

Хмельницький національний університет

Факультет: інженерії транспорту та архітектури

Кафедра: Технології машинобудування

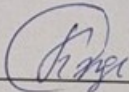
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

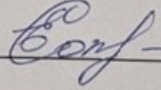
до дипломної роботи

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

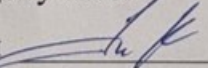
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

на тему: Технологія виготовлення деталі "Вал 423-07.30.14" з використанням
верстатів з ЧПК

Виконав студент групи ПМТз-17-1  (Є.В. Ковальчук)

Керівник бакалаврської роботи:  (К.С. Соколан)

До захисту допускаю:

Зав. кафедри  (В.П. Ткачук)

28 06 2022_р.

Хмельницький – 2022 р.

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра Технології машинобудування
Спеціальність «Прикладна механіка»

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ
ДИПЛОМНУ РОБОТУ

бакалавру Ковальчуку Євгену Володимировичу

Тема затверджена наказом ректора

№ 18 від "1 березня" 2022 р.

Тема роботи: Технологія виготовлення деталі "Вал 423-07.30.14" з
використанням верстатів з ЧПК

План роботи і терміни подання окремих розділів

Розділ I _____ 31.03.2022

Розділ II _____ 30.04.2022

Розділ III _____ 31.05.2022

Розділ IV _____ 10.06.2022

Перелік графічних матеріалів: 1. Кресленик заданої деталі 1 лист – А1; 2. Кресленик заготовки 1 лист – А1; 3. Графотехнологія 1 лист – А1; 4. Кресленик верстатного пристрою 1 лист – А1; 5. Кресленик вимірювального пристрою 1 лист – А1, Створення керуючої програми – 1 лист А1.

Зав. кафедри _____ В.П. Ткачук

Керівник _____ К.С. Соколан

Бакалавр _____ Є.В. Ковальчук

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ ПО КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ
МАШИНОБУДУВАННЯ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: «Технологія виготовлення деталі "Вал 423-07.30.14" з використанням верстатів з ЧПК»

Автор: Ковальчук Євгеній Володимирович

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

Науковий керівник: Соколан Катерина Станіславівна

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Текст вважається оригінальним та не потребує додаткових дій щодо запобігання неправомірним запозиченням. Є співпадання із титульним листом, завданням, змістом, списком використаних джерел. Також є співпадання із технічними термінами при застосуванні стандартних методик розрахунків, що не є плагіатом. Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділі охорони праці, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту.	Рівень унікальності тексту високий

Підтвердження:

завідувач кафедри

Віталій ТКАЧУК

гарант освітньої програми

Віталій КАРАЗЕЙ

керівник кваліфікаційної роботи

Катерина СОКОЛАН

29.06.22

Дата

Підписи

Завідувачу кафедри
Ткачуку В.П.

здобувача вищої освіти (студента
ПБ, факультет, «курс», «група»)
Ковальчука Є.В., гр. ПМТз-17-1,
ФІТА

ЗАЯВА

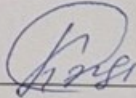
З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіатоповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

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

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

27.06.2022р.

дата



підпис

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	5
1.1 Завдання	5
1.2 Аналіз конструкції деталі	5
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі	8
1.4 Вибір типу виробництва та організаційної форми	10
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	13
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки	13
2.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні	15
2.3 Вибір технологічних баз	19
2.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	19
2.5 Розрахунок режимів різання	24
2.6 Технічне нормування операцій	28
2.7 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК	30
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	33
3.1 Проектування верстатного пристрою	33
3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою	37
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	39
4.1. Протипожежний захист виробничих приміщень	39
4.1.1. Вибір елементів протипожежного захисту	44
4.1.2 Розміщення пожежних датчиків	47
ВИСНОВКИ	48
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Зростання об'ємів виробництва на сучасних підприємствах веде до створення окремих дільниць механічної обробки, які спеціалізуються на випуску окремих чи груп ідентичних виробів, що дає можливість підвищити продуктивність праці, покращити якість і точність обробки, зменшити собівартість продукції.

Застосування прогресивних форм отримання заготовок, особливо в умовах масового і серійного виробництва, дозволяє підвищити продуктивність праці і зменшити витрати матеріалу. Тому застосування таких методів отримання заготовок, як штамповка, литво та інші, має велике майбутнє.

Використання верстатів з ЧПК – концентрація декількох операцій на одному верстаті для послідовної обробки декількох поверхонь кількома інструментами, використання пристроїв на верстатах з ЧПК веде до зниження собівартості продукції, підвищення механізації та автоматизації виробничого процесу, вивільнення трудових ресурсів.

В даному дипломному проекті необхідно спроектувати дільницю механічного оброблення деталі „Вал 423-07.30.14”, для чого слід розробити попередньо технологічний процес механічної обробки цієї деталі.

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Завдання

Вихідними даними для проектування технологічного процесу механічної обробки є:

- робоче креслення деталі;
- технічні умови на виготовлення деталі;
- річна програма випуску деталей;
- складальне креслення вузла та ТВ;
- типові технологічні рішення.

Основним завданням дипломного проектування є розробка проекту ділянки механічної обробки деталі „Вал 423-07.30.14” з виконанням економічних розрахунків, які показують ефективність цього проекту.

1.2 Аналіз конструкції деталі

Деталь „Вал 423-07.30.14” за своєю формою, конфігурацією та технологічними ознаками відноситься до класу 71 – деталей загальномашинобудівного виробництва. Дана деталь відноситься до дротильно - цвяхового автомату. Деталь працює на згинання і кручення.

Зробимо технологічний аналіз кожної поверхні деталі, зображеної на рис.1.1. Дані аналізу занесемо в таблицю 1.1.

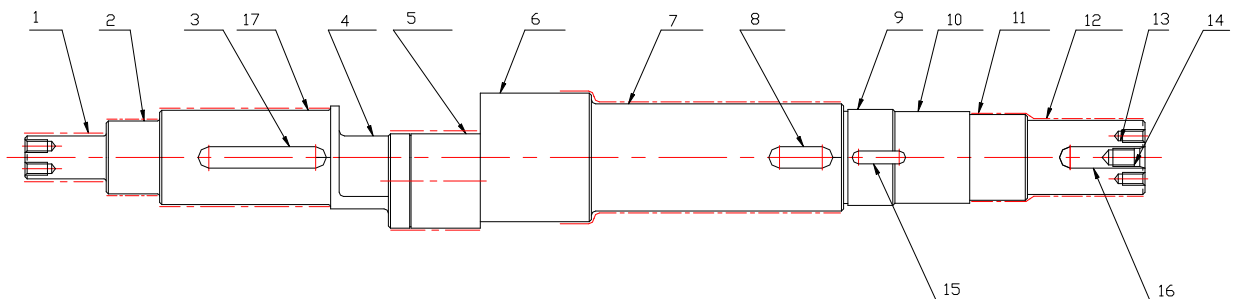


Рис. 1.1 Ескіз деталі

Таблиця 1.1 – Технологічний аналіз поверхонь деталі

Номер поверхні	Розмір	Квалітет точності IT	Допуск, мкм	Параметр шорсткості Ra
1	Ø55k6	6	19	0,63
2	Ø70k6	6	19	0,63
17	Ø80k6	6	46	0,63
4	Ø88h14	14	740	6,3
5	Ø90k6	6	22	0,63
6	Ø120h14	14	740	6,3
7	Ø100k6	6	22	0,63
9	M95x2-6g	6	640	3,2
10	Ø90h14	14	640	6,3
11	Ø80k6	6	46	0,63
12	Ø70p6	6	19	0,63
3	20N9	9	52	2,5
8	20N9	9	52	2,5
15	16N9	9	52	2,5

Для правильного складання технологічного процесу механічного оброблення деталі розглянемо функціональне призначення кожної поверхні з поділом поверхонь до основних і допоміжних.

До основних необхідно віднести поверхні Ø55k6, Ø70k6, Ø80k6, Ø90k6, Ø120h8, Ø100k6, Ø70p6, які призначені для встановлення на них підшипників, зубчастих коліс та кулачків, що фіксуються за допомогою шпонок, вставлених в шпонкові пази 20N9, 16N9.

Шпонкові пази призначені для встановлення в них шпонок, за допомогою яких передається крутний момент від вала до робочого органу.

Конфігурація деталі дозволяє застосування високопродуктивних режимів різання, достатньо жорстка поверхня дозволяє одержати високу точність обробки.

Конструкція деталі дозволяє поєднувати технологічні і вимірювальні бази.

Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів 6 та 14 квалітетів точності з параметром шорсткості Ra 0,63; 2,5; 6,3; 12,5 мкм можуть бути отримані на верстатах нормальної точності.

При механічній обробці деталі є можливість безпосереднього вимірювання заданих на кресленні розмірів.

Конструкція деталі, матеріал та технологія її виготовлення повинні забезпечувати нормальну роботу виробу впродовж тривалого часу.

Деталь виготовлена із сталі 45, ДСТУ 7809:2015, фізико-механічні властивості і хімічний склад цієї сталі наведені в таблицях 1.2 і 1.3.

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809:2015

Марка	σ_m	σ_b	δ ,	λ_n ,	Відносне звуження, %	Твердість НВ,
	МПа		%	$\frac{кгс}{см^2}$		
45	360	610	16	50	40	190...240

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809:2015

C	Si	Mn	Cr	Ni	P	S
				Не більше		
0,42- 0,50	0,17- 0,37	0,5- 0,8	0,25- 1,65	0,25	0,04	0,04

Таблиця 1.4 – Технічні вимоги на деталь

Технічні вимоги	Методи отримання	Методи контролю
<p>1. Допуск радіального биття поверхні $\varnothing 55k6$, $\varnothing 70k6$, $\varnothing 80k6$, $\varnothing 90k6$, $\varnothing 120h8$, $\varnothing 100k6$ відносно осі Ж не повинно перевищувати 0,05 мм.</p>	<p>Чорнове точіння, чистове точіння. Чорнове шліфування, чистове шліфування.</p>	<p>Контрольна плита, стійка індикаторна, індикатор годинникового типу.</p>

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

За своєю формою, конструкцією та технологічним ознакам деталей вал належить до деталей загальномашинобудівного призначення

Кресленник деталі має всі необхідні дані про деталь. Деталь має зручні базові поверхні.

Розміри деталі можна контролювати прямим методом. Конструкція деталі дозволяє застосовувати принцип суміщення баз. Конструкція деталі забезпечує добру доступність інструменту, що дозволяє застосовувати високопродуктивні режими обробки.

Розміри заготовки можуть бути максимально наближені до розмірів деталі.

В результаті аналізу креслення та технічних вимог знаходимо основні технологічні задачі, які необхідно вирішити при механічній обробці деталі. На креслення деталі проставлені всі необхідні розміри із вказівкою допусків.

Вимоги до чистоти поверхонь проставлені на кресленні вірно, більш точні поверхні обробляються з більш високою чистотою. Деталь достатньо жорстка.

Результати аналізу технологічності зводимо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Результати аналізу технологічності деталі „вал ”

Розмір поверхонь	Кількість поверхонь	Кількість уніфікованих поверхонь	Квалітет точності ІТ	Параметр шорсткості Ra
Ø55k6	1	1	6	0,63
Ø70k6	1	1	6	0,63
Ø80k6	2	1	6	0,63
Ø88h14	1	1	14	6,3
Ø90k6	1	1	6	0,63
Ø120h14	1	1	14	6,3
Ø100k6	1	1	6	0,63
M95x2-6g	1	1	6	0,63
Ø90h14	1	1	14	0,63
Ø80k6	1	1	6	2,5
Ø70p6	1	1	6	6,3
20N9	2	1	9	3,2
16N9	1	1	9	2,5
Разом:	18	15		

Кількісна оцінка технологічності:

За коефіцієнтом уніфікації:

$$K_y = \frac{Q_y}{Q_e},$$

де Q_y - число уніфікованих елементів, $Q_y = 15$;

Q_e - число елементів, $Q_e = 18$.

$$K_y = \frac{15}{18} = 0,83$$

За коефіцієнтом точності обробки:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{cp}},$$

де A_{cp} - середня точність обробки.

$$A_{cp} = \frac{6 \cdot 6 + 7 \cdot 2 + 9 \cdot 1 + 9 \cdot 4 + 8 \cdot 1 + 14 \cdot 3}{18} = 7,55 ;$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{7,55} = 0,87$$

За коефіцієнтом шорсткості:

$$K_u = \frac{1}{B_{cp}},$$

де B_{cp} - середня шорсткість:

$$B_{cp} = \frac{2,5 \cdot 5 + 3,2 \cdot 1 + 6,3 \cdot 3 + 0,63 \cdot 9}{18} = 2,24 ;$$

$$K_u = \frac{1}{2,24} = 0,44$$

Виходячи з проведеного аналізу можна сказати, що деталь технологічна і не викликає труднощів при обробленні.

1.4 Вибір типу виробництва та організаційної форми

Тип виробництва за ДСТУ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операції $K_{з.о.}$, що вказує на відношення всіх операцій механічного оброблення, які виконуються або протягом місяця, до кількості робочих місць, задіяних для виконання цих операцій.

Виходячи з річної програми випуску $N = 1000$ штук і маси готової деталі $m = 52$ кг встановлюємо тип виробництва – серійне виробництво [50, с.24].

Таблиця 1.5 - Залежність типу виробництва від об'єму виготовлення (шт) і маси деталі

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одиничне	малосерійне	середньосерійне	крупносерійне	масове
<1.0	<10	10–2000	1500–100 000	75 000–	>200 000
1.0–2.5	<10	10–1000	1000–50 000	50 000–100	>100 000
2.5–5.0	<10	10–500	500–35 000	35 000–75 000	>75 000
5.0–10	<10	10–300	300–25 000	25 000–50 000	>50 000
>10	<10	10–200	200–10 000	10 000–25 000	>25 000

Форми організації технологічних процесів залежать від встановленого порядку виконання операцій, розташування технологічного обладнання, кількості виробів і напрямку їх руху при виготовленні. існує дві форми організації виробництва – потокова і групова. Рішення про доцільність потокової форми приймається на основі порівняння заданого добового випуску виробів і розрахункової добової продуктивності потокової лінії при двозмінному режимі роботи і її завантаженні на 65...75%.

