ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи (проєкту)

перший (бакалаврський)
(освітньо-науковий рівень)

на тему *«Проектування технологічного процесу виготовлення вала ведучого Н17.211.05.01»*

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Виконав: студент *IV* курсу, групи *ТМ-71-9*
спеціальності:
131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми:
«Технології машинобудування»
(назва освітньої програми)

Іван ПАРФЕНЦЕВ
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник *Павло КУШНІРОВ*
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент *Віталій КОЛЕСНИК*
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Суми – 20*21* року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ *Віталій ІВАНОВ*
«____» *червня* 20*21* р.

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛА ВЕДУЧОГО Н17.211.05.01

Кваліфікаційна робота (проєкт) бакалавра

Спеціальність – *131 «Прикладна механіка»*

Освітня програма – *«Технології машинобудування»*

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Студент *Іван ПАРФЕНЦЕВ*

Керівник *Павло КУШНІРОВ*

Нормоконтроль *Юлія ДЕНИСЕНКО*

Суми – 20*21*

РЕФЕРАТ

Записка: 60 с., 13 рис., 19 табл., 4 додатки, 12 літературних джерел.

Об’єкт розробки: вал ведучий Н17.211.05.01 машини для виготовлення насоса консольний хімічний «ХМЕ».

Мета роботи: проектування технологічного процесу виготовлення вала ведучого Н17.211.05.01.

Виконаний аналіз службового призначення машини для виготовлення капсул і вала та умов їх експлуатації. За коефіцієнтом закріплення операцій визначений тип виробництва – середньосерійний, та форма його організації – групова.

Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі за якісними та кількісними показниками. Вибраний спосіб одержання заготовки – штамповка на КГШП.

Виконаний аналіз технологічного процесу виготовлення деталі, вибрані і обґрунтовані схеми базування і закріплення заготовок на двох операціях: 025 0«Токарна з ЧПК» і 060 «Вертикально-фрезерна».

Розраховані припуски і граничні розміри за технологічними переходами на дві зовнішні поверхні діаметром 42 N7.

Вибрані верстатні пристрої, різальний та вимірювальний інструменти, розраховані режими різання та норми часу на наведені операції.

Спроектований верстатний пристрій для обробки шпонкових пазів заготовок на операції 060 «Вертикально-фрезерна».

В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» визначені первинні дії, які треба надавати людині у разі її ураженні електричним струмом.

ВАЛ, ЗАГОТОВКА, БАЗУВАННЯ, ПРИПУСК, РЕЖИМ РІЗАННЯ, НОРМА ЧАСУ, ПРИСТРІЙ

ЗМІСТ

	Вступ……....	5
1	Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації……...	6
2	Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі……	11
3	Визначення типу виробництва та форми його організації…….	14
4	Аналіз технологічності конструкції деталі……..	18
5	Вибір способу отримання заготовки та розроблення технічних вимог до неї…….....	20
6	Аналіз існуючого технологічного процесу……..	25
6.1	Розрахунок припусків на механічну обробку……..	25
6.2	Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки……...	27
6.3	Обґрунтування вибору металорізальних верстатів……....	31
6.4	Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів……..	33
6.5	Розрахунок режимів різання…….	34
6.6	Технічне нормування операцій……....	38
7	Проектування верстатного пристрою……..	40
7.1	Обґрунтування побудови верстатного пристрою. Вибір системи пристрою…….	40
7.2	Уточнення мети технологічної операції……	40
7.3	Визначення кількісних і якісних даних поверхонь заготовки, яка надходить на операцію…….	41
7.4	Розроблення та обґрунтування схеми закріплення заготовки……...	43
7.5	Вибір та розрахунок механізованого приводу……	43
7.6	Розрахунок елементів конструкції пристрою на міцність…….	44
7.7	Розрахунок точності елементів конструкції пристрою……..	48
7.8	Опис конструкції та роботи пристрою……	49
	Висновки……..	57
	Список використаних джерел……...	58
	Додаток А Креслення деталі «Вал ведучий»…….....	60
	Додаток Б Розрахунок припусків на ЕОМ……..	61
	Додаток В Специфікація ТМ19510123–07–00.00……	62
	Додаток Г Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях……...	63

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ВСТУП

У сучасному машинобудуванні особливу роль відводять створенню і впровадженню нової техніки в усіх галузях, прискоренню науково-технічного прогресу країни.

Технологія машинобудування - це наука про виготовлення машин потрібної якості в установленому виробничою програмою кількості і в заданий термін при найменших витратах живої праці, тобто при найменшій собівартості.

В даний час поглиблюється розробка проблеми впливу технології на фізико-хімічний стан металу поверхневого шару оброблюваних заготовок, його дислокаційної будова, розміри кристалічних блоків і на експлуатаційні властивості і надійність деталей машин. Триває розробка проблеми технологічної спадковості і зміцнюючої технології. Розробляються методи оптимізації технологічних процесів з досягнутої похибки, продуктивності і економічності виготовлення при забезпеченні високих експлуатаційних якостей і надійності роботи машини.

Створюються системи автоматизованого управління ходом технологічного процесу з його оптимізацією за всіма основними параметрами виготовлення і потрібним експлуатаційним якостям. Розгортаються роботи зі створення гнучких автоматизованих виробничих систем на основі використання ЕОМ, автоматизації між операційного транспорту та контролю і робототехніки.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Триває вдосконалення технологічних процесів виготовлення деталей машин і збірки (особливо в напрямках створення маловідходної технології, чистової обробки і автоматизації складальних робіт). Розвиток технології машинобудування на даному етапі має «здійснювати перехід до масового застосування високоефективних систем машин і технологічних процесів, які забезпечують комплексну механізацію та автоматизацію виробництва, технічне переозброєння його основних галузей».

Надзвичайно великий зв'язок технології машинобудування з такими дисциплінами, як теорія різання, металорізальні верстати та інструменти, допуски, технічні вимірювання, матеріалознавство і термічна обробка. Розгляд технологічних питань без використання цих наук взагалі неможливий.

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Деталь призначена для насоса консольний хімічний «ХМЕ».

Деталь являє собою тіло обертання з відношенням =3

Деталь має такі габаритні розміри l=227,1 d=76,36.

Маса деталі 3,34кг.

Сталь ХВГ ГОСТ 5950-73

Характеристика

Максимальный напор 54 м. Пропускная способность 32 куб. м/час

Частота обертання 3000 об/хв. Потужність насосу 0,75.

У чавунному корпусі 8 розташовані дві однакові циліндричні прямозубі шестерні 1 і 6 (z =10), що знаходяться в зачепленні. Корпус має два оброблених фланця 18 для кріплення всмоктуючої і нагнітальної труб. З торців корпус закритий кришками 3 і 9, які фіксуються щодо нього двома штифтами 23 діаметром 8 *мм* і стягнутий шістьма шпильками 7 (М8). При складанні насоса між кришками і корпусом ставлять прокладки з кальки.

Передня кришка 9 одночасно є корпусом кулькового підшипника 14, на який спирається вал 16 ведучої шестерні 6. Двома іншими опорами вала є бронзові втулки 5, запресовані в розточки кришок. Кульковий підшипник 14 є опорно-упорним, тому його положення зафіксоване трьома стопорними кільцями. Стопорні кільця 12 не допускають зміщення підшипника по валу, а стопорне кільце 11 закріпляє підшипник в корпусі.

Вал 4 веденої шестерні 1 обертається в двох інших бронзових втулках, теж розміщених в кришках. Змазування втулкових підшипників 2 і 5 здійснюється паливом, для підведення якого на поверхні кришок зроблені виїмки, з'єднані з канавками *а* у втулках.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

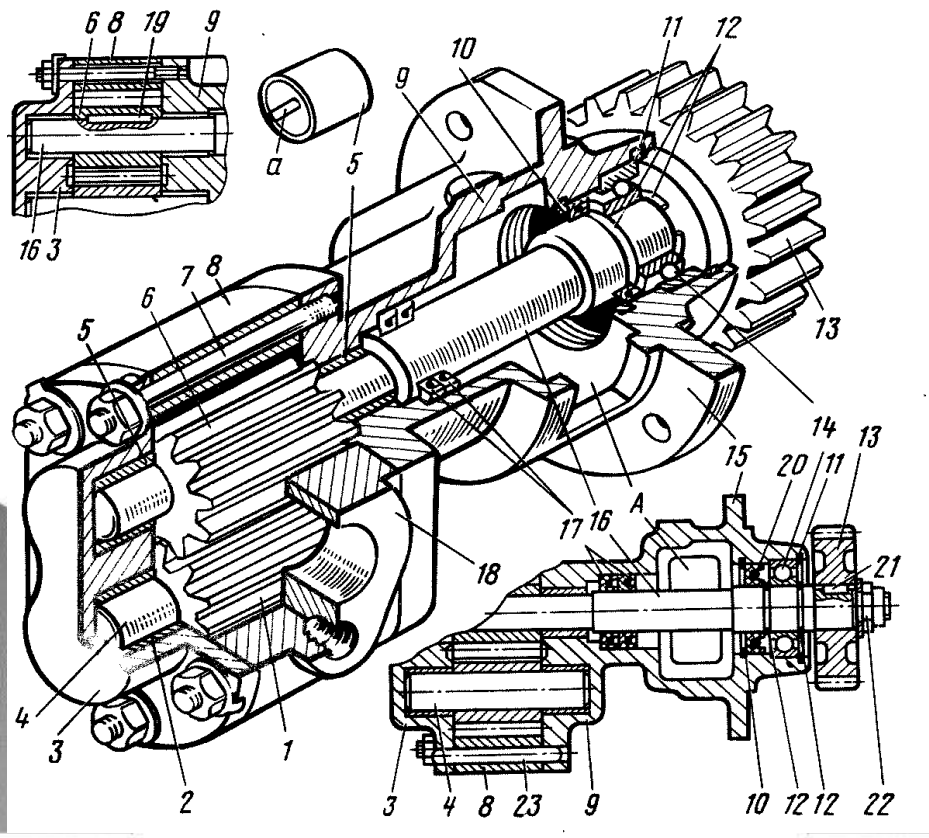

Рисунок 1.1 – Склад машини

На рисунку 1.1 позиції 1,6 – ведена і ведуча шестерні; 2, 5 – втулкові підшипники; 3,9 – задня і передня кришки; 4, 16 - ведений і ведучий вали; 7 - шпилька; 8 - корпус насоса; 10, 11, 12 - стопорні кільця; 13 - шестерня приводу; 14 - кульковий підшипник; 15, 18 - фланці; 17, 20 - сальники Гуферо; 19, 21 - шпонки; 22 - корончата гайка; 23 – штифт.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Конструкція приводу повинна гарантувати відсутність передачі осьових і радіальних зусиль на провідний вал насоса.

Для орієнтування тиску в западині щодо положення шестерні до корпусу на ведучому валу насоса був встановлений диск-лічильник у вигляді текстолітової шайби з якорем.

Ведучий вал мультиплікатора з'єднується з валом відбору потужності трактора, а ведений вал з ведучим валом насоса, що монтується на кронштейні мультиплікатора.

Привід насоса здійснюється від електродвигуна типу А-16/4 потужністю 10 кВт, який з'єднується з ведучим валом насоса еластичною муфтою. У деяких організаціях замість електродвигуна встановлюють двигун ГАЗ-МК або ГАЗ-320. Це покращує експлуатаційні показники установки і одночасно знижує небезпеку робіт, пов'язаних з використанням струму високої напруги.

Найбільш поширеними дефектами деталей масляного насоса є: знос поверхонь кришок насоса, гнізд під шестерні, провідного вала насоса, шестерень, тріщини і обломи, знос або пошкодження різьблення в отворах.

Привід гідронасосів автонавантажувача 4023 вантажопідйомністю 3,2 т.

При описі гідронасосів згадувалося, що конструкція їх приводу повинна гарантувати відсутність передачі осьових і радіальних зусиль на провідний вал насоса.

Кінематичний цикл може відповідати одному або декільком оборотам ведучого вала. Так, наприклад, провідний вал насоса з кривошипно-шатунним механізмом протягом циклу робить один оборот. У чотиритактного двигуна протягом циклу провідний вал робить два оберти. У деяких машинах один цикл відповідає і більшій кількості оборотів провідного вала.

Агрегат складається з насоса і електродвигуна. Вал електродвигуна пружною муфтою з'єднаний з ведучим валом насоса, який вбудований в планетарно-кривошипний механізм, який є одночасно регулюючим пристроєм.

