на обробку, визначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на необхідному рівні.

В дослідному розділі проведено патентний аналіз конструктивної будови борштанг для розточування. Наведено результати досліджень деформації тіла борштанги по координатах у програмному продукті SolidWorks та запропоновано конструкцію борштанги з орієнтованою жорсткістю для оброблення деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342».

В розділі охорона праці наведено умови безпечної праці на верстатах з ЧПК та проаналізовано схеми конструкцій штучної вентиляції.

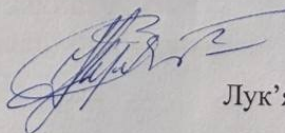
Графічна частина виконана на доброму рівні з використанням комп'ютерного просторового проектування і дає повне уявлення про предмет розробки. Креслення та пояснювальна записка відповідають вимогам ДСТУ.

По роботі є зауваження:

1. Багато було би проводити розрахунок собівартості заготовки по новим цінам на метал.

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

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



Лук'янюк М.В.

## ЗМІСТ

Зміст.....	4
Вступ .....	7

### **РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ. ОБ'ЄКТ ВИРОБНИЦТВА ТА ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС ГІДРОЦИЛІНДРА ГО-342»**

.....	10
1.1. Аналіз об'єкта виробництва.....	10
1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	12
1.3. Визначення типу та організаційної форми виробництва..	15
1.4. Сучасні шляхи удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342».....	19
1.5. Основні пропозиції щодо побудови удосконаленого технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342».....	27
Висновки до розділу 1 та завдання досліджень.....	28

### **РОЗДІЛ 2.ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....**

.....	29
2.1. Аналіз існуючого технологічного процесу.....	29
2.2. Вибір заготовки та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання.....	30
2.3. Вибір технологічних баз.....	37
2.4. Вибір технологічного маршруту оброблення деталі та розробка технологічних операцій.....	39
2.5. Розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом .....	40
2.6. Вибір різального інструменту.....	46
2.7. Розрахунок та вибір режимів різання .....	48

2.8. Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій	60
Висновки до розділу 2.....	63
<b>РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ.....</b>	<b>64</b>
3.1. Проектування верстатного пристрою для закріплення заготовки при свердлуванні 6-х отворів на верстаті з ЧПК .....	64
3.1.1. Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення заготовки в пристрої .....	64
3.1.2. Розрахунок сили затиску заготовки .....	66
3.1.3. Розрахунок параметрів приводу пристрою.....	67
3.1.4. Розрахунок елементів пристрою на міцність.....	69
3.1.5. Розрахунок пристрою на точність.....	70
3.1.6. Опис роботи пристрою та технічні вимоги .....	71
3.2. Розрахунок та проектування вимірювального інструменту для контролю пов. Ø40H7.....	72
3.3. Проектування контрольного пристрою для контролю відхилення поверхонь .....	74
3.3.1. Розробка схеми вимірювання .....	74
3.3.2. Розрахунок пристрою на точність.....	74
3.3.3. Принцип роботи пристрою .....	76
3.3.3. Опис конструкції і роботи контрольного пристрою ...	76
3.4. Проектування конструкції консольної борштанги з орієнтованою жорсткістю.....	76
Висновки до розділу 3.....	78
<b>РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДИЦЬКИЙ .....</b>	<b>79</b>
4.1. Аналіз конструкцій консольних борштанг з метою зменшення їх надмірних коливань у процесі оброблення .....	79
4.2. Аналіз результатів моделювання конструкції розточувальної борштанги з орієнтованою жорсткістю.....	84

Висновки до розділу 4.....	91
<b>РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....</b>	<b>92</b>
5.1. Техніка безпеки при налагоджуванні, експлуатації верстатів з ЧПК .....	92
5.2. Штучна вентиляція .....	94
Висновки до розділу 5.....	99
Загальні висновки по роботі.....	100
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>101</b>
<b>Додатки</b>	

## ВСТУП

Машинобудування є важливою галуззю промисловості народного господарства країни. Його продукція – машини різного призначення поставляються всім галузям народного господарства. Ріст промисловості і народного господарства, а також темпи переозброєння їх новою технікою в значній мірі залежать від рівня розвитку машинобудування.

Перед технологами-машинобудівниками стоять задачі подальшого збільшення якості машин, зниження працеемкості, собівартості та матеріалоемності їх виготовлення, впровадження поточних методів роботи, механізації і автоматизації виробництва, а також скорочення термінів підготовки виробництва до нових об'єктів.

У наш час питання розвитку виробництва в економіці серйозне й наукомістке завдання, але без розвитку виробництва й вкладення в нього засобів підприємства існувати не можуть. У зв'язку із цим підприємства шукають можливості й засоби для успішної роботи й подальшого розвитку. Зараз помітне прагнення заводів максимально знижувати собівартість своєї продукції, застосовувати більше високопродуктивне встаткування й оснащення, оснащувати верстати промисловими роботами.

В умовах нинішньої економічної ситуації необхідно використовувати засоби з максимальним ефектом, щоб вони змогли в майбутньому приносити найбільший дохід, це стосується всіх машинобудівних підприємств.

Верстати з програмним управлінням дозволяють автоматизувати процеси механічної обробки навіть в умовах дрібносерійного виробництва. Гнучкість систем ЧПУ і можливість підключення верстатів до загальної системи управління від однієї ЕОМ створюють перспективу використання цих верстатів і в умовах масового виробництва.

Ефективність застосування верстатів з ЧПУ досягається за рахунок зменшення витрат на технічне оснащення, втрат від браку, скорочення

виробничих площ, підвищення режимів різання та концентрації операцій. В умовах дрібносерійного та серійного виробництва складова машинного часу на універсальних верстатах складає 20–40 %, на верстатах з ЧПУ вона збільшується до 50–70 %.

### **Актуальність теми дослідження**

Технічна задача вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу 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 вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342» та розроблення конструкцій верстатних пристроїв є актуальною технологічною задачею.

**Мета роботи.** Метою магістерської дипломної роботи є зниження технологічної собівартості завдяки удосконаленню технологічного процесу механічної обробки заготовки із застосуванням сучасних технологій і нових методів обробки заготовок на верстатах з ЧПК.

**Предмет дослідження** – технологічний процес виготовлення «Корпус гідроциліндра ГО-342».

**Об'єкт дослідження** – обґрунтування технологічних параметрів процесу механічної обробки деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342» і конструктивних параметрів верстатних та контрольних пристроїв.

**Практичне значення** одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342» при цьому запропоновані такі нові рішення:

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

- розроблено конструкцію пристрою для виконання операції свердлування на верстаті з ЧПК та контрольні пристрої і різальний інструмент.

### **Задачі досліджень**

Базуючись на типовому технологічному процесі виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342» необхідно:

- вдосконалити технологічний процес виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342», застосувавши верстат з ЧПК моделі ST30 фірми ХААС;

- провести конструктивну розробку верстатного та контрольних пристроїв;

- провести патентний аналіз конструктивних особливостей консольного інструменту для операцій розточування та вибрати раціональну конструкцію борштанги.

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### ОБ'ЄКТ ВИРОБНИЦТВА ТА ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС ГІДРОЦИЛІНДРА ГО-342»,

#### 1.1. Аналіз об'єкта виробництва

Деталь «Корпус гідроциліндра ГО-342», є базовою деталлю одностороннього гідроциліндра й призначена для встановлення різних деталей гідроциліндра, що входять у його конструкцію, щодо її поверхонь. До корпуса гідроциліндра деталі пред'являються високі технічні вимоги до виготовлення відповідальних поверхонь та вимоги підвищеної міцності й високого опору зношування (рис.1.1).

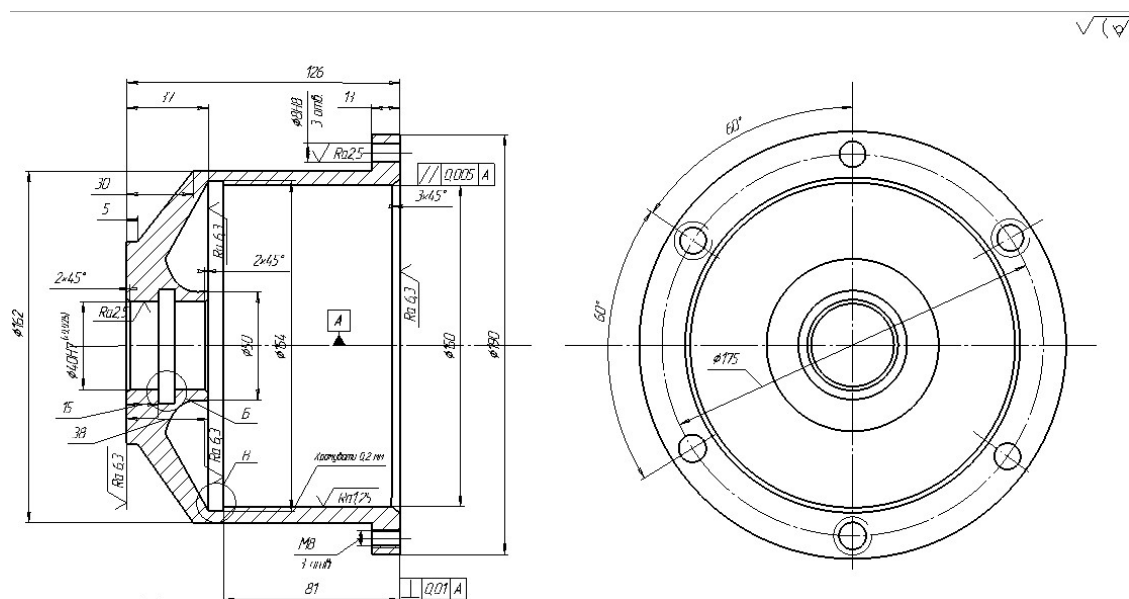


Рисунок 1.1 – Креслення деталі корпуса одностороннього гідроциліндра

З точки зору аналізу по геометричній формі, деталь є простою і немає поверхонь, що важко оброблюються, крім канавки, що потребує застосування борштанги. Усі поверхні є простими і являють собою торці, зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні. Це є перевагою тому що точність та

стабільність обробки в значній мірі залежить від простоти конструктивних форм.

Розміри на кресленні деталі проставлені так, що дозволяють використовувати суміщення баз. Це призводить до більшої точності виготовлення деталі за рахунок виключення похибок установки та базування.

Значення допустимих та граничних відхилень розмірів та шорсткості проставлені тільки на робочі поверхні, а на невідповідальні поверхні проставлені невисокі умови та є поверхні, що не оброблюються.

Хімічний склад сталі 45Л за ГОСТ 977-75 представлено в Таблиці 1.1, а основні механічні властивості - в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1.

## Хімічний склад Сталі 45Л

C, %	Si, %	Mn, %	Не більше		Ni, %	Cr, %
			S, %	P, %		
0.4-0.5	0.17-0.37	0.5-0.8	0.045	0.045	0.3	0.3

Таблиця 1.2

## Механічні властивості Сталі 45

$R_b$ , МПа	$R_{міц}$ , МПа	$a_n$ , Дж/см <sup>2</sup>	НВ	$\delta$ ,%
<	<			
610	360	50	241	16

В технічних вимогах вказано покриття: хромування дзеркала гідроциліндра.

Деталь корпус одностороннього гідроциліндра являє собою по конфігурації циліндричну форму з центральним отвором та фланцем. Кріпильні отвори розміщені на достатньо великій відстані один від одного (> 25 мм.), що дозволяє вести одночасну обробку декількома інструментами (при свердлінні). Решта оброблюваних поверхонь з точки зору точності й чистоти не являють собою значних технологічних труднощів, легкий доступ

інструменту, хороші базові поверхні, як при розточувальній обробці, так і при свердлінні отворів.

Конструкція деталі в цілому технологічна. Деталь рис.1.1 має хороші базові поверхні для виконання більшості операцій механічної обробки.

## 1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі

На кресленні деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342», вказані всі розміри, квалітети точності, шорсткість поверхонь. Вказані допустимі відхилення концентричності отворів, співвісності, радіального биття, прямолінійності. На кресленні вказано матеріал корпусу – сталі 45Л, а також захисні покриття внутрішніх та зовнішніх поверхонь.

Отже, по якісним показникам деталь «Корпус гідроциліндра ГО-342», являється технологічною.

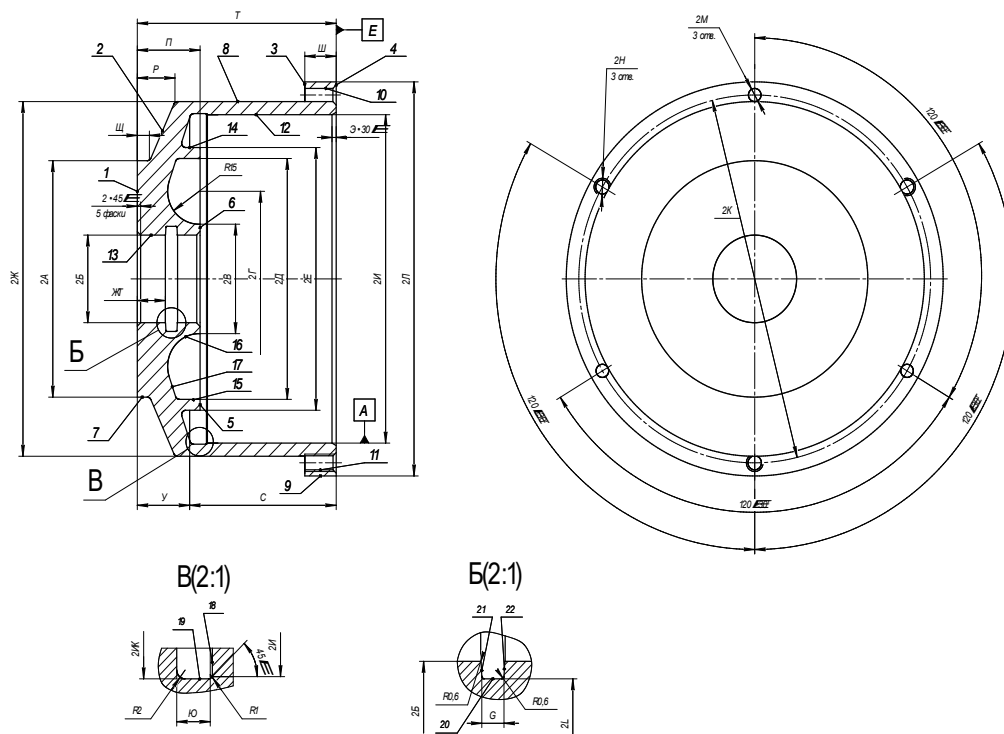


Рисунок 1.2 – Креслення деталі корпусу гідроциліндра з позначенням її поверхонь

Аналіз технологічності конструкції деталі будемо проводити по наступних групах критеріїв:

технологічність заготівлі;

технологічність установки;

технологічність оброблюваних поверхонь;

технологічність загальної конфігурації деталі.

### 1.2.1 Технологічність заготовки

Тому що до деталі пред'являються вимоги підвищеної міцності й високого опору зношування, то, як матеріал при виготовленні корпуса гідроциліндра застосовується сталь 45Л ГОСТ 977-75 з наступною її термообробкою (загартування, відпустка) і хромуванням пов.12,13 (рис.1.2).

Матеріал деталі не є дефіцитним, при відносно невисокій вартості він має гарні ливарні якості: температура початку затвердіння 1480-1490°; показник тріщиностійкості  $k_{т.в} = 0,8$ ; схильність до утворення усадочної раковини  $k_{у.р.} = 1,2$ ; плинність  $k_{ж.т.} = 1,0$ ; ливарна усадка 2,2% - 2,3%; схильність до утворення усадочної пористості  $k_{у.п.} = 1,0$ .

Сталь має гарні властивості по обробці різанням у відпаленому стані при HB200: твердосплавним інструментом  $k_{v.тв.спл.} = 1,1$ , інструментом зі швидкорізальної сталі  $k_{v.б.ст.} = 1,1$ , до відпускнуї крихкості не схильна. Однак дана сталь є важкою для зварювання, що може викликати утруднення при одержанні заготівлі у вигляді звареної конструкції.

Заготівлю корпуса, можливо, одержати як литтям у земляні форми, так і у вигляді звареної конструкції, що складає із фланця, труби й дна.

В обох випадках заготівля проста по конфігурації й може бути отримана без особливих затрат. Найбільш кращий варіант одержання заготівлі буде визначено економічним розрахунком. Таким чином, заготівлю можна вважати технологічною.

### **1.2.2 технологічність установки заготовки у пристроях**

Чорновими базами для установки заготовки на першій операції можуть бути циліндричні й торцеві поверхні заготівлі. Надалі за бази прийняті циліндрична пов.12 і торцева пов.4 або циліндрична пов.13 і торцева пов.1, залежно від операції (операції 10, 15, 20, 25); на операції 15 за бази прийняті торцева пов.1 і циліндрична 8; на операції 20, 25 за бази прийняті торцева пов.1 і циліндрична 12, 13 відповідно (рис.1.2).

Дані технологічні бази забезпечують надійну орієнтацію й закріплення заготовки, можливість вільного підведення інструмента при обробці.

Поверхні деталі досить розвинені, тому при обробці не потрібне застосування складних і дорогих верстатних пристосувань.

Вимірювальні бази деталі можна використовувати як технологічні бази, тому що точність і шорсткість цих баз забезпечує необхідну точність обробки.

Таким чином, з погляду установки при обробці, деталь можна вважати технологічною.

### **1.2.3 Технологічність оброблюваних поверхонь**

Передбачається обробляти всі поверхні деталі, крім пов.2, 3, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 17 (т.до заданої точності і шорсткості дозволяють їх одержати на заготівельній операції). число оброблюваних поверхонь: 4 циліндричних: 12, 13, 10, 11; 4 торцевих: 4, 1, 5, 6; 3 різьбові отвори: пов.11; 2 канавки: пов.18, 19, 20, 21, 22; фаски (рис.1.2).

Для забезпечення нормальної працездатності всіх вузлів гідроциліндра призначені наступні вимоги до геометрії корпусу: допуск на розташування отворів під штифти й різьбові отвори під болти, щоб забезпечує точне притискання елементів гідроциліндра до корпусу при складанні.

Точність і шорсткість поверхонь 12, 13 визначається умовами експлуатації корпусу гідроциліндра. зменшення точності приведе до зниження точності установки поршня і штока в корпус гідроциліндра. Всі отвори корпусу легко доступні для обробки. Поверхні різного призначення розділені, що полегшує обробку. Для виходу шліфувального круга, а також хонинговальної головки при обробці пов.12 передбачена канавка. На пов.13 передбачена канавка під ущільнювальне кільце. Форма деталі дозволяє обробляти поверхні напрохід. Обробка поверхонь в упор утруднені не викликає.

Таким чином, з погляду оброблюваних поверхонь, деталь можна вважати технологічною.