Заданий добовий випуск виробів визначається за формулою:

$$N_o = \frac{N_p}{253},$$

де N_p - річна програма випуску, $N_p = 1000$ шт.

$$N_o = \frac{1000}{253} \approx 4 \text{ деталі.}$$

Застосування однономенклатурної потокової лінії недоцільне. Застосуємо групову форму організації виробництва. Запуск виробів у виробництво здійснюється партіями з визначеною періодичністю, що є ознакою серійного виробництва.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощено за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi_o},$$

де N - кількість деталей одного найменування і розміру в річному об'ємі випуску виробів, шт;

a - періодичність запуску партії деталей в днях. Приймаємо $a = 25$ днів [18];

Φ_o - число робочих днів в році. При п'ятиденному робочому тижні і тривалості робочого дня 8 годин $\Phi_o = 253$ [18].

Тоді:

$$n = \frac{1000 \cdot 25}{253} \approx 99 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n = 100$ штук.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

На вибір методу отримання заготовки впливають: матеріал деталі, її призначення та технічні вимоги до виготовлення, форма поверхонь та розміри деталі.

Оптимальний спосіб отримання заготовки визначається на основі аналізу названих факторів та техніко – економічного розрахунку технологічної собівартості виготовлення заготовки. Метод отримання заготовки, що забезпечує технологічність виготовлення з неї деталі при мінімальній собівартості, є оптимальним.

Проводимо техніко-економічний розрахунок двох варіантів виготовлення заготовки: методом круглого прокату за ДСТУ 4738:2007/ГОСТ 2590-2006 та штамповки на ГKM за ДСТУ 7808:2015.

Собівартість заготовки із прокату.

Проводимо економічне обґрунтування вибору заготовки.

Діаметр прокату визначаємо за [13]. Приймаємо $D_3 = 140$ мм, $L_3 = 1095$ мм.

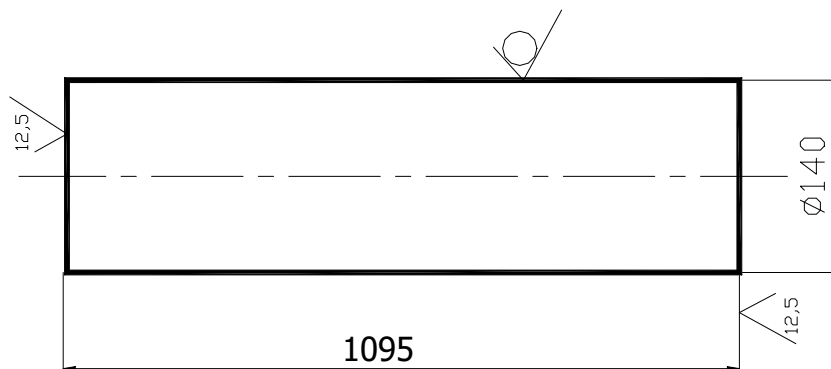


Рис. 2.1 – Ескіз заготовки із круглого прокату

Собівартість заготовки із прокату розраховується за формулою:

$$S_{заг} = M + \sum C_{o.з.},$$

де M - витрати на матеріал заготовки, грн;

$\sum C_{o.з.}$ - технологічна собівартість операцій правки, калібровки і різки на штучні заготовки:

$$C_{o.з.} = \frac{C_{н.з.} \cdot T_{шт(шт.к.)}}{60 \cdot 100},$$

де - приведені витрати на робочому місці, $C_{н.з.} = 121$ коп/год [12];

$T_{шт(шт.к.)}$ - штучний або штучно – калькуляційний час виконання заготівельної операції, $T_{шт(шт.к.)} = 3,6$ хв.

$$C_{o.з.} = \frac{121 \cdot 3,6}{60 \cdot 100} = 0,073 \text{ грн}.$$

Витрати на матеріал заготовки:

$$M = \frac{QS}{1000} - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000},$$

де Q - маса заготовки, кг;

S - ціна 1 кг матеріалу заготовки, $S = 1800$ грн за 1 тону [12];

q - маса готової деталі, $q = 18$ кг;

$S_{відх}$ - ціна 1 т відходів, $S_{відх} = 110$ грн за 1 тону [12].

Масу заготовки визначаємо за формулою:

$$Q = V \cdot \rho, \text{ кг};$$

де V - об'єм заготовки, м³;

ρ - густина матеріалу заготовки, $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$.

Об'єм заготовки:

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D_3^2}{4} \cdot L_3 = \frac{3,14 \cdot 14,0^2}{4} \cdot 109,5 = 16848 \text{ см}^3.$$

Маса заготовки:

$$Q_3 = \rho \cdot V_3 = 7,8 \cdot 16848 = 131 \text{ Г.}$$

Маса деталі $q = 52 \text{ кг}$ (див. креслення).

Витрати на матеріал:

$$M = \frac{131 \cdot 1800}{1000} - (131 - 52) \frac{110}{1000} = 221,39 \text{ грн}$$

Отже,

$$S_{заг} = 221,39 + 0,073 = 221,46 \text{ грн}$$

Собівартість заготовки – штамповки на ГKM за ДСТУ 7808:2015.

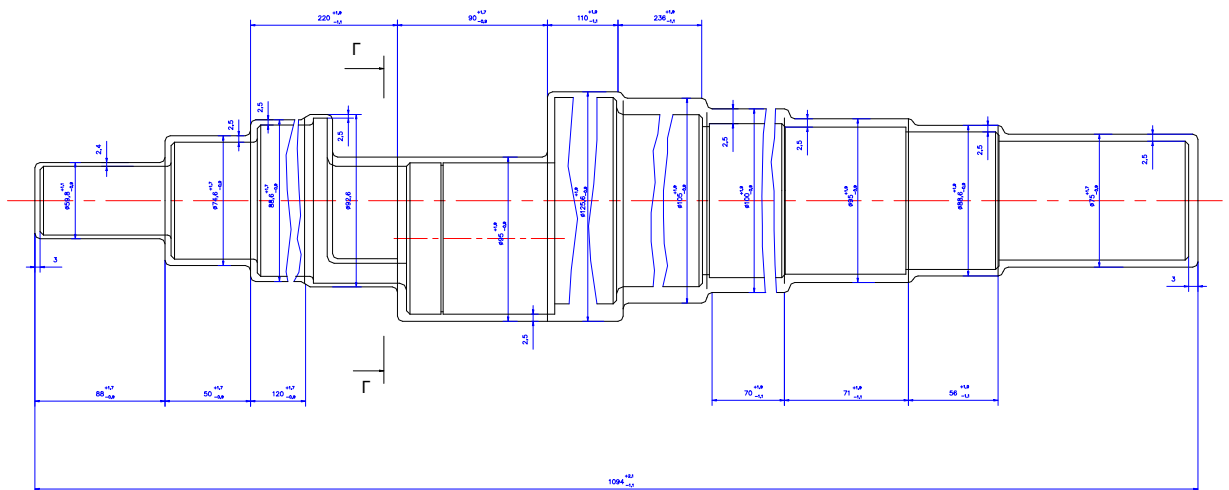


Рис. 2.2 – Ескіз заготовки - поковки

Вартість заготовки розраховується за формулою:

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

де C_i – базова вартість 1 т заготовок: $C_i = 2650$ грн. [12, с.33];

k_T – коефіцієнт, що залежить від класу точності поковки: $k_T = 0,9$ [12, с.33];

k_C – коефіцієнт, що залежить від групи складності поковки: $k_C = 0,8$ [12, с.33];

k_B – коефіцієнт, що залежить від маси поковки: $k_B = 1,1$ [1, табл.2.8, с.33];

k_M – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу поковки: $k_M = 1,0$ [12, с.34];

k_{II} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виготовлення заготовок: $k_{II} = 1,0$ [12, табл.2.8,2.9, с.33,34];

q – маса деталі: $q = 52$ кг;

Q – маса заготовки;

$S_{відх.}$ – ціна за 1 т відходів.

Для визначення маси заготовки визначаємо об'єм заготовки. Значення припусків беремо за ГОСТ 7505-71.

Маса заготовки: $Q = 74,3$ кг.

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{52}{74,3} = 0,7$$

Ціна заготовки:

$$S_{заг.} = \left(\frac{2650}{1000} \cdot 74,3 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \right) - (74,3 - 52) \cdot \frac{110}{1000} = 87,36 \text{ грн.}$$

Економічний ефект для співставлення способів отримання заготовок, при яких технологічний процес механічної обробки не змінюється, розраховується за формулою:

$$E_s = (S_{s2} - S_{s1}) \cdot N,$$

де $S_{заг1}$, $S_{заг2}$ - вартість співставлених заготовок, грн;

N - річна програма випуску, $N = 1000$ шт.

$$E_3 = (221,46 - 87,36) \cdot 1000 = 134030 \text{ грн.}$$

Отримання заготовки - поковки є більш економічним методом, ніж отримання заготовки із прокату.

Результати розрахунку зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Співставлення двох методів отримання заготовки

Найменування показників	I варіант	II варіант
Вид заготовки	Прокат круглий	Поковка
Клас точності	III	II
Вага заготовки, кг	131	74,3
Вартість заготовки, грн	221,46	87,36
Коефіцієнт використання матеріалу, $K_{в.м.}$	0,015	0,7

2.2. Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні
Для зручності результати розрахунків представимо в вигляді таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Карта розрахунку припусків на обробку та граничних розмірів по технологічних переходах $\varnothing 70k6$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 70k6$	Елементи припуска, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск δ , мм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мм	
	Rz	T	ρ	ε				dmin	dmax	$2z_{\min}^{ep}$	$2z_{\max}^{ep}$
Заготовка	240	250	96	-	-	72,548	1,9	72,548	74,448	-	-
1.Чорнове точіння	100	100	5,7	300	1,61	70,938	0,74	70,938	71,678	1,61	2,77
2.Чистове точіння	50	50	0,288	68	0,536	70,402	0,19	70,402	70,592	0,536	1,086
3.Шліфування попереднє	25	25	0,012	50	0,3	70,102	0,046	70,102	70,148	0,3	0,444
4.Шліфування чистое	5	15	0	0	0,1	70,002	0,019	70,002	70,021	0,1	0,127
Всього:										2,546	4,427

Технологічний маршрут обробки поверхні $\varnothing 70k6$ складається із чорнового, чистового точіння та шліфування чорнового, чистового.

Значення Rz і T для заготовки вибираємо із [11]. Значення Rz і T після механічної обробки – із [11]; технологічні допуски δ - із [11].

Знаходимо значення просторової похибки:

$$\rho = \Delta_k \cdot l,$$

де Δ_k - питоме короблення заготовки, $\Delta_k = 1$ мкм [11, с.180];

l - довжина заготовки в мм.

$$\rho = 1 \cdot 96 = 96 \text{ мкм.}$$

Залишкова величина просторових відхилень [11]:

Після чорнового точіння:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 96 = 5,76 \text{ мкм},$$

Після чистового точіння:

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 5,76 = 0,288 \text{ мкм},$$

Після попереднього шліфування:

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 0,288 = 0,012 \text{ мкм},$$

Після наступних переходів величина просторових відхилень настільки мала, що ми нею нехтуємо.

При встановленні заготовки похибка установки $\varepsilon_y = \varepsilon_z = 300$ [11, с.42].

Найменші граничні розміри визначаємо відніманням технологічного допуску по переходах від округленого до точності допуску найбільшого граничного допуску.

Граничні значення припусків $2z_{\max}$ визначаємо як різницю найменших граничних розмірів, а значення $2z_{\min}$ визначаємо як різницю найбільших граничних розмірів заготовки переходу, що виконується, та попереднього.

Розрахунок мінімальних значень припусків:

$$\begin{aligned} 2z_{\min} &= 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1}), \\ 2z_{\min 4} &= 2 \cdot (25 + 25 + \sqrt{0,012^2}) = 100 \text{ мкм}, \\ 2z_{\min 3} &= 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{0,288^2 + 50^2}) = 300 \text{ мкм}. \end{aligned}$$

Інші значення мінімальних припусків розраховуємо аналогічно та результати розрахунків заносимо в таблицю 2.2.

Перевіримо вірність розрахунків:

$$\begin{aligned} 2z_{i\max} - 2z_{i\min} &= \delta_{di-1} - \delta_{di}, \\ 2,77 - 1,61 &= 1,9 - 0,74, \end{aligned}$$

$$1,16 = 1,16$$

Розрахунки проведені правильно.

Розміри заготовки приймаємо $d_3 = 75_{-2.0}$ мм.

2.3 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

Вибір технологічного маршруту обробки деталі залежить від конфігурації деталі, її габаритних розмірів, точності, якості поверхні, методу отримання заготовки. Кінцеве формоутворення, розміри і якість оброблених поверхонь досягається обробкою різанням. При виборі варіанта технологічного маршруту механічної обробки деталі “вал” розглянемо технологічну собівартість двох методів.

Перш ніж прийняти рішення про методи та послідовність обробки окремих поверхонь деталі і скласти технологічний маршрут виготовлення деталі, необхідно провести розрахунки економічної ефективності окремих варіантів і вибрати з них найбільш раціональний для даних умов виробництва, критерієм є мінімум витрат на одиницю продукції.