Відновлення деталей мастильного насоса здійснюють механічною обробкою і зварюванням. Основними дефектами деталей насоса є: тріщини і обломи; знос робочих поверхонь кришок насоса, зубчастих коліс, гнізд під них, шийок ведучого вала насоса; ушкодження різьблення в отворах.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

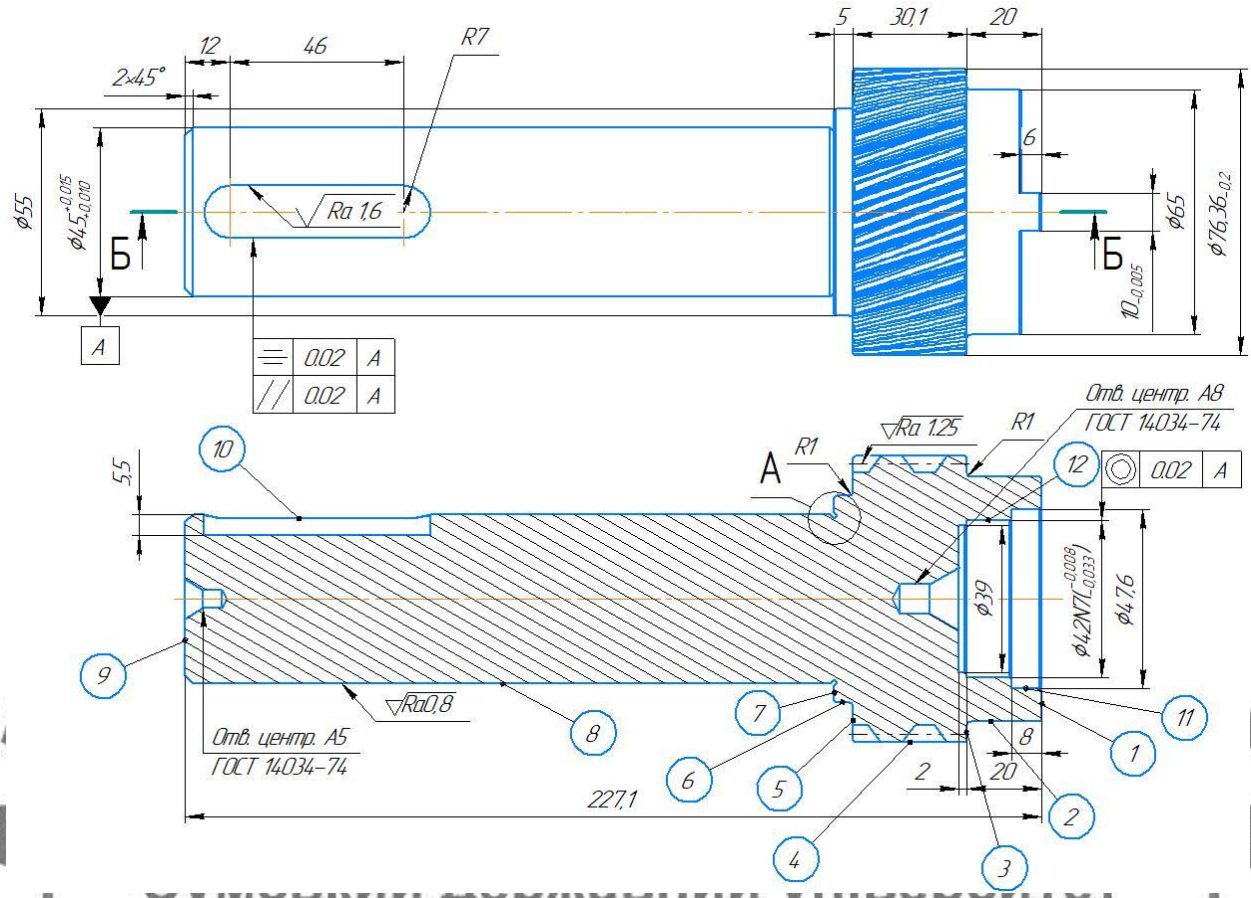

Рисунок 1.2 – Деталь насоса - Вал ведущий

Основна конструкторська база є поверхні 8 і 1. Завдяки цім поверхням деталь позбавляється ступеній вільності ті базується в зборці. Схема зв'язків та ступень відповідності переміщенням наведені в таблицях 1.1 та 1.2.

Виконавчі розміри 4, 10 з їх допомогою деталь виконує своє службове значення.

Поверхні 12 є допоміжними конструкторськими базами (ДКБ).

Інші поверхні 2, 3, 5, 6, 7, 9, 11 незазначені фаски, деякі елементи конструкції, центрових отворів, галтелей, є поверхнями вільними. Ці поверхні не приймають участі при виготовленні деталі на стадії механічної обробки і при роботі деталі в машині. Наведені поверхні потрібні для визначення контуру деталі, виходу (перебігу) інструменту при обробки на окремих операціях технологічного процесу, усунення задирок в місцях з'єднання циліндричних та торцевих поверхонь, базування деталі на токарних і шліфувальних операціях.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Таблиця 1.1 – Таблиця відповідності

Зв’язок	Ступені вільності	Найменування бази
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	Подвійна напрямна база (ПНБ). явна
5	I	Опорна база (ОБ), явна
6	IV	ОБ (Вакансія)

Таблиця 1.2 – Матриця зв’язків

X, Y, Z / l, α	X	Y	Z	Найменування бази
l	1	1	0	ПНБ
α	1	1	0	
l	0	0	1	ОБ
α	0	0	0	
l	0	0	0	
α	0	0	0	
Всього	2	2	1	5 зв’язків

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Виходячи із умов експлуатації пластини у виробі, конструктор призначив матеріалом сталь ХВГ ГОСТ 1050−88 (див. табл. 2.1) [3].

Матеріал деталі - сталь легована ХВГ ГОСТ 5970-73.

Замінники - 9ХС, ХГ, 9ХВГ, ХВСГ, ШХ15СГ.

Призначення стали ХВГ - вимірювальний і ріжучий інструмент, для якого підвищений жолоблення при загартуванню неприпустимо, різьбові калібри, протяжки, довгі мітчики, довгі розгортки і інший вид спеціального інструменту, холодновисадочниє матриці і пуансони, технологічне оснащення.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі ХВГ ГОСТ 1050−88, у відсотках

C	Si	Mn	Cr	Ni	P	Mo	Cu	S	Fe
				Не більше					
0,90-1,05	0,1–0,4	0,8–1,1	0,9-1,2	0,35	0,03				~94

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Основні механічні властивості сталі ХВГ наведені в таблиці 2.2 [3].

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі ХВГ ГОСТ 1050−88

$\sigma_в$, МПа	$\sigma_т$, МПа	δ_5, %	ψ, %	$a_н$, Дж/см^2	НВ (не більше)	
Не менше					гарячекатаної	відпаленої
610	360	16	40	50	241	197

Методи одержання заготовок

Заготовку з сталі ХВГ виготовляють такими методами: прокат, штамповка, ковка. Основним методом для цієї деталі являється отримання заготовки методом штамповки - це спосіб отримання заготовки або готових виробів під тиском за

допомогою штампів (металевих форм), обриси яких відповідають конфігурації виробів, що виготовляються, цей метод допомагає отримати заготовку з мінімальною кількістю металу для обробки.

Простановка розмірів

Аналіз проставлення лінійних розмірів деталі визначив, що конструктор на кресленні проставив лінійні розміри за трьома методами: ланцюговим, координатним, змішаним. Наприклад, розміри 227,1 мм, 8 мм, 20 мм, 12 мм, проставлені координатним методом від однієї торцевої поверхні (діаметр 65). Розміри 6 мм, 46 мм і 5 мм, 30,1 мм, 20мм проставлені ланцюговим методом. Розміри 17 мм, 16 мм, 37 мм проставлені змішаним методом.

Допуски форми й взаємного розташування :

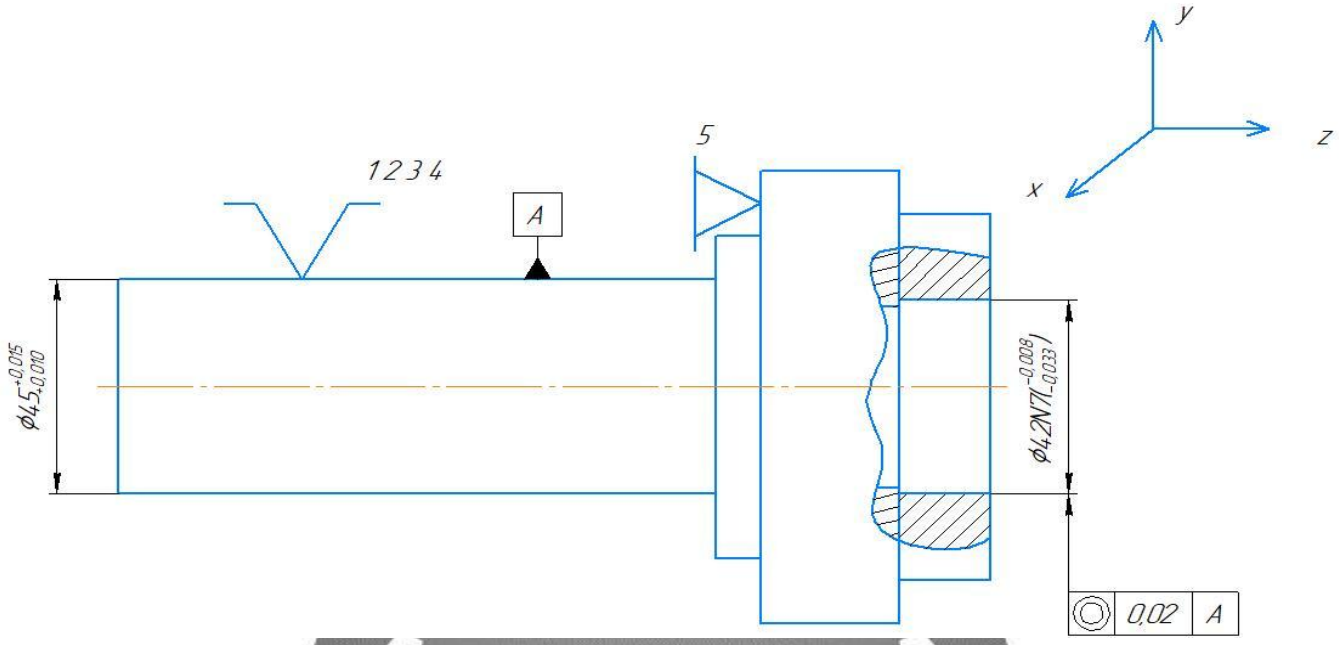

Рисунок 2.1 – Допуск співвісності D42 N7 внутрішнього діаметру відносно бази А d45 становить 0,02мм;

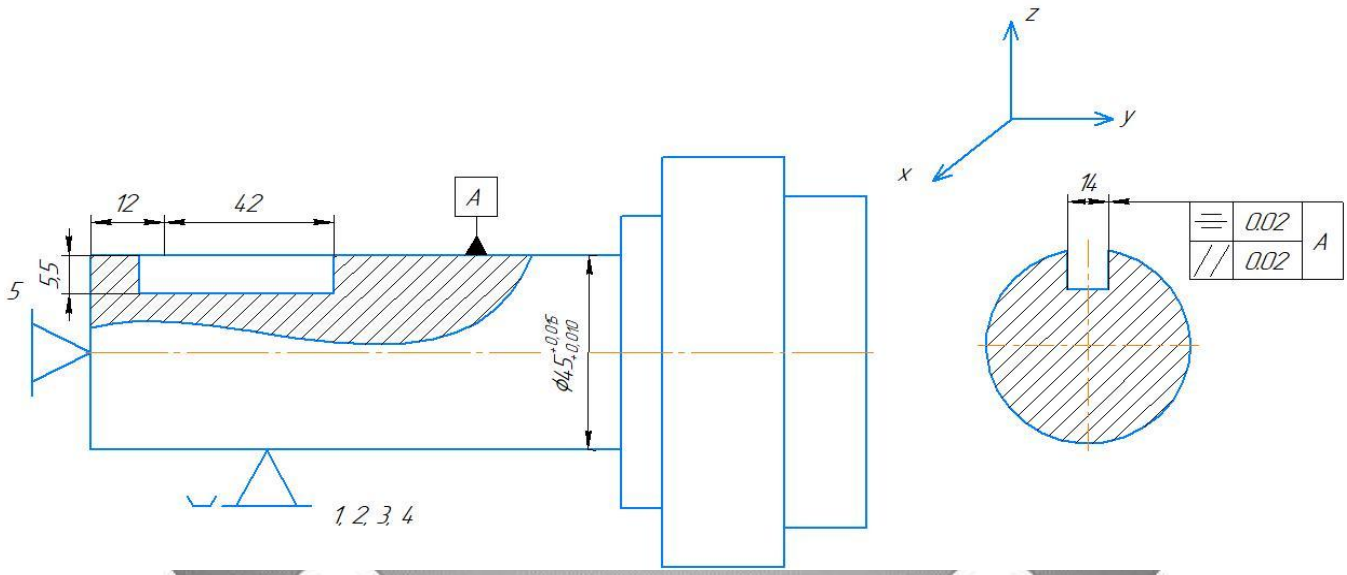

Рисунок 2.2 – Допуск симетричності бокових поверхонь пазу l14 відносно бази А d45 становить 0,02мм та допуск паралельності бокових поверхонь пазу l14 відносно бази А d45 становить 0,02 мм.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій $К_{зо}$ [5]. Вихідними даними для розрахунку коефіцієнта є існуючий технологічний процес виготовлення пластини і норми штучно-калькуляційного часу $Т_{ш-к}$ за всіма операціями. Вихідні та розраховані дані наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Номер операції	Найменування операції	$Т_{ш-к}$, хв.	m_p	P	$\eta_{з.ср.}$	О
025	Токарна з ЧПК	2,1	0,0217	1	0,0217	36,86
030	Токарна з ЧПК	3,2	0,0330	1	0,0330	24,24
035	Токарна з ЧПК	4,7	0,0486	1	0,0486	16,46
045	Горизонтально-фрезерна	4,1	0,0424	1	0,0424	18,87
060	Вертикально-фрезерна	7,2	0,0744	1	0,0744	10,75
070	Зубофрезерна	9,4	0,0972	1	0,0972	8,23
095	Кругло шліфувальна	8,3	0,0858	1	0,0858	9,32
Всього		39,0	–	7	–	124,73

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Визначення типу виробництва.

Кількість верстатів по операціям визначається за формулою [1]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_д \cdot \eta_{з.н.ср.}},$$

де $N = 2000$ шт – річна програма виготовлення виробів;

$F_д = 4029$ год – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_{з.н.ср.} = 0{,}8$ – середнє значення нормованого коефіцієнта завантаження обладнання (на цьому етапі тип виробництва ще не визначений).

Приймаємо цілу кількість робочих місць P та округляємо їх до найближчого цілого значення $m_{\text{р}}$.

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця

$$\eta_{\text{з.ф.}} = \frac{m_p}{P}.$$

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці

$$O = \frac{\eta_{\text{з.н.ср.}}}{\eta_{\text{з.ф.}}}.$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 3.1, де визначені сумарні показники $T_{\text{ш-к}}$; P; O.

Коефіцієнт закріплення операцій визначається за формулою:

$$\text{К}_{\text{з.о.}} = \frac{\sum \text{O}}{\sum \text{P}} = \frac{124{,}73}{7} = 17{,}8.$$

Згідно ГОСТ 14.004–83, якщо $10 < \text{К}_{\text{зо}} = 17{,}8 \leq 20$, то це відповідає середньосерійному виробництву [5].

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Визначення форми організації виробництва.

Такт виробництва τ (в хвилинах) визначається за формулою:

$$\tau = \frac{60 \cdot F_{\text{д}}}{N} = \frac{60 \cdot 4029}{2000} \cong 121 \text{ хв},$$

де $F_{\text{д}} = 4029$ год – дійсний фонд часу за плановий період.

Випуск $N_{\text{д}}$ деталей за добу:

$$N_{\text{д}} = \frac{N}{254} = \frac{2000}{254} \approx 8 \text{ шт},$$

де 254 – кількість робочих днів за рік.