### 1.3. Визначення типу та організаційної форми виробництва

Для визначення типу виробництва використовуємо ГОСТ 3.1119-83, який характеризується коефіцієнтом закріплення операцій. Коефіцієнт закріплення операцій для планового періоду рівному одному місяцю визначаємо за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{\sum n_{oi}}{(\sum P_i)}, \quad [1]$$

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

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

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

$$n_{oi} = \frac{\eta_m}{\eta_3}, \quad (1.2)$$

де  $\eta_3$  - коефіцієнт завантаження верстата на операцією, яка проектується

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

$$\eta = T_{ш.к} N_m / (60 F_m k_v) \quad (1.3)$$

де  $T_{ш.к}$  - штучно-калькуляційний час на виконання операції, хв.,

$N_m$  – місячна програма випуску заданої деталі при роботі в дві зміни, шт.

$$N_m = N_p / 24, \quad (1.4)$$

де  $N_p = 2000$  - річна програма випуску заданої деталі.

$$N_m = 2000 / 24 = 83 \text{ шт.}$$

$F_m$  – місячний фонд часу роботи обладнання в дві зміни, год.

$$F_m = 4055 / (2 \cdot 12) = 169 \text{ год.}$$

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

Підставивши в формулу (1.7) значення  $F_m$  та  $k_v$  отримаємо такий вираз;

$$\eta_3 = \frac{T_{ш.к} N_m}{13182} \quad (1.5)$$

Залежність для визначення кількості однотипних операцій, які виконується на одному верстаті протягом місяця: 83 шт.

$$n_{oi} = \frac{13182 \eta_H}{T_{ш.к} N_m} \quad (1.6)$$

$$n_{o1} = 13182 \cdot 0,8 / 1,7 \cdot 83 = 63$$

$$n_{o2} = 13182 \cdot 0,8 / 5,3 \cdot 83 = 23,9$$

$$n_{o3} = 13182 \cdot 0,8 / 3,5 \cdot 83 = 36,3$$

$$n_{o4} = 13182 \cdot 0,8 / 5,5 \cdot 83 = 26$$

$$n_{o5} = 13182 \cdot 0,8 / 4 \cdot 4 = 29$$

Загальну кількість операцій, які виконуються на дільниці протягом одного місяця визначаємо за формулою:

$$\sum n_{oi} = n_{o1} + n_{o2} + \dots + n_{on} \quad (1.7)$$

$$\sum n_{oi} = 63 + 23,9 + 36,3 + 26 + 29 = 102,8$$

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

$$P_i = \frac{N_i t_i}{60 k_\phi \Phi} = \frac{n_{oi} N_M T_{ш.к}}{60 k_\phi \Phi} \quad (1.8)$$

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

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

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

Після підстановки в формулу (1.8) значень  $k_\phi$ ,  $\Phi$  та  $n_{oi}$  отримаємо залежність для визначення необхідної кількості працівників для обслуговування одного верстата.

$$P_i = 0,96 \eta_n \quad (1.9)$$

$$P_i = 0,96 \cdot 0,8 = 0,77$$

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

Явочну кількість робітників дільниці визначаємо сумуванням значень  $P_i$ ;

$$\sum P_i = P_1 + P_2 + \dots + P_n \quad (1.10)$$

$$\sum P_i = 0,77 + 0,77 + 0,77 + 0,77 + 0,77 = 3,85$$

Отже:

$$K_{3,0} = 102,8/3,85 = 26,7.$$

По розрахованому коефіцієнту закріплення операції приймаємо тип виробництва – дрібносерійне.

Серійне виробництво характеризується певною обмеженістю номенклатури виробів, які виготовляються чи ремонтуються періодично партіями, які повторюються і порівняно з великим об'ємом випуску.

На підприємствах серійного виробництва, як правило, значна кількість обладнання складається з універсальних верстатів, які обладнані як спеціальними, так і універсально – налаштованими (СНП, УНП) і універсально – збірними (УЗП) пристроями, що дозволяють знизити працемісткість і собівартість виготовлення виробу.

При невеликій працемісткості обробки або недостатньо великій програмі випуску виробів бажано обробляти заготовки партіями, з послідовним виконанням операцій, тобто після обробки всіх заготовок партії на одній операції виконувати обробку цієї партії на наступній операції. При цьому час обробки на різних верстатах не узгоджують. Заготовки під час обробки зберігають біля верстата, потім транспортують цілою партією.

В серійному виробництві застосовують також змінно-потоківу форму організації робіт. Тут обладнання розташовують по ходу технологічного процесу. Обробку виконують партіями, причому заготовки кожної партії можуть відрізнятися розмірами і конфігурацією, але допускають обробку на одному і тому ж обладнанні.

При серійному виробництві застосовують універсальні, спеціалізовані, агрегатні та інші металообробні верстати. При виборі технологічного обладнання, спеціального чи спеціалізованого пристрою та інструмента необхідно виконувати розрахунки витрат і строків окупності, а також економічний ефект від використання обладнання і технологічної оснастки.

#### **1.4. Сучасні шляхи удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342»**

«Для обробки деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342», використовується метод концентрації операцій, тобто бажано виконати максимально-можливу кількість переходів за один установ заготовки. Забезпечити виконання даного принципу дозволяє використання багатоцільових верстатів з великою кількістю інструментів фірми HAAS (США). Дане обладнання широко розповсюджене на світових ринках, випускається ціла гамма верстатів, які поділяються за кількістю інструменту, максимально можливими розмірами заготовки тощо.

Крім того на ринку інструментальних матеріалів спостерігається тенденція підвищення зносостійкості нанесенням покриттів, застосування максимальних режимів обробки та підвищеного періоду стійкості твердосплавних пластинок.

Велику роль у вдосконаленні виробництва відіграє оснастка різного роду. Впровадження прогресивних верстатних пристроїв сприяє підвищенню продуктивності і точності обробки, складання та контролю; полегшенню умов праці, скороченню кількості і зниженню необхідної кваліфікації робітників; розширенню технологічних можливостей обладнання; підвищенню безпеки праці.

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 програмуються у всіх типах систем з ЧПУ» [2-4].

«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.

Технологічний процес (ТП) обробки на верстаті з ЧПУ, на відміну від традиційного технологічного процесу, вимагає більшої деталізації при вирішенні технологічних завдань і врахування специфіки подання інформації. Структурно технологічний процес також ділиться на операції, елементами яких є встановити, позиції, технологічний і допоміжний переходи, робочі та допоміжні ходи.

Деталізація технологічного процесу для обладнання з ЧПУ призводить до поділу ходів на кроки, кожен з кроків являє собою переміщення на ділянці траєкторії інструменту уздовж певного геометричного елемента, на якому не змінюється режим.

Наприклад, кроками є окремі переміщення інструменту вздовж прямої або кола з постійною швидкістю, а також розгін і гальмування на початку і кінці руху.

Найпростішими складовими процесу обробки є елементарні переміщення і технологічні команди, які відпрацьовувались УЧПУ.

Елементарні переміщення формуються з урахуванням обмежень конкретного УЧПУ. До них відносяться, наприклад, необхідність розташування дуги окружності в межах одного квадранта або завдання відрізка прямої числом дискрет, що не перевищує ємності регістра пам'яті УЧПУ. Технологічні команди, реалізовані виконавчими механізмами верстата, забезпечують необхідні умови відпрацювання елементарних переміщень. послідовність елементарних переміщень і технологічних команд визначає зміст УП. Розробка ТП і УП для верстатів з ЧПУ є одним із завдань технологічної підготовки виробництва (ТПП) і повинна виконуватися в суворій відповідності зі структурними зв'язками системи ТПП, в загальному випадку є частиною системи розробки та запуску продукції у виробництво на підприємстві. функції системи ТПП досить великі» [2-4].

«Етапи проектування технологічного процесу для верстатів з ЧПУ. У загальному випадку проектування ТП для верстатів з ЧПУ можна розділити на три стадії: розробку маршруту деталі; розробку ТП; підготовку УП. Кожна стадія містить кілька етапів проектування. Створення УП для верстатів з ЧПУ в умовах автоматизованого виробництва є найважливішою завданням всієї системи ТПП. Документація, розроблена на першій стадії, є вихідною для виконання робіт на другій і третій стадіях.

Аналіз можливого ТП переслідує мета визначити конкретний об'єм операцій по обробці даної деталі, які доцільно виконувати на верстатах з ЧПУ, а також максимально використовувати технологічні прийоми та існуючі оснащення і інструмент. Розглядається не лише дана деталь, але і вся група деталей, схожих по конструктивним і технологічним ознакам, щоб можна було застосовувати типові і групові ТП і методи обробки, групове оснащення. Якщо деталь раніше не оброблялась, для ознайомлення підбирають аналогічну деталь, що знаходиться в виробництві. Для порівняльного аналізу велике значення мають маршрут обробки деталі; стан заготовки до і після кожної з операцій; повна послідовність операцій (звідна карта технологічного процесу); перелік пристосувань і

інструменту по всіх операціях; режим обробки по дільницям; прийоми установки і базування деталі на всіх операціях; спеціальні технологічні прийоми обробки, вживані верстатниками; контрольні операції і засоби контролю; допоміжні операції її міра їх механізації; норми часу обробки деталі на кожній операції; об'єм розходів на транспортування деталей і заготовок; підгоночні операції при збірці деталі» [2-4].

«Розглядаючи технологічний процес обробки даної або аналогічної деталі на універсальних верстатах, необхідно критично оцінити можливість усунення розмічальних операцій, оптимізації режимів різання, суміщення операцій і зменшення числа переустановлень деталі, зменшення об'єму слюсарних доводочних операцій після фрезерування, зниження середнього розряду робіт по фрезерних і слюсарним операціям, скорочення об'єму контрольних операцій і спрощення контрольно-виміральної оснастки механізації допоміжних операцій (затискання і віджимання заготовки, зміни інструмента), зменшення об'єму доводочних операцій при збірці.

Точність обробки на верстатах з ЧПУ. Міжкадрові паузи, що визначаються часом перерви в надходженні керуючої інформації, з наступного кадру після відпрацювання попереднього, викликають припинення керованого руху подачі, хоча головний робочий рух продовжується, наприклад обертання фрези (на фрезерному верстаті) або заготовки (на токарному верстаті). При цьому унаслідок відновлення пружної технологічної системи на оброблюваній поверхні з'являються погрішності.

У пристроях ЧПУ зменшення впливу міжкадрових пауз на похибку обробки досягається ускладненням електронної схеми і структури, що забезпечують відпрацювання інформації раніше прочитаного кадру, а також застосуванням кругової інтерполяції.

При обробці на верстатах з ЧПУ виникають похибки, що вносяться системою ЧПУ: обчислення, апроксимації, інтерполяції і відтворення програми. При обробці на токарних верстатах з ЧПУ похибка, що вноситься системою ЧПУ (похибка підготовки і відтворення керуючих

програм), становить 0,20-0,25 допуску на обробку деталі. Інші елементарні похибки знаходяться в наступних межах: позиціонування - 0,1-0,2 мм; похибка, що вноситься пружними деформаціями технологічної системи під впливом нестабільності сили різання, - 0,05 - 0,10 мм; настройки і центрування - 0,40 - 0,45 мм; похибка від теплових деформацій технологічної системи - 0,1-0,15 мм; похибка, що вноситься розмірним зносом ріжучого інструменту, - 0,1-0,2 мм.

Основні шляхи зменшення похибки, що вноситься системою ЧПУ: застосування ЕОМ для виконання обчислень і автоматизація підготовки керуючих програм, вдосконалення пристроїв числового управління, пошуки нових структурних рішень. точність обробки деталей на токарних верстатах з ЧПУ забезпечується по 9-7-му квалітетами, а на деяких верстатах, наприклад модель АТПР-2М12, навіть по 6-му квалітету точності. Точність обробки на фрезерних верстатах кінцевий фрезою знаходиться в межах 8-10-го квалітету при обробці деталей зі сталі і алюмінієвих сплавів.

При обробці фрезеруванням кінцевий фрезою значну частку похибки становить пружна деформація ріжучого інструменту.

Точність обробки на фрезерних верстатах підвищують технологічними прийомами, наприклад проектуванням траєкторії руху інструменту так, щоб сила різання діяла на кінематичні ланцюги і вузли верстата з одного боку.

Попереднє налаштування інструментів поза верстата на приладі з індикатором годинникового типу забезпечує точність розточування першої деталі в межах 0,05 мм. Остаточне налаштування (коригування) здійснюють перемикачами на пульті пристрою ЧПУ. Системи автоматичного регулювання за параметрами, що визначають точність обробки (наприклад регулювання процесу шляхом стабілізації сили різання, що забезпечує незмінність величини пружної деформації технологічної системи), забезпечують підвищення точності обробки в 2 - 5 разів, при цьому стійкість інструменту збільшується в середньому в 1,5 рази, а ймовірність його поломки зменшується» [2-4].

### 1.4.1. Система ЧПК фірми Наас

Фірма Наас створила закриту систему числового програмного керування на базі G та M-кодів, що оптимізована спеціально для їхніх верстатів та забезпечує незалежність від сторонніх постачальників систем ЧПК.

Такий підхід створює умови високої надійності та довговічності системи керування при відносній простоті використання з 15-дюймовим кольоровим рідинно-кристалічним дисплеєм, який завдяки високій контрастності та високій інтенсивності дозволяє користувачам ефективно реалізовувати систему керування з трьома режимами та доступом до кожної функції керування.

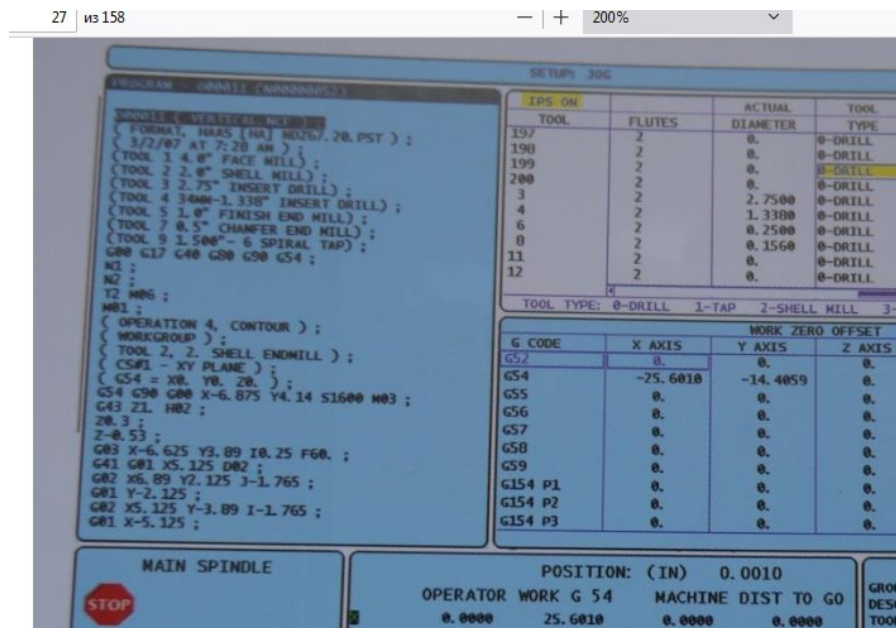


Рисунок 1.3. Режим налагодження

В режимі налагоджування (Setup) користуються розташованим в лівому куті екрану вікном Active Program (Активна програма). В правому верхньому куті Tool Offsets (Зміщення інструменту), під яким розташовується Work Zero Offsets (Нульове зміщення деталі). Знизу зліва

вікно - Spindle Information (Дані шпинделя), в якому відображається частота обертання шпинделя та кожні її зміни а також величина подачі.

Рядом з даним вікном розташовано вікно Position (Положення), в якому відображається ім'я оператора, зміщення деталі, верстат та координати заданого переміщення. З правої сторони від цього вікна знаходиться інформація – «Керування інструментом»

Таке раціональне і компактне розміщення вікон та наступна активація необхідного у потрібний момент вікна дозволяє оператору переміщувати курсор у вікні за допомогою клавіш-стрілок на клавіатурі.

увати курсор у вікні за допомогою клавіш-

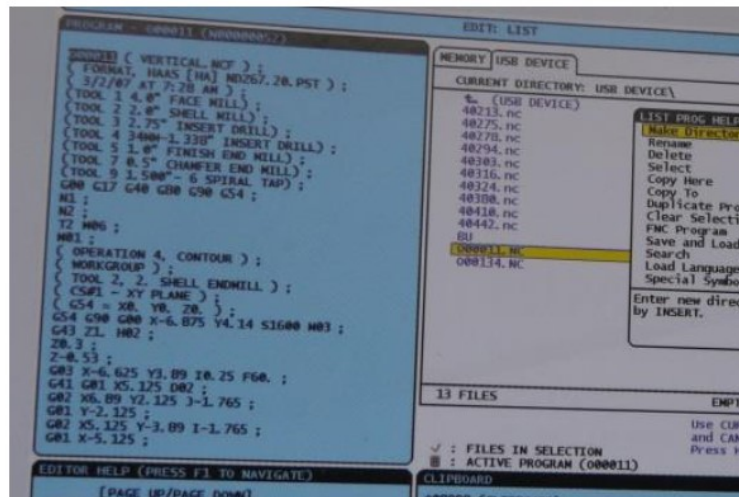


Рисунок 1.4. Режим редагування

Завантаження програми виконують після установлення необхідних даних в режимі налагодження використовуючи попередньо режим Edit (Редагування), який викликається натисканням клавіші List Programs (Список програм). В режимі редагування оператор отримує доступ до програм, що знаходяться в кожному із підключених до верстата пристроїв. В цьому режимі використовується потужна функція – довідкове меню Quick-Key, яке має повний список і опис усіх функцій та переміщень у файловій системі. В довідковому меню оператор бачить назву команди та відповідну клавішу для кожної функції а також повний опис виконання



### 1.5. Основні пропозиції щодо побудови удосконаленого технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342»

Технічна задача вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу 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.

Для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342», для виконання операції токарної обробки, запропоновано використовувати токарний центр з ЧПК ST30 нового покоління фірми HAAS (США), а його вигляд представлений на рис. 1.3.



Рисунок 1.6. 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.

Для операції свердлування отворів на фланці деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342» запропоновано застосовувати верстат з ЧПК 2P135Ф2 з відповідним проектуванням переналагоджуємого пристрою для встановлення, базування та закріплення заготовки.

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

1. Для визначеного типу виробництва запропоновано вдосконалити технологічний процес виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342», застосуванням верстату з ЧПК, а саме токарний центр з ЧПК ST30 нового покоління фірми HAAS (США),

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

1. Спроекувати новий технологічний процес оброблення деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342», із застосуванням верстатів ЧПК фірми HAAS (США).

2. Провести проектування верстатних пристроїв. Спроекувати контрольний пристрій.

3. У дослідному розділі провести патентний аналіз конструкцій консольного інструменту для розточування поверхонь деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342» та вибрати раціональну конструкцію.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1. Аналіз існуючого технологічного процесу

При розробленні технологічного процесу механічної обробки перед технологом завжди виникає завдання: вибрати з кількох варіантів обробки один, який би забезпечував найбільш вигідне економічне рішення. Сучасні методи механічної обробки і велика різноманітність верстатів, а також нові методи обробки металів – все це дозволяє складати різні варіанти технологічних процесів, які повністю відповідають всім вимогам креслення та мінімуму економічних витрат.

При виборі маршруту обробки будемо керуватися наступними міркуваннями:

1) через небезпеку перерозподілу внутрішніх напруг і викликану цим деформацію деталі обробку починаємо з менш точних поверхонь при знятті з них найбільших припусків;

2) з метою скорочення довжини шляху переміщення деталі на оброблюваних верстатах обладнання розміщують по напрямку потоку.

Методи обробки всіх поверхонь деталі і методи обробки при виконанні проміжних операцій призначаємо виходячи з вимог, які пред'являють до точності і якості готових деталей, враховуючи характер заготовки і властивості оброблювального матеріалу. Для попереднього вибору методу обробки окремих поверхонь деталі використовуємо дані з існуючого маршруту оброблення.

В існуючому технологічному процесі використовується застаріле універсальне обладнання, а саме вертикально-фрезерні верстати та радіально-свердлувальні верстати, а різьба в отворах нарізується вручну.

Для підвищення точності оброблювання та зменшення кількості верстатів в новому технологічному маршруті оброблення пропонується застосувати верстат з ЧПК: ST30 фірми HAAS та 2P135Ф2 для

свердловальних операцій.

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

З огляду на конструкцію і матеріал заготовки – сталь 45Л, можна запропонувати два основних альтернативних методи одержання заготовки: лиття в земляні форми; та зварну конструкцію.

### **1. Лиття в земляні форми**

По таблиці 9 додаток 1 [5] при обраному методі лиття й найбільшому габаритному розмірі вилівка в діапазоні від 100 до 250 визначаємо клас розмірної точності вилівка в діапазоні 8-13. З огляду на, що даний вилівок ставиться до вилівок середньої складності і умовам механізованого серійного виробництва, приймаємо 10 клас розмірної точності вилівка.

По таблиці 10 додаток 2 [5] при відношенні найменшого розміру елемента вилівка до найбільшого 0,5 визначаємо ступінь жолоблення елементів вилівок у діапазоні 3-6. Остаточо для вилівка зі сталі приймаємо 5-у ступінь жолоблення. По таблиці 11 додаток 3 [5] при обраному методі лиття й найбільшому габаритному розмірі вилівка в діапазоні від 100 до 250 визначаємо ступінь точності поверхонь вилівок у діапазоні 10-17. З огляду на то, що даний вилівок відноситься до вилівок середньої складності і умовам механізованого серійного виробництва, приймаємо 12 ступінь точності поверхонь вилівка. По таблиці 12 додаток 4 [5] визначаємо значення шорсткості поверхонь вилівку залежно від ступеня точності поверхонь вилівка. Ступінь точності поверхонь вилівка - 12 і відповідає значенню шорсткості поверхонь вилівка Ra не більше 25.