Здійснимо розрахунок собівартості операцій механічної обробки, що відрізняються між собою за допомогою програми «Vartist.exe». Результати розрахунку представимо в вигляді таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку технологічної собівартості деталі «вал»

	Перший варіант	Другий варіант
Модель верстата	16K20Ф3	HAAS ST 30
Ціна верстата, грн.	1500000	2000000
Площа верстата, м ²	18,66	7,825
Годинна тарифна ставка робітника, грн./год	50,3	50,3
Штучний час на операцію, хв	0,71	0,89

Розряд роботи	1	1
Кількість верстатів, що обслуговує один робітник	1	1
Коефіцієнт завантаження верстата	80%	80%
Основна і додаткова заробітна плата, грн./год	76,96	76,96
Годинні витрати на експлуатацію РМ, грн/год	30,24	50,4
Капітальні вкладення в верстат, грн/год	59,52	187,97
Капітальні вкладення в будівлю, грн/год	9,95	48,05
Годинні приведені витрати, грн/год	117,62	162,76
Технологічна собівартість операції, грн/год	100,07	100,86
Різниця у собівартості, грн	0,79	
Річний економічний ефект, грн	7,87	

З розрахунків видно, що застосування для обробки вказаної поверхні токарного верстату з ЧПК мод. HAAS не є більш доцільним з економічної точки зору, але є сучасним, з високою точністю оброблення. До того ж, різниця в технологічній собівартості обох варіантів не є великою, тому в дипломній роботі приймаємо токарного верстату HAAS.

Розробку технологічних операцій механічної обробки зводимо в таблиці 2.4, 2.5.

Таблиця 2.4 – Операції механічної обробки

№ операції	Найменування операції	Зміст технологічного переходу	Тип і модель верстата
005	<i>Горизонтально-розточна</i>	1.Фрезерувати торець. 2.Свердлити центрові отвори №1. 3.Свердлити центрові отвори №2. 4.Фрезерувати торець. 5.Свердлити центрові отвори №1. 6.Свердлити центрові отвори №2.	Горизонтально-розточний 2620ГФ1
010	<i>Токарна з ЧПК</i>	1.Точити Ø55к6 начорно. 2. Точити Ø70к6 начорно. 3.Точити Ø80h8 начорно. 4. Точити Ø88h14 начорно. 5. Точити Ø90к6 начорно.	Токарний HAAS ST-30
015	<i>Токарна з ЧПК</i>	1.Точити Ø70р6 начорно. 2.Точити Ø80к6 начорно. 3. Точити Ø90h14 начорно. 4.Точити Ø95h12 начорно. 5. Точити Ø100f7, Ø100к6 начорно. 6. Точити Ø120к6 начорно.	Токарний HAAS ST-30

020	Токарна з ЧПК	1.Точити Ø55к6 начисто. 2. Точити Ø70к6 начисто. 3.Точити Ø80h8 начисто. 4. Точити Ø88h14 начисто. 5. Точити Ø90к6 начисто. 6.Зняти 2 фаски 1,6х45 ⁰ .	Токарний НААС ST-30
025	Токарна з ЧПК	1.Точити Ø70р6 начисто. 2.Точити Ø80к6 начисто. 3. Точити Ø90h14 начисто. 4.Точити Ø95h12 начисто. 5.Точити Ø100f7 начисто. 6.Точити Ø100к6 начисто. 7.Точити Ø120к6 начисто. 8. Зняти 2 фаски 1,6х45 ⁰ . 9.Точити канавку $v=5$ мм, витримавши розмір Ø92 мм.	Токарний НААС ST-30
030	Токарна з ЧПК	1.Точити Ø90к6 начорно. 2.Точити Ø90к6 начисто. 3. Зняти фаску 1х45 ⁰ . 4.Точити канавку $v=3,15$ мм, витримавши розмір Ø86,5 мм.	Токарний НААС ST-30
035	Фрезерна	1.Фрезерувати паз 16N9. 2.Фрезерувати 2 пази 20N9.	Вертикально-фрезерний

		3.Фрезерувати паз 12Н14.	6Р13Ф3.
040	Токарна з ЧПК	1.Нарізати різьбу М95х2-6g.	Токарний HAAS ST-30
045	Свердлувальна	Установ А: 1.Свердлити 2 отвори Ø6,5 мм. 2.Зенкувати фаску в двох отворах. 3.Нарізати різьбу в двох отворах М8-7Н. УстановБ: 1.Свердлити 2 отвори Ø6,5 мм. 2.Зенкувати фаску в двох отворах. 3.Нарізати різьбу в двох отворах М8-7Н.	Радіально-свердлувальний 2М55
050	Круглошліфувальна	1.Шліфувати Ø55к6 начорно. 2.Шліфувати Ø70к6 начорно. 3.Шліфувати Ø80h8 начорно.	Круглошліфувальний 3А164
055	Круглошліфувальна	1. Шліфувати Ø70р6 начорно. 2. Шліфувати Ø80к6 начорно. 3. Шліфувати Ø100f7 начорно. 4 Шліфувати Ø100к6 начорно. 5. Шліфувати Ø120к6 начорно.	Круглошліфувальний 3А164
060	Круглошліфувальна	1.Шліфувати Ø55к6 начисто. 2.Шліфувати Ø70к6 начисто.	Круглошліфувальний 3А164

		3.Шліфувати Ø80h8 начисто.	
065	Круглошліфу вальна	1. Шліфувати Ø70р6 начисто. 2. Шліфувати Ø80к6 начисто. 3. Шліфувати Ø100f7 начисто. 4 Шліфувати Ø100к6 начисто. 5. Шліфувати Ø120к6 начисто.	Круглошліфувальн ий 3А164
070	Круглошліфу вальна	1. Шліфувати Ø90,2h8 начисто. 2. Шліфувати Ø90к6 начисто.	Круглошліфувальн ий 3А164

Таблиця 2.5 - Технологічний процес механічної обробки деталі “вал ”

№ операції	Найменування і зміст операції	Пристрій	Інструмент	
			Ріжучий	Вимірювальн ий
005	Горизонтально-розточна 1.Фрезерувати торець. 2.Свердлити центрові отвори №1. 3.Свердлити центрові отвори №2. 4.Фрезерувати торець. 5.Свердлити центрові отвори №1. 6.Свердлити центрові отвори	Лещата з пневмопри водом	Фреза торцева Ø100, Т5К10, ДСТУ 6469-99. Свердло Ø12, Р6М5 ДСТУ 14952-95.	Штангенциркуль ШЦІ 125-0,1, ДСТУ 166-90.

	№2.			
010	Токарна з ЧПК 1. Точити Ø55к6 начорно. 2. Точити Ø70к6 начорно. 3. Точити Ø80h8 начорно. 4. Точити Ø88h14 начорно. 5. Точити Ø90к6 начорно.	Патрон 3-х кулачковий, центр обертаючийся.	Різець прохідний контурний, Т5К10, ДСТУ 18879-93.	Штангенциркуль ШЦІ 125-0,1, ДСТУ 166-90.
015	Токарна з ЧПК 1. Точити Ø70р6 начорно. 2. Точити Ø80к6 начорно. 3. Точити Ø90h14 начорно. 4. Точити Ø95h12 начорно. 5. Точити Ø100f7, Ø100к6 начорно. 6. Точити Ø120к6 начорно.	Патрон 3-х кулачковий, центр обертаючийся.	Різець прохідний контурний, Т5К10, ДСТУ 18879-93.	Штангенциркуль ШЦІ 125-0,1, ДСТУ 166-90.
020	Токарна з ЧПК 1. Точити Ø55к6 начисто. 2. Точити Ø70к6 начисто. 3. Точити Ø80h8 начисто. 4. Точити Ø88h14 начисто. 5. Точити Ø90к6 начисто. 6. Зняти 2 фаски 1,6x45°.	Патрон 3-х кулачковий, центр обертаючийся.	Різець прохідний контурний, Т5К10, ДСТУ 18879-93. Різець фасковий, Р6М5, ДСТУ 18863-93.	Штангенциркуль ШЦІ 125-0,1, ДСТУ 166-90.

<p>025</p>	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1.Точити Ø70р6 начисто. 2.Точити Ø80к6 начисто. 3. Точити Ø90h14 начисто. 4.Точити Ø95h12 начисто. 5.Точити Ø100f7 начисто. 6.Точити Ø100к6 начисто. 7.Точити Ø120к6 начисто. 8. Зняти 2 фаски 1,6х45⁰. 9.Точити канавку в=5 мм, витримавши розмір Ø92 мм.</p>	<p>Патрон 3-х кулачковий, центр обертаючийся.</p>	<p>Різець прохідний упорний, Т5К10, ДСТУ 18868-93. Різець канавковий, Т5К10, ДСТУ 18874-93.</p>	<p>Штангенциркуль ШЦІ 125-0,1, ДСТУ 166-90.</p>
<p>030</p>	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1.Точити Ø90к6 начорно. 2.Точити Ø90к6 начисто. 3. Зняти фаску 1х45⁰. 4.Точити канавку в=3,15 мм, витримавши розмір Ø86,5 мм.</p>	<p>Патрон 3-х кулачковий, центр обертаючийся.</p>	<p>Різець прохідний упорний, Т5К10, ДСТУ 18868-93. Різець канавковий, Т5К10, ДСТУ 18881-93.</p>	<p>Штангенциркуль ШЦІ 125-0,1, ДСТУ 166-90.</p>
<p>035</p>	<p>Фрезерна</p> <p>1.Фрезерувати паз 16N9. 2.Фрезерувати 2 пази 20N9.</p>	<p>Лещата з пневмоприводом</p>	<p>Фреза шпонкова, Р6М5, ДСТУ 6469-99.</p>	<p>Штангенциркуль ШЦІ 125-0,1, ДСТУ 166-90</p>

	3.Фрезерувати паз 12Н14.			
040	1.Нарізати різьбу М95х2-6g.	Патрон 3-х кулачковий, центр обертаючийся.	Різець різьбовий, Т5К10, ДСТУ 18891-93.	Калібр різьбовий.
045	Свердлувальна Установ А: 1.Свердли 2 отвори Ø6,5 мм. 2.Зенкувати фаску в двох отворах. 3.Нарізати різьбу в двох отворах М8-7Н. УстановБ: 1.Свердли 2 отвори Ø6,5 мм. 2.Зенкувати фаску в двох отворах. 3.Нарізати різьбу в двох отворах М8-7Н.	Лещата з пневмоприводом	Свердло Ø6,5, Р6М5, ДСТУ 14952-95. Зенківка конічна, Р6М5. Мітчик М8, Р6М5.	Калібр різьбовий.
050	Круглошліфувальна 1.Шліфувати Ø55к6 начорно. 2.Шліфувати Ø70к6 начорно. 3.Шліфувати Ø80h8 начорно.	Патрон поводковий. Центр обертаючийся.	Круг ПП 100х100х25, 25А16НСМ1 6К5 35 м/с.	Калібр-скоба.

055	Круглошліфувальна 1. Шліфувати Ø70р6 начорно. 2. Шліфувати Ø80к6 начорно. 3. Шліфувати Ø100f7 начорно. 4 Шліфувати Ø100к6 начорно. 5. Шліфувати Ø120к6 начорно.	Патрон поводкови й. Центр обертаючи йся.	Круг ПП 100x100x25, 25A16НСМ1 6К5 35 м/с.	Калібр- скоба.
060	Круглошліфувальна 1.Шліфувати Ø55к6 начисто. 2.Шліфувати Ø70к6 начисто. 3.Шліфувати Ø80h8 начисто.	Патрон поводкови й. Центр обертаючи йся.	Круг ПП 100x100x25, 25A16НСМ1 6К5 35 м/с.	Калібр- скоба.
065	Круглошліфувальна 1. Шліфувати Ø70р6 начисто. 2. Шліфувати Ø80к6 начисто. 3. Шліфувати Ø100f7 начисто. 4 Шліфувати Ø100к6 начисто. 5. Шліфувати Ø120к6 начисто.	Патрон поводкови й. Центр обертаючи йся.	Круг ПП 100x100x25, 25A16НСМ1 6К5 35 м/с.	Калібр- скоба.
070	Круглошліфувальна 1. Шліфувати Ø90,2h8 начисто. 2. Шліфувати Ø90к6 начисто.	Патрон поводкови й. Центр обертаючи йся.	Круг ПП 100x100x25, 25A16НСМ1 6К5 35 м/с.	Пристрій контрольний.

2.5 Розрахунок режимів різання

Точіння поверхні $\varnothing 71,6h14$ на верстаті HAAS ST-30. Матеріал деталі – сталь 45.

1. Вибираємо різець та встановлюємо його геометричні параметри.

– Конструктивні параметри різця.

Матеріал різальної частини різця – твердий сплав Т5К10. Перетин державки різця $V_{\text{хН}}=16 \times 25$ мм. Різець токарний прохідний.

– Геометричні параметри різця.

$\varphi = 60^\circ$; $B = 2,0$ мм; $h = 0,15$ мм; $\gamma = 8^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; $\lambda = 0^\circ$; $\varphi_1 = 15^\circ$; $r = 2$ мм.

1. Встановлюємо глибину різання:

$$t = h = 1,5 \text{ мм.}$$

2. Подача рекомендується $S = 0,4$ мм/об. [6, табл.11, с.266].

Корегуємо подачу за паспортними даними верстата:

$$S = 0,4 \text{ мм/об.}$$

3. Розраховуємо швидкість різання.

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot k_v,$$

де C_v - коефіцієнт, що залежить від виду матеріалу, що обробляється;

T - стійкість ріжучого інструменту; для одноінструментальної обробки $T = 120$ хв;

m, x_v, y_v - показники степені;

t - глибина різання, мм;

S - подача, мм/об;

k_v - загальний поправочний коефіцієнт, який враховує конкретні умови обробки.

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{lv} \cdot k_{\varphi v} \cdot k_{\varphi_1 v} \cdot k_{rv} \cdot k_{qv}.$$

$$K_{mv} = k_2 \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v}; k_2 = 1; n_v = 1 \text{ [6, ст.261]}$$

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{610} \right)^{1,0} = 1,29.$$

$k_{n_v} = 0,95$; $k_{u_v} = 0,8$; $k_{n_v} = 1,0$; $k_{\varphi_v} = 0,95$; $k_{\varphi_{1v}} = 0,97$ [6, табл. 2, 5, 6, 18 с.262-271].

Отже, $k_v = 1,29 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,97 = 0,85$.

$C_v = 350$; $x=0,15$; $y=0,35$; $m=0,20$ [6, ст. 269, табл. 17].

Тоді швидкість головного руху різання:

$$V = \frac{350}{120^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,85 = 148 \text{ м/хв.}$$

4. Частота обертання шпинделя верстата:

$$n = \frac{1000V}{\pi D},$$

де V - швидкість різання, м/хв;

D - діаметр поверхні, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 148}{3,14 \cdot 71,6} = 658 \text{ об/хв.}$$

Корегуємо число обертів шпинделя за паспортними даними верстата:

$$n_{\delta} = 630 \text{ об/хв.}$$

Дійсна швидкість різання:

$$V_{\delta} = \frac{\pi D n_{\delta}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 71,6 \cdot 630}{1000} = 141 \text{ м/хв.}$$

5. Сила різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot k_p,$$

де C_p - коефіцієнт, що залежить від виду матеріалу, що обробляється та від виду обробки;

x, y, n - показники степені;

k_p - загальний поправочний коефіцієнт, що враховує конкретні умови обробки.

$$k_p = k_{mp} \cdot k_{\varphi p} \cdot k_{\lambda p} \cdot k_{\lambda p} \cdot k_{rp},$$

$$\text{де } K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{n_p}; \quad n = 0,75;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$k_{\varphi p} = 0,94$; $k_{\gamma p} = 1,0$; $k_{\lambda p} = 1,0$; $k_{r p} = 1,0$ [6, ст. 275, табл. 23].

$$k_p = 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,94$$

$C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$ [6, ст. 273, табл. 22].

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 1,41^{-0,15} \cdot 0,94 = 560 \text{ Н.}$$

6. Потужність різання:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_d}{1020 \cdot 60} = \frac{560 \cdot 141}{1020 \cdot 60} = 1,29 \text{ кВт.}$$

Обробка можлива, якщо виконується умова:

$$N_p \leq N_{um},$$

де, $N_{um} = N_{дв} \cdot \eta$

де $N_{дв}$ - потужність двигуна верстата;

η - коефіцієнт корисної дії.

Обробка можлива, оскільки умова виконується:

$$1,29 \leq 10 \cdot 0,75.$$

7. Розрахунок основного технологічного часу.

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n}, \text{ хв,}$$

де $L = y + l + \Delta$ - довжина проходу різця в напрямку подачі;

y - величина врізання різця, мм;

Δ - перебіг різця, при точінні до упора $\Delta = 0$ мм.

$$y = t \cdot ctg \varphi = 1,5 \cdot ctg 60^\circ = 2,6 \text{ мм;}$$

$$L = 2,6 + 51 + 0 = 53,6 \text{ мм.}$$

Тоді основний технологічний час:

$$T_o = \frac{53,6}{0,4 \cdot 630} = 0,208 \text{ хв.}$$

2.5.1. Вибір режимів різання табличним методом

Результати представимо в вигляді таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 Режими різання

Номер операції	Назва і зміст операції	Режим різання						
		L , мм	t , мм	S , мм/об	n , об/хв	V , м/хв	$S_{xв}$ хв	T_o хв
05	Горизонтально-розточна							1,556
	1.Фрезерувати торець.	105	2,5	0,28	630	197	176	0,42
	2.Свердлити центрові отвори №1.	40	6	0,28	800	30,14	224	0,179
	3.Свердлити центрові отвори №2.	40	6	0,28	800	30,14	224	0,179
	4.Фрезерувати торець.	105	2,5	0,28	630	197	176	0,42
	5.Свердлити центрові отвори №1.	40	6	0,28	800	30,14	224	0,179
	6.Свердлити центрові отвори №2.	40	6	0,28	800	30,14	224	0,179

Номер операції	Назва і зміст операції	Режим різання						
		L , мм	t , мм	S , мм/об	n , об/хв	V , м/хв	$S_{xв}$ хв	T_o хв
10	Токарна з ЧПК							1,246
	1.Точити $\varnothing 55$ к6 начорно.	82	1,5	0,4	630	111	252	0,325
	2. Точити $\varnothing 70$ к6 начорно.	53,6	1,5	0,4	630	141	252	0,208
	3.Точити $\varnothing 80$ h8 начорно.	165	1,5	0,4	630	152	252	0,654
	4. Точити $\varnothing 88$ h14 начорно.	25	1,5	0,4	630	176	252	0,099
15	Токарна з ЧПК							2,398
	1.Точити $\varnothing 70$ р6 начорно.	120	1,5	0,4	630	141	252	0,208
	2.Точити $\varnothing 80$ к6 начорно.	59	1,5	0,4	630	161	252	0,234
	3. Точити $\varnothing 90$ h14 начорно.	74	1,5	0,4	630	180	252	0,294
	4.Точити $\varnothing 95$ h12 начорно.	58	1,5	0,4	630	189	252	0,23
	5. Точити $\varnothing 100$ f7, $\varnothing 100$ к6 начорно.	239	1,5	0,4	630	199	252	0,984
	6. Точити $\varnothing 120$ к6 начорно.	113	1,5	0,4	630	239	252	0,448

Номер операції	Назва і зміст операції	Режим різання						
		L , мм	t , мм	S , мм/об	n , об/хв	V , м/хв	$S_{xв}$ хв	T_o хв
20	Токарна з ЧПК							2,453
	1.Точити $\varnothing 55$ к6 начисто.	82	0,5	0,3	800	139	240	0,342
	2. Точити $\varnothing 70$ к6 начисто.	53	0,5	0,3	800	177	240	0,221
	3.Точити $\varnothing 80$ h8 начисто.	165	0,5	0,3	800	202	240	0,688
	4. Точити $\varnothing 88$ h14 начисто.	25	0,5	0,3	800	221	240	0,104
	5. Точити $\varnothing 90$ к6 начисто.	4,7	2,5	0,3	500	202	150	0,063
	6.Зняти 2 фаски $1,6 \times 45^0$.	5,2	3,2	0,3	500	139	150	0,035

Номер операції	Назва і зміст операції	Режим різання						
		L , мм	t , мм	S , мм/об	n , об/хв	V , м/хв	$S_{xв}$ хв	T_o хв
25	Токарна з ЧПК							2,951
	1.Точити $\varnothing 70$ р6 начисто.	120	0,5	0,3	800	177	240	0,5
	2.Точити $\varnothing 80$ к6 начисто.	59	0,5	0,3	800	202	240	0,246
	3. Точити $\varnothing 90$ h14 начисто.	73	0,5	0,3	800	226	240	0,304
	4.Точити $\varnothing 95$ h12 начисто.	58	0,5	0,3	800	238	240	0,242
	5.Точити $\varnothing 100$ f7 начисто.	239	0,5	0,3	800	252	240	0,996
	6.Точити $\varnothing 100$ к6 начисто.	239	0,5	0,3	800	252	240	0,996
	7.Точити $\varnothing 120$ к6 начисто.	113	0,5	0,3	800	302	240	0,47
	8. Зняти 2 фаски $1,6 \times 45^\circ$.	3,2	1,6	0,28	500	157	150	0,03
9.Точити канавку $\varphi=5$ мм, витримавши розмір $\varnothing 92$ мм.	6,2	5,0	0,14	500	157	150	0,089	

Номер операції	Назва і зміст операції	Режим різання						
		L , мм	t , мм	S , мм/об	n , об/хв	V , м/хв	$S_{xв}$ хв	T_o хв
30	Токарна з ЧПК							<i>1,451</i>
	1.Точити $\varnothing 90$ к6 начорно.	127	1,5	0,4	500	148	200	0,635
	2.Точити $\varnothing 90$ к6 начисто.	127	0,5	0,28	630	179	176	0,719
	3. Зняти фаску $1 \times 45^\circ$.	2,6	3,2	0,28	500	142	140	0,021
	4.Точити канавку $\varphi=3,15$ мм, витримавши розмір $\varnothing 86,5$ мм.	4,27	3,15	0,28	200	54,4	56	0,076
35	Фрезерна							<i>2,401</i>
	1.Фрезерувати паз 16N9.	63	16	-	800	40,1	160	0,394
	2.Фрезерувати 2 пази 20N9.	263	20	-	800	50,24	160	1,644
	3.Фрезерувати паз 12H14.	58	12	-	800	30,1	160	0,363
40	Токарна з ЧПК							
	1.Нарізати різьбу M95x2- 6g.	57	2,0	2,0	100	29,8	200	0,285

Номер операції	Назва і зміст операції	Режим різання						
		L , мм	t , мм	S , мм/об	n , об/хв	V , м/хв	$S_{xв}$ хв	T_o хв
45	Свердлувальна							0,576
	Установ А:							
	1.Свердлити 2 отвори Ø6,5 мм.	27	3,25	0,28	1000	20,41		0,096
	2.Зенкувати фаску в двох отворах.	2	1,0	0,1	1000	22,5		0,007
	3.Нарізати різьбу в двох отворах М8-7Н.	24	1,5	1,25	100	2,5		0,192
	УстановБ:							
	1.Свердлити 2 отвори Ø6,5 мм.	27	3,25	0,28	1000	20,41		0,096
	2.Зенкувати фаску в двох отворах.	2	1,0	0,1	1000	22,5		0,007
	3.Нарізати різьбу в двох отворах М8-7Н.	24	1,5	1,25	100	2,5		0,192

Номер операції	Назва і зміст операції	Режим різання						
		L , мм	t , мм	S , мм/об	n , об/хв	V , м/хв	$S_{хв}$ хв	T_o хв
50	Круглошліфувальна							2,023
	1.Шліфувати $\varnothing 55к6$ начорно.	79	0,2	0,01	201	3,8	18,9	0,416
	2.Шліфувати $\varnothing 70к6$ начорно.	51	0,2	0,01	158	2,97	18,9	0,342
	3.Шліфувати $\varnothing 80h8$ начорно.	165	0,2	0,01	138	2,6	18,9	1,265
55	Круглошліфувальна							6,17
	1. Шліфувати $\varnothing 70р6$ начорно.	118	0,2	0,01	158	2,97	18,9	0,79
	2. Шліфувати $\varnothing 80к6$ начорно.	56	0,2	0,01	138	2,6	18,9	0,429
	3. Шліфувати $\varnothing 100f7$ начорно.	236	0,2	0,01	111	2,09	18,9	2,699
	4 Шліфувати $\varnothing 100к6$ начорно.	236	0,2	0,01	111	2,09	18,9	2,699
	5.Шліфувати $\varnothing 120к6$ начорно.	110	0,2	0,01	93	1,76	18,9	1,252

Номер операції	Назва і зміст операції	Режим різання						
		L , мм	t , мм	S , мм/об	n , об/хв	V , м/хв	$S_{xв}$ хв	T_o хв
60	<i>Круглошліфувальна</i>							2,01
	1.Шліфувати Ø55к6 начисто.	79	0,1	0,005	202	3,8	18,9	0,414
	2.Шліфувати Ø70к6 начисто.	51	0,1	0,005	159	3,01	18,9	0,34
	3.Шліфувати Ø80h8 начисто.	165	0,1	0,005	139	2,63	18,9	1,256
65	<i>Круглошліфувальна</i>							3,67
	1.Шліфувати Ø70р6 начисто.	118	0,1	0,005	159	3,01	18,9	0,765
	2.Шліфувати Ø80к6 начисто.	56	0,1	0,005	139	2,63	18,9	0,426
	3.Шліфувати Ø100f7 начисто.	91	0,1	0,005	111	2,09	18,9	0,848
	4.Шліфувати Ø100к6 начисто.	45	0,1	0,005	111	2,09	18,9	0,429
	5.Шліфувати Ø120к6 начисто.	110	0,1	0,005	93	1,76	18,9	1,202

Номер операції	Назва і зміст операції	Режим різання						
		L , мм	t , мм	S , мм/об	n , об/хв	V , м/хв	$S_{xв}$ хв	T_o хв
70	Круглошліфувальна							2,323
	1.Шліфувати $\varnothing 90,2h8$ начисто.	90	0,1	0,01	123	2,32	18,9	1,549
	2.Шліфувати $\varnothing 90к6$ начисто.	90	0,1	0,005	124	2,34	18,9	0,774

2.6 Технічне нормування операцій

Технічні норми часу в умовах серійного виробництва встановлюються розрахунково – аналітичним методом. Приклад розрахунку технічних норм часу покажемо на операції 010 – токарній. Маса деталі – 52,0 кг. Тип виробництва – серійний.

В серійному виробництві норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою:

$$t_{ум.к.} = t_o + t_{дон} + t_{обс} + t_{відп} + \frac{T_{п.з.}}{n},$$

де t_o - основний технологічний час, хв;

$t_{обс}$ - час на обслуговування робочого місця, хв;

$t_{відп}$ - час на відпочинок та особисті потреби робітника, хв;

$T_{п.з.}$ - підготовчо-заклучний час на партію деталей, хв;

n - розмір партії деталей, шт;

$t_{дон}$ - допоміжний час, який складається:

$$t_{дон} = t_{в.з.} + t_{з.в.} + t_{к} + t_{зуп} + t_{вим},$$

де $t_{в.з.}$ - час на встановлення та зняття заготовки, хв;

$t_{к}$ - час на прийоми керування верстатом, хв;

$t_{вим}$ - час на вимірювання заготовки, хв.

Розмір партії деталей підраховуємо, виходячи із річної програми випуску:

$$n = \frac{N \cdot a}{253},$$

де a - число днів випередження механічної обробки перед складанням, $a=25$;

253 – число робочих днів у році.

$$n = \frac{1000 \cdot 25}{253} \approx 100 \text{ шт.}$$

$t_o = 1,246$ хв; $t_{в.з.} = 0,24$ хв; $t_{к} = 0,11$ хв; $t_{вим} = 0,19$ хв [22].

Звідси оперативний час:

$$t_{on} = 1,246 + 0,24 + 0,11 + 0,19 = 1,786 \text{ хв.}$$

Час на технічне обслуговування верстата:

$$T_{mex} = \frac{T_{зм} \cdot T_o}{T}, \text{ хв}$$

де $T_{зм}$ - час зміни інструменту, $T_{зм} = 2,4$ хв ;

T - стійкість інструменту, хв; $T = 60$.

$$T_{mex} = \frac{2,4 \cdot 1,246}{60} = 0,029 \text{ хв.}$$

Час організаційного обслуговування робочого місця:

$$t_{opz} = 2,8\%t_o = 2,3 \cdot 1,786 = 0,025 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок та особисті потреби складає:

$$t_{відн} = 7\%t_{on} = 0,07 \cdot 1,786 = 0,125 \text{ хв.}$$

Штучний час:

$$t_{ум} = t_{on} + t_{відн} + t_{mex} + t_{opz} = 1,786 + 0,125 + 0,029 + 0,025 = 1,965 \text{ хв.}$$

Підготовчо - заключний час за довідником [22] становить:

$$T_{н.з.} = 16 \text{ хв.}$$

Отже, штучно – калькуляційний час на виконання операції становить:

$$t_{шт.к.} = 1,965 + \frac{16}{100} = 2,125 \text{ хв.}$$

На всі інші операції розрахунок проводимо аналогічно, а результати розрахунків зводимо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 - Зведена відомість норм штучно – калькуляційного часу по операціях

Номер операції	Назва операції	T_o хв	$T_{дон}$			$T_{он}$ хв	$T_{об}$		$T_{відп}$ хв	$T_{шт}$ хв	$T_{п.з.}$ хв	$T_{шт.к.}$ хв
			$t_{в.з}$	$t_{кер}$	$t_{вим}$		$T_{мех}$	$T_{орг}$				
			хв	хв	хв		хв	хв				
005	Горизонтально-розточна	1,556	0,06	0,04	0,11	1,766	0,062	0,049	0,124	2,001	0,16	2,161
010	Токарна	1,246	0,24	0,11	0,19	1,786	0,029	0,025	0,125	1,965	0,16	2,125
015	Токарна	2,398	0,24	0,11	0,19	2,938	0,052	0,041	0,206	3,237	0,16	3,397
020	Токарна	2,951	0,24	0,09	0,11	3,391	0,064	0,047	0,237	3,739	0,16	3,899
030	Токарна	1,451	0,08	0,14	0,17	1,841	0,031	0,026	0,129	2,027	0,16	2,187
035	Фрезерна	2,401	0,32	0,24	0,19	3,151	0,052	0,044	0,221	3,468	0,16	3,628
040	Токарна	0,285	0,28	0,11	0,19	0,865	0,006	0,012	0,061	0,944	0,19	1,134
045	Свердлувальна	0,576	0,048	0,08	0,11	0,814	0,012	0,011	0,057	0,894	0,16	1,054
050	Круглошліфувальна	2,023	0,278	0,18	0,19	2,671	0,078	0,069	0,187	3,005	0,16	3,165
055	Круглошліфувальна	5,17	0,06	0,01	0,11	5,35	0,146	0,096	0,375	5,967	0,20	6,167
060	Круглошліфувальна	2,010	0,26	0,21	0,19	2,67	0,057	0,075	0,187	2,989	0,20	3,189

	вальна											
065	Круглошліфу вальна	3,67	0,04 8	0,02	0,17	3,908	0,067	0,094	0,274	4,343	0,08	4,423
070	Круглошліфу вальна	2,323	0,26	0,02	0,17	2,773	0,050	0,067	0,194	3,034	0,08	3,164
	Всього:	30,51										43,151

2.7 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК

Технічні характеристики верстата HAAS ST-30 покажемо в таблиці 2.8, зовнішній вигляд – на рисунку 2.3..

Таблиця 2.8 - Технічні характеристики верстата HAAS ST-30

Розмір патрона	254 мм
Максимальний діаметр деталі, що обробляється	533 мм
Максимальний діаметр оброблення	381 мм
Максимальна довжина різання	826 мм
Найбільший діаметр прутка	76 мм
Відстань між центрами	826 мм



Рисунок 2.3 – Токарний центр мод. HAAS ST-30

Виконавши усі необхідні розрахунки скористаємося програмним продуктом CAMESPRIT для розроблення керуючої програми оброблення деталі вал.

Для створення програми токарного оброблення були виконані наступні дії:

1. Створено 3D модель у SolidWorks та завантажено у середовище Esprit.
2. Створено заготовку (рис 2.3)

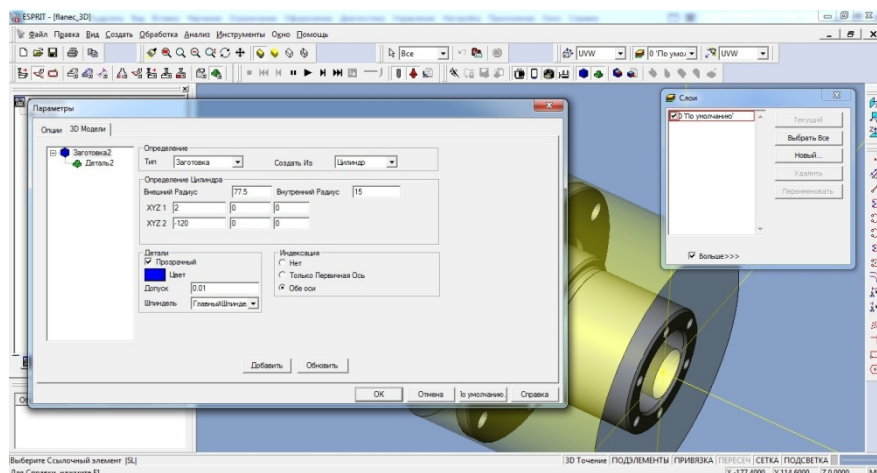


Рисунок 2.3 – Створення заготовки

3. Виконано розпізнання елементів профілю.
4. Вибрано вид оброблення – «Чернова обробка» (рис. 2.4).

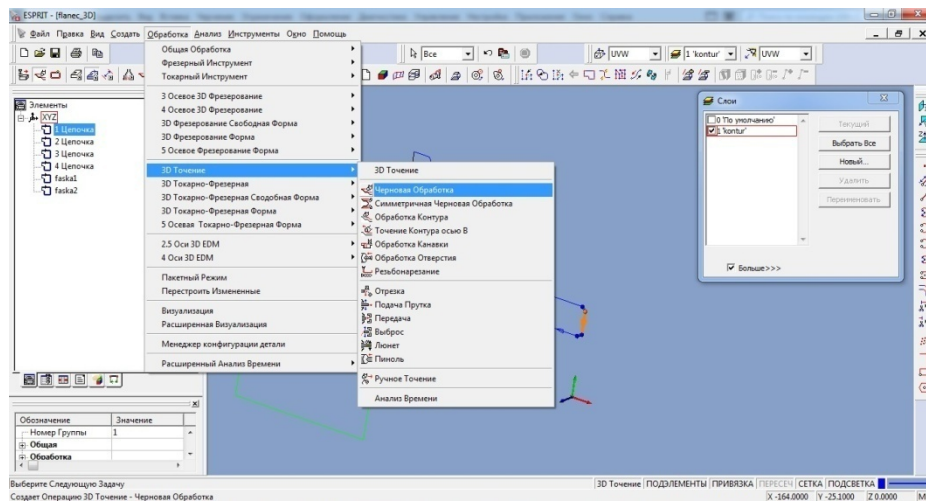


Рисунок 2.4 – Вибір виду оброблення

5. Вибрано металообробний інструмент та його параметри.
6. Вибрано режимі різання.
7. Автоматично згенеровано траєкторію руху металорізального інструменту при обробленні контуру деталі.
8. Виконано автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодах за допомогою постпроцесора (рис 2.5).

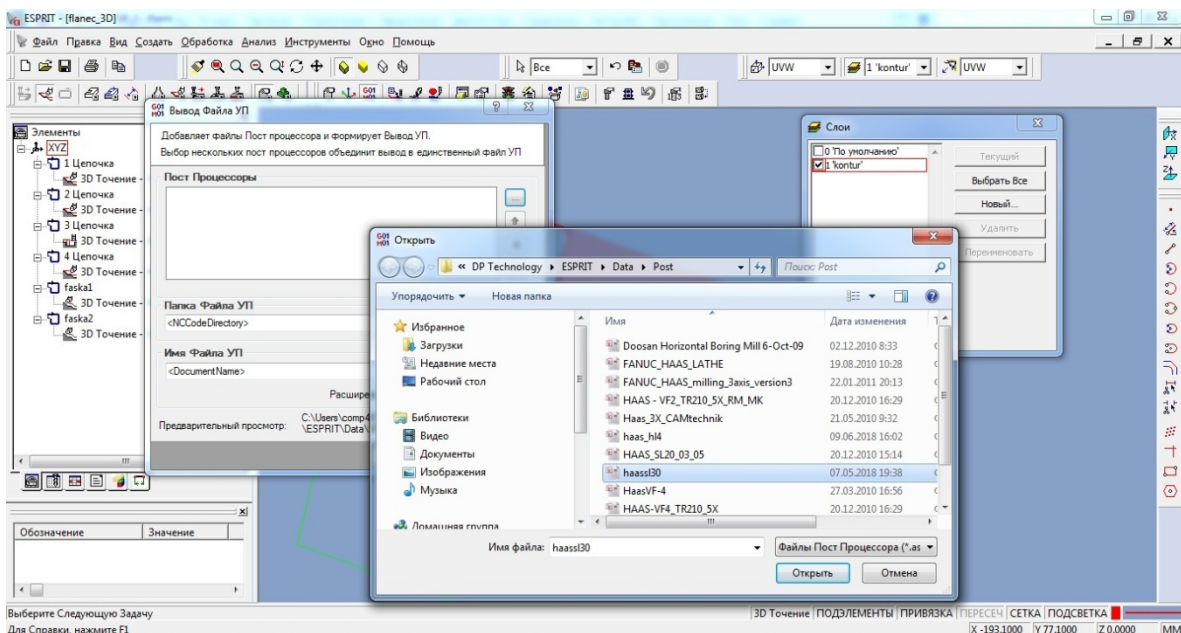


Рисунок 2.5 – Автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодi

Керуюча програма наведена у додатку В.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталі при фрезеруванні шпонкового пазу 20N9

3.1.1 Вибір схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої

Використання пристроїв дозволяє підвищити продуктивність виробництва, точність механічної обробки, точність складання, дозволяє полегшити умови праці, безпеки життя та дає можливість зменшити собівартість.

Продуктивність при використанні пристроїв підвищується за рахунок зменшення циклу підготовки технологічного оснащення, тобто за рахунок скорочення строків підготовки виробництва нових виробів, машин.

Схема базування заготовки при фрезеруванні шпонкового пазу наведена на рис. 3.1.

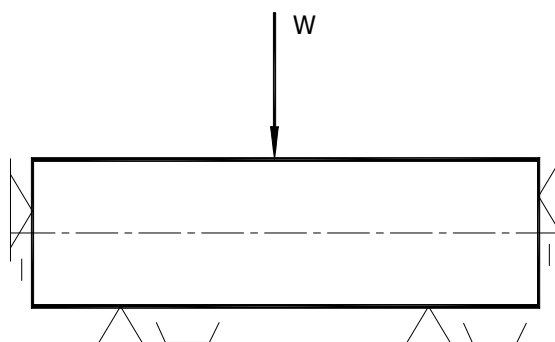


Рис.3.1 Схема базування заготовки в пристрої

Дана схема базування з точки зору точності обробки вибрана тому, що при встановленні вала на призми не здійснюється зміщення його в осьовому напрямку. Вал жорсткий, немає необхідності у самовстановлюючих опорах.

Установчі елементи:

— Дві нерухомі призми з кутом 90^0 для базування по циліндричній поверхні.

— Штир з плоскою головкою для базування по торцю.

3.1.2 Розробка схеми закріплення деталі

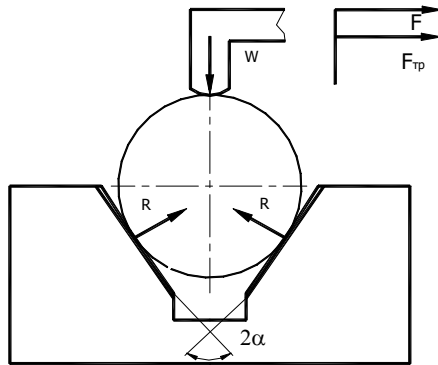


Рис. 3.2 Схема закріплення деталі

Розрахунок сили закріплення деталі

Фрезерування проводиться на фрезерному верстаті 6Р13Ф2, шпонковою фрезою $A=B=20$ мм (ширина шпонкового пазу). Матеріал деталі – сталь 45, $\sigma_s = 610$ МПа. Глибина різання $t = 20$ мм. Довжина фрезерування $L = 80$ мм. Сила різання $P_z = 1006$ Н.

Під дією сили різання в опорах (призмі) виникають реакції R . Розглянемо проекції сил на вісь:

$$W + 2 \cdot R \cdot \cos 45^\circ = 0 .$$

Звідси:

$$R = \frac{W}{2 \cos 45^\circ} = 0,707W .$$

Величина сил тертя між затискачем та поверхнею заготовки:

$$F_{mp1} = W \cdot f_1 ,$$

де f_1 - коефіцієнт тертя ковзання, $f_1 = 0,25$ [24], ст.85.

Величина сили тертя між поверхнею заготовки і призмою:

$$F_{mp2} = 2R \cdot f_2 = 2 \cdot 0,707W \cdot f_2.$$

Приймаємо матеріал притискача і призми однаковий, тоді $f_1 = f_2 = 0,25$.

Коефіцієнт запасу K , який для конкретних умов визначається за формулою:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

де $K_0 = 1,5$ - гарантований коефіцієнт запасу;

K_1 - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки (для обробленої заготовки $K_1 = 1,0$);

K_2 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання від затуплення інструменту, приймаємо $K_2 = 1,2$;

K_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при перервному різанні, приймаємо $K_3 = 1,15$;

K_4 - коефіцієнт, що враховує постійність сили затиску, $K_4 = 1,3$.

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,3 = 2,69.$$

3.1.3 Розрахунок сили закріплення W_1

Розглянемо дві умови:

1. Сила різання P_z намагається зсунути заготовку, цьому заважає сила тертя.
2. Сила різання P_z намагається повернути заготовку відносно осі, цьому заважає сила тертя.

Розглянемо умову рівноваги для цих двох випадків.

Для першого випадку: $\sum P_z = 0$, $P_z - F_{mp1} - F_{nh2} = 0$.

$$P_z - f_1 \cdot 1,414 \cdot W \cdot f_2 = 0.$$

Звідси:

$$W_1 = \frac{P_z}{f \left(1 + \frac{1}{\sin \alpha/2} \right)},$$

$$W_1 = \frac{1006}{0,25 \left(1 + \frac{1}{\sin 90^\circ/2} \right)} = 166,7 \text{ H}.$$

Для другого випадку: $\sum P_z = 0$; $P_z \cdot \frac{d}{2} = W \cdot f \cdot \frac{D}{2} + \frac{2Wf}{2 \sin \alpha/2} \cdot \frac{D}{2}$.

Звідси:

$$W_2 = \frac{P_z \cdot \frac{d}{2}}{f \cdot \frac{D}{2} \left(1 + \frac{1}{\sin \alpha/2} \right)},$$

$$W_2 = \frac{1006 \cdot \frac{80}{2}}{0,25 \cdot \frac{100}{2} \left(1 + \frac{1}{\sin 45^\circ} \right)} = 1333 \text{ H}.$$

Враховуючи коефіцієнт запасу:

$$W_1 = 166,7 \cdot 2,69 = 145,1 \text{ H},$$

$$W_2 = 1333 \cdot 2,69 = 3586 \text{ H}.$$

Для розрахунку приймаємо більшу силу закріплення $W = W_2 = 3586 \text{ H}$.

3.1.4 Вибір кінематичної схеми пристрою і його конструктивних елементів

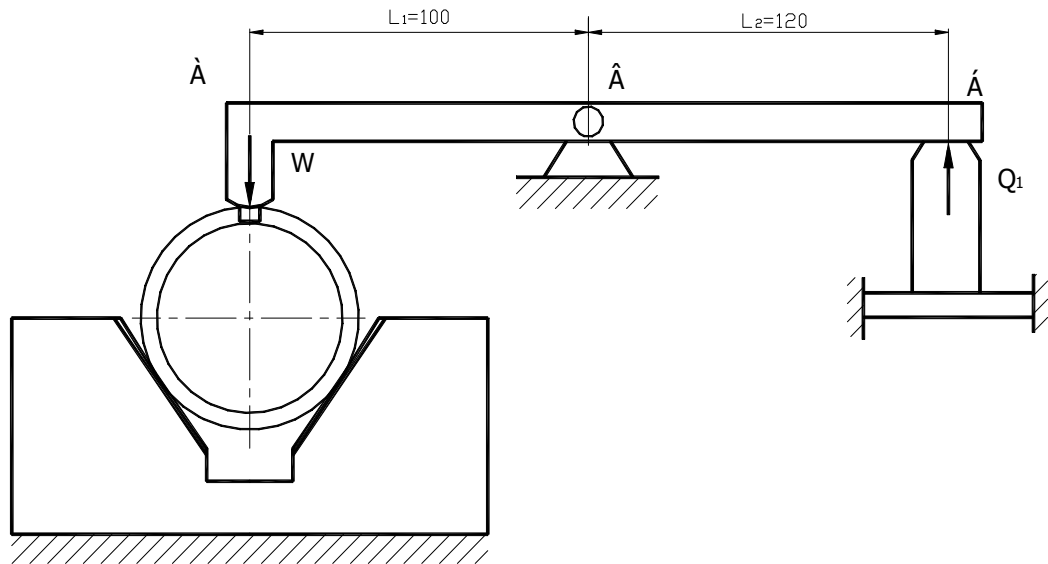


Рис. 3.3 Кінематична схема для розрахунку

Приймаємо закріплення заготовки важеля від механізованого приводу пневмоциліндра. Заготовку базуємо на прижимі та по торцю.

3.1.5 Вибір основних елементів пристрою

Для установки заготовки приймаємо призми $\varnothing 60\text{мм}$, ДСТУ 1219:2005. Для базування заготовки по торцю приймаємо упор кутовий за ДСТУ 1219:2005. Для закріплення заготовки приймаємо важіль 70011-0566, ДСТУ 1219:2005.

Розміри інших деталей вибираємо конструктивно при кресленні пристрою.

Вибір матеріалів і технічних умов на деталі пристрою: призми – сталь 20Х з гартуванням HRC 55...60; важіль – сталь 45, HRC 42...46; прижим – сталь 65Г, HRC 58...62.

3.1.6 Розрахунок основних параметрів приводу затискного механізму

1. Визначення величини сили Q_1 , що діє на друге плече важеля із умови:

$$W \cdot L_1 = Q_1 \cdot L_2 \cdot \eta,$$

де η - коефіцієнт корисної дії важільного механізму, $\eta = 0,95$;

L_1, L_2 - розмір плечей, згідно креслення $L_1 = 100$ мм, $L_2 = 120$ мм.

Отже,

$$Q_1 = \frac{W \cdot L_1}{L_2 \cdot \eta} = \frac{3586 \cdot 100}{120 \cdot 0,95} = 3146 \text{ Н.}$$

2. Визначення основних параметрів пневматичного циліндра.

Приймаємо розрахунковий тиск в пневмоциліндрі $p = 0,4$ МПа.

За кінематичною схемою робочий тиск створюється в без штоковій порожнині, тоді зусилля на поршні складає:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot p \cdot \eta,$$

де η - коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра, $\eta = 0,9$;

p - тиск в пневмомережі, $p = 0,4$ МПа;

D - діаметр пневмоциліндра, мм.

Звідси діаметр пневмоциліндра становить:

$$D = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot p \cdot \eta}},$$

$$D = \sqrt{\frac{3146 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 105 \text{ мм.}$$

Приймаємо за [24], ст. 228, діаметр циліндра $D = 100$ мм, діаметр штока $d = 25$ мм.

Дійсне зусилля, яке створюється пневмоциліндром (прийmemo тиск в пневмомережі без втрат, $p = 0,63$ МПа:

$$Q_o = \frac{\pi D^2}{4} \cdot p \cdot \eta = \frac{3,14 \cdot 100^2}{4} \cdot 0,63 \cdot 0,9 = 4450 \text{ Н.}$$

Дійсне зусилля закріплення:

$$W_{o1} = \frac{Q_o \cdot L_2}{L_1} = \frac{4450 \cdot 120}{100} = 5340 \text{ Н.}$$

3. Розрахунок величини ходу поршня пневмоциліндра.

Величина переміщення важеля [24], ст. 68:

$$S_W = \Delta_{zap} + TH + \frac{W_o}{j} + \Delta S_W,$$

де Δ_{zap} - гарантований зазор вільної установки, $\Delta_{zap} = 0,4$ мм;

TH - допуск на розмір заготовки, $TH = 0,26$ мм;

W_o - дійсна сила затиску, Н;

ΔS_W - затиск переміщення, $\Delta S_W = 0,4$;

j - жорсткість механізму, $j = 2000 \text{ Н / мм}$ [12], ст. 88.

Отже, Величина переміщення важеля становить:

$$S_W = 0,4 + 0,26 + \frac{5340}{2000} + 0,4 = 3,73 \text{ мм.}$$

З врахуванням плечей важеля:

$$S_{Q_1} = S_W \cdot \frac{L_1}{L_2},$$

$$S_{Q_1} = 3,73 \cdot \frac{100}{120} = 3,1 \text{ мм.}$$

Приймаємо хід поршня $S_Q = 10$ мм.

3.1.7 Розрахунок деталей пристрою на міцність

Розрахуємо на міцність вісь, на якій гойдається важіль. Схему розрахунку наведемо на рис. 3.4.

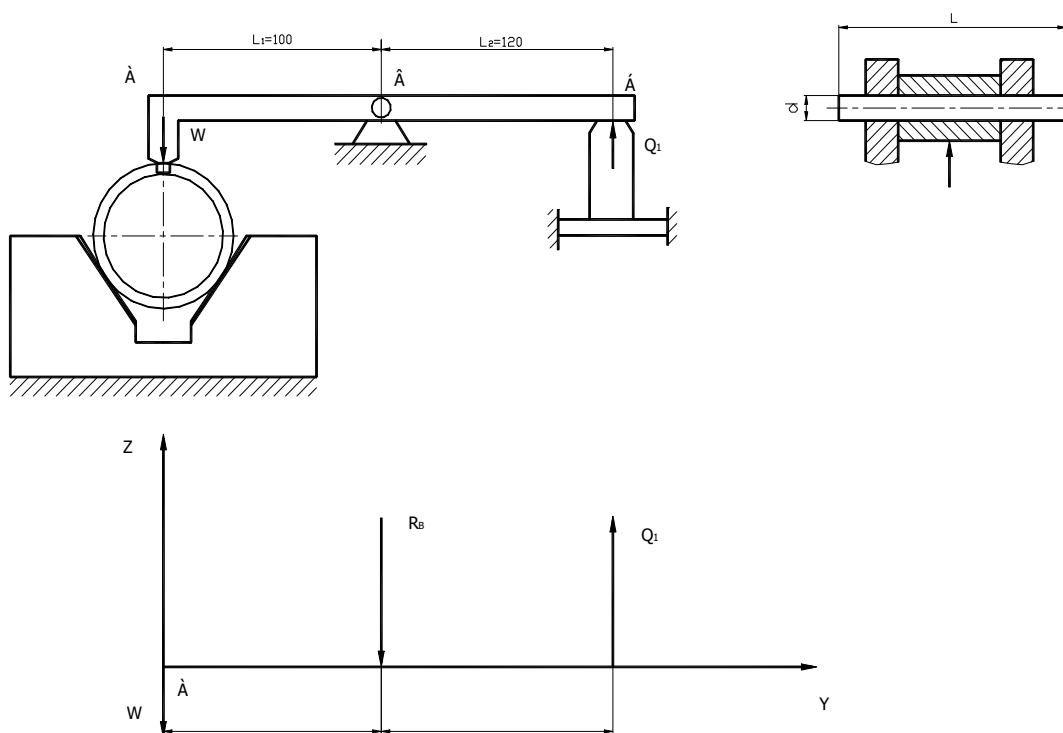


Рис. 3.4 Схема для розрахунку

Знаходимо реакції в опорах із умови рівноваги:

$$\begin{aligned}\sum M &= 0, \\ -R_B \cdot L_1 + Q_1 \cdot (L_1 + L_2) &= 0, \\ -R_B &= \frac{Q_1 \cdot (L_1 + L_2)}{L_1}, \\ -R_B &= \frac{4450 \cdot (100 + 120)}{100} = 9790 \text{ Н.}\end{aligned}$$

Умова міцності на зрізання:

$$\tau = \frac{R_B}{i \cdot \pi \cdot d^2 / 4} \leq [\tau_{зр}],$$

де R_B - реакція опори, Н;

d - діаметр осі, мм;

i - кількість площин зрізу, $i = 2$;

$[\tau_{зр}]$ - допустиме напруження на зріз, $[\tau_{зр}] = 140 \text{ Н/мм}^2$.

Звідси:

$$\begin{aligned}d &= \sqrt{\frac{R_B \cdot 4}{\pi \cdot i \cdot [\tau_{зр}]}} \\ d &= \sqrt{\frac{9790 \cdot 4}{3,14 \cdot 2 \cdot 140}} = 3,34 \text{ мм.}\end{aligned}$$

Приймаємо конструктивно $d = 10 \text{ мм}$.

Перевірочний розрахунок на зминання:

$$\delta_{зм} = \frac{R_B}{d \cdot [\delta_{зм}]},$$

де $[\delta_{зм}]$ - допустиме напруження на зминання, $[\delta_{зм}] = 320 \text{ Н/мм}^2$.

$$\delta_{зм} = \frac{9790}{10 \cdot 320} = 3,06 \text{ Н/мм}^2.$$

Діаметр осі вибрано правильно.

3.1.8 Розрахунок пристрою на точність

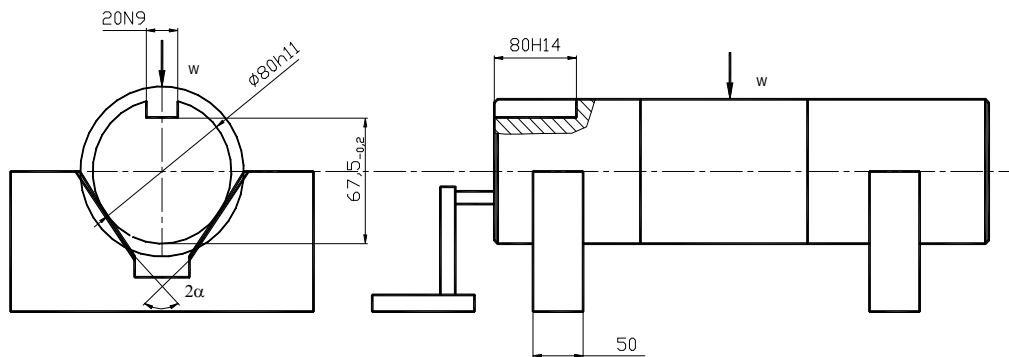


Рис. 3.5 Схема для розрахунку

Похибка обробки при виконанні даної операції не повинна перевищувати поле допуску на одержання розміру.

Допустима сумарна похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np}^{\delta} = \delta - k \omega = 0,2 - 0,6 \cdot 0,06 = 0,164 \text{ мм},$$

де $\delta = 0,2 \text{ мм}$ – допуск на розмір;

$k = 0,6$ – коефіцієнт, який враховує точність обробки;

$\omega = 0,06$ – коефіцієнт економічної точності обробки [37].

Похибка установки заготовки на даному пристрої:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{n.з.}^2},$$

де ε_{δ} – похибка базування. В даному випадку:

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot \delta \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} \right),$$

δ - допуск на розмір, $\delta=0,2$ мм;

α - половина кута призми в радіанах.

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{1}{\sin 45^{\circ}} \right) = 0,041 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{n.з.}$ - похибка положення заготовки.

Похибка закріплення деталі визначається за формулою:

$$\varepsilon_3 = \left[\left(K_{Rz} \cdot R_z + \frac{K_{HB}}{HB} \right) + C_1 \right] \cdot \left(\frac{W}{19,6 \cdot l} \right)^m,$$

де R_z - шорсткість поверхні, $R_z = 20$ мкм;

HB - твердість матеріалу, $HB 167...217$;

W - сила закріплення, $W = 3586$ Н ;

l - довжина твірної, по якій проходить контакт, $l = 5$ мм;

K_{Rz} , K_{HB} , C_1 - коефіцієнти, згідно [53] $K_{Rz} = 0,005$, $K_{HB} = 20$, $C_1 = 0,09$;

m - показник степені, згідно [53] $m = 0,7$.

$$\varepsilon_3 = \left[\left(0,005 \cdot 20 + \frac{15}{180} \right) + 0,09 \right] \cdot \left(\frac{3586}{19,6 \cdot 5} \right)^{0,7} = 0,005 \text{ мм.}$$

Похибка положення заготовки в пристрої:

$$\varepsilon_{n.з.} = \sqrt{\varepsilon_{op.e}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{op,np}^2},$$

де $\varepsilon_{op.e} = 0,01-0,02$ мм - похибка орієнтації базових елементів [37];

ε_{zn} - похибка зношування базових елементів;

$\varepsilon_{op,np}$ - похибка орієнтації пристрою на верстаті.

Похибка зношення базових елементів:

$$\varepsilon_3 = \left[\left(K_{Ra} \cdot Ra + \frac{K_{HB}}{HB} \right) + C_1 \right] \cdot \left(\frac{W}{9,8} \right)^n \cdot \frac{1}{F^m},$$

де Ra - шорсткість поверхні, $Ra = 3,2$ мкм;

HB - твердість матеріалу, $HB = 240$;

W - сила закріплення, $W = 3586$ Н;

F - площа контакту опори із заготовкою, $F = 36$ см²;

K_{Ra} , K_{HB} , C_1 - коефіцієнти, згідно [53]

$$K_{Ra} = 0,016, K_{HB} = -0,0045, C_1 = 0,776 + 0,053 \cdot F;$$

m , n - показники степені, згідно [53] $m = 0,6$; $n = 0,6$.

$$\varepsilon_3 = \left[\left(0,016 \cdot 3,2 + \frac{0,0045}{240} \right) + 0,776 + 0,053 \cdot 36 \right] \cdot \left(\frac{3586}{9,8} \right)^{0,6} \cdot \frac{1}{36^{0,6}} = 0,005 \text{ мм.}$$

Похибка орієнтації пристрою на верстаті:

$$\varepsilon_{op,np} = 0,01 \dots 0,02 \text{ мм [37].}$$

Отже похибка положення заготовки в пристрої:

$$\varepsilon_{n.z.} = \sqrt{0,01^2 + 0,005^2 + 0,01^2} = 0,015 \text{ мм.}$$

Розрахуємо фактичну похибку пристрою:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{n.z.}^2} = \sqrt{0,041^2 + 0,005^2 + 0,015^2} = 0,002 \text{ мм}$$

Таким чином, з точки зору точності базування дану схему базування можна признати раціональною, оскільки виконується умова:

$$\varepsilon_{np} < \varepsilon_{np}^{\partial} \cdot (0,002 < 0,164).$$

3.1.9 Розробка технічних умов на пристрій

В зв'язку з неточність розташування базових поверхонь можуть виникнути помилки допуску взаємного розташування поверхонь. Тому на точність розташування поверхонь накладені певні вимоги, які необхідно забезпечити при складанні пристрою:

1. Допуск співвісності поверхонь призм не повинен перевищувати 0,05 мм.
2. Допуск паралельності поверхонь призм відносно площини пристрою не повинен перевищувати 0,02 мм.

3.1.10 Питання техніки безпеки при роботі з пристроєм

1. Зовнішні елементи пристрою не повинні мати нерівностей, зазубрин, гострих кромки.
2. Величина шорсткості зовнішніх поверхонь не повинна бути нижчою $Ra = 1,25$ мкм.
3. Висота від пола до органів керування пристрою повинна бути 1000-1600 мм.
4. Рукоятка пристрою не повинна потрапляти до робочої зони.
5. Пневмоциліндр повинен мати редуктор.
6. Корпуса органів керування пневмопривода повинно мати різне забарвлення..

3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

3.2.1 Розробка схеми вимірювання

За технічними вимогами креслення необхідно контролювати відхилення від циліндричності поверхні.

Схема вимірювання деталі наведена на рис. 3.6.

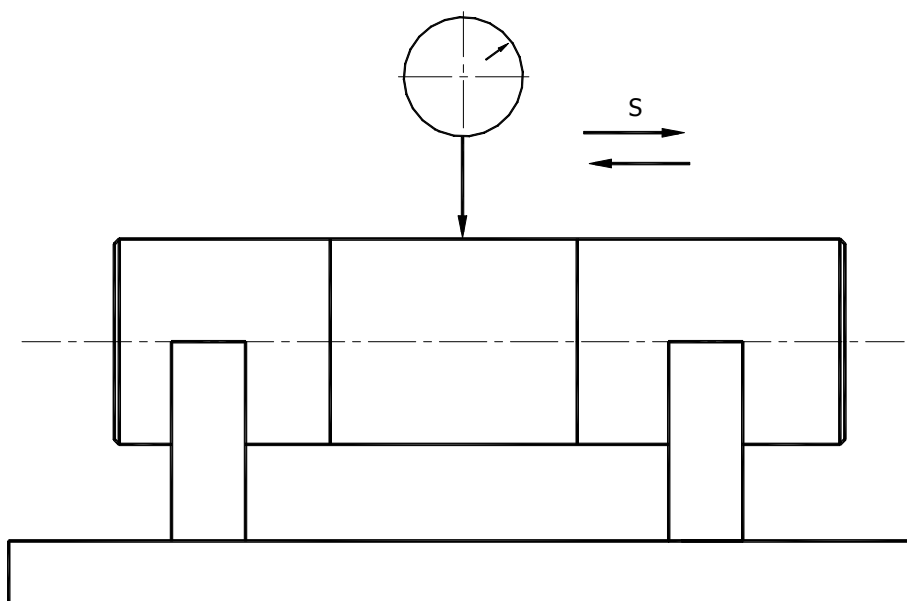


Рис. 3.6 Схема вимірювання циліндричності поверхні

На плиту кріпимо дві призми, на які кріпимо деталь. Встановлюємо індикатор на валу в верхньому положенні. Настроюємо точку дотику, контролюємо діаметр вала та встановлюємо стрілку індикатора на нуль. Обертаючи вал навколо своєї осі, здійснюємо контроль циліндричності поверхонь по відхиленню стрілки на індикаторі.

3.2.2 Розрахунок пристрою на точність

Сумарна похибка контрольно-вимірального пристрою визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{1}{k} \cdot \sqrt{(k_y \cdot \varepsilon_y)^2 + (k_n \cdot \varepsilon_n)^2 + (k_{p.c.} \cdot \varepsilon_{p.c.})^2},$$

де $\varepsilon, \varepsilon_y, \varepsilon_n, \varepsilon_{p.c.}$ - сумарна похибка вимірювання та її складові, зумовлені відповідно неточністю встановлення, налагодження та розмірного спрацювання робочих поверхонь щупів;

$k, k_y, k_n, k_{p.c.}$ - коефіцієнти відносного розсіювання відповідно для сумарної похибки та її складових.

Похибку розмірного налагодження як детерміновану (систематичну) величину можна винести з-під кореня та вилучити із сумарної похибки за допомогою внесення відповідної корекції у вимірвальну систему. Похибка розмірного спрацювання, зумовлена спрацюванням робочих поверхонь контрольно-вимірвальних щупів, є здебільшого дуже малою, оскільки зусилля притискання щупів до контрольованих поверхонь незначні, а самі робочі поверхні щупів достатньо стійкі проти спрацювання. Тому сумарну похибку контрольно-вимірального пристрою здебільшого зумовлюють похибки встановлення виробів у пристрої. Взнявши до уваги викладене та склад похибки встановлення, маємо:

$$\varepsilon = \varepsilon_y = \frac{1}{k_y} \cdot \sqrt{(k_\delta \cdot \varepsilon_\delta)^2 + (k_3 \cdot \varepsilon_3)^2 + (k_{np} \cdot \varepsilon_{np})^2}$$

де $\varepsilon_\delta, \varepsilon_3, \varepsilon_{np}$ - відповідно похибки базування, закріплення виробів у пристроях та виготовлення самих пристроїв, мм;

k_{δ} , k_z , k_{np} - коефіцієнти розсіювання перерахованих похибок.

У формулі дві останні складові похибки також можна вилучити із розрахунків, оскільки ε_{np} є величиною систематичною та може бути компенсована за допомогою еталонних мір чи спеціальних виробів під час налагодження пристрою, а похибка закріплення є дуже малою, тому що закріплення виробів у таких пристроях виконується за допомогою механізмів, що мають незначне зусилля затискання. Тому похибку контрольно-вимірювального пристрою визначаємо як похибку базування деталі у пристрої за формулою:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\delta} < \eta \cdot T,$$

де η - коефіцієнт запасу, згідно [39] $\eta = 2,5$;

T - допуск на розмір, що контролюється, згідно завдання $T = 0,043$ мм.

Похибка базування $\varepsilon_{\delta} = 0$.

Для того, щоб зробити висновок про можливість контролювання спроектованим пристроєм, необхідно, щоб виконувалась умова:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\delta} < \varepsilon_{np}^{\delta}.$$

Умова виконується:

$$0 < 2,5 \cdot 0,043,$$

$$0 < 0,1.$$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Протипожежний захист виробничих приміщень

З метою попередження пожежі на промисловому підприємстві повинні виконуватись такі протипожежні заходи:

1. Технологічне обладнання за нормальних режимів роботи повинно бути пожежобезпечним, а на випадок небезпечних несправностей та аварій необхідно передбачити захисні заходи, що обмежують масштаб та наслідки пожежі. Обладнання, призначене для використання пожежонебезпечних та вибухонебезпечних речовин і матеріалів, має відповідати конструкторській документації.

2. Технологічні процеси необхідно проводити відповідно до регламентів та іншої затвердженої в установленому порядку нормативно-технічної та експлуатаційної документації. На всі застосовувані в технологічних процесах речовини і матеріали повинні бути дані про показники їх пожежної безпеки за ДСТУ 2272:2006.

3. . Характеристики пожежної безпеки застосовуваних або вироблюваних (отримуваних) речовин та матеріалів повинні бути вивчені з обслуговуючим персоналом. Персонал зобов'язаний дотримуватися під час роботи з пожежовибухонебезпечними речовинами та матеріалами вимог маркування і попереджувальних написів, які нанесені на упаковках або наведені у вказівках щодо їх застосування.

4. Спільне застосування (якщо це не передбачено технологічним процесом), зберігання і транспортування речовин та матеріалів, котрі в результаті взаємодії одне з одним викликають займання, вибух, або утворюють горючі токсичні гази (суміші), не дозволяється.

5. У вибухонебезпечних та пожежонебезпечних приміщеннях (дільницях, майстернях, цехах тощо) та на устаткуванні, що становить небезпеку займання, необхідно вивішувати знаки, які забороняють користуватися відкритим вогнем, а

також знаки, що попереджають про обережність за наявності займистих чи вибухових речовин Власник (орендар) підприємства зобов'язаний ознайомити всіх працюючих зі значенням таких знаків.

6. Виробництво, де перебувають в обігу пожежовибухонебезпечні речовини і матеріали, повинно бути оснащене автоматичними засобами контролю параметрів, значення яких визначають пожежовибухонебезпечність процесу, сигналізацією граничних значень і системами блокувань, які перешкоджають виникненню аварійних ситуацій.

7. Не допускається виконання виробничих операцій на обладнанні установках, верстатах з несправностями, які можуть спричинити займання та пожежу, а також коли відключені контрольно-вимірювальні прилади, за якими визначаються технологічні параметри (температура, тиск, концентрації газів, парів та ін.).

8. Профілактичний огляд, планово-попереджувальний та капітальний ремонт технологічного обладнання повинні здійснюватися в терміни встановлені відповідними графіками, з урахуванням виконання заходів щодо забезпечення пожежовибухонебезпеки, передбачених проектом, технологічним регламентом, технічними умовами.

9. У разі появи підтікань масла, течу слід негайно усунути, а масло прибрати за допомогою тирси або шмаття та видалити з приміщення у спеціально відведене місце.

10. У приміщеннях, де є виділення горючого пилу, стружки, тощо підлога, стеля, стіни, конструкції та устаткування повинні періодично прибиратися. Періодичність прибирання встановлюється в інструкціях, затверджених адміністрацією підприємства. Для миття і знежирювання устаткування, виробів, кріпильних та інших деталей тощо повинні застосовуватися, як правило, негорючі миючі засоби, а також ультразвукові та інші безпечні в пожежному відношенні установки чи способи.

11. Проживання людей у виробничих будівлях, на складах та територіях підприємств забороняється.

4.1.1 Вибір елементів протипожежного захисту

З метою попередження виникнення пожежі в цеху в цеху передбачаємо пожежну сигналізацію, яка складається з:

- датчики – перетворюють неелектричні величини в електричні при появі підвищеної температури, диму тощо. Вони розміщуються в місцях, де виникнення пожежі є найбільш ймовірним;
- шлейфи – являє собою струмопровідне коло, яке з'єднує датчики із концентратором (контролюючим приладом);
- концентратор – прилад, який приймає сигнал від об'єкту що охороняється, після чого формує та передає сигнал на звуко – сигнальний пристрій;
- звуко – сигнальний пристрій – складається із звукового та світлового приладу, які сповіщають про виникнення пожежі.

Також розташовуємо на ділянці елементи, необхідні для гасіння пожеж з врахуванням усіх норм протипожежного захисту.

4.1.2 Розміщення пожежних датчиків

Для попередження персоналу про виникнення пожежі вибираємо такі датчики:

- тепловий – ИП-105 . Цей повідомлювач є датчиком багаторазової дії і являє собою колбу, у якій розміщений герметичний контакт, за зовнішній поверхні колби розміщені постійні магніти та термоприймачі. Під дією магнітного поля контакти знаходяться у замкненому стані, але у разі підвищення температури яку приймають термоприймачі, постійні магніти втрачають свої властивості і контакт розмикається. Площа дії теплового датчика до 25 м² а висота встановлення до 3,5 м;
- димовий – ИПД-3. Цей датчик реагує на оптичну щільність в приміщенні, яка значно знижується при виникненні диму. Перевагою димових датчиків є велика

зона дії 70...150 м² залежно від висоти встановлення 3...6 м. Також вони мають малу інерційність;

— ручний – являє собою кнопку, розташовану за захисним склом що запобігає випадковому ввімкненню. Але для того щоб натиснути кнопку ручного датчика доведеться розбити скло. Ручні датчики встановлюють на шляху евакуації на висоті, приблизно 1,5 м.

Отже на ділянці розташовуємо пожежні датчики таким чином:

— Теплові – в допоміжних та складських приміщеннях у кількості не менше двох, але якщо площа приміщення більша за 50 м², то додатково приймаються датчики із розрахунку 1 датчик на 25 м² приміщення. Застосовуємо 5 теплових датчики.

— Димові – рівномірно на ділянці механічної обробки, попередньо прийнявши, що зона дії димового датчика 50 м²;

Оскільки площа ділянці механічної обробки за планом складає 1080 м², то розділивши це значення на площу дії одного датчика отримаємо необхідну кількість димових датчиків:

$$N = \frac{1080}{50} \approx 20 \text{ шт.}$$

— Ручні датчики розташовуємо на шляхах евакуації на відстані 50 м один від одного, але, оскільки у нас ділянка має довжину тільки 60 м, встановлюємо по одному датчику безпосередньо біля виходів із приміщення.

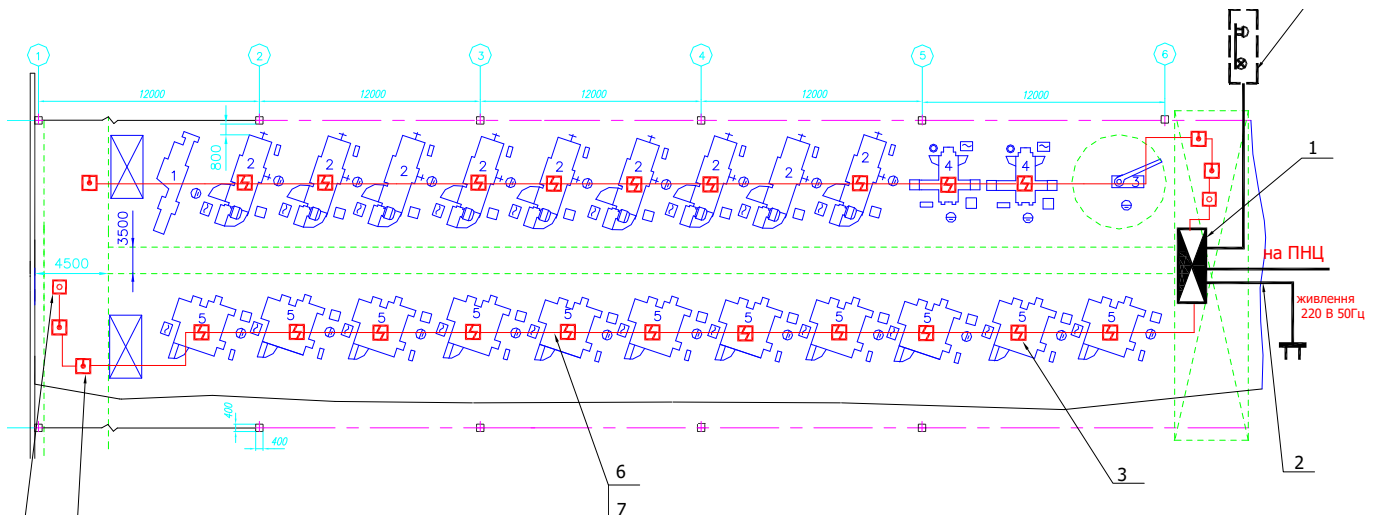


Рис. 4.1 Схема пожежної сигналізації на дільниці

4.1.3 Розробка схеми розміщення елементів для гасіння пожеж

До первинних засобів пожежогасіння відносяться вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати) та пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо).

Нормативи щодо розміщення первинних засобів пожежогасіння беремо із [43].

Бочки з водою встановлюють у виробничих, складських та інших приміщеннях, спорудах у разі відсутності внутрішнього протипожежного водогону та за наявності горючих матеріалів, а також на території об'єктів, у садибах індивідуальних жилих будинків, дачних будиночків тощо. Їх кількість у приміщеннях визначається з розрахунку установки однієї бочки на 250-300 м² захищеної площі.

Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння відповідно до ДСТУ 2272:2006.

повинні мати місткість не менше $0,2 \text{ м}^3$ і бути укомплектовані пожежним відром місткістю не менше $0,008 \text{ м}^3$.

Приймаємо 2 бочки місткістю 200 л, укомплектованих пожежними відрами місткістю 10 л.

Пожежні щити (стенди) встановлюються на території об'єкта з розрахунку один щит (стенд) на площу 5000 м^2 . Приймаємо два щита біля входів на ділянку.

До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщуються на ньому, включаємо: вогнегасники – 2 шт. (вуглекислотні місткістю 8 л.), ящик з піском – 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром $2\text{м} \times 2\text{м}$ – 1 шт., гаки – 2 шт., лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт.

Ящики для піску повинні мати місткість $0,5$, $1,0$ або $3,0 \text{ м}^3$ та бути укомплектованими совковою лопатою. Приймаємо 1м^3 .

ВИСНОВКИ

1. В дипломному проекті розроблено високопродуктивний технологічний процес виготовлення деталі «Вал 423-07.30.14» із застосуванням сучасного верстата з ЧПК фірми HAAS (США).
2. Виконано вибір заготовки, виходячи із розрахунку технологічної собівартості двох порівнюваних варіантів.
3. Для запропонованого технологічного процесу з використанням верстату з ЧПК HAAS ST-30 розроблено керуючу програму із використанням САМ програми Esprit.
4. Для забезпечення технологічного процесу спроектовано верстатний пристрій для закріплення деталі на операції фрезерування та контрольно-вимірювальний пристрій.
5. Для дільниці механічного оброблення деталі «Вал 423-07.30.14» спроектовано систему протипожежного захисту і розроблено схему сигналізації.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Маталин А.А. Технология машиностроения.-Л.: 1985.
2. Егоров М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов.-М.: Высш. шк.; 1977.-416 с.
3. Корсаков В.С. Основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 1977.- 480 с.
4. Егоров М.Е., Дементьев В.И., Дмитриев В.Л. Технология машиностроения. – М.: Высш. шк., 1976. – 534 с.
5. Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.
6. Справочник технолога – машиностроителя. Т.1,2. Под редакцией А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М., Машиностроение, 1986.
7. Справочник металлиста Т.4/ Под ред. М.Д. Новикова, Н.П.Орлова. – М.: Машиностроение, 1977.-720 с.
8. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. - М.: Машиностроение, 1969.-559 с.
9. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку и слесарно–сборочные работы по сборке машин. Массовое и крупносерийное производство. Слесарное производство. -М.:, Машиностроение, 1972.
10. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку и слесарно–сборочные работы по сборке машин. Мелкосерийное и единичное производство. Слесарное производство. -М.:, Машиностроение, 1972.
11. А.Ф. Горбачевич, Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск. “Вышэйшая школа». 1983.
12. Бабук М.А. Дипломное проектирование по технологии машиностроения. Минск., Вышэйшая школа, 1979.
13. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя. Т 1,2,3; -М.:, Машиностроение, 1979.

14. Технология машиностроения (специальная часть). А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.Н. Колесов и др. – М.: Машиностроение, 1973. – 480 с.
15. Беспалова Б.Л. и др. Технология машиностроения – М.: Машиностроение, 1973. – 448 с.
16. Тарабасов Н.Д., Учаев П.Н. Проектирование деталей и узлов машиностроительных конструкций. Справочник. - М.: Машиностроение, 1983. – 290 с.
17. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.К. точность механической обработки, заготовки и припуски в машиностроении - М.: Машиностроение, 1977. – 288 с.
18. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / Под ред. В.В. Бабука. - Минск. «Вышэйшая школа». 1987. – 256 с.
19. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов. - М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.
20. Общемашиностроительные нормативы режимов резания технического нормирования работ на металлорежущих станках. - М.: Машиностроение, 1974.
21. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места, на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Массовое производство - М.: Машиностроение, 1974. – 136 с.
22. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного времени для технического нормирования станочных работ. Серийное производство - М.: Машиностроение, 1974. – 136 с.
23. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. - М. Машиностроение, 1974.
24. Ансеров Н.А. Приспособления для металлорежущих станков. – Л.: Машиностроение, 1975. – 652 с.

25. Корсаков В.С. основы конструирования приспособлений в машиностроении. - М. Машиностроение, 1983.
26. Болотин Х.Л., Костромин Ф.П. Станочные приспособления. - М. Машиностроение, 1973. 215 с.
27. Е.П. Горошкин. Проектирование технологической оснастки. М., Машиностроение, 1969.
28. Дерябин А.Л. Программирование технологических процессов для станков с ЧПУ. - М., Машиностроение, 1984.
29. Сафраган Р.Э. Технологическая подготовка производства для применения станков с ЧПУ. – К.: Техника, 1982. – 144 с.
30. Маталин А.Д. Многооперационные станки. - М. Машиностроение, 1974. 320 с.
31. Судоплатов И.П. Обработка деталей на станках с ЧПУ. - М. Машиностроение, 1976.
32. Корсаков В.С. Автоматизация производственных процессов. - М. Высш.шк., 1978.
33. Гжиров Р.И., Серебриницкий П.П. Программирование обработки на станках с ЧПУ. - Л. Машиностроение, 1990. 558 с.
34. Каштальян И.А., Клевзович В.И. Обработка на станках с ЧПУ: Справочное пособие. - Минск. Высэйшая школа, 1989. – 271 с.
35. Обработка металлов резанием. Справочник под редакцией А.Н. Панова -М., Машиностроение, 1988.
36. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ. Справочник. -М., Машиностроение, 1990.
37. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х томах / Под ред. Вардашкина Б.Н. - М., Машиностроение, 1984.
38. Справочник инструментальщика / Под ред. И.А. Ординарцева. - Л. Машиностроение, 1987. 846 с.
39. Точность и производственный контроль в машиностроении: Справочник / Под ред. А.К. Кутая. - Л. Машиностроение, 1983. 368 с.

- 40.Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполненных на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Ч.2. Нормативы режимов резания. – М.: Экономика, 1990.
- 41.Стискин Г.М., Гаевский В.Д. Токарные станки с оперативным программным управлением. – К.: Техника, 1989.
- 42.САПР управляющих программ для оборудования с ЧПУ на основе системы «Крмпас – ЧПУ». – Хмельницкий: ТУП, 1998.
- 43.Белов С.В. и др. средства защиты в машиностроении. Расчет и проектирование. - М.: Машиностроение, 1989.
- 44.Охрана труда в машиностроении. /Под ред. Юдина Е. Я., Белова С.В. М.: Машиностроение 1983.
- 45.СНиП 2.04.05-91*У. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. - Киев, Издательство стандартов, 1996.
- 46.СНиП II-4-79. Естественное и искусственное освещение. - Киев, Издательство стандартов, 1996.
- 47.Ташліцький Н.І., Попов А.В., Лівшиц А.М. Вплив МОР на стійкість торцевих твердосплавних фрез при низькій жорсткості технологічної системи. Вісник машинобудування, №3, 1991.
- 48.ГОСТ 2.106-96. Текстовые документы - М: Издательство стандартов, 1998.
- 49.ДСТУ 3008-95. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. – К.: Держстандарт України. 1995.
- 50.В.А. Добрыднев. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Учебное пособие для техникумов по специальности «Обработка металлов резанием». М., Машиностроение. 1981.
- 51.Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник / Под ред. К.М. Великанова. - Л., Машиностроение. 1990.
- 52.Краткий справочник металлиста / Под ред. П.Н. Орлова, Е.А. Скороходова. - М., Машиностроение. 1987.
- 53.Методические указания к курсовому проектированию экономических специальностей. -Хмельницкий. ХТИ.1991.

54. Катренко Л.А., Пістун І.П. Охорона праці в галузі освіти. –Суми: Університетська книга, 2001.
55. Пістун І.П., Кіт Ю.В., Березовецький А.П. Охорона праці. Практикум. -Суми: Університетська книга, 2000.
56. Мишов В.В. Епанешников М.М. Осветительные установки. –М.: Энергия, 1972.
57. Кнорринг Г.М. Справочник для проектирования электрического освещения. – М.: Энергия, 1968.
58. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - М: Издательство стандартов, 1988.
59. Справочник проектировщика. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Под ред. И.Г. Староверова. -М: Стройиздат, 1977.
60. Участкин П.В. Вентиляция, кондиционирование воздуха и отопление на предприятиях легкой промышленности. Уч. пос. для втузов. –М.: Легкая индустрия, 1980.