Продуктивність Q потокової стрічки за сутки при її завантаженні на 60%:

$$Q = \frac{F_{\text{сут}} \cdot 0{,}6}{\text{T}_{\text{ср}}} = \frac{952 \cdot 0{,}6}{5{,}57} = 102{,}55 \text{ шт},$$

де $F_{\text{сут}}$ – фонд часу роботи обладнання у дві зміни.

$$F_{\text{сут}} = \frac{F_{\text{д}} \cdot 60}{254} = \frac{4029 \cdot 60}{254} = 952 \text{ хв},$$

де $\mathrm{T_{ср}} = \frac{\sum \mathrm{T_{ш-к}}}{n_{\mathrm{р}}} = \frac{46{,}739{,}0}{5} = 5{,}57$ хв – середня трудомісткість основних механічних операцій;

$n_p = 7$ – кількість основних механічних операцій технологічного процесу.

Якщо $N_{\text{д}} = 8$ шт $< Q = 102$ шт, то застосування одно номенклатурної стрічки є недоцільним, тому приймаємо групову форму організації виробництва. Вироби запускаються у виробництво із визначеною періодичністю, що є ознакою серійного виробництва.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску можна визначити спрощеним способом:

$$N_{\text{п}} = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{2000 \cdot 12}{254} = 95 \text{ шт},$$

де $a = 12$ днів – періодичність запуска деталей у виробництво.

Розмір партії корегуємо за рахунок кількості змін C на обробку всієї партії:

$$C = \frac{T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{п}}}{F_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}} = \frac{5{,}54 \cdot 95}{476 \cdot 0{,}8} = 1{,}38,$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

де $F_{\text{см}} = \frac{F_{\text{сут}}}{m} = \frac{952}{2} = 476$ хв – фонд часу роботи обладнання за одну зміну;

$m = 2$ – кількість змін;

$\eta_{\text{з.н.}} = 0{,}8$ – нормований коефіцієнт завантаження верстатів у серійному виробництві.

Кількість змін округляємо до найближчого значення $C_{\text{п}} = 3$. Тоді кількість деталей в партії :

$$N_{\text{п}} = \frac{F_{\text{см}} \cdot C_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{476 \cdot 3 \cdot 0{,}8}{5{,}54} = 206{,}2 \text{ шт.}$$

N=207 шт.

У середньосерійному виробництві основною формою організації виробництва згідно ГОСТ 14.004–83 [5] є групова форма. Робочі місця на підприємствах певною мірою спеціалізовані – закріплені за кожним із декількох операцій для виготовлення деталей, обробка яких ведеться партіями.

Використовується універсальне, спеціалізоване і частково спеціальне обладнання. Широко застосовуються верстати з ЧПК, оброблювальні центри, гнучкі автоматизовані системи на основі верстатів з ЧПК, пов'язаних транспортуючими пристроями, керованими від ЕОМ. Устаткування розташовано за технологічними групами із урахуванням напрямку основних вантажних потоків цеху. Застосовується універсально-збірне, періодично налагоджувальне технологічне оснащення. Основний типаж різального інструменту – універсальний і спеціальний. Вимірювальний інструмент – калібри, спеціальний вимірювальний інструмент.

Вихідними заготовками застосовують гарячий та холодний прокат, лиття в земляні форми, лиття під тиском, точне лиття, поковки і точні штамповки.

Технологічна документація та нормування докладно розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок і спрощеного нормування для простих заготовок. Одночасно має місце застосування укрупненої документації.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

У середньосерійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, тобто розчленований на окремі операції, які закріплені за окремими визначеними верстатами. Середня кваліфікація основних робочих вище, ніж у масовому виробництві, але нижче, ніж в одиничному виробництві. Розряди робочих знаходяться в межах 3–5 розрядів.

Середньосерійне виробництво значно економніше, ніж одиничне виробництво, тому що краще використовується технологічне устаткування, спеціалізація робочих місць. Все це збільшує продуктивність праці і зменшує собівартість виготовленої продукції.

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Форма поверхонь деталі не має складних рельєфів і не передбачає труднощів при виготовленні заготовки. Деталь є геометричною фігурою складених із циліндричних, площинних поверхонь, що дозволяє застосувати відомі методи обробки (точіння, свердління, шліфування, зубонарізання) та реалізувати прості схеми базування і закріплення [5].

Аналіз конструктивних особливостей східчастих поверхонь валу передбачає застосування на токарних операціях точіння різцями. Конструкція деталі повинна мати достатню жорсткість, яка б компенсувала деформації її поверхонь від сил різання при обробки. Конструкція валу має східчасті поверхні різних діаметрів, розташованих на великій довжині деталі (дивись креслення деталі).

Паз на кресленні виконано «глухим», тобто він фрезерується не «напрохід». Це є нетехнологічним.

За рекомендаціями робіт [3, 5, 12] вали в середньосерійному виробництві раціонально оброблювати на токарних верстатах з ЧПК.

Креслення шпонкового пазу доповнене технічними вимогами їх симетричного та паралельного розташування відносно базових поверхонь деталі, що забезпечить потрібне з’єднання пластини, шпонки та приєднаних деталей при складанні.

За рекомендаціями робіт [3, 6] шорсткість поверхонь діаметрів 45js6 становить R_a = 0,8 мкм.

Ця вимога конструктора є правильною і передбачає забезпечити з’єднання підшипників із шийками валу пресовою посадкою.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

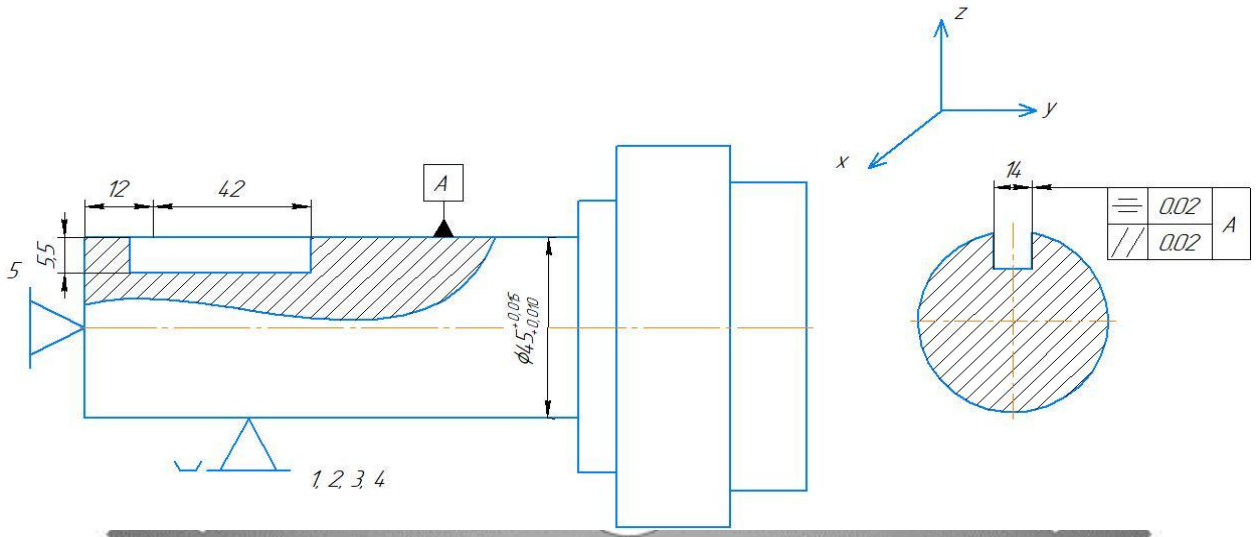

Рисунок 4.1 – Запропонована вимога для виготовлення шпонкового пазу 14JS7

Таким чином, за якісними показниками деталь є технологічною, допускає застосування відомих методів обробки і роботу на верстатах із високопродуктивними режимами різання.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Вихідними даними для виготовлення заготовки є річна програма випуску деталей N = 2000 штук; матеріал деталі – сталь ХВГ ГОСТ 1050–88; тип виробництва – середньосерійний.

На підприємстві заготовка пластини виготовляється із круглого прокату діаметром 85(+0,4;-1,0) мм і довжиною 8000 мм. Заготовка із наведеними розмірами є груповою заготовкою, яка потім розрізається на окремі (штучні) заготовки (див. рис. 4.1).

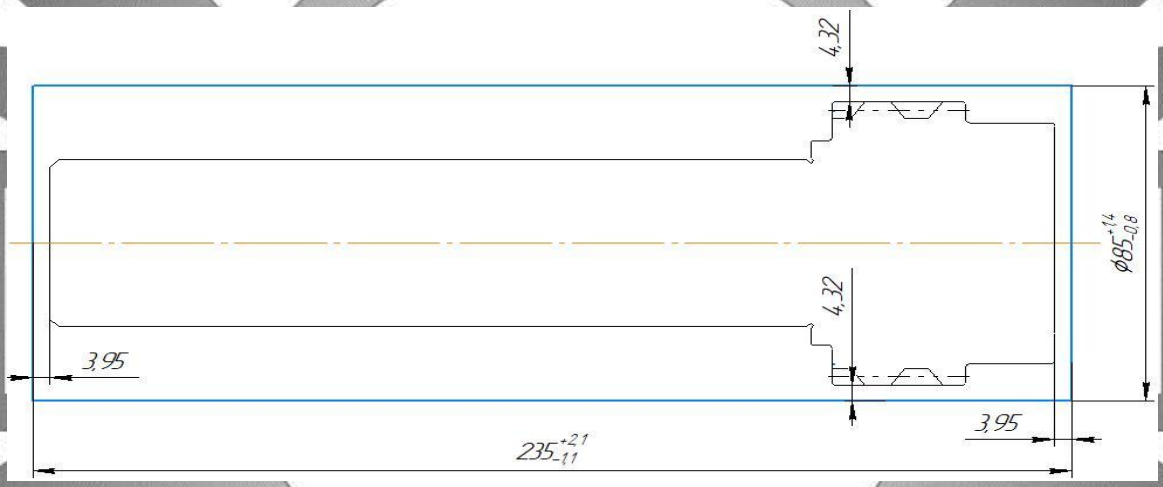

Рисунок 5.1 – Заготовка, яка виготовлена із круглого прокату

Визначимо вартість $S_п$ заготовки із круглого прокату за формулою [5]:

$$S_п = M + \Sigma C_o,$$

де M – витрати матеріалу заготовки, грн.;

C_o – витрати на розрізання прутків для отримання штучних заготовок, грн.

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} = 10{,}5 \cdot 120 - (10{,}5 - 3{,}34) \cdot \frac{280}{1000} \cong 1258 \text{ грн},$$

де $Q = 10{,}47$ кг – маса заготовки із прокату;

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L \cdot J = \frac{3{,}14 \cdot 8{,}5^2}{4} \cdot 23{,}5 \cdot 7{,}9 = 10{,}5 \text{ кг};$$

$D = 80$ мм – діаметр прутка;

$L = 625$ мм – довжина окремої заготовки із прутка;

$J = 7{,}9$ г/см^3 – питома щільність матеріалу.

$S = 120$ грн – ціна одного кілограма матеріалу заготовки;

$q = 3{,}34$ кг – маса деталі (за кресленням);

$S_{отх} = 280$ грн – ціна однієї тони відходів.

$$C_o = \frac{C_{пз} \cdot T_{шт}}{60 \cdot 100} = \frac{121 \cdot 1{,}9}{60 \cdot 100} = 0{,}0383 \text{ грн},$$

де $C_{пз} = 121$ коп/г – наведені витрати за один час роботи обладнання [5, с.30].

Якщо відрізання заготовок виконується на кругло-відрізному півавтоматі моделі 8А631 дисковими пилами, то основний час визначиться за формулою:

$$T_o = \frac{L_р \cdot i}{S_м} = \frac{90 \cdot 1}{82{,}74} = 1{,}1 \text{ хв},$$

де $L_р = L_0 + L_{вр} + L_{пер} = 80 + 5 + 5 = 90$ мм – довжина заготовки, врізання і перебіг різального інструменту при відрізанні заготовок діаметром 80 мм;

$i = 1$ – кількість рухів інструменту;

$S_м = S_z \cdot Z \cdot n_{фр} = 0{,}05 \cdot 84 \cdot 19{,}7 = 82{,}74$ мм/хв – хвилинна подача стола верстата;

$S_z = 0{,}05$ мм/зуб –подача на один зуб фрези (для фрези $D_{фр} = 350$ мм; $Z = 84$ зубця; $B = 5{,}0$ мм згідно ГОСТ 2679–73) [6].

$T_{шт}$ – штучний час операції, де розрізаються прутки на окремі заготовки, хв.

$$T_{шт} = T_о + T_д + T_{об} + T_{пер} = 1{,}1 + 0{,}69 + 0{,}11 = 1{,}9 \text{ хв},$$

де $T_д = 1{,}85 \cdot (0{,}069 + 0{,}034 + 0{,}04 + 0{,}23) = 0{,}69$ хв – додатковий час [5];

$T_{об} + T_{пер} = 6\% \cdot T_{оп} = 6\% \cdot (T_о + T_д) = 0{,}06 \cdot (1{,}1 + 0{,}69) = 0{,}11$ хв – час обслуговування робочого місця і час відпочинку [5].

$$S_п = 1258 + 0{,}0383 \approx 1258 \text{ грн}.$$

В технологічному процесі який проектується, заготовку пропонується виготовляти штампуванням на ГКМ (нагрівання заготовок – індукційним способом).

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Визначимо вартість заготовки $S_ш$, яка отримана гарячим штампуванням на ГКМ [5, с.31]:

$$S_ш = \left(\frac{S}{1000} \cdot Q_п \cdot K_т \cdot K_с \cdot K_в \cdot K_м \cdot K_п\right) - (Q_п - q) \cdot \frac{S_{від}}{1000},$$

де $Q_п = 5{,}334$кг – маса заготовки отриманої пресуванням;

$K_т = 1{,}0$ – коефіцієнт, що залежить від класу точності штамповки;

$K_с = 0{,}87$ – коефіцієнт, що враховує групу складності штамповки;

$K_в = 1{,}14$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$K_м = 1{,}13$ – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

$K_п = 1{,}0$ – коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва.

$$S_ш = \left(\frac{120000}{1000} \cdot 5{,}334 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}87 \cdot 1{,}14 \cdot 1{,}13 \cdot 1{,}0\right) - (5{,}334 - 3{,}34) \cdot \frac{280}{1000} = 761 \text{ грн.}$$

Порівняємо два способи виготовлення заготовок – із прокату та заготовку виготовленою штампуванням на ГКМ:

$$S_п = 1258 \text{ грн} > S_ш = 761 \text{ грн.}$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,

Годова економія одного методу в порівняні з іншим методом:

$$E = (1257 - 761) * 2000 = 2\,480\,000 \text{ грн.}$$

Приймаємо заготовку, яка одержана штампуванням на ГКМ.