По таблиці 13 додаток 5 [5] при обраному методі лиття і найбільшому габаритному розмірі вилівка в діапазоні від 100 до 250 визначаємо клас точності маси вилівка в діапазоні 7-14. З огляду на то, що даний вилівок відноситься до вилівок середньої складності й умовам механізованого

серійного виробництва, приймаємо 10 клас точності маси виливка. По таблиці 14 додаток 6 [5] залежно від ступеня точності поверхні виливка визначаємо ряд припусків на обробку виливка в діапазоні 5-8, остаточно приймаємо 5 ряд припусків на обробку виливка. По таблиці 6 [5] залежно від виду остаточної обробки поверхні, загального допуску елемента поверхні і ряду припуску виливків призначаємо припуск на сторону для кожної з оброблюваних поверхонь виливка. Допуски розмірів виливків призначаємо по таблиці 1 [5] залежно від класу точності виливка. Далі зробимо розрахунок розмірів заготівлі і заносимо його результати в таблицю 2.1

Таблиця 2.1 Допуски й припуски на розміри виливка

Розмір деталі, мм	Поверхня., на які призначається припуск	Допуск на розмір виливка, мм	Припуск, мм	Розрахунок розміру відливки	Розмір
Ø150	12	3,2	4,6	Ø150- (2· 4,6)	Ø140,8±1,6
Ø40	13	2,2	3,4	Ø40- (2· 3,4)	Ø33,2±1,1
30	5,6	2,2	3,2	30+3,2+2,4	35,6±1,1
6	1	1,6	2,4	6+2,4	8,4±0,8
15	4	1,8	2,7	15+2,7	17,7±0,9
Ø108	7	3,2	-	-	Ø108±1,6
Ø162	8	3,6	-	-	Ø162±1,8
Ø120	14	3,2	-	-	Ø120±1,6
Ø110	15	3,2	-	-	Ø110±1,6
Ø50	16	2,4	-	-	Ø50±1,2
Ø190	9	3,6	-	-	Ø190±1,6
18	2	1,8	-	18+2,4	20,4±0,9
95	1,4	2,8	-	95+2,4+2,7	100,1±1,4
Інші вимоги за ДСТ 26645-85					

Ливарні радіуси закруглень приймаємо 2 мм, ухили  $2^0$  [5]. Точність виливка одержуваної литтям у земляні форми 10-5-12-10.

Для проведення надалі техніко-економічного обґрунтування вибору заготовки необхідно визначити коефіцієнт використання матеріалу для даного методу лиття.

Коефіцієнт використання матеріалу визначимо за формулою [1]:

$$K_{ul} = q/Q \quad (2.1)$$

де  $q$  – маса деталі,  $q = 9,8$  кг.

$Q$  – маса заготовки

Обсяг заготівлі визначаємо як алгебраїчну суму обсягів тіл за винятком порожніх циліндричних сегментів, що входять у конфігурацію заготівки:

$$\begin{aligned} V &= \frac{\pi}{4} (18^2 \cdot 1,77 + 16,2^2 \cdot (4,8 + 1,55) + 10,8^2 \cdot 0,84 + 13,5^2 \cdot 2,4) - (15^2 \cdot 6,5 + 4^2 \cdot 3,56 + 1,4 \cdot (11 - 5)^2 + 0,92 \cdot (15 - 12)^2) = \\ &= 1630,57 \text{ см}^3 \end{aligned}$$

Знаючи обсяг деталі й щільність матеріалу, визначаємо масу заготівки:

$$m = 1630,57 \text{ см}^3 \cdot 0,00785 \text{ кг} / \text{см}^3 \approx 12,8 \text{ кг}$$

Підставивши отримані значення мас деталі і заготівки у формулу 2.2, одержимо коефіцієнт використання матеріалу для лиття в земляні форми:

$$K_{л1} = 12,8 / 9,8 = 0,76.$$

### Зварна конструкція

Схема зварної конструкції заготівки, представлена на рис.2.1., є не чим іншим як сукупністю декількох окремих заготовок, отриманих різними методами й з'єднаних між собою засобом зварювання. Зварена конструкція складається з: фланця 1 (лиття), труби 2 (прокат), фланця 3.

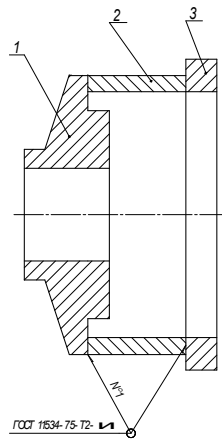


Рисунок.2.1 Схема зварної конструкції заготовки

Коефіцієнт використання матеріалу для конструкцій  $K_{и2}$  становить 0,85.  
Визначаємо масу заготовки за формулою:

$$Q = q / K_{и2} = 9.8 / 0.85 = 11.53 \text{ кг.}$$

Таким чином, коефіцієнт використання матеріалу у зварній заготовці трохи вище, ніж у вилівка отриманого литтям в земляні форми. Однак, для остаточного рішення на вибір методу одержання заготовки, варто провести порівняльний економічний аналіз по собівартості їх отримання.

Економічне обґрунтування вибору методу одержання заготовки

Оцінку ефективності різних варіантів одержання заготовок найчастіше проводять по двох показниках [1]:

- а) коефіцієнту використання матеріалу заготовки;
- б) технологічної собівартості виготовлення заготовки. Сюди включаються тільки ті статті витрат, величини яких змінюються при переході від одного варіанта до іншого.

На стадії проектування технологічних процесів оптимальний варіант заготовки, якщо відомі маси заготовки й деталі, можна визначити шляхом порівняння технологічної собівартості виготовлення деталі.

Вартість заготовок, які отримуються литвом в земляні форми і литвом по виплавлених моделях можна визначити за формулою:

$$S_{заг} = \left( \frac{C_L}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}, \text{ грн.} \quad (2.2)$$

де  $Q$  – маса заготовки, кг.;

$C_1$  – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.;

$q$  – маса деталі, кг.;

$S_{відх}$  – ціна однієї тонни відходів, грн.;

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$  – коефіцієнти, що враховують клас точності, групу складності, масу, марку матеріалу і об'єм випуску заготовок.

Проведемо розрахунок по двох різних варіантах виготовлення заготовки і порівняємо їх.

I варіант – вилівок (вилівка в земляні форми).

$Q = 12,8$  кг. – маса заготовки, кг.;

$q = 9,8$  кг. – маса деталі по кресленню;

$C_L = 2400$  грн. – базова вартість однієї тонни виливків із Сталі 45Л;

$S_{відх} = 240$  грн. – вартість однієї тонни відходів із Сталі 45Л;

Вартість заготовки, отриманої такими методом, як лиття в земляні форми, з достатньою для стадії проектування точністю, можна визначити за формулою:

$$C_1 = C_L \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II}, \quad (2.3)$$

де  $C_L$  – базова вартість однієї тони вилівка, отриманої литтям, грн.:

для лиття в земляні форми  $C_L = 2400$  грн. – базова вартість однієї тонни виливків із Сталі 45Л;

$k_T$  – коефіцієнт, що залежить від класу точності, для виливків із чорних металів другого класу точності:

для лиття в земляні форми  $k_T = 1,03$ ;

$k_C$  – коефіцієнт, що залежить від групи складності виливка, для 4 групи складності:

для лиття в земляні форми  $k_C = 1,2$ ;

$k_B$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу й маси виливка, для чавуну при масі виливка більше 3 кг відповідно:

для лиття в земляні форми  $k_B = 0,93$ ;

$k_M$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу виливка, для чавуну:

для лиття в земляні форми  $k_M = 1,21$

$k_P$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу виливка й групи серійності:

для лиття в земляні форми  $k_P = 0,77$ ;

Підставимо певні значення у формулу (2.3):

$$C_1 = 2400 \cdot 1,03 \cdot 1,2 \cdot 0,93 \cdot 1,21 \cdot 0,77 = 2570 \text{ грн.}$$

$$S_{заг} = \left( \frac{2570}{1000} \cdot 12,8 \right) - (12,8 - 9,8) \frac{240}{1000} = 31,28 \text{ грн.} \quad (2.4)$$

Собівартість заготовки, виготовленою збірною (рис.2.1).

Собівартість заготівлі визначимо, як суму собівартості її частин:

Труба – прокат.

$$C_{заг} = C_{пр} \cdot k_T \quad (2.5)$$

де  $k_T$  – коефіцієнт, що враховує форму металопрокату

$C_{пр}$  – вартість металу,  $C_{пр} = 7$  грн./кг.

Підставимо отримані дані у формулу (2.5), одержимо:

$$C_{заг} = 7 \cdot 1,06 = 7,42 \text{ грн./кг;}$$

Для литих фланців (поз.1,2) технологічна собівартість розраховується за формулою (2.3), використовуючи рекомендації [1], аналогічно технологічної собівартості, вище описаному методу лиття.

$$C_{\text{заг1}}=0,29*1,03*1,21*1,2*0,93*0,77=0,31 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{заг3}}=0,29*1,03*1,21*0,83*0,93*0,77=0,21 \text{ грн.}$$

Звідси:

$$C_{\text{загO}}=7,42+0,31+0,21=7,94 \text{ грн.}$$

Підставимо отримані дані у формулу (2.2) і розрахуємо технологічну собівартість виготовлення деталі, для даного методу одержання заготовки:

$$C_{\text{тд2}} = 7,94 \cdot 11,53 - 0,240 \cdot (11,53 - 9,8) = 91,11 \text{ грн.}$$

Висновок: за результатами проведення порівняльного аналізу технологічної собівартості двох методів одержання заготовки можна стверджувати, що економічно доцільніше використовувати метод лиття в земляні форми, повна собівартість одержання заготовки цим методом істотно нижче чим одержання заготовки у вигляді зварної конструкції.

Економічний ефект при використанні заготовки, отриманої литтям у земляні форми для річної програми випуску – 2000 шт. складе:

$$E = (C_{\text{тд2}} - C_{\text{тд1}}) \cdot N = (91,11 - 31,28) \cdot 2000 = 119660 \text{ грн.}$$

### 2.3. Вибір технологічних баз

При розробленні схем базування враховуємо принцип сталості й сполучення баз, тобто для найбільшої точності виготовлення деталі, на всіх

операціях обробки по можливості використовувати ту саму базу, як настановну, так і вимірювальну. Так само важливо враховувати правило шести крапок, при якому деталь базується по шести нерухомих крапках, які позбавляють її шести ступенів волі.

Для виявлення технологічних баз по операціям астосуємо схему кодування деталі, яка зображена на рис.1.2, тобто зображений ескіз деталі із пронумерованими поверхнями й літерними позначеннями розмірів з кресленника.

Обробку деталі починаємо з поверхні, що служить настановною базою для подальших операцій. Для обробки цієї поверхні як настановна база доводиться приймати необроблену поверхню.

Після цього, коли оброблена настановна поверхня, обробляємо інші поверхні, дотримуючи при цьому певну послідовність, спочатку обробляємо поверхню, до точності якої пред'являються менші вимоги, а потім поверхні, які повинні бути більше точними.

Індекс біля номера поверхні позначає номер операції, на якій вона отримана. Індекс 00 – ставиться до заготівельної операції, букви А, Б – указують, що поверхня оброблена на даній операції з установка А або Б. Арабські цифри 1,2,3 і т.д. позначають перехід на якому був отриманий даний розмір. У зв'язку з тим, що корпус являє собою тіло обертання, те спочатку заготівка обробляється на верстатах токарної групи.

На 005 токарній операції в якості чорнових технологічних баз використовуємо технологічні бази зазначені на кресленні заготівлі і є циліндрична поверхня 13 і торцева поверхня 1. Вісь матеріалізуємо внутрішніми циліндричними поверхнями.

На 010 токарній операції у якості подвійної опорної бази використовуємо вісь поверхні 12, як настановна база торець 4. Як опорна база приймаємо пов.12.

На 015 свердлильній операції в якості подвійної опорної бази використовуємо вісь поверхні 8, як настановна база торець 1. Як опорна база приймаємо пов.8.

На 020 шліфувальній операції у якості подвійної опорної бази використовуємо вісь поверхонь 12, як настановна база торець 14, як опорна база приймаємо пов.12,13 відповідно.

На 025 хонинговальній операції, як настановна база використовуємо торець 1; як опорна база приймаємо пов.12, 13 відповідно.

Зведемо всі дані по технологічних базах, одержуваним на операціях ТП у таблицю 2.2

Таблиця 2.2. Технологічні бази

№ операції	Назва	№ опорних крапок	Характер появи		Реалізація		Єдність баз
			Явна	Скрита	Природна	Штучна	
1	2	3	4	5	6	7	8
005	У	1,2,3	+	-	+	-	+
	К	4,5	+	+	+		+
	О	6			+		
010	У	1,2,3	+	-	+	-	+
	К	4,5	+	+	+		+
	О	6			+		+
	У	1,2,3	+	-	+	-	+
	К	4,5	+	+	+		
	О	6			+		
	У	1,2,3	+	-	+	-	+
	К	4,5	+	+	+		
	О	6			+		
015	У	1,2,3	+	-	+	-	+
	К	4,5	+	+	+		
	О	6			+		

Закінчення таблиці 2.2.

1	2	3	4	5	6	7	8
020	У	1,2,3	+	-	+	-	+
	К	4,5	+	+	+		
	О	6			+		
	У	1,2,3	+	-	+	-	+
	К	4,5	+	+	+		
	О	6			+		
025	У	1,2,3	+	-	+	-	+
	К	4,5	+	+	+		
	О	6			+		
	У	1,2,3	+	-	+	-	+
	К	4,5	+	+	+		
	О	6			+		

#### **2.4. Вибір технологічного маршруту оброблення деталі та розробка технологічних операцій**

У розроблення технологічних операцій входить вибір верстатів, різального та вимірювального інструменту. Провівши необхідний вибір усі данні заносимо у таблицю 2.3.

Тип виробництва - дрібносерійне;

Спосіб одержання вихідної заготовки - лиття в земляні форми;

Метод досягнення точності - по настроєному устаткуванню.

Технологічний маршрут, обраний у відповідності з рекомендаціями [1] представлений у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 Технологічний маршрут виготовлення деталі

№ операції	Найменування операції	Устаткування (тип, модель)	Зміст операції	(IT)	Ra, мкм
005	Токарна	Токарно-гвинторізний верстат 1A616	перехід 1: підрізати торець 4,6,5; перехід 2: розточити отвір перехід 3: точити канавку	12	12,5
010	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК ST30 фірми HAAS	перехід 1: підрізати торці пов.1;	12	12,5
			перехід 2: точити циліндричну пов.12; фаску 2×30°.	9	2,5 6,3
			перехід 3: підрізати торці 4,5,6		
			перехід 4: точити канавку пов.18, 19		
			перехід 5: точити циліндричну пов.13; фаски 2×45°.	9	2,5
			перехід 6: підрізати торець 1		
			перехід 7: точити канавку пов. 20,21,22	-	2,5
015	Свердлильна	Вертикально-свердильний верстат з ЧПК 2P135Ф2	перехід 1: засвердлити	-	-
			перехід 2: свердлити 3 отв. пов.10	12	12,5
			перехід 3: зенкерувати 3 отв.10	9	6,3
			перехід 4: свердлити 3 отв.11	12	12,5
			перехід 5: нарізати різьбе отв.11	7 ст.	2,5
020	Внутрішліфувальна	Внутрішліфувальний верстат 3K227Б	шліфувати пов.12	7	0,8
			шліфувати пов.13	7	0,8
025	Хонінгувальна	Вертикально хонінгувальний верстат 3K84	хонінгувати отв. (пов.12) у розмір.	7	0,32

## 2.5. Розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом

Розрахунок припусків на обробку проводимо розрахунково-аналітичним методом для однієї точної поверхні Ø40H7, решта припусків на обробку інших поверхонь визначаємо табличним методом.

Технологічний маршрут оброблення поверхні Ø40H7 складається з двох

переходів:

- чорнове розточування – по 12 квалітету Ra 6,3 ;
- чистове розточування – по 10 квалітету (Ra 3,2);

На саму точну поверхню визначимо припуски розрахунково-аналітичним методом. Відповідно до цього методу величина мінімального припуску повинна бути такою, щоб при його знятті усувалися погрішності обробки й дефекти поверхневого шару, отримані на попередніх технологічних переходах, а також похибку установки заготівки, що виникає на виконуваному переході. На інші поверхні припуски призначаємо табличним способом по [1,7].

Розрахунок операційних припусків і розмірів виконаємо на діаметр 2Б (поверхня 13). У таблицю 2.4 внесемо всі дані по технологічних переходах на обробку пов.13, а також розраховані припуски.

Визначимо значення мінімального припуску  $2[Z_i]_{\min}$  після кожної операції за формулою:

$$2Z_{i\min} = 2\left[\left(R_z^{i-1} + h^{i-1}\right) + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}\right], \quad (2.6)$$

де  $R_z^{i-1}$ ,  $h^{i-1}$ , мм – висота нерівностей і дефектний шар, що утворилися на оброблюваній поверхні при попередній обробці;

$\Delta_{i-1}$ , мм – сумарне значення просторових відхилень;

$\varepsilon_{yi}$ , мм – похибка установки.

Сумарне значення просторових відхилень визначимо за формулою:

$$\Delta_i = \sqrt{\Delta_{к.о.}^2 + \Delta_{см}^2}, \quad (2.7)$$

де  $\Delta_{к.о.}$  – загальна кривизна заготівлі (ураховується на першій операції механічної обробки);

$\Delta_{\text{см}}$  – величина зсуву заготівлі, обробка ведеться в патроні за величину зсуву приймаємо відхилення від співвісності.

Загальна кривизна заготівлі:

$$\Delta_{\text{к.о.}} = \Delta_{\text{к}} \cdot l, \quad (2.8)$$

де  $\Delta_{\text{до}}$  – питома зігнутість і жолоблення заготівлі, мм;

$l$  - ширина заготівлі, мм.

$$\Delta_{\text{к.о.}} = 10 \cdot 30 = 300 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_1 = \sqrt{(300)^2 + (1000)^2} = 1044 \text{ мкм}; \Delta_2 = \Delta_{\text{см2}} = 43,5 \text{ мкм};$$

$$\Delta_3 = \Delta_{\text{см3}} = 26,5 \text{ мкм}; \Delta_5 = \Delta_{\text{см5}} = 7 \text{ мкм};$$

Похибка установки для однопозиційної обробки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (2.9)$$

де  $\varepsilon_6$  – похибка базування;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення.

Тому що при обробленні діаметра вимірювальні й технологічні бази збігаються, похибка базування  $\varepsilon_6 = 0$  при всіх установках заготівки.

$$\varepsilon_{y2} = \varepsilon_{z2} = 110 \text{ мкм}; \varepsilon_{y3} = \varepsilon_{z3} = 90 \text{ мкм}; \varepsilon_{y4} = \varepsilon_{z4} = 5 \text{ мкм}; \varepsilon_{y6} = \varepsilon_{z6} = 3 \text{ мкм};$$

Отримані значення елементів припуску внесемо в графи 2,3,4 табл.2.4

$$2Z_{2\text{min}} = 2 \left[ (100 + 200) + \sqrt{1044^2 + 110^2} \right] = 2699,56 \text{ мкм} = 2,699 \text{ мм};$$

$$2Z_{3\text{min}} = 2 \left[ (50 + 60) + \sqrt{43,5^2 + 90^2} \right] = 419,9 \text{ мкм} = 0,420 \text{ мм};$$

$$2Z_{4\text{min}} = 2 \left[ (10 + 15) + \sqrt{26,5^2 + 5^2} \right] = 124 \text{ мкм} = 0,124 \text{ мм};$$

$$2Z_{6\min} = 2\left[(3,2 + 10) + \sqrt{7^2 + 3^2}\right] = 41,63 \text{ мкм} = 0,042 \text{ мм};$$

Розраховані припуски запишемо в графі 7 табл.2.4.

Визначимо розрахункові розміри для кожної операції. Для діаметра  $\varnothing 40\text{H7}$ :  $D_{6\min} = 40 \text{ мм}$ ,  $D_{6\max} = 40,025 \text{ мм}$ .