Призначення табличних значень припусків та допусків на поверхні заготовки, яка одержана способом штампування, згідно ГОСТ 26645–85.

1. Основне обладнання – ГКМ, клас точності Т4 [7, т. 19].

2. Визначимо масу штампованої заготовки $m_ш$ [7, т. 20]:

$$m_ш = q \cdot K_р = 3{,}34 \cdot 1{,}6 = 5{,}334$$

де $K_р = 1{,}6$ – коефіцієнт.

3. Установлюємо клас точності – Т4 [7, т. 19].

4. Визначаємо групу сталі – М1 [7, т. 1].

5. Визначаємо ступінь складності поковки С [7, додаток 2]:

$$C = \frac{m_ш}{m_ф} = \frac{5{,}334}{8{,}6} = 0{,}88,$$

де $m_ф = V_ф \cdot j \cdot 1{,}05 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L \cdot j \cdot 1{,}05 = \frac{3{,}14 \cdot 7{,}636^2}{4} \cdot 22{,}71 \cdot 7{,}9 \cdot 1{,}05 = 8{,}6$ кг;

$j = 7{,}9$ г/см^3 – щільність матеріалу;

$D = 76{,}36$ мм; $L = 227{,}1$ мм – найбільші розміри деталі за кресленням;

$1{,}05$ – коефіцієнт збільшення розмірів поковки.

Якщо $C = 0{,}62 < 0{,}63$, то ступень складності $C2$.

6. Визначаємо конфігурацію поверхні рознімання штампа [7, т. 1] – П (площинна).

7. Визначаємо вихідний індекс ВІ = 12 [7, т. 2].

8. Визначаємо основні табличні припуски на механічну обробку (на сторону) і напуски [7, т. 3]:

1,7 - діаметр 76,36 і шорсткість поверхні Ra = 1,6 мкм

1,7 - діаметр 45 і шорсткість поверхні Ra = 1,6 мкм

2,0 - довжина 227,1 і шорсткість поверхні Ra = 3,2 мкм

1,6 - довжина 30,1 і шорсткість поверхні Ra = 3,2 мкм +

1,6 - довжина 20 і шорсткість поверхні Ra = 3,2 мкм +

1,6 - довжина 5 і шорсткість поверхні Ra = 3,2 мкм +

= 1,7 довжина 55,1 і шорсткість поверхні Ra = 3,2 мкм.

Додаткові припуски, що враховують:

- зміщення по поверхні роз'єму штампа - 0,3 мм (с.14,таблиця 4);

- зігнутість, відхилення від площинності і прямолінійності - 0,5 мм (с.14,таблиця 5).

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Таблиця 5.1 – Розрахунок припусків і розмірів заготовки

Розмір деталі	*Основний припуск на сторону*	*Додатковий припуск на сторону*	*Розрахунковий розмір заготовки*	*Допуск і бокові відшилення*	*Прийняті розміри заготовки*
ø76,36	*1,7*	*0,3; 0,5*	*81,36*	$2{,}2^{+1{,}4}_{-0{,}8}$	$81^{+1{,}4}_{-0{,}8}$
ø45	*1,7*	*0,3; 0,5*	*50*	$2{,}2^{+1{,}4}_{-0{,}8}$	$50^{+1{,}4}_{-0{,}8}$
227,1	*2,0*	*0,3; 0,5*	*233,4*	$3{,}2^{+2{,}1}_{-1{,}1}$	$233^{+1{,}8}_{-1{,}0}$
55	*1,7*	*0,3; 0,5*	*61,1*	$2{,}2^{+1{,}4}_{-0{,}8}$	$61^{+1{,}4}_{-0{,}8}$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВИМ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Для одного з точних діаметральних розмірів деталі ∅42N7 проведемо розрахунки припусків розрахунково-аналітичним методом проф. В.М. Кована за допомогою програми "Pripusk".

Для розрахунків використаємо вихідні дані:

– маршрут обробки заданої поверхні:

1) заготовка: поковка штампована,
2) чорнове розточування (IT 12, Ra 6,3),
3) напівчистове розточування (IT 9, Ra 3,2),
4) чистове розточування (IT 7, Ra 1,6);

– необхідні параметри поверхні (для класу точності Т4 за таблицями програми для ЕОМ "Pripusk" такі: Rz = 200 мкм, Т = 250 мкм; після першого розточування маємо шорсткість Rz = 40 мкм, дефектний шар маємо Т = 50 мкм; після другого розточування маємо Rz = 20 мкм, дефектний шар 20 мкм; після чистового розточування маємо шорсткість 5 мкм, дефектний шар 5 мкм.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

За допомогою підказок програми "Pripusk" вибираємо необхідні параметри поверхонь з кількома механічними обробками.

Відхилення розташування штамповки визначимо по формулі (6.1):

$$\rho_o = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2}, мкм \qquad (6.1)$$

де $\rho_{кор}$- це величина коробління у мкм;

$$\rho_{кор} = l \times \Delta, \text{ мкм} \qquad (6.2)$$

де Δ – це питома кривизна заготовки у мкм/мм; Δ =1,0 мкм/мм;

l – це довжина вала, мм;

l =227 мм.

$$\rho_{кор}=1{,}0\times227=227 \text{ (мкм)};$$

$\rho_{зм}$ - це величина зміщення заготовки на поверхнях штампу, мкм;

згідно з таблицею-підказкою, $\rho_{зм}$ = 500 мкм

$$\rho_o = \sqrt{227^2 + 500^2} = 549(мкм)$$

Тоді маємо:

Значення просторових відхилень для решти механічних операцій обробки визначимо по формулі:

$$\rho_i = k_y \times \rho_o, мкм \qquad (6.3)$$

де k_y – це коефіцієнт з уточнення.

Для чорнового точіння k_y = 0,06;

напівчистого точіння k_y =0,05;

чистового точіння k_y =0,04.

Після виконання переходів значення остаточних похибок розміщень заготовки визначемо по формулі:

$\rho_{чорн.точ}$ = 0,06 ×549=32,94 мкм;

$\rho_{напівчист.точ.}$ = 0,05 ×549=27,45 мкм;

$\rho_{чист.точ.}$ = 0,04 ×865=21,96 мкм;

Визначимо похибку установлення заготовки по формулі:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_з^2}, мкм \qquad (6.4)$$

де $\varepsilon_{баз}$ – це похибка базування, мкм;

$\varepsilon_{закр}$ – це похибка закріплення, мкм.

Якщо витримується принцип суміщення технологічної з вимірювальною баз, то похибка базування дорівнює нулю: $\varepsilon_{баз}$=0.

Роздрук результата розрахунку на ЕОМ – див. додаток Б.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

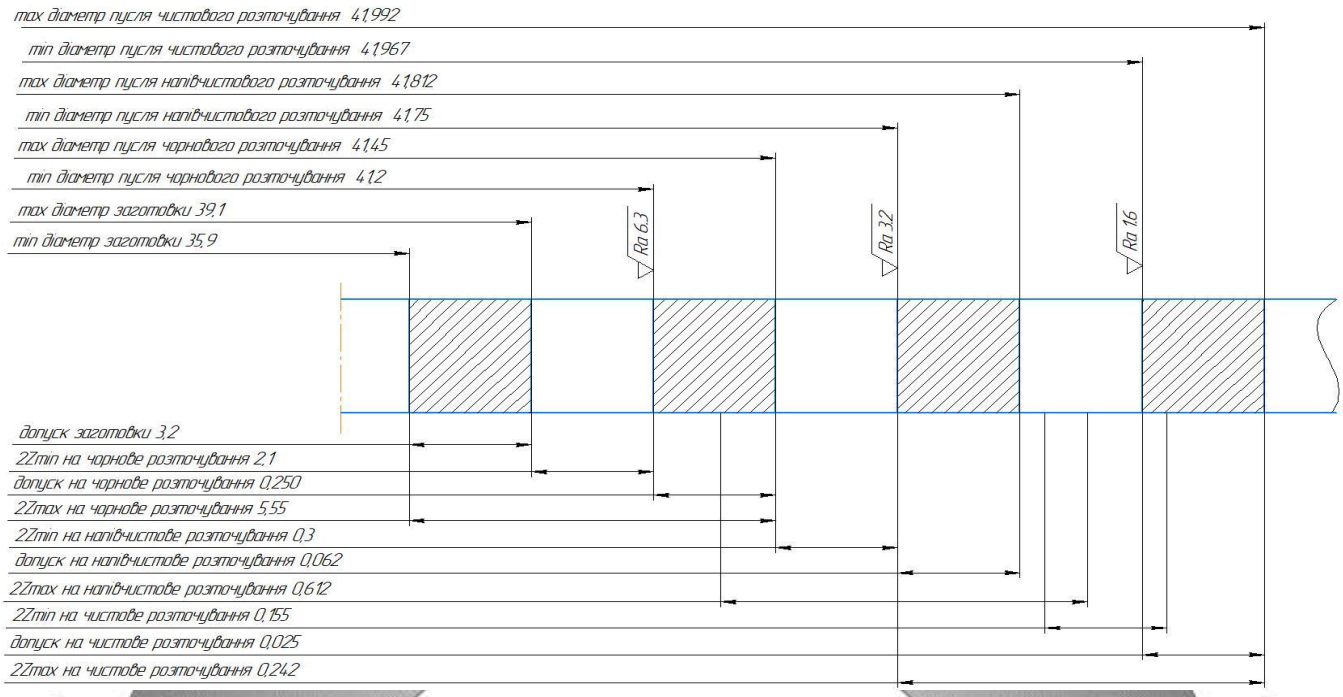

Рисунок 6.1 – Схема розташування припусків

та допусків на ∅42N7

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.

Операція 025 «Токарна з ЧПК». Верстат модели TL-1. Схеми за варіантами №1 базування і закріплення заготовки наведені на рисунках 5.1.

На операції оброблюються діаметри 65,(0;-0,74) мм, 76,36(0;-0,019) мм, витримуються лінійні розміри 30,1(0;-0,62) мм та 20(0;-0,52) мм. Потім заготовка переустановлюється.

За схемою заготовка установлюється в шпиндель з упором в торець отворами на центра верстата.

Точність лінійних розмірів $T_{30,1} = 0{,}62$ мм, $T_{20} = 0{,}52$ мм забезпечується точністю налагоджувального розміру інструмента на оброблювальний розмір. Схеми зв’язків відповідності та матриці зв’язків наведені у таблицях 5.1 та 5.2.

В цілому деталь лишена п'яти ступені вільності, має дві технологічні бази:

– подвійна направляюча, діаметр 50, позбавляє чотири ступені вільності: переміщення та обертання по X та Z:

– опорна, лівий торець діаметр 60, позбавляє одну степінь вільності переміщення по Z.

Таблиця 6.1 – Таблиця відповідності

Зв’язок	Ступень вільності	База
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	ОБ
6	Вакансія	–

Таблиця 6.2 – Матриця зв’язків

X, Y, Z / l, α	X	Y	Z	База
l	1	1	0	ПНБ
α	1	1	0	
l	0	0	1	ОБ
α	0	0	0	
l	0	0		–
α	0	0	0	
Всього	2	2	1	5-ь зв’язків

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

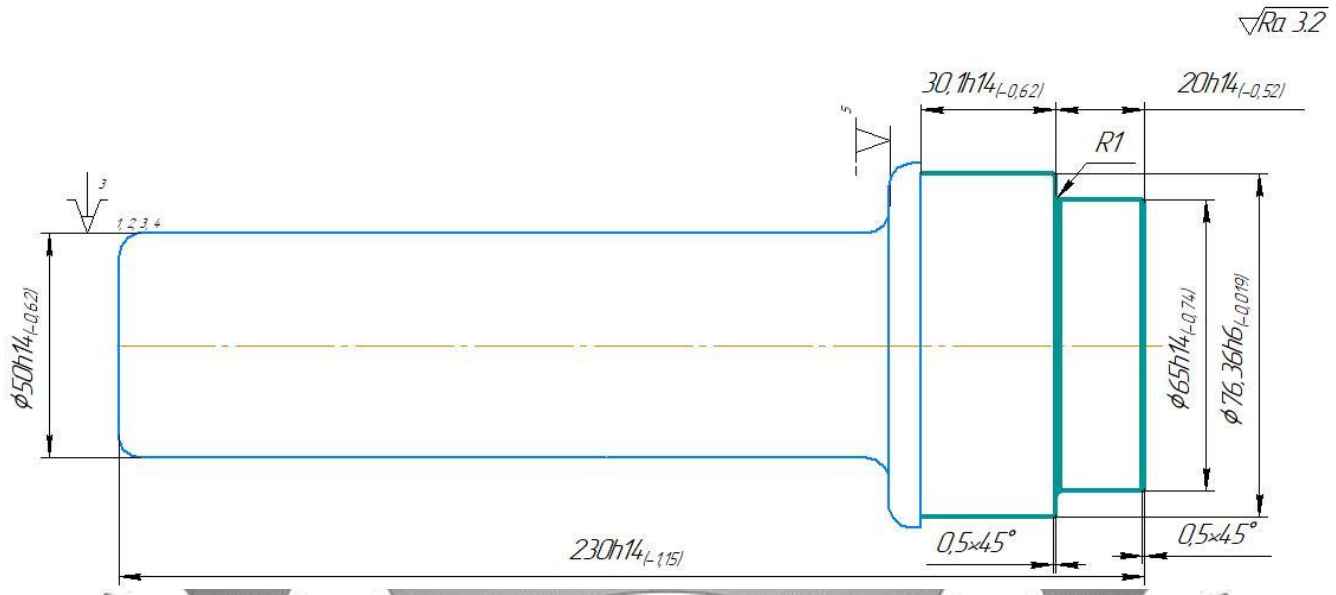

Рисунок 6.1 – Ескізи обробки заготовки на операції 25

Операція 060 «Вертикально-фрезерна». Верстат моделі 6Д92. Схема базування і закріплення заготовки наведена на рисунку 6.4.

На операції оброблюються: шпонковий паз розмірами 14*H9*(+0,052; 0) мм. Точність ширини всіх пазів забезпечуються діаметром інструменту (фрезами відповідних розмірів). Точність довжин пазів забезпечується точністю налагоджування інструментів на розмір.

Також призми забезпечать технічні вимоги паралельності і симетричності розташування пазів відносно інших поверхонь заготовки. Наведені технічні вимоги будуть забезпечені у спеціально розробленому пристрої (дивись розділ 7 пояснювальної записки).

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування
верстатів та інструментів

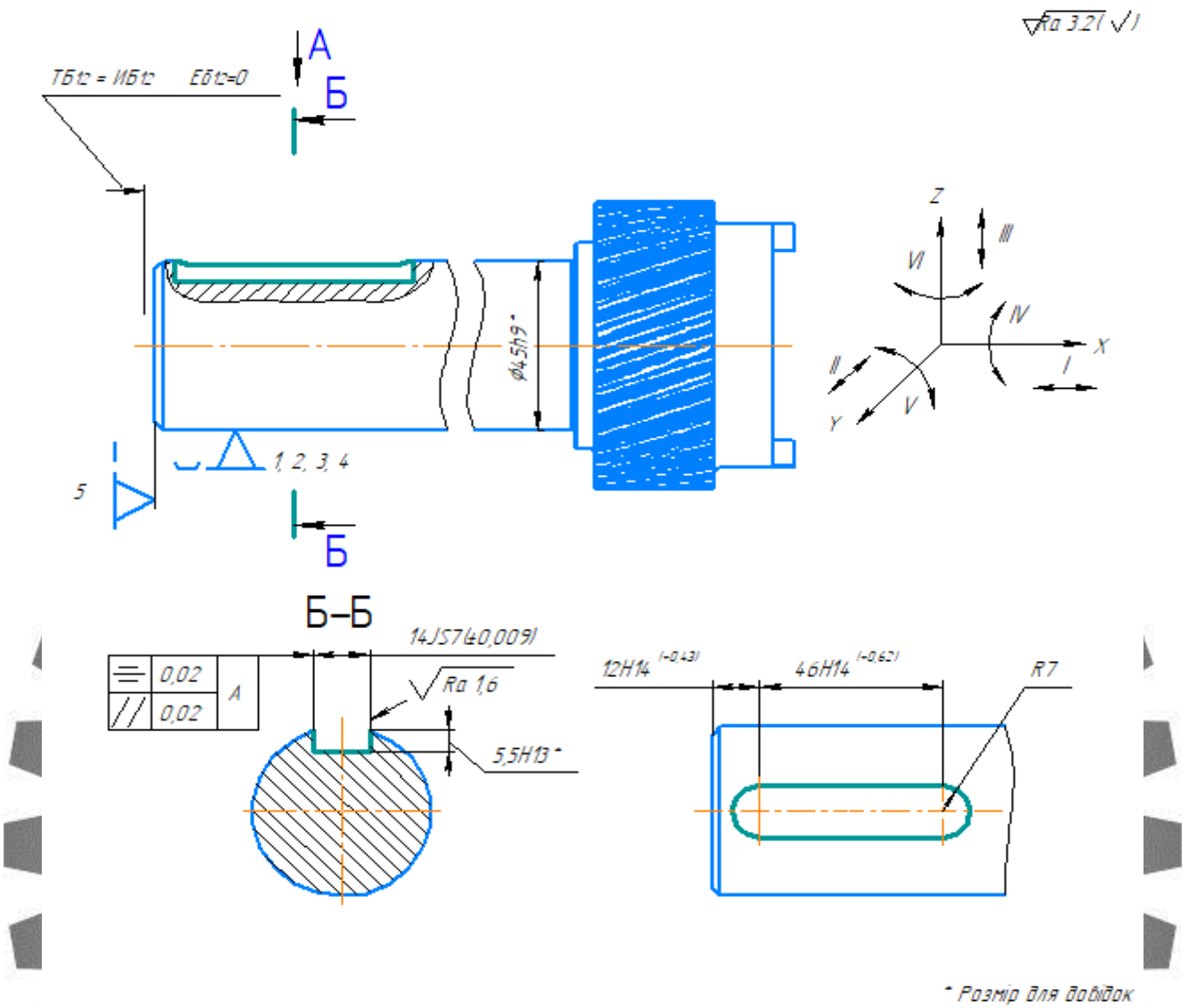

Рисунок 6.4 – Ескіз заготовки на операції 060

Аналіз схеми базування заготовки з точки зору забезпечення точності операційних розмірів.

Схема базування не впливає на точність розміру 14 JS7 мм. Точність цього розміру перш за все визначається геометричною точністю ріжучого інструменту (діаметром шпонкової фрези).

Точність довжини пазу 46 мм залежить від точності позиціювання робочих органів верстата. Схема базування не вплине на довжину паза.

Для розміру 12 мм похибка базування дорівнюватиме нулю так як технологічна та вимірювальна бази в цьому випадку співпадають (лівий торець заготовки). Схеми базування і зв’язків наведені в таблицях 6.6 і 6.7.

Таблиця 6.6 – Таблиця відповідності

Зв’язок	Ступінь свободи	База
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	ОБ
6	IV – Вакансія	–

Таблиця 6.7 – Матриця зв’язків

X, Y, Z / l, α	X	Y	Z	База
l	1	1	0	ПНБ
α	1	1	0	
l	0	0	1	ОБ
α	0	0	0	
l	0	0	0	–
α	0	0	0	
Всього	2	2	1	5-ь зв’язків

Під час установки заготовки на призму має місце похибку базування на глибину пазу 5,5мм, величину якої можна розрахувати за формолою [СТМ1]:

$$Є=0,5TD(\frac{1}{\sin\alpha}+1)$$

$$Є=0,5*0.2*(\frac{1}{\sin45}+1)=0,067$$

де TD=0,062мм - допуск на ∅45,4 поверхні

α = 45 - половина кута призми.

Похибку базування на глибину пазу 5,5мм дорівнює 0,067мм. Таким чином виконуються умова: Є = 0,067мм T = 0,2, що є прийнятним з точки зору забезпечення точності поверхні. Так, як всі допуски не перевищують норму на операційний розмір це є прийнятним для обраної схеми базування.

6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстату.

Токарна обробка заготовок на підприємстві виконується на верстаті моделі TL-1. Технічна характеристика верстата моделі TL-1 наведена в таблиці 6.8.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Таблиця 6.8 - Технічні характиристики верстата TL-1

Параметри	Чисельні дані
Модель верстата	TL-1
Найбільший діаметр обробленої заготовки, мм: над передньою захисною стінкою над супортом	 508 279
Найбільший діаметр прутка, що проходить через отвір шпинделю, мм	58
Найбільша довжина обробленої заготовки, мм	762
Частота обертання шпинделю, об/хв	0-3000
Кількість швидкостей шпинделю	18
Подача супорта, мм/хв: - повздовжня - поперечна	 11.4 м / хв 11.4 м / хв
Кількість ступенів подач (регулювання без сходинок)	б/с
Потужність електричного двигуна головного привода, кВт	7,5

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Для обробки шпонкового пазу пропонується вертикально-фрезерний верстат моделі 6Д92. Конструкція стола та шпинделя верстата має підвищену жорсткість, що забезпечить точність розмірів заготовки при їх виготовленні на різних режимах різання. Точність «виходу» стола верстата із заготовкою в потрібну точку координатної системи «шпиндель-стіл» становить ±0,01 мм. Наведені дані верстата забезпечать технічні вимоги креслення вала. Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 6.9.

Таблиця 6.9 - Технічні характеристики верстата 6Д92

Параметри	Чисельні дані
Модель верстата	6Д92
Переміщення по осям - X - Y - Z	 508 406 394
Максимальний обертаючий момент, Нм	62
Найбільша довжина обробленої заготовки, мм	62
Частота обертання шпинделю, об/хв	0-10000
Прискорене переміщення, м/хв: - X - Y - Z	 61 61 61
Потужність електричного двигуна головного привода, кВт	7,5

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

6.4 Обґрунтування вибору верстатного пристрою, металорізального та вимірювального інструментів.

Операція 025 «Токарна з ЧПК».

Різальний інструмент:

РИ1: Різець прохідний SCLCR 1616 H09

Різець токарний з механічним кріплення, гвинт через отвір твердосплавними ромбічної пластини з ріжучої кромкою 12,9мм та кутом нахилу в плані 95°, задній кут нахилу 0°, лівий, для позитивної ромбічної вставки 80°, перетин Н*В=25*25мм, довжина 100 мм.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-ІІ-630-0,1 ГОСТ 169–89; зразки шорсткості ГОСТ 9378–93 (для сталі).

Операція 030 «Вертикально-фрезерна».

Для обробки чотирьох пазів треба розробити спеціальний пристрій з метою точного базування, швидкого закріплення та розкріплення заготовки, з використанням пневматичного силового приводу. Проектування верстатного приводу наведено у розділі 7 пояснювальної записки.

Для обробки шпонкового.

Різальний інструмент:

РИ1:Кінцева фреза 2Р-ТЕ90-214-13-05-L110

Кінцеві фрези під кутом 90 ° зі вставками 2РКТ з високими позитивними спіральними ріжучими крайками. Матеріал ріжучої частини Р6М5 ГОСТ 17026-71. Довжина державки 110мм.

Для вимірювання пазів використовуються: калібр–пробки Ø14*JS*7 ПР/НЕ, штангенциркуль ШЦ–II–250–0,1 ГОСТ 166–89; зразки шорсткості ГОСТ 9378–75.

6.5 Розрахунки режимів різання.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Операція 025 «Токарна з ЧПК».

Вихідні дані. Обробка виконується на верстаті моделі TL-1, потужність верстата $N_в$ = 7,5 кВт. Обробляється зовнішня циліндрична поверхня діаметром 85(+1,6;-0,9) мм до діаметру 76,36(0;-0,019) мм, на довжину 230 мм. Шорсткість поверхні R_a = 6,3 *мкм*.

1 Глибина різання t, мм [9, с. 265]:

$$t = \frac{85 - 76{,}36}{2} = 4{,}32 \text{ мм.}$$

Приймаємо *t* = 2,5 *мм*, кількість ходів *i*=2.

2 Подача *S*, мм/об [9, т. 11, с. 266]:

$$S = 0{,}4 - 0{,}5 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо *S* = 0,45 мм/об (за паспортними даними верстата повздовжня та поперечна подачі змінюються без східчасто).

3 Швидкість різання *V*, м/хв [9, с. 265]:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{420 \cdot 0{,}4}{60^{0{,}2} \cdot 2{,}5^{0{,}15} \cdot 0{,}45^{0{,}35}} = 71 \text{ м/хв,}$$

де C_v = 350, x = 0,15; y = 0,35; m = 0,2 [9, т.17, с.269–270]; T = 60 хв [9, с. 268].

$$K_v = K_{\text{м}v} \cdot K_{\text{п}v} \cdot K_{\text{і}v} = K_{\text{г}} \left(\frac{750}{\sigma_{\text{в}}}\right)^{n_v} \cdot K_{\text{п}v} \cdot K_{\text{і}v} = 1\left(\frac{750}{610}\right)^{1} \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}4 \approx 0{,}4,$$

де $K_г$=1; n_v = 1 [9, т. 2, с. 262]; K_{nv}=0,8 [9, т. 5, с. 263]; K_{iv}=0,65 [9, т. 5, с. 263]; $\sigma_в$=610 МПа (див. табл. 2.2).

4 Визначаємо частоту обертання заготовки n, об/хв:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 71}{3{,}14 \cdot 76{,}36} = 296 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_п$ = 300 об/хв, тоді

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi D n_{\text{п}}}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 76{,}36 \cdot 300}{1000} = 72 \text{ м/хв.}$$

5 Визначаємо потужність різання N_e, кВт [9, с. 271]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_{\text{ф}}}{1020 \cdot 60} = \frac{1623 \cdot 72}{1020 \cdot 60} = 1{,}9 \text{ кВт.}$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Порівняємо N_e= 1,9 кВт < $N = N_в \cdot \eta$ = 7,5·0,8 = 6 кВт – режим різання буде реалізований.

6 Визначаємо основний T_0 (хв) час переходу:

$$T_0 = \frac{L_{\text{р}} \cdot i}{S \cdot n_{\text{п}}} = \frac{31{,}6 \cdot 2}{0{,}45 \cdot 300} = 0{,}47 \text{ хв,}$$

де $L_p = l_д + l_{вр} + l_{пер}$ = 30,1 + 1,5 + 0 = 31,6 мм – розрахункова довжина;

$l_д$ = 30,1 мм – довжина обробленої поверхні;

$l_{вр}$ = 1,5 мм – величина врізання інструменту;

$l_{пер}$ = 0 – величина перебігу інструменту;

i= 2 – кількість ходів інструменту.

На інші технологічні переходи операції режими різання визначалися табличним методом (див. табл. 5.7).

$$T_0 = 1{,}1$$

Операція 060 «Вертикально-фрезерна».

Обробка виконується на фрезерному верстаті моделі 6Д92, потужність верстата N = 7 кВт. На *першому* переході фрезерується шпонковий паз шириною 14*JS*7(+0,009; 0) мм, довжиною 46±0,435 мм, глибиною 5,9 мм. Різальний інструмент: фреза шпонкова діаметром D = 14*e*8; *L* = 107 мм; *l* = 22 мм; кількість зубців Z = 2; тип 2 із конічним хвостовиком згідно ГОСТ 9140–78, матеріал фрези Р6М5 ГОСТ 19265–73. Обробка паза виконується за один хід інструменту.

1 Глибина різання t = 5,5 мм; ширина фрезерування B = 14 мм.

2 Подача на зуб при врізанні на глибину шпонкового пазу $S_z = 0{,}25$ мм/зуб. [7, т. 38, с. 286].

3 Період стійкості шпонкової фрези *T* = 80 хв [7, т. 40, с. 290].

4 Швидкість різання V визначається за формулою [7, с. 282]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} = \frac{12 \cdot 20^{0.3} \cdot 0{,}96}{80^{0{,}26} \cdot 5{,}9^{0{,}3} \cdot 0{,}25^{0{,}25} \cdot 14^0 \cdot 2^0} \approx 12{,}5 \text{ м/хв},$$

де $C_v = 12$; $q = 0{,}3$; $x = 0{,}3$; $y = 0{,}25$; $u = 0$; $p = 0$; $m = 0{,}26$ – показники степені [7, т. 39, с. 286–290];

$K_v = 0{,}96 -$ загальний поправний коефіцієнт для швидкості різання залежно від фактичних умов різання [7, с. 282].

$$K_v = K_{\text{м}v} \cdot K_{\text{п}v} \cdot K_{\text{и}v} = 1{,}2 \cdot 0{,}8 \cdot 1 = 0{,}96,$$

де $K_{\text{п}v} = 0{,}8 -$ коефіцієнт враховує стан поверхні заготовки [7, т. 5, с. 263];

$K_{\text{і}v} = 1{,}0 -$ коефіцієнт враховує матеріалу інструменту [7, т. 6, с. 263];

$K_{\text{м}v} = K_{\text{г}} \cdot (750/\sigma_{\text{в}})^n = 1 \cdot (750/760)^{0{,}9} = 1{,}027 -$ коефіцієнт враховує фізико-механічні властивості матеріалу заготовки.