Розрахунковий діаметр дорівнює:

$$D_{p_i} = D_{i\max} - 2Z_{i\min} \quad (2.10)$$

$$D_{p_6} = 40,025 \text{ мм};$$

$$D_{p_4} = D_{p_6} - 2Z_{6\min} = 40,025 - 0,042 = 39,983 \text{ мм};$$

$$D_{p_3} = D_{p_4} - 2Z_{4\min} = 39,983 - 0,124 = 39,859 \text{ мм};$$

$$D_{p_2} = D_{p_3} - 2Z_{3\min} = 39,859 - 0,42 = 39,439 \text{ мм};$$

$$D_{p_1} = D_{p_2} - 2Z_{2\min} = 39,439 - 2,699 = 36,74 \text{ мм};$$

Таблиця 2.4. Припуски й операційні розміри на пов.13  $\varnothing 40\text{H7}$

Технолог. переходи	Елементи припуску, напівтемних				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$ , мм			Допуск ТД, мм	Граничні розміри заготовлі, мм		
	Rz	h	$\Delta_{\Sigma}$	$e_y$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\text{cp}}$		$D_{\max}$	$D_{\min}$	$D_{\text{cp}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Виливок	100	200	1000	-	-	-	-	2,2	36,7	34,5	35,6
2. Токарна чорнове розточування отв.	50	60	43,5	110	4,649	2,699	3,674	0,25	39,44	39, 19	39,315
3. Токарна чистове розточування отв.	10	15	26,5	90	0,608	0,420	0,514	0,062	39,859	39,797	39,828
Разом					$2Z_{\min}^0 = 3,285$ $2Z_{\max}^0 = 5,46$				$D_{\text{ном}} = D_{\min \text{дет}} - 2Z_{\max}^0 + EI_{\text{заг}} = 40 - 5,46 + 1,1 = 35,64 \text{ мм}$		

Вихідний розмір отвору в заготовлі  $\varnothing 35,64 \pm 1,1$

Допуски, узяті із плану виготовлення, заносимо в графу табл.2.4.

Найбільші граничні розміри одержуємо по розрахункових розмірах, округленим до точності допуску відповідного переходу:

$$D_{1\max} \approx 36,7 \text{ мм}; D_{2\max} \approx 39,44 \text{ мм};$$

$$D_{3\max} \approx 39,859 \text{ мм}; D_{4\max} = 39,983 \text{ мм}; D_{6\max} = 40,025 \text{ мм};$$

Найменші граничні розміри:

$$D_{i\min} = D_{i\max} - TD_i \quad (2.11)$$

$$D_{1\min} = D_{1\max} - TD_1 = 36,7 - 2,2 = 34,5 \text{ мм};$$

$$D_{2\min} = D_{2\max} - TD_2 = 39,44 - 0,25 = 39,19 \text{ мм};$$

$$D_{3\min} = D_{3\max} - TD_3 = 39,859 - 0,062 = 39,797 \text{ мм};$$

$$D_{4\min} = D_{4\max} - TD_4 = 39,983 - 0,025 = 39,958 \text{ мм};$$

$$D_{6\min} = 40 \text{ мм};$$

Отримані значення заносимо в графу табл.2.4.

Визначимо максимальні значення припусків за формулою:

$$2Z_{i\max} = Z_{i\min} + TD_i - TD_{i-1n} \quad (2.12)$$

$$2Z_{6\max} = 0,042 - 0,25 + 0,25 = 0,042 \text{ мм};$$

$$2Z_{4\max} = 0,124 - 0,025 + 0,062 = 0,161 \text{ мм};$$

$$2Z_{3\max} = 0,420 - 0,062 + 0,25 = 0,608 \text{ мм};$$

$$2Z_{2\max} = 2,699 - 0,25 + 2,2 = 4,649 \text{ мм};$$

Отримані значення заносимо в графу табл.2.4.

Загальний номінальний припуск:

$$Z_{\text{ном}} = Z_{\text{оmin}} + B_3 + B_D, \quad (2.13)$$

де  $Z_{o \min}$  - загальний мінімальний припуск;  $Z_{o \min} = 3,285$  мм;

$B_3$  - верхнє відхилення поля допуску розміру на заготовлі,  $B_3 = 1,1$  мм;

$B_d$  - верхнє відхилення поля допуску розміру на деталі,  $B_d = 0,025$  мм;

$$Z_{o \text{ном}} = 3,285 + 1,1 + 0,025 = 4,41 \text{ мм.}$$

Перевіримо правильність виконання розрахунків:

$$2Z_{6 \max} - 2Z_{6 \min} = 0,042 - 0,042 = 0 \text{ мм}; TD_6 - TD_4 = 0,025 - 0,025 = 0 \text{ мм};$$

$$2Z_{4 \max} - 2Z_{4 \min} = 0,161 - 0,1244 = 0,037 \text{ мм}; TD_3 - TD_4 = 0,062 - 0,025 = 0,037 \text{ мм};$$

$$2Z_{3 \max} - 2Z_{3 \min} = 0,608 - 0,420 = 0,188 \text{ мм}; TD_2 - TD_3 = 0,25 - 0,062 = 0,188 \text{ мм};$$

$$2Z_{2 \max} - 2Z_{2 \min} = 4,649 - 2,699 = 1,95 \text{ мм}; TD_1 - TD_2 = 2,2 - 0,25 = 1,95 \text{ мм.}$$

Всі розрахунки виконані, вірно, у завершення побудуємо схему розташування припусків і операційних розмірів для оброблюваного отвору  $\varnothing 40^{+0,025}$  (рис.2.2).

На всі інші поверхні припуски були визначені табличним способом, з огляду на рекомендації [9].

Схема розташування припусків і операційних розмірів на обробку отвору  $\varnothing 40^{+0,025}$  показана на рис.2.2.

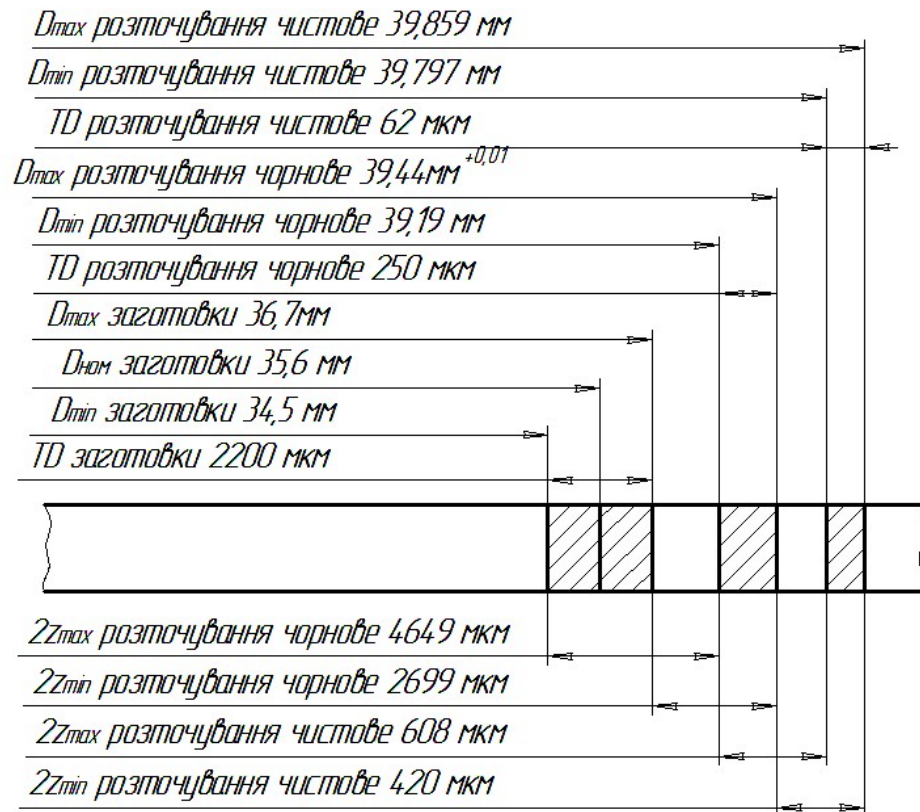


Рисунок 2.2. Схема розташовування припусків і допусків на оброблення

$\varnothing 40^{+0,025}$

## 2.6. Вибір різального інструменту

При виборі різального інструменту будемо керуватися наступними правилами:

1. Вибір інструментального матеріалу визначається вимогами, з однієї сторони максимальної стійкості, а з іншої мінімальної вартості.

2. Варто віддавати перевагу нормалізованим і стандартним інструментам.

Вибір різального інструменту будемо робити в наступному порядку:

1. Виходячи з типу й моделі верстата, розташування оброблюваних поверхонь і методу оброблення, визначаємо вид різального інструменту.

2. Виходячи з марки оброблюваного матеріалу його стану і стану поверхні, вибираємо марку інструментального матеріалу.

3. Виходячи з форми оброблюваної поверхні, призначаємо геометричні параметри ріжучої частини інструменту. Виходячи з розмірів оброблюваної поверхні, вибираємо конструкцію інструменту.

Дані вибору різального інструменту заносимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5. Вибір різального інструменту по операціям

№	Найменування операції	Марка	Різальний інструмент
1	2	3	5
005	Токарна чорнова	Т5К10	Різець розточувальний ГОСТ 18063-72
			Різець прохідний упорний відігнутий з кутом у плані 90° с пластинами із твердого сплаву ГОСТ 18879-73
			Різець розточувальний з кутом у плані 90° с пластинами із твердого сплаву за ДСТ 10044-73
010	Токарна з ЧПК	T5K10	Різець розточувальний з кутом у плані 60° с пластинами із твердого сплаву за ДСТ 18882-73
		T5K10	Різець прохідний упорний відігнутий з кутом у плані 90° с пластинами із твердого сплаву ГОСТ 18879-73
		T15K6	Різець розточувальний цільної зі сталевим хвостовиком для глухих отворів ГОСТ 18063-72
			Різець прохідний упорний відігнутий з кутом у плані 93° с пластинами із твердого сплаву ДЕРЖСТАНДАРТ 18879-73
			Різець розточувальний з кутом у плані 90° с пластинами із твердого сплаву за ДСТ 10044-73
		T15K6	Різець вставка канавковий спеціальний
			Різець розточувальний з кутом у плані 60° с пластинами із твердого сплаву за ДСТ 18882-73
015	Свердлильна з ЧПК	R6M5	Свердло спіральне центрувальне з конічним хвостовиком для зацентрування ОСТ 2420-5-80
		R6M5	Свердло спіральне Ø 7,8 ОСТ 2 И21-2-76
		T14K8	Зенкер з конічним хвостовиком Ø8 ГОСТ 21544-76
		R6M5	Свердло Ø10,2 ОСТ 2И21-2-76
		R6M5	Мітчик М12×1,5-7Н ГОСТ 3266-81
020	Внутришлифо- Вальна		Круг шліфувальний ПП 30х35х10 2А16СМ28К5 ГОСТ 2424 -82 Круг шліфувальний ПП 130х110х40 2А16СМ28К5 ГОСТ 2424 -82
025	Хонинговальна		Головка хонінгувальна для обробки глухих отворів Алмазні бруски: 1-АСР 63/ 100-МС2 ДЕРЖСТАНДАРТ16606-71

## 2.7. Розрахунок та вибір режимів різання

### 2.7.1. Розрахунок режимів різання на 1..2 переходи аналітично

Розрахунок режимів різання по емпіричних залежностях [8] зробимо для двох операцій технологічного процесу: свердлильної і токарної для інших операцій технологічного процесу розрахунок режимів різання виконаємо табличним способом, з огляду на рекомендації [6]. Основний час на операцію будемо визначати використовуючи рекомендації [11].

Загальні вихідні дані для всіх операцій ТП:

Деталь - корпус гідроциліндра;

Матеріал - сталь 45Л ГОСТ 977-75;

Заготівка - вилівок 10-5-12-10;

#### Свердлування отвору Ø10,2 мм

Приймаємо спіральне свердло діаметром 10,2 мм з ріжучою частиною із швидкорізальної сталі Р6М5.

Геометричні параметри:

Форма заточки – двійна з підточуванням поперечної кромки,  $2\varphi = 118^{\circ}$ ;  
 $2\varphi_0 = 118^{\circ}$ ,  $\psi = 70^{\circ}$ ,  $\alpha = 11^{\circ}$ .

Призначаємо режими різання.

Подача для свердлування сталі свердлом  $S = 0,34...0,43$  мм/об [11], приймаємо 0,4 мм/об.

Перевіряємо прийняту подачу по осьовій силі, яку допускає міцність механізму подачі верстату. Для цього визначаємо осьову силу

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^{q_p} \cdot S^{y_p} \cdot k_p, \quad (2.14)$$

де,  $C_p = 68$ ,  $q_p = 1$ ,  $y_p = 0,7$  [11].

Врахуємо поправочний коефіцієнт на силу різання  $K_p = K_{mr}$ .

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{75} \right)^{n_p},$$

$$n_p = 0,75.$$

$$K_{MP} = \left( \frac{64}{75} \right)^{0,75} = 0,88.$$

Тоді

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 10,2 \cdot 0,4^{0,7} \cdot 0,88 = 3125 \text{ Н}.$$

Механізм подачі верстату 2P135Ф2 дозволяє осьову силу до 9000Н, тоді призначена подача допускається.

Призначаємо період стійкості свердла.

Для свердла діаметром 10,2 мм при обробці конструкційної сталі свердлом із швидкорізальної сталі рекомендується період стійкості 45 хв. Допустимий знос свердла 0,4...0,8 мм.

Швидкість різання, яка допускається різальною здатністю свердла

$$V = \frac{C_V \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} \cdot K_V. \quad (2.15)$$

Складові коефіцієнти  $C_V = 9,8$ ,  $q_v = 0,4$ ,  $x_v = 0$ ,  $y_v = 0,5$ ,  $m_v = 0,2$ .

Врахуємо поправочний коефіцієнт на швидкість різання

$$K_M = C_M \cdot \left( \frac{75}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

де  $C_M = 1$ ,  $n_v = 0,9$ . [11].

$$K_M = 1 \cdot \left( \frac{75}{64} \right)^{0,9} = 1,15.$$

Тоді

$$V = \frac{9,8 \cdot 10,2^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,4^{0,5}} \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 0,85 = 13,22 \text{ м/хв}.$$

Частота обертання шпинделя відповідає знайденій швидкості

$$n = \frac{1000 \cdot V_u}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 13,22}{3,14 \cdot 10,2} = 381 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстату та встановлюємо дійсну частоту обертання  $n_\partial = 360$  об/хв.

Дійсна швидкість різання

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10,2 \cdot 360}{1000} = 12,07 \text{ м/хв.}$$

Крутний момент від сил опору різанню при свердлуванні

$$M = 10 \cdot C_M \cdot D^{q_M} \cdot S^{y_M} \cdot K_P. \quad (2.16)$$

Знаходимо коефіцієнти та показники степенем при свердлуванні конструкційної сталі:  $C_M = 0,0345$ ,  $q_M = 2$ ,  $y_M = 0,8$ . [11].

Врахувавши поправочні коефіцієнт  $K_P = K_{MP} = 0,88$ , отримаємо

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10,2^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 0,88 = 2,75 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Потужність, що витрачається на різання

$$N_{\text{різ}} = \frac{M \cdot n}{9750} = \frac{2,75 \cdot 360}{9750} = 0,1 \text{ кВт.}$$

Перевіримо достатність потужності приводу верстату.

Обробка можлива за умови  $N_{рез} \leq N_{ун}$ . Потужність на шпинделі верстату визначається з формули  $N_{ун} = N_{\delta} \cdot \eta$ . Для верстату 2P135Ф2  $N_{\delta} = 2,8 \text{ кВт}$ ,  $\eta = 0,8$ . Тоді  $N_{ун} = 2,8 \cdot 0,8 = 2,24 \text{ кВт}$ , тобто обробка можлива.

Основний час визначаємо за формулою:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S}, \quad (2.17)$$

де  $L = l + \Delta + y$

$L$  – довжина різання;

$y$  – врізання,  $y = 0,4 \cdot D = 4,08 \text{ мм}$ ;

$\Delta$  – перебіг свердла, 2 мм;

$l$  – довжина обробки, 8 мм.

Тоді  $L = 8 + 4,08 + 2 = 14,08 \text{ мм}$ .

$$T_o = \frac{14,08}{0,4 \cdot 500} = 0,07 \text{ хв}$$

Оброблюється 3 отвори, тому  $T_o = 0,07 \times 3 = 0,21 \text{ хв}$ .

### **Розрахунок режимів різання на чорнове розточування поверхні Ø150 мм**

Приймаємо токарний розточувальний різець з механічним кріпленням багатогранних твердосплавних пластин Т15К6 з головним кутом в плані  $\varphi = 92^\circ$ . Діаметр державки  $D = 26 \text{ мм}$ ; довжина різця  $L = 200 \text{ мм}$ ;  $n = 20 \text{ мм}$  [11].

Геометричні параметри:  $\gamma = 12^\circ$ ;  $\alpha = 10^\circ$ ;  $\lambda = 0^\circ$ .

1) Глибина різання:  $t = 1,3 \text{ мм}$ .

2) Подача:  $S = 0,5 \dots 0,3 \text{ мм/об}$  [11], приймаємо  $S = 0,5 \text{ мм/об}$ .

3) Швидкість головного руху різання  $V$ , м/хв., визначимо за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \cdot K_n, \quad (2.18)$$

де  $C_v = 350$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;  $m = 0,20$  [11];

$T = 60$  хв. – стійкість інструменту [11];

$K_v$  – додатковий коефіцієнт на швидкість різання,

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (2.19)$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт, який враховує якість матеріалу, що оброблюється визначаємо за [11]:

$$K_{mv} = \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.20)$$

де  $n_v$  – показник степеня,  $n_v = 1,0$  [11],

$$K_{mv} = \left( \frac{750}{460} \right)^{1,0} = 1,63;$$

$K_{pv}$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки,  $K_{pv} = 1,0$  [11];

$K_{iv}$  – коефіцієнт, який враховує матеріал інструмента,  $K_{iv} = 1,0$  [11].

$$K_v = 1,63 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,63,$$

$K_n$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання при внутрішній обробці (розточуванні),  $K_n = 0,9$ , [11].

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1,3^{0,75} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,63 \cdot 0,9 = 277 \text{ м/хв.}$$

4) Частота обертання шпинделя, яка відповідає знайденій швидкості головного руху різання:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 277}{3,14 \cdot 150} = 588 \text{ об/хв.}$$

Оскільки верстат, на якому ведемо обробку, має безступеневе регулювання швидкості обертання шпинделя, то розраховану частоту обертання шпинделя не коректуємо.

5) Визначаємо складові сили різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (2.21)$$

де  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – зміні параметри,

$$C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15 \text{ [11];}$$

$K_p$  – поправочний коефіцієнт

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (2.22)$$

де  $K_{mp}$  – коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу,

де  $K_{\varphi p}$ ,  $K_{\gamma p}$ ,  $K_{\lambda p}$ ,  $K_{rp}$  – поправочні коефіцієнти,

$$K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1,1; K_{\lambda p} = 1,0; K_{rp} = 1,0 \text{ [11];}$$

$K_{mp}$  – поправочний коефіцієнт

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.23)$$

де  $n$  – показник степені,  $n = 0,75$ , [11]

$$K_{mp} = \left( \frac{460}{750} \right)^{0,75} = 0,69;$$

$$K_{pz} = 0,69 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,76;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,3^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 113^{-0,15} \cdot 0,69 = 688H;$$

б) Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{688 \cdot 277}{1020 \cdot 60} = 3,1 \text{кВт} \quad (2.24)$$

Потужність верстата  $N$  визначаємо за формулою:

$$N = N_\delta \cdot \eta \cdot K_n, \quad (2.25)$$

де  $N_\delta$  – потужність двигуна верстата,  $N_\delta = 10$  кВт;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії верстата.  $\eta \approx 0,8$ ;

$K_n$  – коефіцієнт перевантаження,  $K_n = 1,6$ , [11].

$$N = 10 \cdot 0,8 \cdot 1,6 = 12,8 \text{ кВт.}$$

Різання можливе, так як виконується умова  $N = 12,8 \text{ кВт} > N_e = 3,1 \text{ кВт}$ .