5 Частота обертання фрези n, об/хв.:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 12{,}5}{3{,}14 \cdot 14} = 284 \text{ об/хв}.$$

Корегуємо оберти фрези за паспортними даними верстата і приймаємо $n_{\text{п}} = 200$ об/хв. Тоді фактична швидкість різання визначиться:

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi D n_{\text{п}}}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 14 \cdot 300}{1000} = 13{,}2 \text{ м/хв}.$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

6 Визначимо хвилинну подачу стола верстата:

$$S_{\text{м}} = S_z \cdot n_{\text{п}} \cdot Z = 0{,}25 \cdot 284 \cdot 2 = 12{,}8 \text{ мм/хв.}$$

За паспортом верстата приймаємо подачу $S_{\text{м}} = 15$ мм/хв.

Тоді подача на зуб фрези визначиться за формулою:

$$S_z = S_{\text{м}}/n_{\text{п}} \cdot Z = 15/284 \cdot 2 = 0{,}105 \text{ мм/зуб.}$$

7 Сила різання P_z визначається за формулою [7, с. 282]:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{\text{м}p}}{D^q \cdot n^w} =$$

$$= \frac{10 \cdot 68{,}2 \cdot 5{,}9^{0{,}86} \cdot 0{,}105^{0{,}72} \cdot 14^{1{,}0} \cdot 2 \cdot 0{,}94}{14^{0{,}86} \cdot 284^0} = 1685 \text{ (Н)},$$

де $C_p = 68{,}2$; $x = 0{,}86$; $y = 0{,}72$; $u = 1{,}0$; $q = 0{,}86$; $w = 0$ [7, т. 41, с. 291].

Коефіцієнт $K_{\text{м}p}$ визначиться за формулою [7, т. 9, с.264]:

$$K_{\text{м}p} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750}\right)^n = \left(\frac{610}{750}\right)^{0{,}3} = 0{,}94.$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Визначаємо складові сили різання P_z:

$$P_h = P_z(0{,}3 - 0{,}4) = 0{,}4 \cdot 1685 = 674 \text{ Н};$$

$$P_v = P_z(0{,}85 - 0{,}95) = 0{,}95 \cdot 1685 = 1600 \text{ Н};$$

$$P_y = P_z(0{,}3 - 0{,}4) = 0{,}4 \cdot 1685 = 674 \text{ Н};$$

$$P_x = P_z(0{,}5 - 0{,}55) = 0{,}55 \cdot 1685 = 926 \text{ Н}.$$

8 Потужність різання визначиться за формулою [7, с. 290]:

$$N_{\text{р}} = \frac{P_z \cdot V_{\text{ф}}}{1020 \cdot 60} = \frac{1685 \cdot 13{,}2}{1020 \cdot 60} \approx 0{,}36 \text{ кВт}.$$

Потужність на шпинделі верстата $N_{\text{шп}}$ визначиться за формулою:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 7 \cdot 0{,}8 = 5{,}6 \text{ кВт},$$

де $\eta = 0{,}8$ – ККД верстата;

$N_{\text{дв}} = 7$ кВт – потужність двигуна верстата.

Якщо $N_{\text{р}} < N_{\text{шп}}$ (0,36кВт $< 5{,}5$ кВт), то обробка можлива.

9 Основний час першого переходу визначиться за формулою:

$$\text{Т}_{01} = \frac{L \cdot i}{S_{\text{м}}} = \frac{105 \cdot 1}{15} = 7 \text{ хв},$$

де L – довжина обробки, мм; $L = l + l_{вр} + l_{пер} = 42 + 0 + 0 = 42$ мм; $l = 42$ мм – довжина обробленої поверхні за кресленням; $l_{вр} = 0$ мм –величина врізання інструменту; $l_{пер} = 0$ – величина перебігу інструменту; $i = 1$ – кількість рухів інструменту.

6.6 Технічне нормування операції.

Операція 025 «Токарна з ЧПК».

Штучно-калькуляційний час $Т_{ш-к}$ на операцію [5] визначиться за формулою:

$$Т_{ш-к} = \frac{Т_{п-з}}{N_п} + Т_0 + Т_д + Т_{об} + Т_{від},$$

де $Т_{п-з} = 14$ хв – підготовче-заключний час, який складається із налагодження верстата, інструменту, пристрою – 6 хв.; отримання інструменту і пристрою до початку роботи і повернення її після оброблення – 8 хв. [5, т. 6.3, с. 215–216];

$N_п = 236$ шт – партія запуску заготовок у виробництво;

$Т_0 = 2{,}98$ хв – основний час операції.

Допоміжний час $Т_д$ дорівню:

$$Т_д = 1{,}1 \text{ хв},$$

Визначимо загальний час на обслуговування робочого місця і час відпочинку, що становить П = 7% від оперативного часу $Т_{оп}$ [5, т. 6.1, с. 214–215], тоді

$$Т_{об} + Т_{від} = 1{,}45 \text{хв}.$$

$$Т_{ш-к} = 25 \text{ хв}.$$

Операція 060 «Вертикально-фрезерна».

Норма штучно-калькуляційного часу $Т_{ш-к}$ операції визначається за формулою:

$$Т_{ш-к} = \frac{Т_{п-з}}{N_п} + Т_о + Т_д + Т_{обс} + Т_{від},$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

де $T_{п-з} = 22$ хв – підготовчо-завершальний час. Час складається із налагодження верстата і установлення пристрою із закріпленням його чотирма болтами – 16 хв; установлення фрези – 1 хв; одержання інструментів і пристрою до початку роботи та їх віддання після обробки партії заготовок – 5 хв;

$$T_{п-з} = 16 + 1 + 5 = 22 хв;$$

$N_п = 236$ шт – партія запуску заготовок у виробництво;

$T_0 = 17$ хв – основний час операції;

$T_д = 1{,}4$ хв – допоміжний час. Час складається із установлення, зняття, закріплення і відкріплення заготовки – 0,16 хв; керування верстатом (увімкнути – вимкнути верстат, підведення інструменту до заготовки, перемістити стіл) – 0,24 хв; вимірювання пазу однієї заготовки – 0,36 хв; поправного коефіцієнту для додаткового часу у середньосерійному виробництві – 1,85.

$$T_д = 1{,}85(0{,}16 + 0{,}24 + 0{,}36) \cong 1{,}4 \text{ хв.}$$

$T_{об} + T_{від}$ – час обслуговування робочого місця і відпочинку.

Цей час визначається як 7% від оперативного часу і визначається за формулою:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

$$T_{оп} = T_о + T_д = 4{,}3 + 1{,}4 = 5{,}7 \text{ хв.}$$

Тоді сумарний час обслуговування робочого місця і відпочинку становить:

$$T_{об} + T_{від} = 5{,}7 \cdot 0{,}07 \cong 0{,}5 хв.$$

Норма штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к}$ операції визначиться:

$$T_{ш-к} = \frac{22}{236} + 17 + 1{,}4 + 1{,}3 \approx 7{,}2 \text{ хв.}$$

7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

7.1 Обґрунтування необхідності створення пристрою, вибір системи пристрою

На фрезерній операції виконується фрезерування шпонкового пазу у деталі «Вал ведучий». Так, як дана деталь є однією з відповідальних складових ГПА, тому для неї ставляться високі вимоги щодо точності розмірів, форми та розташування поверхонь.

Для полегшення трудомісткості виконання даної операції рекомендую замість ручного затиску використовувати пневматичний.

Застосування пневмокамери має певний ряд переваг:

– збільшення продуктивності роботи;
– зменшення допоміжного часу;
– зменшення трудомісткості роботи;
– швидкість дії та простота в управлінні;
– забезпечення необхідних зусиль затиску;
– зменшення розряду працівника;
– збільшення стабільності параметрів по точності виконання операції.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

7.2 Уточнення мети технологічної операції

7.2.1 Визначення кількісних і якісних результатів виконання операції

Точність розмірів

На даній операції формується шпонковий паз, його довжина складає 45мм, ширина пазу дорівнює 14мм і глибина 5,5мм. Положення шпонкового пазу відностно лівого торця складає 12мм.

Ширина шпонкового пазу визначається номінальним розміром - 14мм, точність розміру - IT 7 поле допуску JS.

T_{14JS7}= 0,018мм

ES = +0,009мм

EI=-0,009мм

7.2.2 Точність форми

Точність форми бокових поверхонь характеризується допуском площинності. Допуск площинності для данної поверхні на кресленні не вказаний, тому допуск площинності розраховується, як 30% від допуску на ширину пазу

$$T = T_{14JS7} * 0,3 = 0,018 * 0,3 = 0,0054 мм.$$

Згідно таблиці форми допуску найближче значення 0,005 мм, що відповідає 7 степіню точності.

7.2.3 Точність розташування

Точність взаємного розміщення характерицується допуском паралельності. Допуск паралельності для даної поверхні вказаний, тому допуск паралельності дорівнює 0,02мм.

Згідно таблиці допусків взаємного розміщення найближче значення 0,02 відповідає 9 степіні точності.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

7.2.4. Шорсткість

Шорсткість бокової поверхні пазу задана за кресленням і становить 1,6мкм за критерієм Ra, що відповідає 4 класу точності.

7.3. Визначення кількісних і якісних відомостей про заготовку, котра надходить на операцію

На початковому етапі розроблення схеми базування проводимо аналіз точності поверхонь, що претендують на роль базових.

Аналіз креслення деталі дозволив запропонувати ряд поверхонь, що можуть бути використанні як технологічні бази.

Це поверхня торця ⌀45,4h9 . Використання цих поверхонь як технологічних баз дозволить виконати принципи суміщення та постійності баз.

7.3.1 Точність розмірів

Діаметри базових поверхонь 45,4h9(0; –0,062) мм, номінальний розмір – 45,4 мм; квалітет – 9-й, поле допуску – h, величина допуску Т45,4h9 = 0,062 мм, верхнє відхилення поля допуску ES = 0, нижнє відхилення поля допуску EI = –0,062 мкм.

7.3.2. Точність форми

Похибка форми діаметру ∅45,4h9 характеризується відхиленням від круглості та циліндричності. Оскільки допуск циліндричності та круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він може бути встановлений у межах допуску на розмір:

$$T_{\varnothing 45,4} = 0,3*62 = 18,6 \text{ мкм}$$

Беремо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

$$T_{\varnothing 45,4} = 20 \text{ мкм},$$

що відповідає 7 ступеню точності [1, с. 110].

7.3.3. Точність розташування

Розглянемо можливі похибки по радіальному биттю: діаметра ∅45,4h9 та торця ∅45,4h14

Для отвору ∅45,4 h9:

$$T_{\varnothing 45,4} = 0,6*62 = 37,2 \text{ мкм},$$

відповідного до стандартного ряду:

$$T_{\varnothing 45,4} = 40 \text{ мкм},$$

що відповідає 9 ступеню точності.

Для торця ∅45,4h14:

$$T_{\varnothing 45,4} = 0,6*620 = 372 \text{ мкм},$$

відповідного до стандартного ряду:

$$T_{\varnothing 45,4} = 400 \text{ мкм},$$

що відповідає 14 ступеню точності.

7.3.4. Шорсткість

Шорсткість циліндричних базових поверхонь $R_a = 1,6$ мкм. Шорсткість базової торцевої поверхні Ø45,4h14 становить Ra = 3,2 мкм.

В пристрої, який проектується, будуть оброблятися заготовки із базовими поверхнями тільки наведеної точності розмірів, форми і шорсткістю.

7.4. Визначення умов, в яких буде виготовлятися та експлуатуватися проектований пристрій

Річна програма випуску задана в 5000 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості відповідає дрібносерійному типу виробництва. Можна стверджувати, що пристрій будуть використовувати з досить великою інтенсивністю. В цілому, за період виготовлення деталі "Вал ведучий" (1 рік) пристрій повинен здійснити 5000 робочих циклів.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Заготовка буде оброблюватися на верстаті із ЧПК моделі 6Д92.

Основні параметри верстата:

- частота обертання шпинделя – 10000 об/хв;
- максимальний обертаючий момент – 339Нм;
- максимальна осьова сила різання: P = 9000 Н;
- потужність електродвигуна – 22,4 кВт;

7.5. Складання переліку функцій, які реалізовуються

0 Переміщення і попередня орієнтація заготовки;

1 Базування заготовки;

2 Закріплення заготовки;

3 Базування пристрою на верстаті;

4 Закріплення пристрою на верстаті;

5 Підведення і відведення енергоносія;

6 Утворення вихідної сили для закріплення;

7 Керування енергоносієм;

8 Об'єднання функціональних вузлів;

9 Обробка пазу;

10 Створення безпечних умов праці.

7.6. Розробка і обґрунтування схеми базування

Вибір поверхонь для закріплення

Аналіз креслення деталі дозволив виділити ряд поверхонь які можна використати як технологічні бази.

На роль технологічної бази перш за все претендує зовнішня циліндрична поверхня 45. Зазначена поверхня має просту форму та є достатньо розвинутою, її довжина складає 172 мм.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

На момент реалізації операції з обробки шпонкового пазу розглянута поверхня має розмір ∅45,4 h9, шорхніть Ra 1,6. Базування заготовки за цією поверхнею дозволить реалізувати подвійну направляючу базу.

На роль опорної бази перш за все претендує лівий торець деталі 45,4. Обрані технологічні бази дозволяють реалізувати принципи постійності та суміщення баз, що має підвищити точність обробки поверхонь заготовки.

Відповідно до сказаного наведемо схему базування заготовки на рисунку 6.1.

Таким чином, відповідно до рисунку 6.1, заготовка позбавляє п'яти ступінів вільності

Таблицю відповідності, матрицю зв'язків та таблицю односторонніх зв’язків відповідно до запропонованої схеми базування заготовки наведемо у таблицях 6.1, 6.2, 6.3.

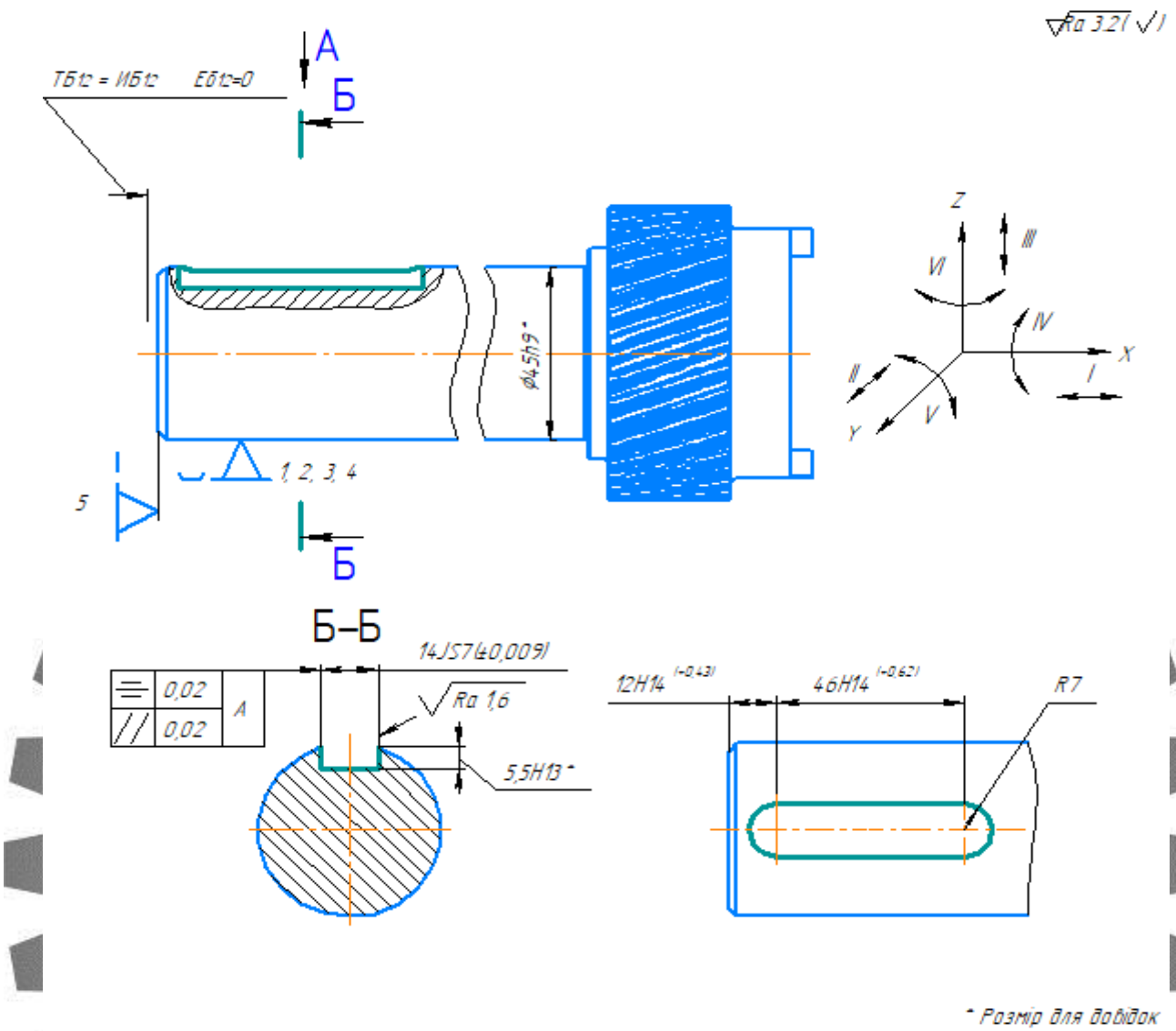

Рисунок 7.1 - Схема базування заготовки для обробки шпонкового пазу

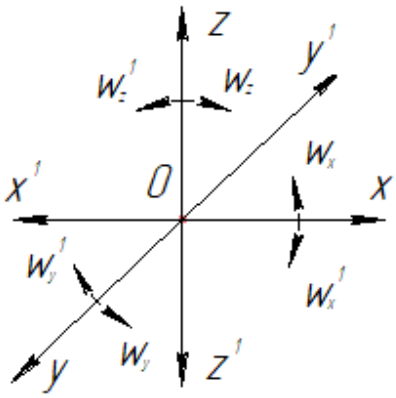

Рисунок 7.2 – Схема однобічних зв’язків, що покладають на заготовку (до таблиці 7.1)

Таблиця 7.1 – Таблиця односторонніх зв’язків

Індекс координати		x	x´	y	y´	z	z´	ωx	ω´x	ωy	ω´y	ωz	ω´z
Спосіб реалізації	Реакція	$\bar{R}$	$\bar{R}$	-	$\bar{R}$	-	$\bar{R}$	$\bar{R}$	$\bar{R}$	-	-	$\bar{R}$	$\bar{R}$
	Сила закріплення			P									
	Сила тертя									F(p)	F(p)		

На заготовку накладено 9-ь односторонніх зв’язків, із яких за координатами X та Z відбувається повний зв’язок, а за координатою Y – неповний, що обумовлено можливістю поворотів та одностороннього переміщенню заготовки. Щоб система стала врівноваженою за час обробки, треба позбавити заготовку можливого переміщення по координатам Y, ωy, $\omega y\ '$. Для цього треба переміщення заготовки по координаті Y компенсувати силою закріплення, а можливість поворотів навколо кординати Y компенсувати силами тертя F(p), які виникають від дії сили закріплення P (див. табл. 6.2).

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Таблиця 7.2 – Таблиця відповідності

Зв'зки	Ступіні вільності	Найменування бази
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	ОБ
6	IV	Вакансія

Таблиця 7.3 - Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Найменування бази
L	0	1	1	Подвійна направляюча база
α	0	1	1	
L	1	0	0	Опорна база
α	0	0	0	
L	0	0	0	Вакансія
α	1	0	0	

Аналіз схеми базування заготовки з точки зору забезпечення точності операційних розмірів.

Схема базування не впливає на точність розміру 14 JS7 мм. Точність цього розміру перш за все визначається геометричною точністю ріжучого інструменту (діаметром шпонкової фрези).

Точність довжини пазу 46 мм залежить від точності позиціювання робочих органів верстата. Схема базування не вплине на довжину паза.

Для розміру 12 мм похибка базування дорівнюватиме нулю так як технологічна та вимірювальна бази в цьому випадку співпадають (лівий торець заготовки).

Під час установки заготовки на призму має місце похибку базування на глибину пазу 5,5мм, величину якої можна розрахувати за формолою [СТМ1]:

$$Є=0,5TD(\frac{1}{\sin\alpha}+1)$$

$$Є=0,5*0.2*(\frac{1}{\sin 45}+1)=0,067$$

де TD=0,062мм - допуск на ∅45,4 поверхні

α = 45 - половина кута призми.

Похибку базування на глибину пазу 5,5мм дорівнює 0,067мм. Таким чином виконуються умова: Є = 0,067мм Т = 0,2, що є прийнятним з точки зору

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

забезпечення точності поверхні. Так, як всі допуски не перевищують норму на операційний розмір це є прийнятним для обраної схеми базування.

7.7 Побудова функціональної структури пристрою

З набору функцій, що наведені в пункті 5, виділимо ті, які реалізуються на протязі оперативного часу: 0,1,2,5,6,7. Функції 3,4 впливають на підготовчо-заключний час; функції 8,10 прямого впливу на штучний час не здійснює.

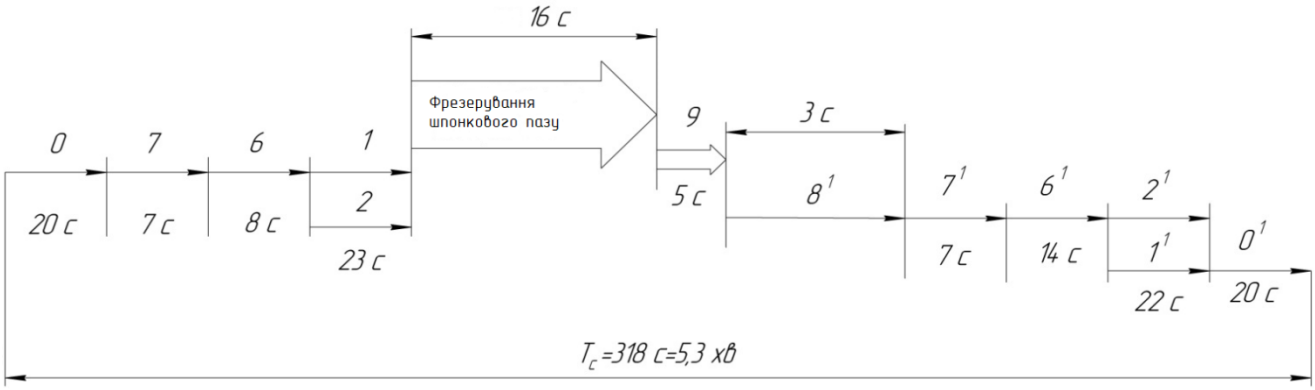

Рисунок 7.3 – Схема послідовної реалізації функцій

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Функціональна структура пристрою представлена на рисунку 7.4.

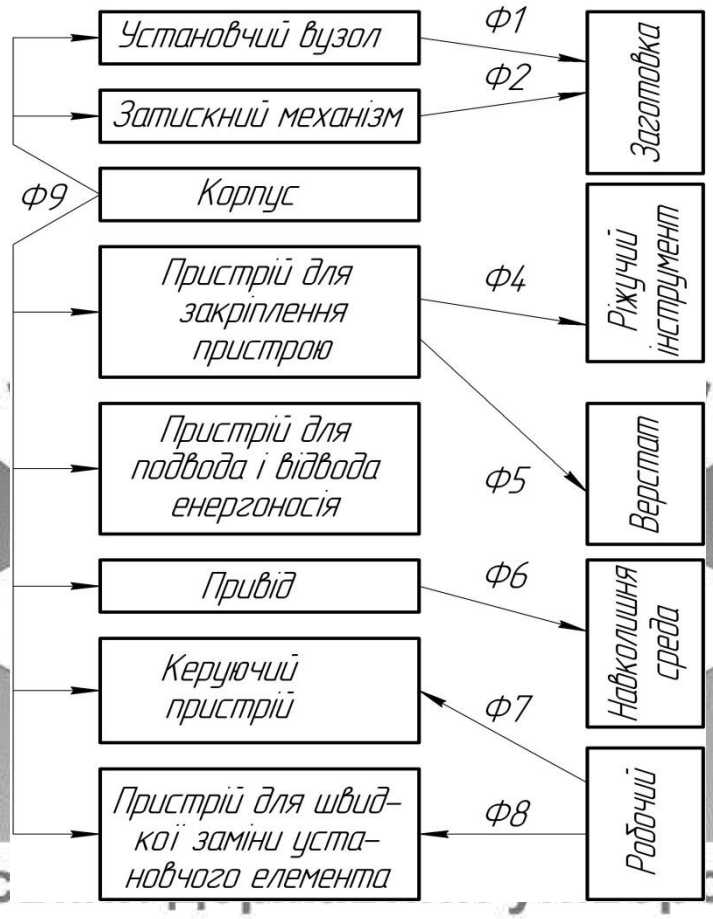

Рисунок 7.4 – Функціональна структура проектованого пристрою

Сумс ситет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

7.8. Розробка та обґрунтування схеми закріплення

7.8.1. Аналіз структури полів збурюючих сил

Для визначення взаємного впливу поля збурюючих сил та поля зрівноважуючи сил будуємо графічну модель збурюючих сил взаємозв’язку з прийнятою схемою базування.

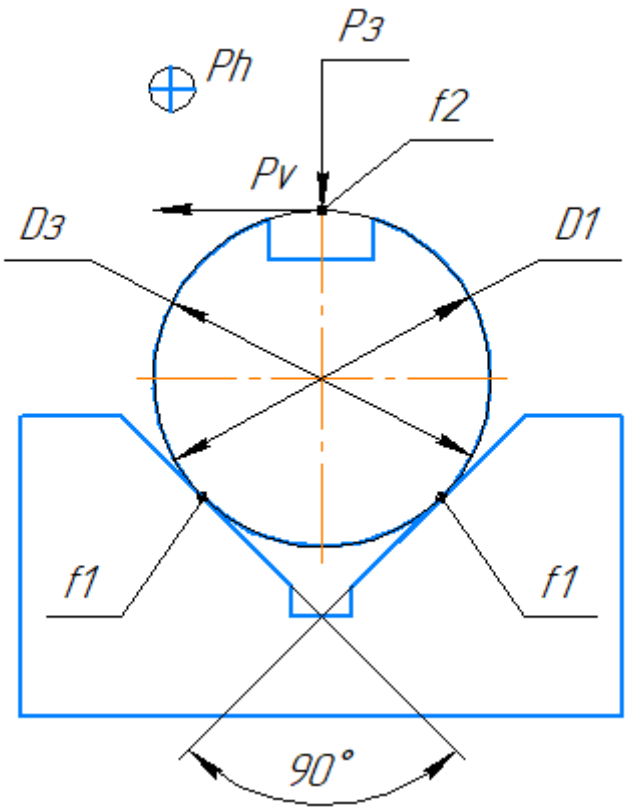

Рисунок 7.5 - Схема для розрахунку сили закріплення

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

7.8.2 Аналіз структури полів зрівноважувальних сил

При обробки заготовки виникають сили різання, які спромагаються зрушити її з встановленого місця у пристрої. За схемою базування, наведеної у розділі 2 пояснювальної записки, заготовка розбавлена п'яти степенів вільності, які орієнтують її відносно інструмента (фрези), налагоджуваного на виконання розмірів паза згідно технічних вимог креслення.

Розрахунком режимів різання на операції 060 «Шпонкове фрезирування» були визначені чисельні дані складових елементів режимів при обробці пазу. Найбільш несприятливий режим різання виникає при обробці пазу шириною 14(0,009) мм

7.8.3. Розрахунок сил затиску

Наведемо чисельні дані цього режиму: глибина різання t = 0,4 мм; ширина фрезерування B = 14 мм; подача на зуб фрези Sz = 0,1 мм/зуб; хвилинна подача Sм = 72 мм/хв; кількість обертів фрези n = 360 об/хв; швидкість різання V = 15,7 м/хв; складові сили різання Pz = 170 Н; Ph = Py = 68 Н; Pv = 153 Н; Px = 94 Н; потужність різання Np = 0,64 кВт.