7) Визначення основного часу на перехід

$$t_o = l_{p.x.} \cdot i / S \cdot n_\delta, \quad (2.26)$$

де  $l_{p.x.}$  – довжина робочого ходу інструменту;

$$l_{p.x.} = l_{piz} + y + \Delta,$$

де  $y$  – підвід, врізання та перебіг інструмента,  $y = t \cdot ctg\varphi = 1,3 \cdot ctg92^\circ = 0$ ;

$\Delta$  – перебіг різця,  $\Delta = 1 \dots 3$  мм, приймаємо  $\Delta = 2$  мм;

$$l_{p.x.} = 38 + 0 + 2 = 40 \text{ мм};$$

$i$  – кількість проходів,  $i = 1$ .

$$t_o = 40 \cdot 1 / 840 \cdot 0,5 = 0,1 \text{ хв.}$$

## 2.7.2. Вибір режимів різання табличним методом

Розрахункова довжина робочого ходу інструмента ( $L$ ) для токарних операцій, визначається за формулою:

$$L=l+l_1+l_2 \quad (2.27)$$

де  $l$  - довжина оброблюваної поверхні, мм;

$l_1$  - величина врізання інструмента, приймаємо по табл.2 [11]

$l_1 = 3$  мм;

$l_2$  - величина переперегони інструмента, приймаємо по табл.2 [11]

$l_2 = 2$  мм.

Операція 005 Токарна (чорнова)

Устаткування – Токарно-гвинторізний верстат 1А616;

Пристрій – патрон 3-х кулачковий.

Вихідні дані для розрахунку й зведемо в табл.2.6.

Таблиця 2.6. Переходи оброблення отвору  $\varnothing 40$  мм.

Зміст переходу	Розрахункова довжина робочого ходу інструмента- $L$ , мм	Глибина різання	IT	Ra	Різальний інструмент
перехід 1: розточити циліндричну пов.12	68,5	2	12	12,5	Різець розточувальний зі сталевим хвостовиком ДЕРЖСТАНДАРТ 18063-72, Т5К10
перехід 2: підрізати торець 4,6,5;	25	2		6,3	Різець прохідний упорний відігнутий з кутом у плані 90° ГОСТ 18879-73,
перехід 3 : розточити канавку:	37	4		6,3	Різець розточувальний з кутом у плані 90° за ДСТ 10044-73, Т5К10

По табл.28 [11] з обліком вихідних даних визначаємо табличне значення подачі  $S_{OT}$ , мм/об.:  $S_{OT}=0,6$  мм/об.

Подача на оберт:

$$S_o = S_{OT} \cdot K_{S_o}, \quad (2.28)$$

де  $S_{OT}$  – таблична подача на оберт,  $S_o = 0,6$  мм/об.;

$K_{S_o}$  – загальний поправочний коефіцієнт на подачу:

$$K_{S_o} = K_{S_{\Pi}} \cdot K_{S_{\text{И}}} \cdot K_{S_{\Phi}} \cdot K_{S_3} \cdot K_{S_{\text{Ж}}} \cdot K_{S_{\text{М}}}, \quad (2.29)$$

де  $K_{S_{\Pi}}$  – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні (кірка), по табл.30 [6] приймаємо  $K_{S_{\Pi}} = 0,8$ ;

$K_{S_{\text{И}}}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента, по табл.30 [6] приймаємо  $K_{S_{\text{И}}} = 1,0$ ;

$K_{S_{\Phi}}$  – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні, по табл.30 [6] приймаємо  $K_{S_{\Phi}} = 1,0$ ;

$K_{S_3}$  – коефіцієнт, що враховує вплив загартування, приймаємо рівним 1,0

$K_{S_{\text{Ж}}}$  – коефіцієнт, що враховує твердість технологічної системи, по табл.30 [6] приймаємо  $K_{S_{\text{Ж}}}=0,95$  (перехід1),  $K_{S_{\text{Ж}}}=1$  (перехід2);

$K_{S_{\text{М}}}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної деталі, по табл.30 [6] приймаємо  $K_{S_{\text{М}}} = 1,07$ ;

$$S_{o1} = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1,07 = 0,49 \text{ мм/об.}$$

$$S_{o2,3} = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,07 = 0,51 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = V_T \cdot K_V, \quad (2.30)$$

де  $V_T$  – табличне значення швидкості різання, по табл.36 [6] приймаємо залежно від  $S_o$ :  $V_T = 171$  м/хв (перехід1),  $V_T = 171$  м/хв (перехід 2,3);

$K_V$  – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_V = K_{V_M} \cdot K_{V_{\text{И}}} \cdot K_{V_{\text{М}}} \cdot K_{V_{\text{Ж}}} \cdot K_{V_{\text{П}}} \cdot K_{V_o} \cdot K_{V_{\Phi}}, \quad (2.31)$$

де  $K_{V_M}$  – коефіцієнт оброблюваності матеріалу, по табл. 37 [6] приймаємо  $K_{V_M} = 0,65$ ;

$K_{V_{II}}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента, по табл. 37 [6] приймаємо  $K_{V_{II}} = 0,81$ ;

$K_{V_m}$  – коефіцієнт, що враховує вид обробки, по табл. 37 [6] приймаємо  $K_{V_m} = 1,0$ ;

$K_{V_{ж}}$  – коефіцієнт, що враховує твердість технологічної системи, по табл. 35 [6] приймаємо  $K_{V_{ж1}} = 0,8$  (перехід1);  $K_{V_{ж2,3}} = 1,2$  (перехід1);

$K_{V_{II}}$  – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні, по табл. 35 [6] приймаємо  $K_{V_{II}} = 0,85$ ;

$K_{V_o}$  – коефіцієнт, що враховує вплив СОЖ,  $K_{V_o} = 1,0$ ;

$K_{V_{\phi}}$  – коефіцієнт, що враховує вплив кута в плані, по табл. 35 [6] приймаємо  $K_{V_{\phi}} = 0,81$ .

$$V_1 = 171 \cdot 0,65 \cdot 0,81 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 0,81 = 50 \text{ м/хв};$$

$$V_{2,3} = 171 \cdot 0,65 \cdot 0,81 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 0,81 = 74 \text{ м/хв},$$

Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d},$$

де  $V$  – швидкість різання;

$d$  – діаметр заготовки;

$$n_1 = 1000 \cdot 50 / 3,14 \cdot 40 = 398 \text{ об./хв.}$$

$$n_2 = 1000 \cdot 74 / 3,14 \cdot 50 = 471 \text{ об./хв}$$

Остаточно приймаємо частоту обертання шпинделя для обробки всіх поверхонь за паспортним даними  $n_{\phi} = 400$  об/хв.

Визначимо фактичну швидкість різання відповідно до прийнятої частоти обертання шпинделя за формулою:

$$V_{\phi} = \pi \cdot d \cdot n / 1000, \text{ м/хв}; \quad (2.32)$$

$$V_{\phi 1} = 3,14 \cdot 50 \cdot 400 / 1000 = 62,8 \text{ м/хв};$$

Перевіримо правильність обраних режимів різання по потужності привода головного руху верстата за формулою:

$$N = N_T \cdot (V_\phi / V) K_N, \text{ кВт} \quad (2.33)$$

де  $K_N$  - коефіцієнт, що враховує потужність різання,  $K_N = 0,60$ ;

$N_T$  - табличне значення потужності різання обумовлене по карті [6], воно становить  $N_T = 3,6$  кВт для всіх оброблюваних поверхонь.

Визначимо потужність різання переходів 1, 2, 3:

$$N_{1,2,3} = 3,6 \cdot (62,8 / 50) \cdot 0,6 = 2,7 \text{ кВт};$$

Отримані значення потужності різання не повинні перевищувати значення потужності різання верстата зазначеної в паспортних даних помножене на коефіцієнт корисної дії (КПД) устаткування, тобто  $N \leq N_{\text{паспорт}} \cdot \eta$ , где  $\eta = 0,8$ ;  $N_{\text{паспорт}} = 6$  кВт. Розрахунок основного часу на операцію 005.

Основний технологічний час - час, протягом якого відбувається безпосередній вплив інструмента на заготовлю й зміну її стану. При верстатній обробці визначається за формулою:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{n \cdot S_o} \cdot i, \quad (2.34)$$

де  $L_{p.x.}$  - довжина робочого ходу, мм;

$i$  - число робочих ходів;

$S_o$  - подача на оберт шпинделя, мм/об.

Підставивши вихідні дані у формулу (6.9), одержимо:

$$\text{перехід 1: } T_o = \frac{68,5}{400 \cdot 0,5} = 0,34, ;$$

$$\text{перехід 2: } T_o = \frac{25}{400 \cdot 0,5} = 0,125,$$

$$\text{перехід 3: } T_o = \frac{37}{400 \cdot 0,5} = 0,185,$$

Разом основний час на операцію 005:

$$T_e = T_1 + T_{1,2} = 0,34 + 0,125 + 0,185 = 0,65 \text{ хв.}$$

Аналогічно, за допомогою рекомендацій [6], визначимо режими різання на інші операції, а результати занесемо в табл.2.7.

Складемо зведену таблицю режимів різання по всіх операціях технологічного процесу.

Таблиця 2.7. Зведена таблиця по режимах різання

№	Назва операції	№ перехід	Глибина різання t, мм	Подача на оберт S <sub>o</sub> , мм/об.	Швидкість різання V, м/хв	Частота обертання шпинделя n, об./хв	Потужність, N кВт
005	Токарна	1	2	0,49	91	400	3,1
		2,3	2	0,2	91	400	2,6
010	Токарна	1	2	0,26	56	450	2,4
		2	1,5	0,43	92	450	2
		3	0,4	0,12	118	250	1,6
		4	0,9	0,12	100	250	1,9
		5	0,5	0,1	55	125	1,6
		6	0,27	0,1	90	800	1,1
		7	0,9	0,12	110	800	1,7
		8	7	0,1	74	500	2,4
015	Свердлильна з ЧПУ	1	3	0,15	23,3	1250	0,08
		2	3,6	0,15	23,3	1250	0,09
		3	5,1	0,15	29	1250	0,1
		4	0,2	0,6	12	50	0,04
		5	1	1	4,2	250	0,06
020	Шліфувальна	1	0,14	0,007	30 м/с	1000	6,5
025	Хонінгувальна	1	1,4	1,7	1) V <sub>ок</sub> = 60 · V <sub>вп</sub> = 18	480	1,2
		2	0,8	0,4	2) V <sub>ок</sub> = 40 · V <sub>вп</sub> = 10	320	0,9

## 2.8. Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій

Технологічний процес виготовлення виробу повинен виконуватися з найбільш повним використанням технічних можливостей засобів виробництва при найменших витратах часу й найменшій собівартості виробів. Для того щоб оцінити витрати часу, необхідно вести нормування техпроцесу, тобто мати дані по нормах часу. Такими нормами можуть бути тільки технічно обґрунтовані норми часу - установлені для певних технічних-організаційно-технічних умов на виконання частини технологічного процесу, виходячи з повного й раціонального використання технічних можливостей засобів технологічного оснащення й з обліком передового виробничого досвіду.

При нормуванні ТП виготовлення деталі скористаємося аналітично-розрахунковим методом. Він передбачає визначення витрат часу на кожний елемент операції й на операцію в цілому по заздалегідь установленим, технічно обґрунтованим нормативам часу й оптимальним режимів роботи встаткування.

При нормуванні технологічного процесу у серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу,  $T_{ш.к.}$  за формулою [12]:

$$T_{ш.к.} = \left( \frac{T_{п.з.}}{n} \right) + T_{шт.}, \quad (2.35)$$

$$T_{шт.} = T_o + T_\delta + T_{об} + T_{від},$$

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

$T_{п.з.}$  – підготовчо-заклучний час на обробку , хв.

$n$  – кількість деталей в партії, що налагоджується, шт.

$T_o$  – основний час обробки , хв.

$T_\delta$  – допоміжний час обробки , хв.

$T_{об}$  – час на обслуговування робочого місця , хв.

$T_{від}$  – час відпочинку , хв.

$$T_{\partial} = T_{вст} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим} \quad (2.36)$$

де  $T_{вст}$  – час встановлення та зняття деталі , хв.

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

$T_{кер}$  – час на керування верстатом ,хв.

$T_{вим}$  – час на вимірювання деталі ,хв.

Визначимо норми часу на операцію свердління 3 отворів 10,2 мм.

Визначаємо  $(T_{в.з} + T_{з.в}) = 0,08$  хв і заносимо в табл..2.4 [12].

Враховуємо виправний коефіцієнт для середньо серійного виробництва.

$$T_{в.з} + T_{з.в} = 0,08 * 1,85 = 0,148 \text{ хв.}$$

$$T_{уп} = (0,01 + 0,04 + 0,01) * 1,85 = 0,111 \text{ хв. [12]}$$

$$T_{вим} = 0,11 * 1,85 = 0,2 \text{ хв [12]}$$

Визначаємо оперативний час  $T_{оп}$  :

$$T_{оп} = T_{о} + T_{доп} = 0,21 + 0,148 + 0,111 + 0,2 = 0,67 \text{ хв,} \quad (2.37)$$

Загальний час на обслуговування робочого місця і відпочинок дорівнює

$$T_{об.від} = 0,08 T_{оп}, \quad (2.38)$$

де  $T_{об.від}$  – затрати часу на обслуговування і відпочинок у відсотковому відношенні до оперативного часу,  $T_{об.від} = 8\%$  [12], с.214, табл.6.1.

$$T = 0,053 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час

$$T_{шт} = 0,67 + 0,053 = 0,72 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заклучний час [12].с.217, табл.6.5.

$$T_{н.з} = 12 + 2 + 7 = 21 \text{ хв.}$$

$N_m$  – місячна програма випуску заданої деталі при роботі в одну зміну, шт.

$$N_m = N_p / 24, \quad (2.39)$$

де  $N_p$  – річна програма випуску заданої деталі.

$$N_m = 2000 / 24 = 83 \text{ шт.}$$

$$T_{n3/n} = 21 / 83 = 0,25 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$T_{\text{шт-к}} = 0,72 + 0,20 = 0,92 \text{ хв.}$$

Зведемо результати розрахунків у табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Розрахунок штучного часу по операціях технологічного процесу ( хв.)

Номер і номенклатура операції	Основний час, $T_o$	Допоміжний час $T_d$			Час обслуг. та відпоч, Тобсл+ Т відп		Штучний час, $T_{шт}$	Підготовчо – заключний час, $T_{п.з}$ шт	Число деталей в партії, $n$ , шт	Штучно – кальк. час $T_{штк}$
		Встановлення і зняття деталі	Керування верстатом	Вимірювання деталі	хв.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Токарна	0,6 5	0,35	0,32	0,15	0,14	-	1,61	14	14	1,7
010 Токарна з ЧПУ	4,1	0,35	0,32	0,15	0,11	-	5,1	14	14	5,27
015 Свердлувальна з ЧПУ	2,4	0,35	0,32	0,15	0,11	-	3,3	14	14	3,53

Закінчення Таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
020 Шліфувальна	4	0,58	0,39	0,165	0,133	-	5,3	18	14	5,5
025 Хонінгувальна	3	0,32	0,62	0,3	0,12	-	4,36	15	14	4,4

## Висновки до розділу 2

В новому технологічному процесі було вдосконалено технологічний процес виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342», застосуванням верстату з ЧПК, а саме токарного центру з ЧПК ST30 нового покоління фірми HAAS (США). Для операції свердлування отворів на фланці деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342» запропоновано застосовувати верстат з ЧПК 2P135Ф2 з відповідним проектуванням переналагоджуємого пристрою для встановлення, базування та закріплення заготовки.

Ці заходи дозволили сконцентрувати операції старого технологічного процесу на одному верстаті, що дозволило проводити оброблення з однієї установки заготовки та підвищити точність оброблення. Проведено розрахунки припусків, режимів різання та нормування технологічного процесу.

## РОЗДІЛ 3

### КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

#### 3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення заготовки при свердлуванні 6-х отворів $\varnothing 10,2$ мм на верстаті з ЧПК

##### 3.1.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення заготовки 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 притискаючи елементи до корпуса пристосування деталями, що кріплять [8].

Зносостійкість опорних поверхонь підвищують, виготовлюючи їх із сталі, яка підлягає термічній обробці 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  $\varnothing 162$  мм в пристрою, який проектується, застосовуємо торці кулачків та опорні пластини.

Схема базування

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 орієнтуванні заготовка втрачає всі степені вільності; при не повному – числа степені вільності менше шести [13]. 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 розташування опор повинно бути таким, щоб при дотриманості невідривності баз від опор заготовка не могла зсуватись відносно координатних осей. При виконанні умови невідривності заготовка залишається без 6 ступенів вільності [13].

Для забезпечення стійкого положення заготовки, в пристрої відстань між опорами слід вибирати по можливості більшу, при встановленні заготовки на опори, вона не повинна перевертатись [13]. 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 заготовки на операцію приймаємо циліндричну поверхню  $\varnothing 162$ , і її торець рис.3.1.

Схема базування для операції має вигляд, який показано на рис. 3.1: заготовка впирається торцем у корпус пристрою, а самоцентруючий 3-х кулачковий патрон центрує заготовку по осі.

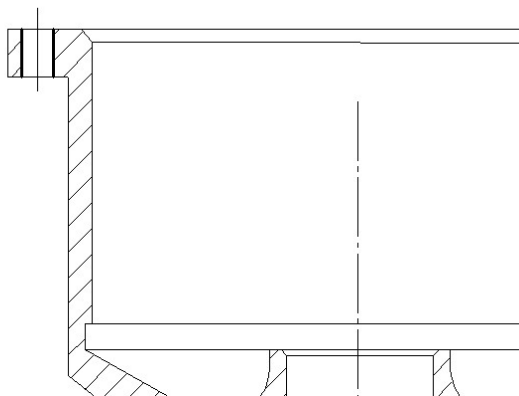


Рисунок 3.1 – Схема базування заготовки корпус гідроциліндра

### 3.1.2. Розрахунок сили затиску заготовки

Сила затиску заготовки знаходиться з рівняння рівноваги заготовки під дією всіх сил, які прикладені до неї згідно схеми дії сил (рис. 3.2). Заготовка під дією сили різання при початку свердлування може повернути заготовку навколо своєї осі, але сили тертя на кулачках патрону не дають можливості її повернутися навколо осі. Виходячи з цих передбачень, запишемо умову рівноваги заготовки (ф.3.1) під дією сил згідно схеми рис.3.2.

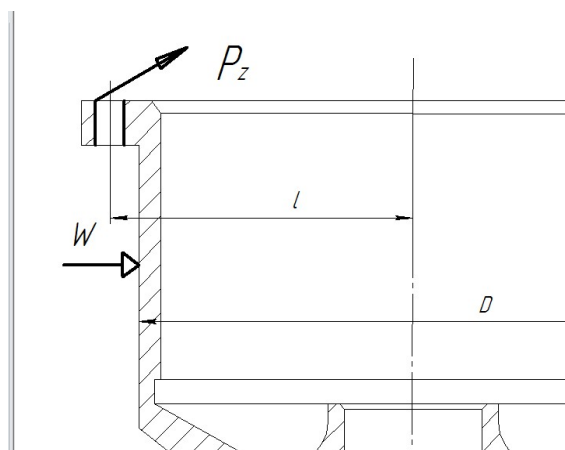


Рисунок 3.2 – Схема базування та закріплення заготовки корпусу гідроциліндра

$$P_z \left( l + \frac{d_{св}}{2} \right) k = 3W \cdot f \cdot \frac{D}{2}, \quad [13] \quad (3.1)$$

де  $D$  – діаметр заготовки в точках затиску  $D = 162$  мм;

$f = 0,1$  – коефіцієнт тертя;

$K$  – коефіцієнт запасу по утриманню заготовки, приймаємо  $K = 1,5$ ;

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

Знайдемо силу різання з витрат відомої потужності на різання (див. реж. різання, розділ 2, табл. 2.7) за формулою:

$$P_z = \frac{N \cdot 1020 \cdot 60}{V} = \frac{0,1 \cdot 1020}{12,1} = 8,4H,$$

Знайдемо силу затиску заготовки за формулою:

$$W = \frac{2P_z \left( l + \frac{d_{св}}{2} \right) k}{3Df} = \frac{2 \cdot 8,4(98 + 5,1) \cdot 1,5}{3 \cdot 162 \cdot 0,1} = 540H,$$

Сумарна сила затиску заготовки буде  $W_{сум} = 1620$  Н

### 3.1.3 Розрахунок параметрів приводу пристрою

Пристрій являє собою трьохкулачковий патрон важільного типу з гідравлічним поршневым приводом. Передавальний механізм виконано у вигляді важільної системи для кожного кулачка. При ході штока гідроциліндра униз тяга зводить кулачки до заготовки та затискає її. Схема затискного механізму показана на рис.3.3.

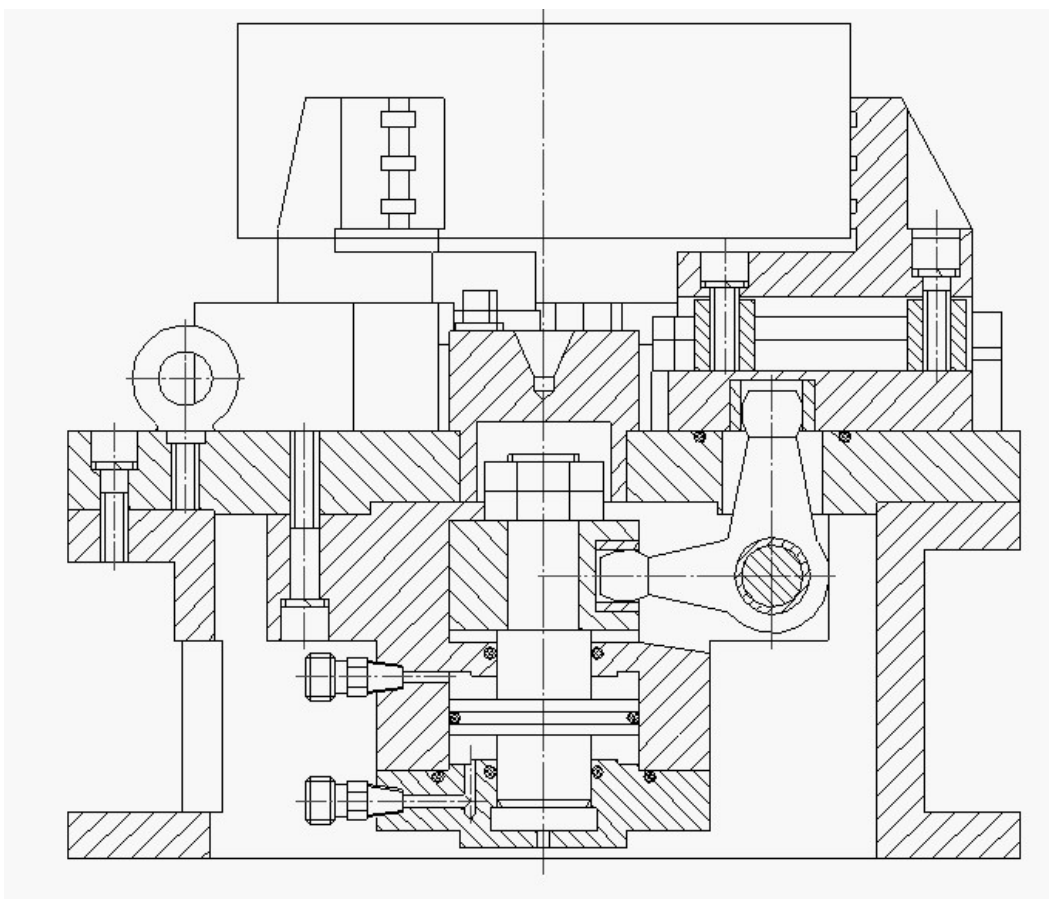


Рисунок 3.3 – Схема затискного механізму

Знайдемо силу, яка діє на вісі штока гідроциліндра  $Q$  з рівняння рівноваги важільної системи знаючи сумарну силу затиску за формулою:

$$W_{\text{сум}} \cdot l_2 = Q \cdot l_1, \quad [13]. \quad (3.2)$$

де  $l_1 = 80$  мм,  $l_2 = 80$  мм.

$$Q = \frac{W_{\text{сум}} \cdot l_2}{l_1} = \frac{1620 \cdot 80}{80} = 1620 \text{ Н},$$

Розрахуємо внутрішній діаметр гідроциліндра з урахуванням того, що площа робочої порожнини зменшується на величину площі штоку за формулою [13]:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p} + d^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1620}{3,14 \cdot 1} + 160} = 47 \text{ мм}, \quad (3.3)$$

де  $P$  – тиск мастила у гідроциліндрі  $P = 1$  МПа;

$d$  – 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 [13]:

$$Q = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)p = \frac{3,14}{4}(80^2 - 40^2) \cdot 1 = 3768 \text{ Н}. \quad (3.4)$$

### 3.1.4. Розрахунок елементів пристрою на міцність

З аналізу креслення пристрою найбільш навантаженими деталями у пристрої вважаються вісі на яких кріпляться важелі. 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 16001 Н. Кількість площин зрізу буде  $n = 2$  згідно рис. 3.4.

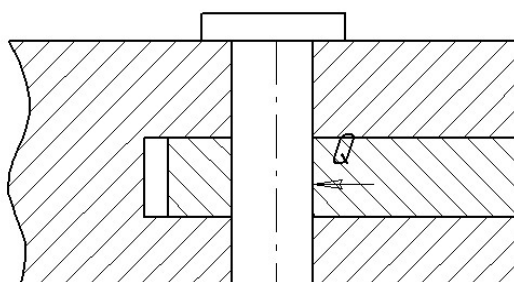


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема

Розрахунок величини діаметру вісі ведемо за формулою [14]:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p[\tau]_{зр}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3768}{2 \cdot 3,14 \cdot 240}} = 3,1 \text{ мм}, \quad (3.5)$$

де допустимі напруження зрізу дорівнюють  $[\tau]_{зр} = 240 \text{ Н/мм}^2$  [14].

Згідно креслення конструктивно прийнято діаметр осі 30 мм. Маємо запас міцності:

$$K = 30/3,1 = 9,6 \text{ рази.}$$

### 3.1.5. Розрахунок пристрою на точність

Допустиму похибку пристрою визначаємо за формулою:

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

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

$\kappa$  – поправочний коефіцієнт,  $\kappa = 0,8$  [13];

$\omega$  – точність обробки на вибраному верстаті,  $\omega = 80 \text{ мкм}$ , [13].

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

Похибку установки заготовки в пристрої визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (3.7)$$

де  $\varepsilon_0$  – похибка базування деталі,  $\varepsilon_0 = 0$  (базування у патроні, який центрує);

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення,  $\varepsilon_3 = 0,01 \text{ мм}$  (затиск кулачком) [13];

$\varepsilon_{np}$  – похибка пристрою визначаємо за формулою:

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

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

$\varepsilon_{зн}$  – похибка зношування установочних елементів,  $\varepsilon_{зн} = 0,02$  мм;

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

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

Тоді похибка установки заготовки в пристрої буде:

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

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

### 3.1.6. Опис роботи пристрою та технічні вимоги

Пристрій попередньо налаштовується на розмір 162 мм за допомогою перестановки кулачків за шаблоном. Робочий хід кулачків 1,5 мм.

Заготовка «корпус гідроциліндра» встановлюється поверхнею 162 мм до упору в торець кулачків. Потім поворотом ручки золотника подається стиснена олія у робочу зону гідроциліндра, шток рухається до низу та тягне важелі, які зводять кулачки – здійснюється затиск заготовки. Проводиться свердлування потім проводиться розкріплення заготовки подачею стисненої олії у без штокову порожнину. Заготовки знімається та встановлюємо наступну.

#### 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 4 МПа в проміжку 15 хв., витікання мастила не допускається;
- 4 Робочий тиск 1 МПа.

#### Технічна характеристика

- 1 Зусилля затиску при тиску мастила 1 МПа - 1620 Н;
- 2 Максимальний діаметр захвату диску – 320 мм.

### **3.2. Розрахунок та проектування вимірювального інструменту для контролю пов. Ø40H7**

Для контролю одної, чи декількох поверхонь необхідно підібрати вимірювальний інструмент, провести розрахунки виконавчих розмірів і визначити ілюстраційну схему взаємного розташування і допусків деталі і калібру.

Для контролю розміру  $\text{Ø}40\text{H}7^{+0,025}$  розраховуємо калібр-пробку. Для цього використовуємо літературу [15].

Допуск ІТ = 25 мкм.

Граничні відхилення ES = +25; EI = 0 мкм.

Граничні розміри валу :  $D_{\max} = 40,025$  мм;  $D_{\min} = 40,00$  мм.

Знаходимо данні для розрахунку:  $Z = 3; Y = 3; H = 4; \alpha = 0$

Найбільший розмір похідного нового калібру-пробки

$$PP_{\max} = D_{\min} + Z_1 + H_1 / 2 = 40 + 0,0033 + \frac{0,004}{2} = 40,005 \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір калібру-пробки ПР 40,005<sub>-0,004</sub>

Найбільший розмір зношеного прохідного калібру-пробки

$$PP_{3H} = D_{\min} - Y = 40 - 0,0033+ = 39,997 \text{ мм.} \quad (3.9)$$

Коли калібр ПР буде мати цей розмір, його треба вилучити з експлуатації.

Найменший розмір непрохідного калібру-пробки

$$HE_{\min} = D_{\max} + H/2 = 40,025 + \frac{0,004}{2} = 40,027 \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір калібру-пробки HE 40,027<sub>-0,004</sub>

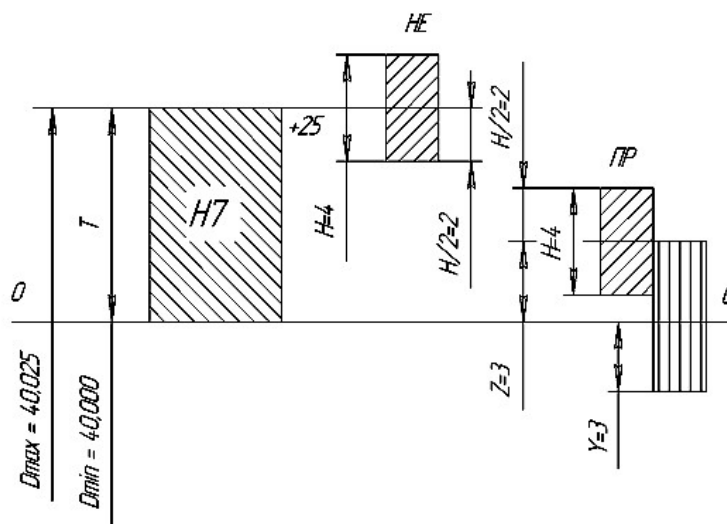


Рисунок 3.5 – Схема розташування полів допусків для розміру  $\varnothing 40H7^{+0,025}$

### 3.3. Проектування контрольного пристрою для контролю відхилення поверхонь

Для деталі корпус гідроциліндра є важлива умова для успішної роботи самого вузла, а саме необхідно забезпечити найменше биття внутрішньої поверхні гідроциліндра та отвору під шток до центральної осі за умови, щоби не було заклинювання штока при роботі вузла в цілому.

### 3.3.1 Розробка схеми вимірювання

Биття внутрішньої поверхні гідروциліндра та отвору під шток у деталі вимірюється за схемою рис. 3.6. у отвір під шток встановлюється розтискна цангова оправка, а показники знімаються з індикатора при круговому повороті його на  $360^{\circ}$ . Попередньо індикатор встановлюється на «0».

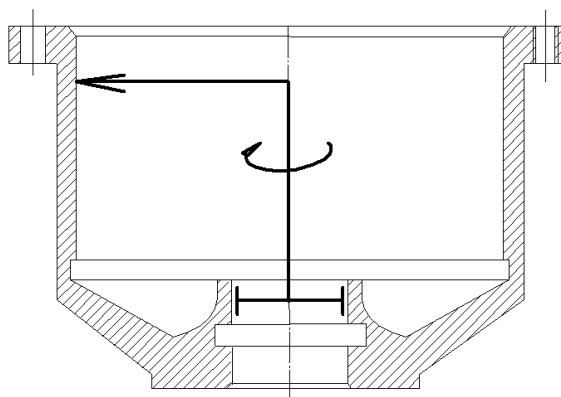


Рисунок 3.6 – Схема вимірювання

### 3.3.2 Розрахунок пристрою на точність

В розрахунку контрольно-вимірювального пристрою на точність визначають допустиму похибку вимірювання за формулою:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,3 \cdot T = 0,3 \cdot 68 = 20,4 \text{ мкм}, \quad [13] \quad (3.10)$$

де  $T$  – допуск на контрольований розмір,  $T = 68$  мкм (з кресленика деталі).

Визначаємо фактичну похибку вимірювання:

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{np}^2 + \varepsilon_{прил}^2 + \varepsilon_{зн}^2}, \quad (3.11)$$

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

$\varepsilon_{np}$  – похибка виготовлення пристрою,  $\varepsilon_{np} = 0,006$  мм;

$\varepsilon_{зн}$  – похибка зношення пристрою,  $\varepsilon_{зн} = 0,006$  мм;

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

$$\varepsilon_{прил} \approx \frac{Ц}{2}, \quad (3.12)$$

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

Для контролю параметрів биття і співвісність вибираємо індикатор годинникового типу 1ИГ ГОСТ 18833-73, ціна поділки якого  $Ц = 0,01$  мм.

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

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{0^2 + 0,006^2 + 0,005^2 + 0,006^2} = 0,0098$$

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

### 3.3.3 Принцип роботи пристрою

Даний пристрій (рис. 3.7) складається із цангової оправки на корпусі якої розташовано втулку для встановлення індикаторної головки. Цангова оправка встановлюється у отвір  $\varnothing 40$  мм. деталі та за допомогою гвинта, який вводить цангові пелюстки на конус та збільшує діаметр оправки, закріплюється в отворі. Індикатор через підводяться до вимірюваної поверхні та

встановлюються на «0». При переміщенні індикатора по колу на  $360^{\circ}$  знімається різниця показників, що нам дають биття внутрішньої поверхні гідроциліндра та отвору під шток.

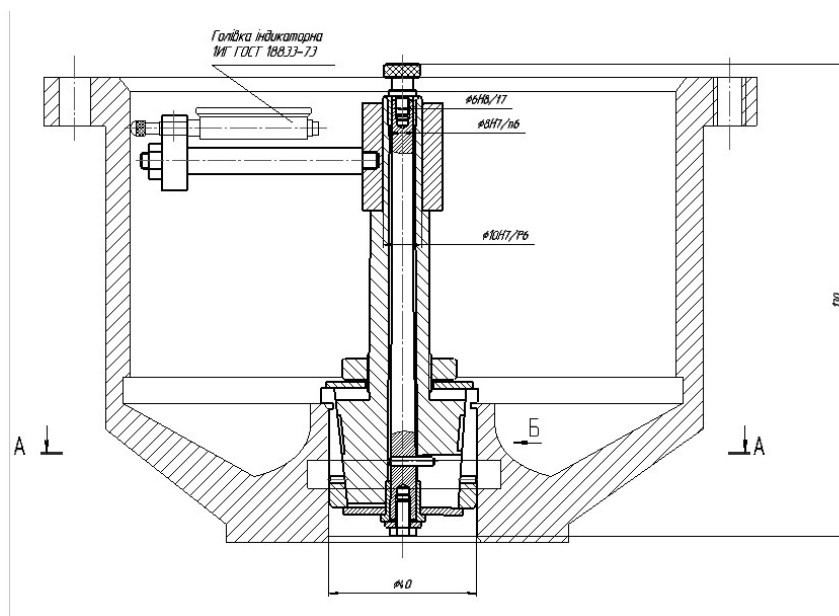


Рисунок 3.7 – Схема роботи пристрою при вимірюванні

### 3.4. Проектування конструкції консольної борштанги з орієнтованою жорсткістю

На деталі корпус гідроциліндра є поверхні  $\text{Ø}150$  мм,  $\text{Ø}40$  мм, які необхідно розточувати консольною борштангою.

При обробці консольним інструментом при різанні виникають вібрації збільшених амплітуд, що суттєво впливає на зниження точності, якості та продуктивності обробки деталей. Зменшення інтенсивності коливань борштанги та токарному верстаті є важливим для підвищення продуктивності, точності та якості обробки.

Процес розточування консольною борштангою на токарному верстаті виконується при невисоких режимах різання на переходах чорнової та напівчистої обробки, що пов'язано з обмеженою радіальною жорсткістю борштанги. Крім того, більшість розточувальних борштанг мають форму

циліндра чи конуса і колова радіальна жорсткість таких конструкцій не має явно виражених осей найбільшої і найменшої жорсткості в зоні встановлення різця в площині, перпендикулярній до осі борштанги. Це призводить до суттєвого впливу координатного зв'язку на збільшення амплітуд автоколивань консольної частини борштанги при різанні і зниження режимів вібростійкого різання.

На консольній частині борштанги, що за розмірами повністю аналогічна штатній конструкції верстата, вирізано з метою зменшення впливу координатного зв'язку на вібростійкість відповідним чином лиску, кутове положення якої пов'язано відносно поверхні базування різця.

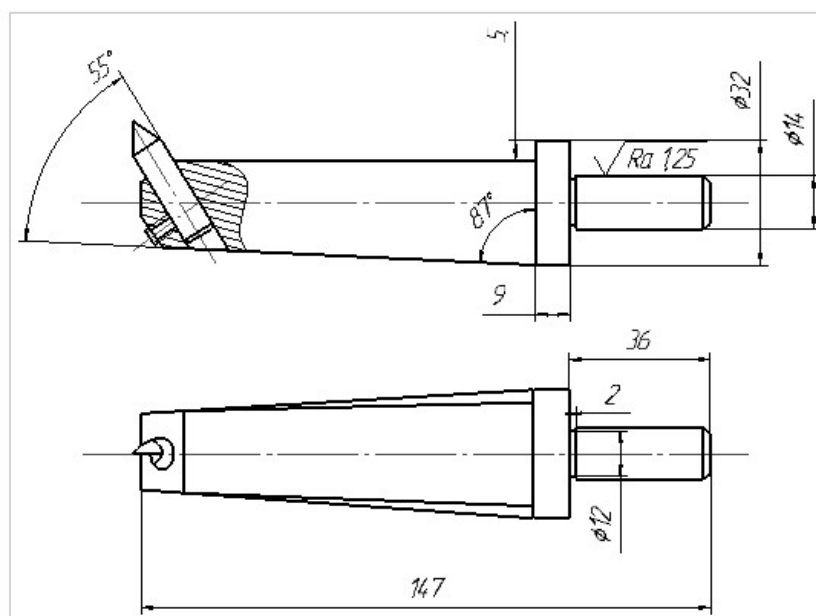


Рисунок 3.8 – Конструкція консольної борштанги з орієнтованою жорсткістю

### Висновки до розділу 3

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

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

3. Спроековано конструкцію борштанги з орієнтованою жорсткістю.

## РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

### 4.1. Аналіз конструкцій консольних борштанг з метою зменшення їх надмірних коливань у процесі оброблення

Розповсюдженим видом обробки на верстатах токарної групи є обробка консольним інструментом, до якого відносяться оправки, різцетримачі, борштанги та ін. При обробці консольним інструментом при різанні виникають вібрації збільшених амплітуд, що суттєво впливає на зниження точності, якості та продуктивності обробки деталей.

До виникнення надмірних коливань при різанні найбільше схильна консольна борштанга, як найменш жорстка ланка пружної системи верстата. Консольна борштанга в процесі розточування здійснює поздовжні, поперечні та крутильні коливання та має домінуючий вплив на рівень відносних коливань між різальним інструментом і оброблюваною деталлю. Тому, зменшення інтенсивності коливань борштанги та токарному верстаті є важливим для підвищення продуктивності, точності та якості обробки.

Коливання, які виникають при різанні достатньо жорстким інструментом, визначаються властивостями всієї багатоконтурної пружної системи верстата. У випадку обробки борштангами рівень коливань інструменту визначається жорсткістю та коливаннями самої борштанги, а втрата вібростійкості виникає в основному на формі її коливань.

Відома консольна борштанга [16], «що містить подовжений корпус 1, в якому виконана циліндрична порожнина діаметром  $d_0$  з внутрішньою різьбою діаметром  $M$  в глухому 5 її торці, шпильку 2 із зовнішньою різьбою  $M$  на обох її кінцях. Зовнішня різьба  $M$  на одному, умовно правому, кінці шпильки 2

відповідає внутрішній різьби М в глухому торці циліндричної порожнини  $d_0$  корпусу 1 консольної борштанги».

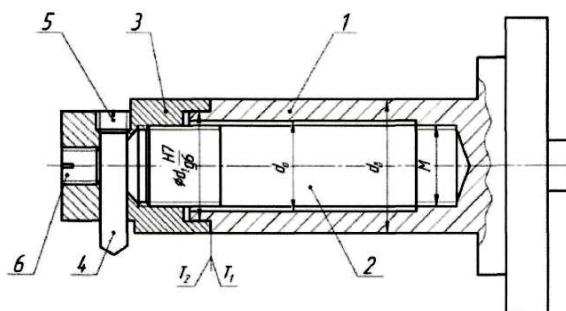


Рисунок 4.1. Конструкція консольної борштанги

«Шпилька 2 загвинчена одним, умовно правим, кінцем до упору у внутрішню різь М10 циліндричної порожнини корпусу 1 консольної борштанги. Консольна борштанга також містить гайку-різцетримач 3, нагвинчену на інший, умовно лівий, кінець шпильки 2 до упору з певним зусиллям в лівий торець корпусу 1 консольної борштанги, розточувальний різець 4, установлений в отворі діаметра  $d_p$  гайки-різцетримача 3. Отвір в гайці-різцетримачі 3 виконано перпендикулярно до осі її обертання, а розточувальний різець 4 виставлений на необхідну відстань за допомогою регульовального гвинта 5 і закріплений за допомогою стопорного гвинта 6. Співвідношення довжини шпильки 2 і глибини різьби гайки-різцетримача 3 вибрано таким, що забезпечує наявність запасу нарізного ходу  $L$  (рис. 4.1), більшого на п'ять кроків різьби. Зовнішня поверхня кінцевої, умовно лівої, частини гайки-різцетримача 3 виконана шестигранною "під ключ"  $S$ , в поперечному перерізі, а довжина  $h$  цієї частини гайки-різцетримача 3 вибрана такою, що достатня для розташування на ній головки динамометричного гайкового ключа.

Торцеві поверхні торкання корпусу 1 консольної борштанги і гайки-різцетримача 3 мають ступінчасту форму з посадкою і зазором по діаметру  $d_1$  типу Н7/г6, де діаметр  $d_1$  приймається більшим або дорівнює півсумі діаметрів: зовнішнього діаметра корпусу борштанги  $d_0$  і діаметра

циліндричної порожнини  $d_0$  корпусу 1 борштанги, а співвідношення довжин ступенів 1 – корпусу борштанги і 11 - гайки-різцетримача вибирається таким, що забезпечує виконання рівності  $l_1 = l + (0,5 \dots 0,8)$  мм.

На бічних поверхнях корпусу 1 консольної борштанги і гайки-різцетримача 3 в місці зіткнення їх торців T1 і T2 нанесена торована шкала у вигляді рисок для встановлення сили стиснення: одна, позначена цифрою, на поверхні корпусу 1 борштанги довжиною, наприклад, три мм і, наприклад, 50 рисок по колу поверхні гайки-різцетримача 3 з однаковим кроком» [16].

Відомий віброгасячий різцетримач [17]. «Винахід відноситься до верстатобудування, зокрема до кріплення металорізальних інструментів у державки. Відомі віброгасники, що використовують стакани з віброгасячими елементами - насипними кульками. Такі віброгасники кріпляться до супорта верстата на шарнірному плечі і забезпечені роликом, що контактує з оброблюваною деталлю, а на плечі вертикально розміщений стакан з двома відділеннями для кульок більшого і меншого діаметру. Відомі віброгасники забезпечені стаканом з підпружиненими елементами.

Пропонований віброгасячий різцетримач відрізняється від відомих тим, що корпус його виконується порожнистим і забезпечений штовхачем, що контактує з частиною торця різця: віброгасячими елементами - кульками великого і меншого діаметру. Таке виконання державки забезпечує підвищення ефективності демпфування вібрації, спрощує конструкцію. На кресленні зображений різцетримач з штовхачем і виброгасячим вузлом в розрізі».

тами.

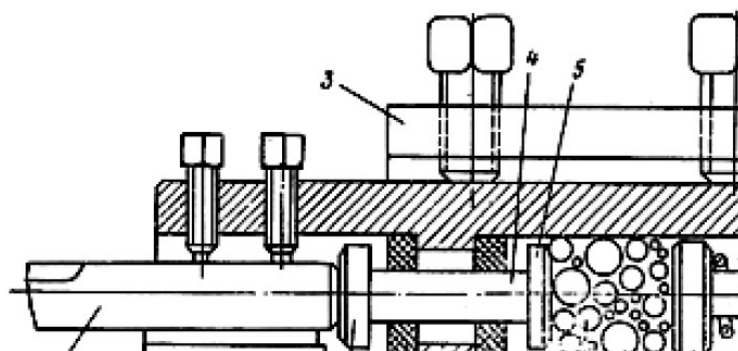


Рисунок 4.2. Конструкція віброгасячого різцетримача

«Корпус віброгасячого різцетримача 1, оснащений різцем 2, кріпиться в різцетримачі супорта токарного верстата 3. Віброгасячий вузол розташовується в наскрізній порожнині корпусу 1 і складається з штовхача 4, забезпеченого п'ятами 5, контактуючим одним кінцем з торцем ріжучого інструменту, а іншим - з кульками 6. Штовхач 4 ізолюваний від корпусу 1 по засобом еластичних прокладок 7. Кульки стискаються вздовж осі пружиною 8 через тильний штовхач 9. Пружина утримується різьбовою кришкою 10, яка стопориться. При виникненні вібрації на різці коливання передаються через штовхач 4 на підпружинені кульки 6, які починають переміщатися (обкачуватися) в порожнині стакана. Хаотичний рух кульок 6 більшого і меншого діаметру поглинає вібрацію. Демпфування здійснюється регулюванням сили дії пружини на кульки в процесі настройки і залежить від режиму різання, оброблюваного матеріалу, різального інструменту» [17].

Відома борштанга для обробки глибоких отворів [18].

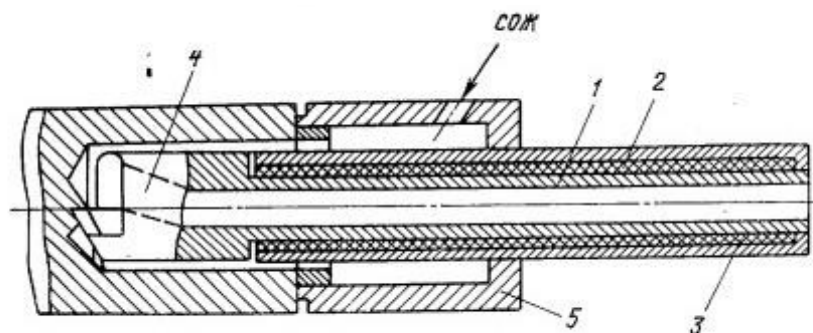


Рисунок 4.3. Борштанга для обробки глибоких отворів

«Корпус борштанги для обробки глибоких отворів, наприклад свердління, складається з двох концентрично розташованих із зазором металевих труб: внутрішньої 1 і зовнішньої 2, жорстко пов'язаних між собою з одного кінця. Простір між трубами заповнений в'язкопружним матеріалом 3, скріпленим (наприклад, склеєних) з поверхнями труб. На внутрішній трубі 1 за допомогою різьблення закріплена свердлильна головка 4. Зовнішня труба 2 борштанги центрується втулками мостило-приймача 5. У процесі свердління мастильно-охолоджуюча рідина подається під тиском через мастило-приймач 5 в зазор між зовнішньою трубою 2 борштанги і поверхнею оброблюваного отвору, захоплює в зоні різання стружку і відводиться разом з нею через отвір в свердлильній голівці і борштанги. Виникаючі в процесі свердління коливання свердлильної головки сприймаються борштангою. При відносному переміщенні труб 1 і 2 в'язкопружний матеріал 3 деформується, що поглинає енергію коливань.

У конструкції борштанги втілений принцип демпфірування коливань, заснований на поглинанні енергії коливань шаром в'язкопружного матеріалу, внутрішнє тертя якого може бути в сотні разів більше, ніж в традиційних конструкційних матеріалів» [18].

Відомий гібридний поглинач з п'єзоелектричними приводами та ланцюгом LR був розроблений для придушення вібрації борштанги. Оптимізовані параметри LR були отримані аналітично [19] та з застосуванням експериментальної установки (рис. 4.4).

установки (рис. 1.1.4):

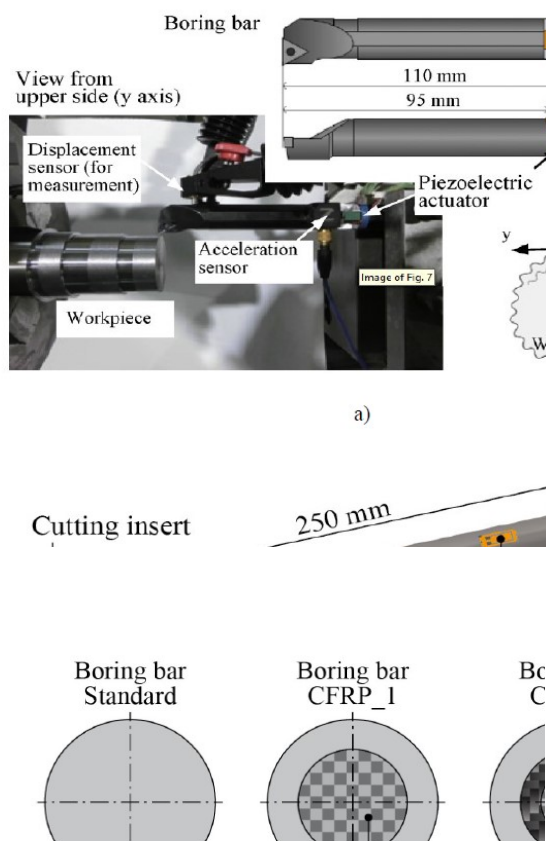


Рисунок 4.4. Гібридний поглинач з п'єзоелектричними приводами:  
 а) експериментальна установка; б) досліджувана борштанга; в) варіанти  
 заповнення порожнини борштанги

«Вплив заповнення порожнин борштанг на їх динамічний стан визнаний суттєвим і спроможним для підвищення межі їх вібростійкості. Встановлено також, що межа вібростійкості борштанг залежить не тільки від їх власних механічних властивостей, але і від їх фіксації та від верстата.

Зокрема, зі збільшенням довжини консолі, механічні властивості гомогенного внутрішнього ядра CFRP призводять до значно нижчої сприйнятливості при більш високій власній частоті порівняно з еталонним інструментом. Через те, що динамічна поведінка та технічні можливості ріжучих інструментів безпосередньо пов'язані, оптимізація динамічної поведінки також призводить до підвищення технічної спроможності.

Таким чином, параметри обробки, що обмежують продуктивність, можуть бути підвищені для досягнення явно більш високого ЗКД і, таким чином, підвищення продуктивності в операціях обробки.

Описаний підхід за висновком авторів може бути застосований при розробці та виготовленні ріжучих інструментів у суміжних областях застосування із зазвичай високою вібростійкістю» [19].

#### **4.2 Аналіз результатів моделювання конструкції розточувальної борштанги з орієнтованою жорсткістю**

«Особливістю процесу розточування консольною борштангою на токарному верстаті є невисокі режими різання на переходах чорнової та напівчистої обробки, що пов'язано з обмеженою радіальною жорсткістю борштанги. Крім того, більшість розточувальних борштанг мають форму циліндра чи конуса (1:10 – 20) і колова радіальна жорсткість таких конструкцій не має явно виражених осей найбільшої і найменшої жорсткості в зоні встановлення різця в площині, перпендикулярній до осі борштанги. Це призводить до суттєвого впливу координатного зв'язку на збільшення амплітуд автоколиваний консольної частини борштанги при різанні і зниження режимів вібростійкого різання» [20].

З метою зменшення впливу координатного зв'язку на вібростійкість при обробці консольними борштангами запропоновано використати результати теоретичних досліджень, що наведені у [20], а саме те, «що найбільш вібростійкою при різанні є пружна система інструменту, у якої кут  $\beta$  розвороту головних осей жорсткості дорівнює половині кута напрямку дії сили різання  $P_z$ , а саме  $\beta = \alpha/2$ . Крім того, для збільшення граничної ширини зрізу  $b$  при обробці нежорстким консольним інструментальним оснащенням рекомендовано забезпечити співвідношення жорсткостей оснащення за напрямками головних осей координат  $c_1/c_2 \approx 0,7$ , або  $c_1/c_2 \approx 1,4$  при зміні напрямку головних осей жорсткості на  $90^\circ$ .

Ці положення теоретичних досліджень використані в новій конструкції борштанги, загальний вигляд твердотільної моделі якої наведений на рис.4 5.б.

На консольній частині борштанги, що за розмірами повністю аналогічна

штатній конструкції верстата, вирізано відповідним чином лиску, кутове положення якої відносно поверхонь для базування різця та глибина знятого припуску дозволяють виконати вищенаведені теоретичні положення».

Для підтвердження цього проведені порівняльні розрахунки статичних характеристик двох конструкцій борштанг, що наведені на рис. 4.5, а та рис. 4.5, б.

рактеристик двох конструкцій б

л, б.



Рисунок 4.5. Твердотільні моделі розточувальних борштанг створених у програмному продукті SolidWorks: а) базова (штатна) борштанга; б) борштанга з орієнтованою жорсткістю [20]

Для визначення радіальної жорсткості консольних частин борштанг на базі їх твердотільних моделей створено розрахункові моделі для дослідження з використанням методу скінченних елементів у програмному продукті SolidWorks. На рис. 4.6. наведені розрахункові моделі борштанг із скінченно-елементною сіткою.

використанням методу скінченних  
рахункові моделі борштанг із скін



Рисунок 4.6. Розрахункові моделі розточувальних борштанг токарно-карусельного верстата: а) базова (штатна) борштанга; б) борштанга з орієнтованою жорсткістю [20]

На рис. 4.7 показано приклади картин деформацій штатної борштанги в радіальному  $Z$  та тангенціальному  $U$  напрямках.

На рис. 6.3 показано приклади карт деформацій в радіальному  $Z$  та тангенціальному  $U$  на

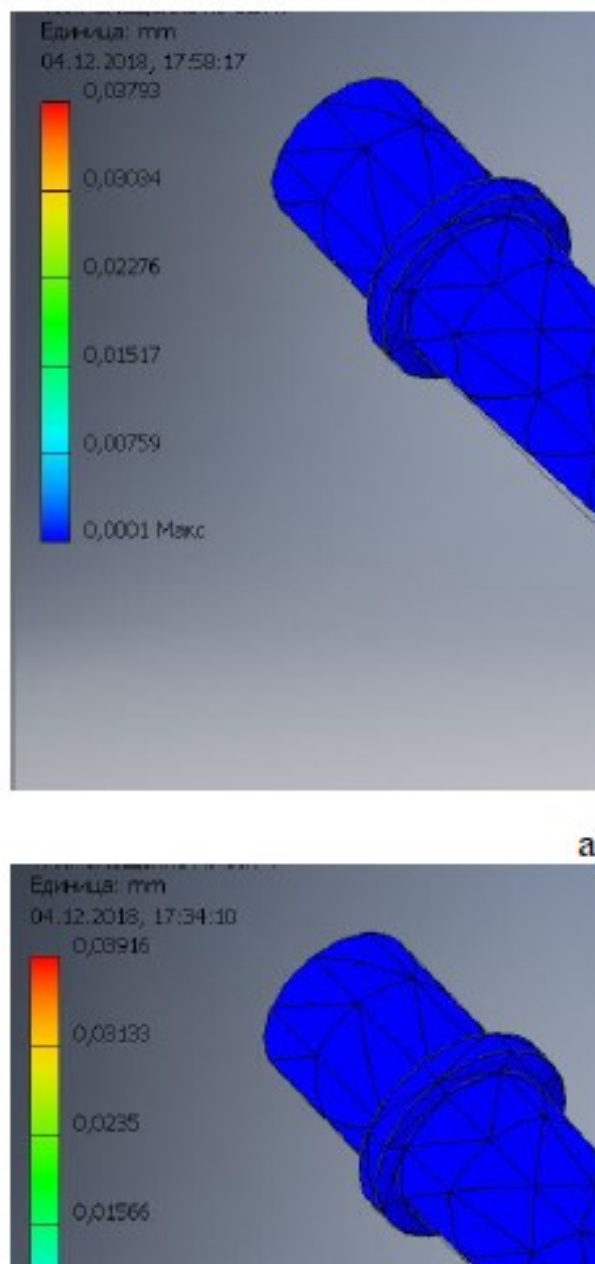


Рисунок 4.7. Картини деформацій штатної борштанги в радіальному  $Z$  (а) та тангенціальному  $U$  (б) напрямках [20]

В результаті виконаних розрахунків [20] «отримано колову діаграму деформацій консольної частини циліндричної борштанги в точці прикладання сили різання», що наведена на рис. 4.8.

деформацій консольної частини цилінду  
прикладання сили різання, що наведена на рис

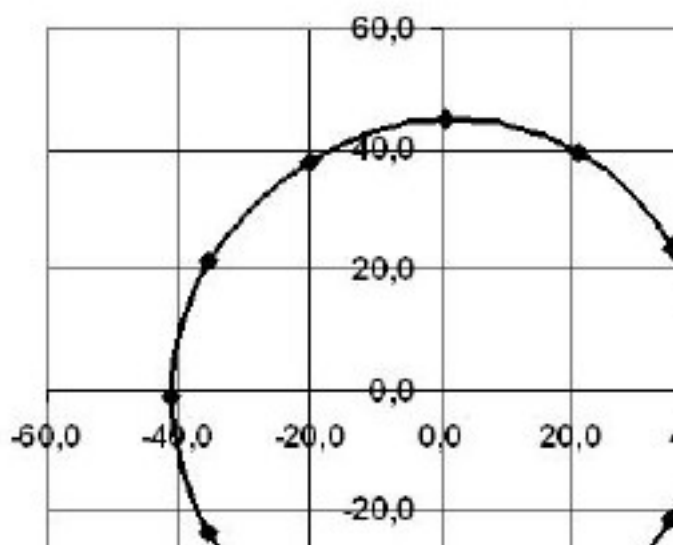


Рисунок 4.8. Колова діаграма деформацій консольної частини штатної борштанги в точці прикладання сили різання  $P$  на вершині різця від навантаження силою 1000 Н [20]

Виконані розрахунки [20] дозволили визначити «жорсткість консольної частини штатної борштанги в напрямках дії складових  $P_y$  та  $P_z$  сили різання, які дорівнюють відповідно:  $C_y = 22,2$  Н/мкм та  $C_z = 24,4$  Н/мкм. Співвідношення жорсткостей  $C_y/C_z = 0,91$ .

Різницю в жорсткостях між  $C_y$  та  $C_z$  можна пояснити тим, що сила різання прикладалась до осі борштанги, а на вильоті різця 15 мм.

Аналіз форми колової діаграми показує, що досить складно визначити напрямки осей найбільшої та найменшої жорсткості внаслідок незначної різниці між  $C_y$  та  $C_z$ . Саме така картина деформацій з невизначеним положенням головних осей жорсткості може бути одним із головних чинників збільшення амплітуд автоколивальних рухів різця в борштангах такого типу при розточувальних операціях».

На рис. 4.9 показано приклади картин деформацій борштанги з орієнтованою жорсткістю в радіальному  $Z$  та тангенціальному  $U$  напрямках.

На рис. 6.5 показано при  
орієнтованою жорсткістю в радіально

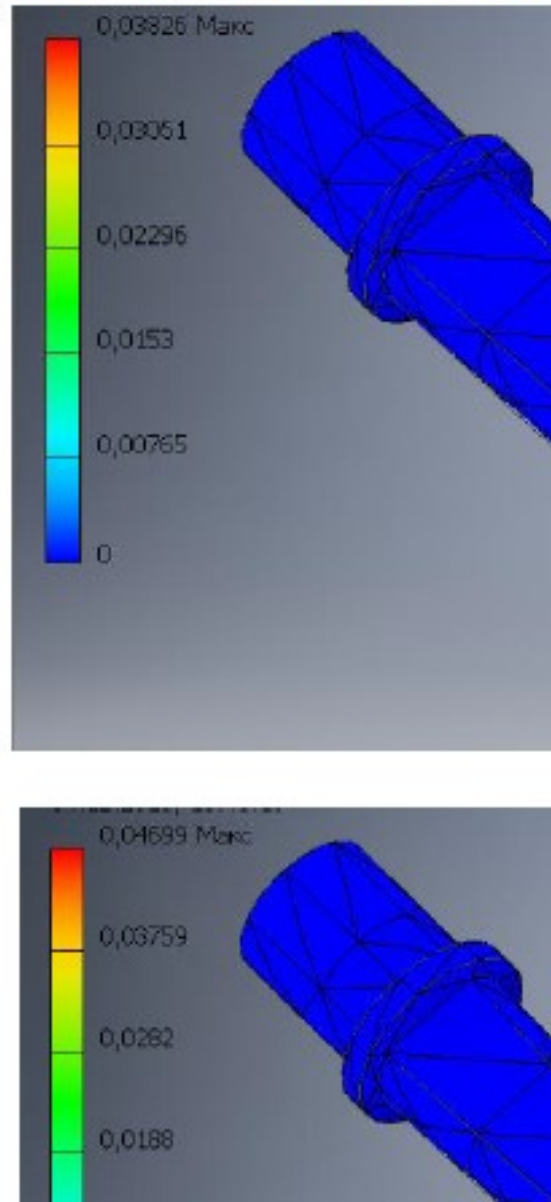


Рисунок 4.9. Картини деформацій борштанги з орієнтованою жорсткістю в радіальному Z (а) та тангенціальному У (б) напрямках [20]

В результаті виконаних розрахунків [20] «борштанги з орієнтованою жорсткістю отримано колову діаграму деформацій її консольної частини в точці прикладання сили різання», що наведена на рис. 4.10.

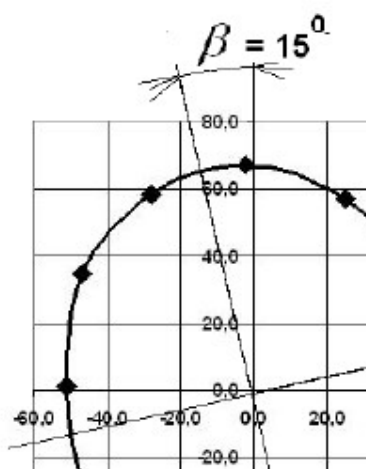


Рисунок 4.10. Колова діаграма деформацій консольної частини борштанги з орієнтованою жорсткістю в точці прикладання сили різання  $P$  на вершині різця від навантаження силою 1000 Н [20]

Виконані розрахунки дозволили визначити жорсткість консольної частини борштанги з орієнтованою жорсткістю в напрямках головних осей жорсткості, які дорівнюють відповідно:  $C_{\max} = 19,6$  Н/мкм та  $C_{\min} = 15,3$  Н/мкм.

#### Висновки до розділу 4

1. Проаналізовані методом скінченних елементів твердотільні моделі штатної консольної борштанги та борштанги з орієнтованою жорсткістю. Порівняльний аналіз результатів розрахунків двох форм консольних частин борштанг показав, що внаслідок виконання лиски на консольній частині борштанги жорсткість в напрямку дії складової  $P_y$  сили різання зменшилась на 12 % , хоча вдалось забезпечити наявність чітко визначених положень головних осей жорсткості консольної частини борштанги, при цьому кут розвороту цих осей  $\beta \approx 150^\circ$  , а співвідношення жорсткостей  $C_{\min}/C_{\max} = 0,78$ .

2. Результати досліджень [20] дозволили сконструювати борштангу з орієнтованою жорсткістю з необхідними параметрами консольної частини для

оброблення внутрішньої поверхні «Корпуса гідроциліндра ГО-342» з підвищеною точністю та якістю поверхні.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Техніка безпеки при налагоджуванні, експлуатації верстатів з ЧПК

Безпека праці на верстаті досягається виконанням вимог безпеки по ГОСТ 12.2.009-80, а також деякими конкретизованими вимогами, що наведені нижче.

*Міри безпеки для обслуговуючого персоналу.*

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, що входить в комплект документації верстата.

До строповки верстата та його складових частин допускаються особи, що вивчали правила строповки, мають посвідчення на право виконання цих робіт та пройшли відповідний інструктаж по ТБ.

При стропуванні накопичувача та інструментального магазину необхідно врахувати невірноваженість вузлів.

Всі роботи що пов'язані з наладкою електрообладнання виконують тільки спеціалісти по електрообладнанню.

*Міри безпеки при транспортуванні та установці верстата*

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

Для строповки використовуються спеціальні рим-болти.

Установка системи використовується тільки із застосуванням спеціальних вантажних механізмів.

При установці деталей масою більше 16кг, необхідно підкладати під них дерев'яні підкладки.

*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.*

Не допускається знаходитися стороннім особам в зоні роботи системи.

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 відповідній довжині інструмента та його максимальному діаметру.

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

Вмикання обертів шпindelя в автоматичному режимі можливе тільки після кінцевого закріплення інструмента в шпindelі та його наявності при справній цанзі.

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

При вимиканні шпindel автоматично гальмується.

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.

Забезпечена надійність захисту інструмента в шпинделі після раптового припинення подачі електроенергії.

*Міри безпеки при перевірці технічного стану верстату.*

Шумові характеристики перевіряють у відповідності з ГОСТ 12.2.107-85.

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. Штучна вентиляція**

«Штучна (механічна) вентиляція, на відміну від природної, дає можливість очищувати повітря перед його викидом в атмосферу, вловлювати шкідливі речовини безпосередньо біля місць їх утворення, обробляти припливне повітря (очищувати, підігрівати, зволожувати тощо), більш цілеспрямовано подавати повітря в робочу зону. Окрім того, механічна вентиляція дає можливість організувати повітря-забір у найбільш чистій зоні території підприємства і навіть за її межами» [21].

«При штучній вентиляції повітрообмін здійснюється внаслідок різниці тисків, що створюється вентилятором. Вона застосовується в тих випадках, коли тепловиділення у виробничому приміщенні недостатні для постійного (протягом року) використання аерації, або коли кількість чи токсичність шкідливих речовин, які виділяються у повітря приміщення є такою, що виникає необхідність постійного повітрообміну незалежно від метеорологічних умов навколишнього середовища.

Механічна вентиляція може бути робочою або аварійною. Остання повинна передбачатися у виробничих приміщеннях, де можливе раптове надходження у повітря значної кількості шкідливих чи вибухонебезпечних

речовин. Аварійна вентиляція повинна вмикатись автоматично при досягненні граничної концентрації небезпечних виділень і забезпечувати швидке їх вилучення із приміщення. Як правило, аварійна вентиляція повинна забезпечувати 8-12 -кратний повітрообмін за годину в приміщенні.

Робоча вентиляція може бути загально-обмінною, місцевою чи комбінованою» [20].

### 5.2.1. Загально-обмінна штучна вентиляція

«Загально-обмінна вентиляція забезпечує створення необхідного мікроклімату та чистоти повітряного середовища у всьому об'ємі робочої зони приміщення. Вона застосовується для видалення надлишкового тепла при відсутності токсичних виділень, а також у випадках, коли характер технологічного процесу та особливості виробничого устаткування виключають можливість використання місцевої витяжної вентиляції.

Розрізняють чотири основні схеми організації повітрообміну при загально-обмінній вентиляції: зверху вниз, зверху вверх, знизу вверх, знизу вниз» (рис. 5.1) [21].

Схеми зверху вниз (рис. 5.1,а) та зверху вверх (рис. 5.1,б) доцільно застосовувати у випадку, коли припливне повітря в холодний період року має температуру нижчу температури приміщення. Припливне повітря перш ніж досягти робочої зони нагрівається за рахунок повітря приміщення. Інші дві схеми (рис. 5.1,в та 5.1,г) рекомендується використовувати тоді, коли припливне повітря в холодний період року підігрівається і його температура вища за температуру внутрішнього повітря.

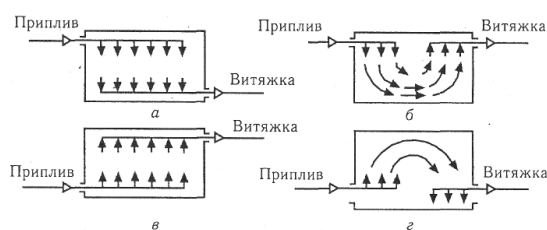


Рисунок 5.1. Схема організації повітрообміну при загально-обмінній вентиляції

«Якщо у виробничих приміщеннях виділяються гази та пари з густиною, що перевищує густину повітря (наприклад, пари кислот, бензину, гасу тощо), то загально-обмінна вентиляція повинна забезпечити видалення 60% повітря з нижньої зони приміщення та 40% – з верхньої. Якщо густина газів менша за густину повітря, то видалення забрудненого повітря здійснюється у верхній зоні.

Загально-обмінна штучна вентиляція може бути припливною, витяжною чи припливно-витяжною.

Припливна загально-обмінна вентиляція забезпечує подачу чистого зовнішнього повітря у приміщення. При цьому видалення забрудненого повітря здійснюється через вентиляційні отвори, фрамуги, дефлектори. Даний вид механічної вентиляції застосовується у виробничих приміщеннях зі значним тепловиділенням і низькою концентрацією шкідливих речовин» [21]. Схема припливної механічної вентиляції (рис. 5.2.) включає: повітря-забірний пристрій 1; фільтр для очищення повітря 2; повітрянагрівач (калорифер) 3; вентилятор 5; мережу повітроводів 4 та припливних патрубків з насадками 6. Якщо немає необхідності підігрівати припливне повітря, то його пропускають безпосередньо у виробничі приміщення через обвідний канал 7.

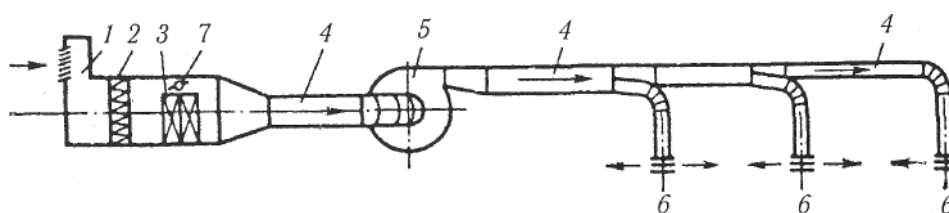


Рисунок 5.2. Схема припливної вентиляції

Повітря-забірні пристрої необхідно розташовувати в місцях, де повітря не забруднене пилом та газами. Вони повинні знаходитись не нижче 2 м від рівня землі, а від викидних каналів витяжної вентиляції по вертикалі – нижче 6 ж і по горизонталі – не ближче 25 м.

Припливне повітря подається в приміщення, як правило, розсіяним потоком для чого використовуються спеціальні насадки.

Витяжна загально-обмінна вентиляція застосовується у виробничих приміщеннях, в яких відсутні шкідливі речовини, а необхідна кратність повітрообміну є невеликою, а також у допоміжних, побутових та складських приміщеннях [21]. Витяжна вентиляція (рис. 5.3) складається із очисного пристрою 1, вентилятора 2, центрального 3 та відсмоктувальних повітроводів 4.

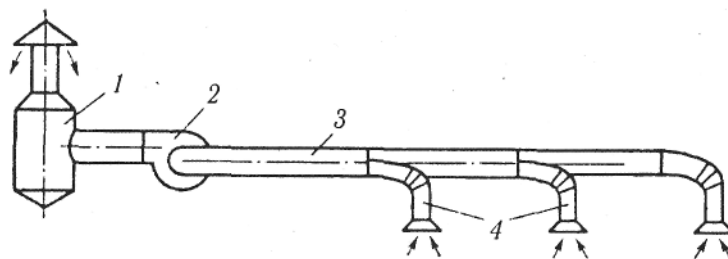


Рисунок 5.3. Схема витяжної вентиляції

«Повітря після очищення необхідно викидати на висоті не менше ніж 1 м над гребенем даху. Забороняється робити викидні отвори безпосередньо у вікнах.

Припливно-витяжна загально-обмінна вентиляція застосовується у приміщеннях, в яких необхідно забезпечити підвищений та надійний повітрообмін. При цьому виді механічної вентиляції у виробничих приміщеннях, де виділяється значна кількість шкідливих газів, парів, пилу витяжка повинна бути на 10% більшою ніж приплив, щоб шкідливі речовини не витіснялись у суміжні приміщення з меншою шкідливістю.

В системі припливно-витяжної вентиляції можливе використання не лише зовнішнього повітря, але й повітря самих приміщень після його очищення. Таке повторне використання повітря приміщень називається рециркуляцією і здійснюється в холодний період року для економії тепла, що витрачається на підігрівання припливного повітря. Однак можливість рециркуляції обумовлюється цілою низкою санітарно-гігієнічних та протипожежних вимог» [21],.

### 5.2.2. Місцева вентиляція

«Місцева вентиляція може бути припливною і витяжною.

Місцева припливна вентиляція, при якій здійснюється концентрована подача припливного повітря заданих параметрів (температури, вологості, швидкості руху), виконується у вигляді повітряних душів, повітряних та повітряно-теплових завіс» [21].

Повітряні душі використовуються для запобігання перегрівання робітників у гарячих цехах, а також для утворення, так званих, повітряних оазисів (простір виробничої зони, що різко відрізняється своїми фізико-хімічними характеристиками від решти приміщення).

«Повітряні та повітряно-теплові завіси призначені для запобігання надходження в приміщення значних мас холодного зовнішнього повітря при необхідності частого відкривання дверей чи воріт. Повітряна завіса створюється струменем повітря, що подається із вузької довгої щілини, під деяким кутом назустріч потоку холодного повітря. Канал зі щілиною розміщують збоку, знизу чи зверху воріт або дверей [21].

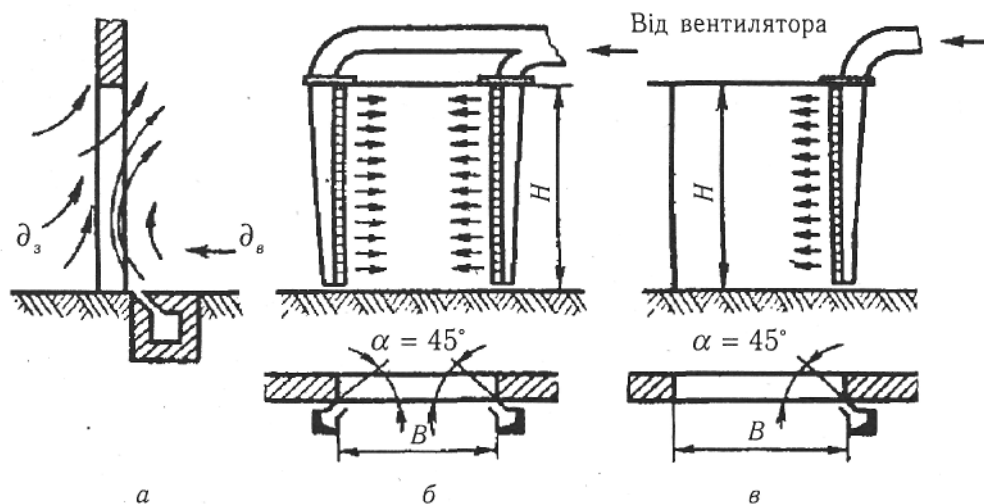


Рисунок 5.4. Повітряно-теплові завіси: *а* – з нижньою подачею повітря; *б* – з боковою двосторонньою подачею повітря; *в* – з боковою односторонньою подачею повітря

«Місцева витяжна вентиляція забезпечує вловлювання шкідливих виділень (газів, парів, пилу) безпосередньо в місцях їх виділення, а відтак запобігає їх поширенню в приміщенні. В промисловості застосовують різноманітні місцеві відсмоктувачі, які можна умовно поділити на відсмоктувачі відкритого та закритого типу.

Конструкція місцевої витяжки повинна забезпечити максимальне вловлювання шкідливих виділень при мінімальній кількості вилученого повітря. Крім того, вона не повинна бути громіздкою та заважати обслуговуючому персоналу працювати і наглядати за технологічним процесом» [21]. Основними чинниками при виборі типу місцевої витяжки є характеристики шкідливих виділень (температура, густина парів, токсичність), положення робітника при виконанні роботи, особливості технологічного процесу та устаткування.

## **Висновки до розділу 5**

В розділі наведено умови безпечної праці на верстатах з ЧПК та проаналізовано конструкції штучної вентиляції.

## **Загальні висновки по роботі**

1. Проаналізовано призначення, конструкцію та технічні вимоги на об'єкт виробництва. Визначено тип виробництва та ступінь технологічності деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342». Проаналізовано сучасні досягнення та шляхи удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу, визначено перспективне обладнання.

2. Для визначеного типу виробництва вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу, застосувавши верстати з ЧПК, а саме токарний ST30 фірми HAAS (США).

3. Проведено обґрунтування технологічних параметрів процесу механічної обробки деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342», а саме вибрано обладнання та різальний інструмент, розраховано припуски на обробку, розраховано режими різання по операціях, проведено нормування операцій.

4. Виконано проектування технологічної оснастки для операції свердлування 6-ти отворів. Виконано проектування контрольних пристроїв та проведено розрахунок їх на точність. Запропоновано конструкцію різального інструменту – борштанги з орієнтованою жорсткістю.

5. Сконструйовано борштангу з орієнтованою жорсткістю з необхідними параметрами консольної частини для оброблення внутрішньої поверхні «Корпуса гідроциліндра ГО-342» з підвищеною точністю та якістю поверхні.

### Список використаних джерел

1. Бабук В.В. Дипломное проектирование по технологии машиностроения, 1978. – 422 с.
2. Шарин Ю.С. Обработка на станках с ЧПУ. – М.: Машиностроение, Москва, 1980.
3. Каштальян И.А., Клевзович В.И. Обработка на станках с числовым программным управлением: справочное пособие. – Мн.: Выш. Шк., 1989. – 271с.: ил.
4. Бочков В.М., Сілін Р.І. Обладнання автоматизованого виробництва. Навчальний посібник / За ред. Сіліна Р.І. Львів: Виробництво Державного університету "Львівська політехніка", 2000. -380 с.
5. Держстандарт 26645-85.
6. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов. М. “Машиностроение”, 1972. -311 с.
7. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск. “Высшая школа”1983.-365 с.
8. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. М., “Машиностроение”, 1979. - 436 с.
9. Добриднев А.Н. Курсовое проектирование по предмету “Технология машиностроения”. Москва. М. 1985. -244 с..
10. Справочник технолога-машиностроителя, том 1. М. под ред. Косиловой А.Г. “Машиностроение”, 1986. - 650 с..
11. Справочник технолога-машиностроителя, том 2.под ред. Малова А.Н. М. “Машиностроение”, 1986. -720 с.
12. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени, на обслуживание рабочего места и подготовительно – заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство.- М.:Машиностроение.1974.-136 с.

13. Гордєєв А.І., Урбанюк Є.А., Безносів А.Є., Мігаль В.Г. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. Навчальний посібник, ХНУ, 2005, -300 с.
14. Чернин А.Г. Детали машин. М., “Высшая школа”, 1975. - 443 с.
15. Справочник контролера машиностроительного завода. Под ред., Якушева А.И.,-М., Машиностроение, 1980.
16. Патент на корисну модель. Україна. Консольна борштанга.139021. МПК В23В 29/02 (2006.01).В23В 29/034 (2006.01) и 2019 07201 10.12.2019, Бюл. № 23.
17. Авторське свідоцтво № 545418 В 23 В 29/04, В 23 В 21/00.
18. Борштанга для обробки глибоких отворів. Патент ФРГ № 1290026, кл. 49а 51/04, 1969.
19. <http://ees.elsevier.com/cirp/default.asp/>
20. Шевченко О.В. Вакуленко С.В. Підвищення вібростійкості токарної обробки різцетримачем з орієнтованим центром жорсткості // Прогресивні технології і системи машинобудування / Міжнародний збірник наукових праць, – Донецьк: ДонНТУ, 2007. Вип.33. с.337 - 342.
21. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів Афіша 2004. 248 с.

## ДОДАТКИ

## Додаток А

Технологічний процес виготовлення  
деталі

Додаток Б  
Специфікації