Векторним аналізом сил різання визначено, що складова сила різання Ph (див. рис. 8.1) спромагається зсунути заготовку уздовж опорних поверхонь призм, а складова сила Pv повернути пластину навколо її осі.

Таким чином, розрахунок сили закріплення треба виконувати виходячи із двох умов. За першою умовою треба виключити зсув, а за другою умовою поворот заготовки. Найбільш із розрахованих значень приймається за силу закріплення і є вихідною величиною для подальшого проектування верстатного пристрою.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

За першою умовою треба виключити зсув заготовки уздовж поверхонь призм. Зсув заготовки під дією сили Ph стримують сили тертя, що виникають в місцях контакту затискних елементів із заготовкою і в місцях контакту заготовки із опорами призм (на рисунку 3.1 сили тертя зображені як коефіцієнти тертя f1 і f2).

Сила закріплення Pз визначиться за формулою [7, т.8, с.80□84]:

$$P = \frac{P_h \cdot K}{(f_1 + f_2)} = \frac{68 \cdot 3{,}1}{(0{,}16 + 0{,}16)} = 659 \text{ Н}$$

де K = K0·K1·K2·K3·K4·K5·K6 = 1,5·1·1,7·1·1,2·1·1 = 3,06 » 3,1;

K0 = 1,5 □ коефіцієнт гарантованого запасу;

K1 = 1 коефіцієнт враховує якість оброблених поверхонь;

K2 = 1,7 коефіцієнт враховує затуплення різального інструменту;

K3 = 1 коефіцієнт враховує безперервність фрезерування;

K4 = 1,2 коефіцієнт враховує наявність пневматичних або гідравлічних приводів у пристрої;

К5 = 1 коефіцієнт враховує розташування в пристрої рукояток для керування;

К6 = 1 коефіцієнт враховує наявність моментів, які можуть повернути заготовку установленою площиною поверхнею на постійні опори;

f1 = f2 = 0,16 коефіцієнти тертя, відповідно в місцях контакту заготовки із затискним механізмом та опорами;

а = 90 кут призми.

За другою умовою треба виключити поворот заготовки. Пластина при фрезеруванні буде нерухомою, якщо момент М утворений силою Pv буде дорівнювати моменту тертя, утвореного силою закріплення Рз.

Момент, що утворився силою Pv, визначиться за формулою:

$$M = \frac{P_v \cdot D_1}{2} = \frac{153 \cdot 0{,}0454}{2} = 3{,}5 \text{ Нм}$$

де D1 = 45,4 мм діаметр на якому розташовуються паз.

Сила закріплення Рз визначиться за формулою [7, т.8, с.80 84]:

$$P = \frac{2 \cdot K \cdot M}{D_1 \cdot \left(f_2 + \frac{f_1}{\sin\frac{\alpha}{2}}\right)} = \frac{2 \cdot 3{,}4 \cdot 3{,}5}{0{,}0454 \cdot \left(0{,}16 + \frac{0{,}16}{\sin\frac{90^0}{2}}\right)} = 1386 \text{Н}$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Таким чином, найбільша сила закріплення Рз = 1386 Н буде компенсувати поворот заготовки. За цією силою виконується розрахунок пристрою для фрезерування.

7.8.4. Обґрунтування вибору привода

За даними літературного джерела силовими вузлами пристрою є пневматичні циліндри (нерухомі, хитні та обертові) та пневматичні камери. Останні мають вигляд силового вузла однобічної або двобічної дії. Із двох видів силових вузлів пневматичних пристроїв беремо пневматичну камеру (мембранний пневматичний циліндр однобічної дії). Цей вибір пневматичного приводу обумовлений наступним.

По перше, конструкція пневматичної камери є простішаю за конструкцією пневматичного циліндру. Мембрана відокремлює дві порожнини камери за рахунок властивостей матеріалу із якого вона виготовлена, а також змінює форму під дією стислого повітря (стає опуклою). В пневматичних циліндрах ці функції мембрани виконують ущільнювальні елементи. Останні встановлюються в кільцеві канавки поршня і зобов□язані відтворювати задану кресленням посадку поршня з циліндром. Виготовлення елементів конструкції ущільнювання поршня та їх складання у вузол є більш трудомісткім процесом у порівнянні з виготовленням мембрани.

По друге, габаритні розміри пневматичної камери є значно меншими ніж розміри пневматичного циліндру, які розраховані на однакову величину сили затиснення.

По третє, строк служби пневматичної камери значно більший строку пневматичного циліндру. Пневматична камера допускає межу ремонтних (регламентних) робіт до одного мільйона рухів мембрани і пов□язаного з нею штока. Межа ремонтних робіт пневматичного циліндра з штоком значно менший і потребує додаткових (більш трудомістких) робіт пов□язаних із заміною ущільнювальних елементів конструкції виробу.

По четверте, виготовлені за існуючими нормативними документами пневматичні камери значно легше встановлюються в конструкцію верстатного пристрою і підключаються до мережі стислого повітря цеху. У цілому конструкція верстатного пристрою є значно компактною і простішою при її виготовленні та експлуатації.

7.9. Розрахунок на міцність

Сила закріплення Рз діє на заготовку від пневматичного приводу через важільний механізм (див. рис. 3.2). Важільний механізм введений у пристрій з метою збільшення сили закріплення за умовою невеликих сил на штоку пневматичного приводу та його габаритних розмірів.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

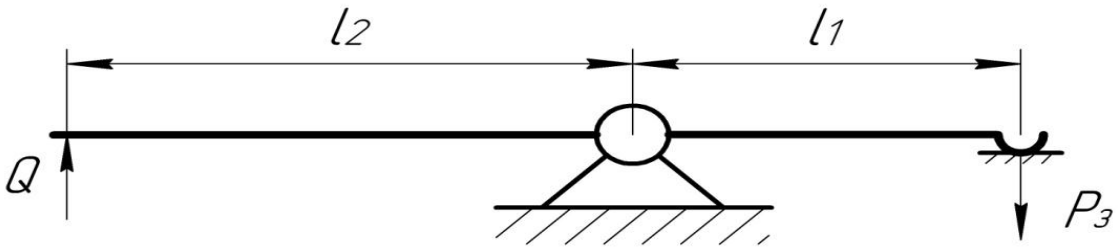

Рисунок 7.6 - Схема важільного механізму пристрою

Сила на штоку Q, згідно даними довідника [7, т.15, с.89], розраховується за формулою:

$$Q=\frac{P_з \cdot l1}{l2 \cdot h}=\frac{1386 \cdot 80}{120 \cdot 0,9}=1026Н$$

де l1 = 80 мм; l2 = 120 мм плечі важільного механізму (визначаються при проектуванні механізму пристрою);

h = 0,9 ККД механізму (середній показник).

Конструкція пневматичної камери складається з двох штампованих кришок, між якими ущільнена діафрагма, матеріал якою є гумова тканина. Останню виготовляють з багатошарової тканини «бельтинг», яка просочена з обох сторін мастило стійкою резиною. Товщина діафрагми знаходиться в межах4-10 мм. При поданні стислого повітря в нижню порожнину діафрагми, остання рухає з єднаний з нею шток і встановлену на ньому пружину вверх. Шток, який пов'язаний із затискним устроєм пристрою, передає на останній зусилля, величина якого залежить від діаметра мембрани і тиску стислого повітря в порожнині камери. Після видалення стислого повітря із порожнини камери шток під дією пружини рухається вниз, а діафрагма стає опуклою.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

За невеликим рухом штока застосовують площинні діафрагми строк служби яких становить до одного мільйона затиснень.

Пневматичні камери закріпляються на корпусі пристрою за допомогою гвинтів або болтів і фіксуються напрямними штифтами.

Згідно виконаних розрахунків (див. пункт 3 пояснювальної записки), діаметр пневматичного приводу Dп визначиться за формулою [2, т.19, с.92]:

$$D=\frac{1}{1,7}\cdot\sqrt{\frac{Q_o}{0,196\cdot p_o}}=\frac{1}{1,7}\cdot\sqrt{\frac{1026}{0,196\cdot 0,4}}=67мм$$

де p=0,4 мінімальний тиск в порожнині пневматичної камери.

Для приводу вибираємо мембранний пневматичний циліндр однобічної дії. Матеріал мембрани є гумовою тканиною. Приймаємо: діаметр пневматичної камери D = 125 мм; сила на штоку становить 3500 Н [2, т.18, с.91].

Визначимо рух штока L (мм) [1, с.114]:

$$L=1{,}7*10^{-5}*\frac{0{,}4\cdot 125^4}{6^3}=7{,}7 \text{ мм}$$

де S - товщина мембрани, яка визначається із умови міцності її матеріалу:

$$S=\frac{D}{4}\sqrt{\frac{3p_0}{\sigma_{max}}}=\frac{125}{4}\sqrt{\frac{3\cdot 0{,}4}{40}}=5{,}42 \text{ мм}$$

де σ ≤ 40 МПа - найбільше граничне напруження в тканині мембрани. Приймаємо

S = 6 мм, L = 8 мм.

7.10. Розрахунки пристрою на точність

Розрахункову похибку пристрою знаходимо за формулою [4, с.26]:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

$$\varepsilon_{пр} \le T - K_T\sqrt{(k_{T1}\cdot\varepsilon_б)^2+\varepsilon_з^2+\varepsilon_у^2+\varepsilon_п^2+\varepsilon_и^2+(K_{T2}\cdot\omega)^2+\varepsilon_{поз}^2}, \quad (10.1)$$

де T= 2 допуск паралельності паза відносно осі поверхні Æ60,1h7, якій потрібно забезпечити;

K= 1,2 - коефіцієнт враховує можливе відхилення від нормального розташування окремих складових (приймається у випадку, коли похибка базування не дорівнює 0);

ε= 0 - похибка базування заготовки в призмі;

ε= 0 - похибка закріплення не впливає на зміщення заготовки;

ε= 0 - похибка установлення пристрою на столу верстату;

ε= 0 - похибка перекосу інструменту;

ε= 0 - похибка зносу установчих елементів (рівномірний знос опорних поверхонь призми);

ω=1 0 - середня економічна точність обробки [3, с.59];

K= 0,6 - коефіцієнт враховує імовірність появи похибки обробки;

ε= 10 - похибка позиції стола фрезерного верстата відносно шпиндельного блоку.

Підставляємо значення:

$$\varepsilon_{пр} = 2 - 1{,}2\sqrt{(0\cdot 0)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 10^2 + (0{,}6\cdot 10)^2} = 28 мкм$$

7.11. Опис та принцип дії пристрою

Пристрій в зборі повинен задовольняти технічні вимоги креслення загального вигляду та забезпечувати якісну обробку заготовки по заданим розмірам.

Експлуатація пристрою:

1. Встановити та закріпити на верстаті зурахуванням нульової точки верстата.

2. Підготовити базові поверхні до встановлення заготовки.

3. Встановити заготовку в призми з упором в торець.

4. Поворотом рукоятки розподільчого крана виконати закріплення заготовки.

5. Обрати заготовку.

6. Поворотом рукоятки розподільчого крана в зворотню сторону відкріпити заготовку.

7. Відтягнути прихват та зняти заготовку

З пневмомережі повітря під тиском подається в безштокову полость, переміщає шток в верх. Таким чином здійснюється переміщення прихвата і він затискає заготівку. При відсутності тиску пружина тягне шток в низ і відбувається розтиск заготівки.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ВИСНОВКИ

1 Виконаний аналіз службового призначення машини для виготовлення капсул та вала. Проаналізовані технічні вимоги деталі на її виготовлення.

2 За коефіцієнтом розроблення операцій визначений тип виробництва – середньосерійний та форма його організації – групова.

3 Виконаний аналіз технологічності конструкції вала за якісними та кількісними показниками. Конструкція деталі за окремими її елементами визнана технологічною.

4 Запропонований спосіб одержання вихідної заготовки – штамповка на КГШП та розроблені технічні вимоги на її виготовлення.

5 Виконаний аналіз існуючого технологічного процесу і запропоновані нововведення для його удосконалення. Розрахунково-аналітичним методом (з використанням ЕОМ) визначені припуски і допуски на обробку зовнішньої поверхні двох діаметрів *60k6* мм. Обґрунтовані схеми базування і закріплення заготовки для двох операцій – 020 «Токарна з ЧПК» і 060 «Вертикально-фрезерна». Для наведених операцій вибрані моделі верстатів, технологічне оснащення, різальний та вимірювальний інструмент. На операції 020 та 030 розраховані режими різання і норми часу.

6 На операцію 030 «Вертикально-фрезерна» спроектований спеціальній пристрій для швидкого і точного установлення заготовки на стіл верстата моделі UWF 10.

7 У розділі «Охорона праці і техніка безпеки в надзвичайних ситуаціях», працюючі робітники ознайомлені із правилами по наданню первинної допомоги людині при ураженні її електричним струмом.

8 Для запропонованого технологічного процесу виготовлення вала розроблена технологічна документація (карти КТП, КЕ).

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. **Маталин А.А.** Технология машиностроения / А.А. Маталин. – Ленинград: Машиностроение, 1985. – 496 с.

2. **Гусев А.А.** Технология машиностроения (специальная часть) / А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. – Москва: Машиностроение, 1986. – 480 с.

3. **Горбацевич А.Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск: Вышэйш. школа, 1983. – 256 с.

4. **ГОСТ 7505–89**. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.

5. **Справочник технолога машиностроителя.** в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1986. – Т. 1. – 656 с.

6. **ГОСТ 24643–81** Допуски форми та взаємного розміщення.

7. **Корсаков В.С.** Основы конструирования приспособлений / В.С. Корсаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1983. – 277 с.

8. **Справочник технолога-машиностроителя**. в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1986. – Т. 2. – 496 с.

9. **Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках.** – Ч. 1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, долбёжные и фрезерные станки. – Москва: Машиностроение, 1974. – 416 с.

10. **Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування.** у 2 ч. – Ч. 1. Загальні відомості/укладачі:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

В.Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 55 с.

11. **Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування.** у 2 ч. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В.Г. Євтухов, В.О. Іванов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 59 с.

12. **ГОСТ 3.1702–79.** ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием. – Москва: Издательство стандартов, 1982. – 32 с.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів