

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи
за освітнім ступенем «магістр»

на тему:

Удосконалення верстатного пристосування для вертикально-свердлильної
операції механічної обробки деталі «Корпус 60.14»

08-26.МКР.011.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, гр. 1ПМ-19м
спеціальності 131 –
«Прикладна механіка»

Кукіль Р.В. _____

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Петров О.В. _____

«___» _____ 2020 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. АТМ

Галушак О.О. _____

«___» _____ 2020 р.

Вінниця ВНТУ – 2020 року

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Освітній ступінь – «Магістр»
Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

ПОГОДЖЕНО

Головний технолог

керівник або заступник

ПрАТ «Вінницький завод «Маяк»

назва підприємства чи установи

Марчук А.В.

підпис

ініціали та прізвище

«05» жовтня 2020 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

зав. кафедри ТАМ

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

(підпис)

«05» жовтня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Кукілю Роману Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення верстатного пристосування для вертикально-свердлильної операції механічної обробки деталі «Корпус 60.14»

керівник МКР к.т.н., доцент каф. ТАМ Петров О.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «25» вересня 2020 року №214.

2. Строк подання студентом МКР: 10 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до МКР: деталь «Корпус 60.14», матеріал Сталь 45 Л
ГОСТ 1050-88, програма випуску N = 4700 шт. на рік

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): вступ, технологічний розділ, проектування та удосконалення конструкції верстатного пристосування, економічна частина, охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях, висновки, додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): креслення деталі, креслення заготовки, ТП механічної обробки деталі, карта налагоджень, розмірний аналіз ТП, верстатне пристосування, аналіз впливу силових характеристик пристосування на його конструкцію

6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання виконано
Спеціальна частина	Петров О.В., доцент кафедри ТАМ		
Економічна частина	Лесько О.Й., професор кафедри ЕПВМ		
Охорона праці та безпека життєдіяльності	Віштак І.В., доцент кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання «05» жовтня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	26.10.20	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	02.11.20	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	09.11.20	
4	Розв'язання поставлених задач	09.11.20	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	16.11.20	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	04.12.20	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	04.12.20	
8	Попередній захист МКР	27.11.20	
9	Перевірка роботи на плагіат	20.11.20	
10	Нормоконтроль МКР	04.12.20	
11	Рецензування МКР	10.12.20	
12	Захист МКР	16.12.20	

Студент

(підпис)

Кукіль Р.В.

Керівник МКР

(підпис)

Петров О.В.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	5
ABSTRACT.....	6
ВСТУП.....	7
1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	10
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи.....	10
1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі.....	13
1.3 Розробка тривимірної моделі деталі.....	17
1.4 Вибір способу виготовлення заготовки.....	20
1.5 Розробка маршруту механічної обробки.....	33
1.6 Висновки до технологічної частини.....	63
2 ПРОЕКТУВАННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ.....	64
2.1 Аналіз початкових даних для проектування.....	64
2.2 Вибір конструктивної схеми пристосування.....	64
2.3 Розрахунок необхідної сили закріплення.....	67
2.4 Вибір силового приводу та розрахунок його параметрів.....	69
2.5 Дослідження силових характеристик затискного пристрою.....	70
2.6 Розрахунок пристосування на точність.....	71
2.7 Розробка конструкції корпусу верстатного пристосування.....	77
2.8 Розрахунок деталей пристосування на міцність.....	78
2.9 Опис роботи спроектованого пристосування.....	83
2.10 Висновки до розділу 2.....	84
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	85
3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	85
3.2 Прогнозування витрат на розробку нового технічного рішення.....	88
3.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	95
3.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	96
3.5 Висновки до економічної частини.....	100

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	102
4.1 Аналіз умов праці.....	102
4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії....	102
4.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	105
4.5 Висновки до розділу 4.....	106
ВИСНОВКИ.....	107
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	108
ДОДАТКИ.....	111
Додаток А. Технічне завдання	
Додаток Б. Графічна частина	
Додаток В. Технічне завдання на проектування верстатного пристосування	

АНОТАЦІЯ

У магістерській кваліфікаційній роботі розглядається використання поєднання традиційних методів проектування та сучасних машинобудівних комп'ютерних технологій для проектування та удосконалення верстатного пристосування для вертикально-свердлильної операції технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус 60.14».

У технологічній частині проведено аналіз призначення деталі та аналіз технологічності деталі, визначено тип виробництва, спроектовано заготовку, розглянуто технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус 60.14», проведено опис верстатного обладнання, визначено припуски на механічну обробку та режими різання.

У конструкторській частині проведено обґрунтування компоновання верстатного пристосування, розраховано параметри затискного пристрою та його приводу. Також проведено удосконалення верстатного пристосування для вертикально-свердлильної операції технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус 60.14».

У економічній частині проведено розрахунок основних техніко-економічних показників, визначено необхідне технологічне обладнання, визначено капітальні витрати та проведено розрахунок технологічної собівартості виготовлення деталі.

У розділі охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях приведені рекомендації щодо покращення умов праці робітників.

ABSTRACT

In the master's qualification work the use of combination of traditional methods of designing and modern machine-building computer technologies for designing and improvement of machine tool for the vertical drilling operation of the technological process of mechanical processing of the part «Corp 60.14» is considered.

In the technological part the analysis of the details of the part and the analysis of the machinability of the part has been made, the type of production has been determined, the workpiece has been designed, the technological process of mechanical processing of the «Corp 60.14» component has been considered, the description of the machine tool has been made, the admissions to mechanical processing and the cutting modes have been determined.

In the design part, the justification of the layout of the machine tool, the parameters of the clamping device and its drive are calculated. Improvement of the machine tool for the vertical drilling operation of the technological process of mechanical processing of the part «Corp 60.14» was also carried out.

In the economic part, the calculation of basic technical and economic indicators was carried out, the necessary technological equipment was determined, capital expenditures were determined and a calculation of the technological cost of manufacturing the component was made.

The section on occupational safety and emergency management provides recommendations for improving the working conditions of workers.

ВСТУП

Інтенсифікація виробництва в машинобудуванні пов'язана з модернізацією засобів виробництва на базі застосування новітніх досягнень науки і техніки. Технічне переозброєння, підготовка виробництва нових видів продукції машинобудування й модернізація засобів виробництва неодмінно охоплюють процеси проектування засобів технологічного оснащення та їхнього виготовлення.

Верстатні пристосування є одними із основних складових технологічного оснащення. Призначення верстатних пристосувань – забезпечувати, змінювати й розширювати технологічні можливості обладнання. У діючому виробництві потрібне постійне оновлення верстатних пристосувань, а при зміні номенклатури виробів або вимог до їхнього виготовлення для заданого складу обладнання нові виробничі умови забезпечуються завдяки повній або частковій їх заміні.

Механізація та автоматизація процесу закріплення заготовок поряд зі зростанням продуктивності обробки забезпечує: підвищення точності завдяки стабільності сили закріплення; зниження похибки закріплення; скорочення частки ручної праці; зниження фізичного навантаження робітників; можливість багатOVERстатного обслуговування, оскільки робітник звільняється від необхідності тривалої присутності біля одного верстата; регламентацію циклу обробки, що є передумовою для автоматизації процесу загалом.

Актуальність теми.

Проектування будь-якого верстатного пристосування характеризується великим обсягом роботи, особливо це стосується проектно-конструкторських розрахунків. Роботи з проектування пристосувань, як правило, охоплюють аналіз його службового призначення і наявних вимог до технологічних операцій, розробку принципової схеми (компонування) пристосування, силові розрахунки і розрахунки на точність, вибір силового приводу і визначення його параметрів. Чи не найбільше часу проектувальної роботи припадає на креслення розробленого верстатного пристосування чи на модернізацію існуючої конструкції. Час на таку

роботу можна значно зменшити за рахунок використання сучасних комп'ютерних технологій, які допомагають не тільки виконувати комп'ютерне креслення і тривимірне моделювання об'єктів проектування, а також дозволяють виконувати різноманітні розрахунки силових параметрів, міцності та інші. Даній проблематиці присвячені роботи багатьох науковців – Б.Н. Вардашкіна, М.А. Ансєрова, А.П. Белоусова, А.К. Горошкіна та інших. Таким чином проектування та удосконалення верстатних пристосувань для технологічних операцій механічної обробки є актуальною задачею.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є мінімізація величини сили закріплення деталі «Корпус 60.14» у верстаному пристосуванні під час обробки на операції фрезерування.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

- визначити тип виробництва та провести аналіз технологічності деталі;
- вибрати спосіб отримання заготовки та розрахувати її основні розміри;
- виконати проектування послідовностей обробки поверхонь заготовки та операційного технологічного процесу виготовлення деталі;
- виконати опис вибору верстатного обладнання;
- визначити режими різання на заданій операції обробки деталі;
- провести розрахунки та проектування верстатного пристосування для закріплення деталі на технологічній операції механічної обробки;
- провести удосконалення параметрів верстатного пристосування на основі аналітичних розрахунків режимів різання та сили закріплення;
- розрахувати основні економічні показники забезпечення виготовлення деталі «Корпус 60.14»;
- розробити заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення деталі «Корпус 60.14».

Об'єкт дослідження – механічна обробка різанням поверхонь деталі «Корпус 60.14».

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус 60.14» та її закріплення у верстатному пристосуванні.

Методи дослідження. Апарат математичної логіки, методи функціонального моделювання, методи поверхневого і твердотілого моделювання в середовищі сучасних автоматизованих CAD/CAM-систем.

Наукова новизна одержаних результатів:

- отримав подальший розвиток метод визначення залежності сили закріплення деталі у верстаному пристосуванні від параметрів режимів різання на вертикально-свердлильній технологічній операції механічної обробки, що дозволяє вибрати найбільш раціональний затискний пристрій верстатного пристосування за рахунок мінімізації зусилля силового приводу.

Практичне значення одержаних результатів:

1. Розроблено заготовку деталі «Корпус 60.14» та технологічний процес механічної обробки її виготовлення, який за умови програми випуску обсягом 4700 шт на рік забезпечує термін окупності вкладених коштів протягом 3,46 років.

2. Розроблено алгоритм розрахунку сили закріплення деталі «Корпус 60.14» у верстатному пристосуванні під час виконання вертикально-свердлильної операції, що дозволяє вибрати необхідне значення параметрів силового приводу для забезпечення закріплення деталі.

3. Розроблено верстатне пристосування, що забезпечує закріплення деталі «Корпус 60.14» на вертикально-свердлильній операції.

Особистий внесок здобувача. Основні результати досліджень отримані автором самостійно. Мета та завдання досліджень узгоджені з науковим керівником. В працях, що опубліковані у співавторстві автору належать: виконано розрахунки сили закріплення заготовок для операцій свердління [32].

Апробація результатів роботи. Основні результати роботи розглядалися на XLIX науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області, відбулася 18-29 травня, 2020 р., м. Вінниця.

Публікації. Матеріал магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано у 1 праці, 1 – теза доповідей регіональної конференції [12].

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Тип виробництва визначається за формулою:

$$K_{30} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (1.1)$$

де K_{30} – коефіцієнт закріплення операцій,

$\sum O$ – сумарна кількість операцій, що виконуються на даному робочому місці,

$\sum P$ – сумарна кількість робочих місць для виконання операцій.

$20 < K_{30} \leq 40$ – дрібносерійне виробництво.

Вихідними даними для визначення K_{30} , а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі.

Визначимо 6 переходів (усі дані будемо заносити в таблицю 1.1)

Таблиця 1.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Перехід мех. обробки	$T_{осн}$	ϕ_k	$T_{шт-к, хв}$	C_p	$C_{пр}$	$\eta_{зр}$	$\eta_{зн}$	O	$K_{зм}$
1. Точіння $\varnothing 50H7$ попереднє (згідно 14 квалітету)	85	2,14	0,182	0,04	1	0,04	0,75	19	22
2. Точіння $\varnothing 50H7$ попереднє (згідно 8 квалітету)	90	2,14	0,193	0,42	1	0,42	0,75	18	22
3. Точіння $\varnothing 50H7$ остаточне.	100	2,14	0,214	0,047	1	0,047	0,75	16	22
4. Точіння $\varnothing 55,6H9$ попереднє (згідно 14 квалітету)	47	2,14	0,1	0,022	1	0,022	0,75	34	22
5. Точіння $\varnothing 55,6H9$ попереднє (згідно 10 квалітету)	50	2,14	0,107	0,023	1	0,023	0,75	33	22
6. Точіння $\varnothing 55,6H9$ остаточне	56	2,14	0,12	0,026	1	0,026	0,75	29	22

Розрахуємо основний час за формулою:

$$T_{\text{осн}} = T_{\text{шт-к}} \cdot \Phi_{\text{к.}}, [\text{ХВ}] \quad (1.2)$$

Розрахуємо кількість верстатів:

$$C_p = \frac{N_{\text{пр}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \cdot \Phi_{\text{д}} \eta_{\text{ЗН}}}, [\text{шт}] \quad (1.3)$$

де $\Phi_{\text{д}}=2040$ год – дійсний річний фонд часу,

$\eta_{\text{ЗН}}=0,75$ – нормативний коефіцієнт завантаження.

Приймаємо кількість верстатів $C_{\text{пр}}$.

Визначаємо коефіцієнт завантаження:

$$\eta_{\text{ЗР}} = \frac{C_p}{C_{\text{пр}}}. \quad (1.4)$$

Визначаємо кількості операцій:

$$O = \frac{\eta_{\text{ЗН}}}{\eta_{\text{ЗФ}}}. [\text{шт}] \quad (1.5)$$

Таким чином, коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{\text{з.і.}} = \frac{\sum O_i}{D_{\text{в}}} = \frac{19+18+16+34+33+29}{1+1+1+1+1+1} = 22 - 10 < K_{\text{з.о.}} < 20 - \text{виробництво серійне.}$$

Заданий добовий випуск виробів:

$$N_a = \frac{N}{254} = \frac{4700}{254} = 157,5, (\text{шт}).$$

Добова продуктивність потокової лінії:

$$Q_a = \frac{F_a}{T_{\sigma \delta - \bar{e}.cp}} \cdot \eta_c = \frac{4060}{0,153} \cdot 0,75 = 19902 \text{ в, (шт)}$$

де $T_{шт-к.ср}$ – середній штучно-калькуляційний час, який визначається за формулою:

$$T_{\sigma \delta - \bar{e}.cp} = \frac{\sum_3^i T_{\sigma \delta - \bar{e}.з}}{n} = \frac{0,182 + 0,193 + 0,214 + 0,1 + 0,107 + 0,12}{6} = 0,153, \text{ (хв)}.$$

де $T_{шт-к i}$ – штучний час i -ої основної операції;

n – кількість основних переходів механічної обробки.

Так як $N_{\delta} \leq Q_{\delta}$, то організація потової лінії недоцільна.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом за формулою

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{4700 \cdot 6}{254} = 945, \text{ (шт)}.$$

де a – періодичність запуску в днях (прийнято $a = 6$)

Розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях визначається за формулою:

$$c = \frac{T_{\sigma \delta - \bar{e}.шт} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{0,153 \cdot 945}{476 \cdot 0,8} = 0,38. \text{ (шт)}.$$

Визначаємо кількість деталей у партії, які необхідні для завантаження обладнання на основних операціях протягом цілого числа змін

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot c_{np}}{T_{o \dot{o} - \dot{e} . \dot{n} \dot{o}}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 0,38}{0,153} = 945,7 \triangleright 946 \quad (\text{шт}).$$

Приймаємо кількість деталей у партії 950 шт.

Висновок: тип виробництва серійний, форма організації роботи групова.

1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі

Деталь «Корпус 60.14» є базовою деталлю вузлів гідроциліндрів. По посадочним по $\varnothing 90H7$, $\varnothing 65H7$ встановлені суміжні деталі. По різьбі M18×1.5 встановлений штуцер. Кріпиться деталь болтами по різьбі 6 отв. M12-7H.

Основне службове призначення деталі заключається в забезпеченні точності відносного положення золотника та інших деталей, що приєднуються до даної деталі як в нерухомому положенні так і під час руху золотника. Крім цього корпус виконує роль опори, герметизуючи та захищаючи від пошкоджень інші деталі механізму.

По своїй формі конструкції і технологічним ознакам деталь відноситься до класу корпусних з центральним ступінчатим отвором – група I [1]. Деталь має деякі особливості класу “втулок” або “фланців”. При розробці маршруту механічної обробки доцільно орієнтуватися на типові технологічні процеси обробки подібних деталей, що прискорює процес проектування і покращує якість проекту.

Деталь сприймає значні статичні і динамічні навантаження, тому матеріалом з якого виготовляється деталь вибрано конструкційну сталь 45Л ГОСТ 1050-88, яка підлягає термообробці і добре видається. Деталь дуже відповідальна і від якості механічної обробки залежить надійність роботи всього вузла.

Креслення деталі має всі необхідні дані про деталь, але його необхідно доробляти згідно вимог технологічності.

Основними поверхнями, якими деталь базується в вузлі, є великий торець $\varnothing 122$ і отвір $\varnothing 65H7$ (рис. 2.1). Допоміжними поверхнями, якими деталь

спрягається з іншими деталями, являються отр. $\varnothing 90H7$, різьба $M102 \times 1,5$ отв. $\varnothing 45H7$, різьба $M18 \times 1,5$, торець, пов. $\varnothing 122 \text{ 8}$.

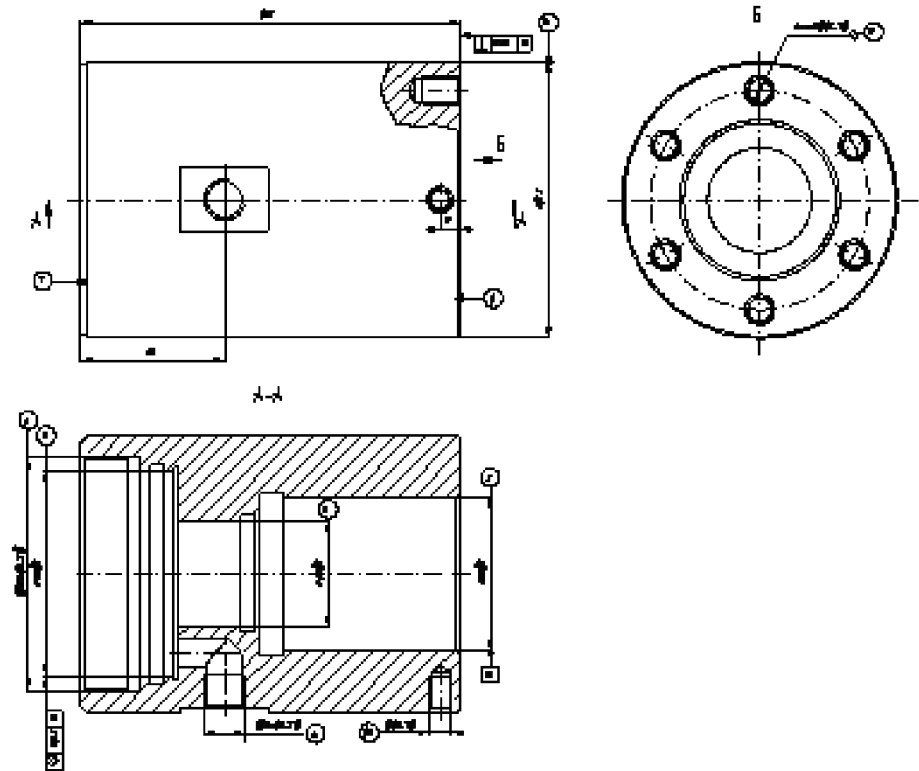


Рисунок 1.1 – Деталь «Корпус 60.14»

Кріпильними являються 6 отв. $M12-7H$, $M10-7H$. Всі інші поверхні являються вільними.

Групу конструкторських баз складають основні і допоміжні поверхні, визначені раніше. Бажано, щоб при механічній обробці конструкторська та технологічна бази співпадали. При цьому похибка базувань буде відсутня $\varepsilon_b = 0$.

В даній деталі є досить жорсткі технічні вимоги до точності механічної обробки, 7 квалітет, 0.8 обумовлений службовим призначенням деталі. Задана точність може бути досягнута на верстатах нормальної точності.

Деталь середніх габаритних розмірів $\varnothing 122 \times 167$ мм простої круглої форми, з центральним ступінчатим отвором, що дає можливість отримати її на токарних верстатах.

Мінімальна товщина стінок $S_{min}=9.5$ мм. Металоємність деталі явно завищена, що являється явним недоліком. Деталь жорсткої конструкції і її можна обробляти на підвищених режимах різання.

Центральний ступінчатий отвір $\varnothing 45H7$, обробляються на прохід що полегшує його обробку. Деталь має уніфіковані елементи: отвори, різьбу, канавки, фаски і т. ін., що дає змогу застосовувати стандартний ріжучий інструмент.

Деталь має зручні базові поверхні. Всі поверхні доступні для механічної обробки і для контролю.

Матеріал деталі конструкційна Сталь 45Л ГОСТ 1050-88, має задовільні якості обробки різанням, піддається термообробці, добре виливається і взагалі широко використовується для виготовлення відповідальних деталей.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад Сталі 45

C	Si	Mn	Ni	Cr	P	S
					Не більше	
0,4-0,45	0,17-0,37	0,5-0,8	До 0,1	до 0,25	0,045	0,045

Таблиця 1.3 – Механічні властивості Сталі 45

Твердість, НВ	σ_b , Мпа (кгс/мм ²)	σ_T , Мпа (кгс/мм ²)	Відносне видовження, %	Відносне звуження, %	Ударна в'язкість, (кгс/мм ²)
197(відпалена)	610 (61)	360 (36)	16	30	50

Згідно з ГОСТ 18831-74 кількісна оцінка технологічності оцінюється слідуєми ми показниками.

а) Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_y = Q_{ye} / Q_e = 40 / 45 = 0.89,$$

де Q_{ue} і Q_e – відповідно кількість уніфікованих елементів і загальна кількість типорозмірів конструктивних елементів (різьба, отвори, фаски і т. ін.).

Таблиця 1.4 – Уніфіковані поверхні деталі

Діаметральні розміри		Лінійні розміри		Отвори		Різьба		Фаски		Канавки	
Уніф.	Не уніф.	Уніф.	Не уніф.	Уніф.	Не уніф.	Уніф.	Не уніф.	Уніф.	Не уніф.	Уніф.	Не уніф.
7	2	6	1	4	-	8	-	12	-	3	2

При $K_u \geq 0,6$ деталь відноситься до технологічних.

б) Коефіцієнт точності обробки:

$$K_t. o. = 1 - 1/A_{cp} = 1 - 1/13,4 = 0,92,$$

де A_{cp} - середній квалітет точності розмірів.

$$A_{cp} = \frac{\sum A_i n_i}{\sum n_i} = \frac{7 \cdot 3 + 14 \cdot 32}{3 + 32} = 13,4; \quad (1.61)$$

Таблиця 1.5 – Значення коефіцієнта точності

Квалітет	Лінійні розміри	Кількість поверхонь
7	M102×15; Ø90H7; Ø45H7; Ø65H7; M10-7H; M18x15-7H; M12-7H	12
14	Ø103; Ø96; Ø93; Ø51,5; Ø70; Ø122; Ø10,4; Ø12; 5; 26; 4,5; 6; 2,5; 43; 6; 10; 88; 96; 167; 63; 40; 9; 17; 20; 20; 2; 15; 2	28
Всього		40

При $K_t. o. \geq 0,8$ деталь відноситься до технологічних.

в) Коефіцієнт шорсткості поверхні:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} = \frac{1}{5.7} = 0.17,$$

Середній клас шорсткості складає:

$$B_{cp} = \frac{\sum B_i \Pi_i}{\sum \Pi_i} = \frac{0,8 \cdot 2 + 1,6 \cdot 2 + 6,3 \cdot 31}{2 + 2 + 31} = 5,7; \quad (1.7)$$

Таблиця 1.6 – Шорсткість поверхонь

Шорсткість, Ra	0,8	1,6	6,3
Кількість поверхонь	2	2	31

При $K_{ш} \leq 0,32$ деталь відноситься до технологічних.

Отже деталь технологічна за якісними та кількісними показниками.

1.3 Розробка тривимірної моделі деталі

Для побудови основи тривимірної моделі деталі «Корпус 60.14» було використано САД-систему Компас 15. Для створення основної частини деталі створимо ескіз її твірної поверхні (рис. 1.2) та використаємо операцію обертання (рис. 1.3), вказавши значення величини 360° видавлювання.

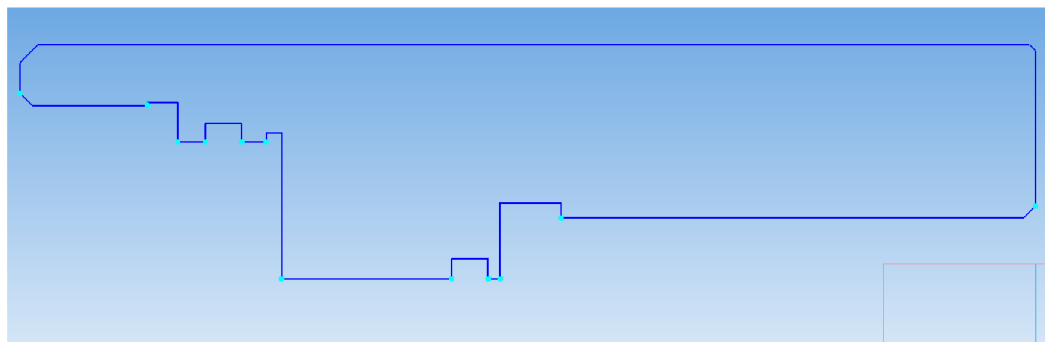


Рисунок 1.2 – Ескіз для створення основної частини деталі

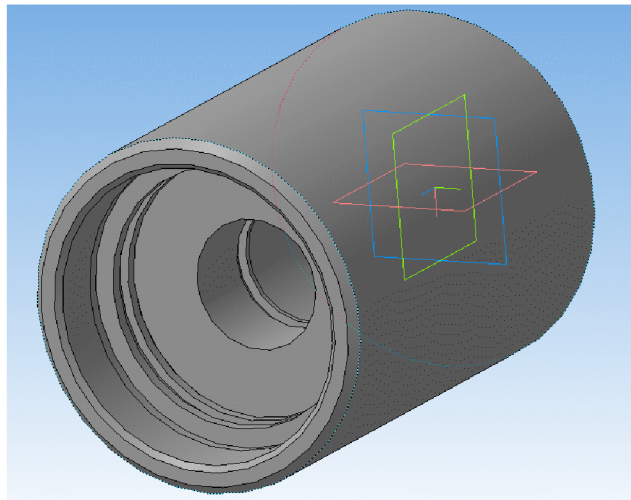


Рисунок 1.3 – Створення основної частини деталі

Наступним кроком потрібно створити допоміжну площину паралельну торцевій, і розмістити її дотично до зовнішньої циліндричної поверхні.

Далі в допоміжній площині створюємо ескіз та, використовуючи операцію вирізати видавлюванням, створює лиску (рис. 1.4).

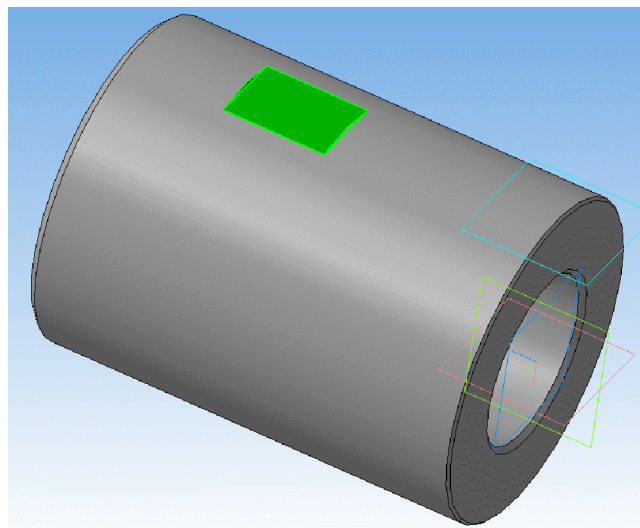


Рисунок 1.4 – Операція вирізання видавлюванням

Для того щоб створити отвір в корпусі використаємо операцію вирізання обертанням, для якої створюємо ескіз, вказавши сфероїд в параметрах операції (рис. 1.5, 1.6).

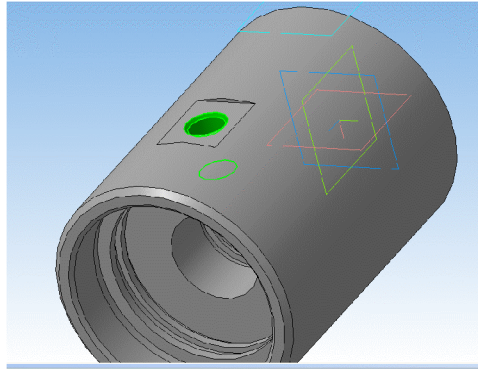


Рисунок 1.5 – Ескіз та операція вирізання видавлюванням

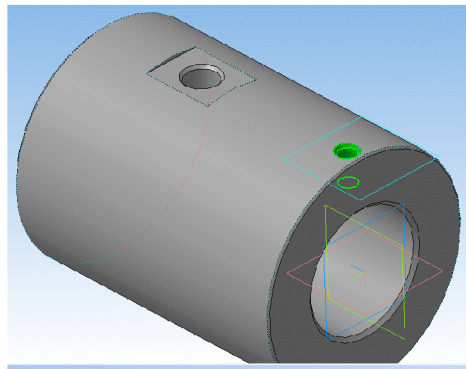


Рисунок 1.6 – Створення отвору (операція вирізання видавлюванням)

Далі в процесі побудови тривимірної моделі, потрібно створити кріпильні отвори, використавши для створення бібліотеку стандартних кріпильних отворів.

Вказавши поверхню на якій вони повинні розташовуватись та параметри отвору (діаметр зовнішній, діаметр основний, глибина), а також координати де повинен розміщуватись даний отвір, створюємо дану операцію (рис 1.7.).

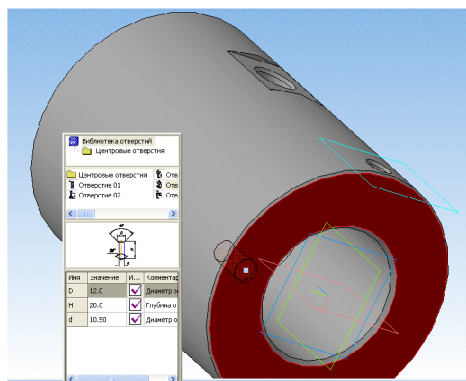


Рисунок 1.7 – Створення кріпильного отвору

За допомогою масиву по колу створюємо групу таких отворів. Вказавши напрямки копіювання, кількість та крок між отворами (рис. 1.7). І насамкінець фінішною стадією створення тривимірної моделі являється створення перерізу для перевірки правильності усіх побудов – на рис. 1.8.

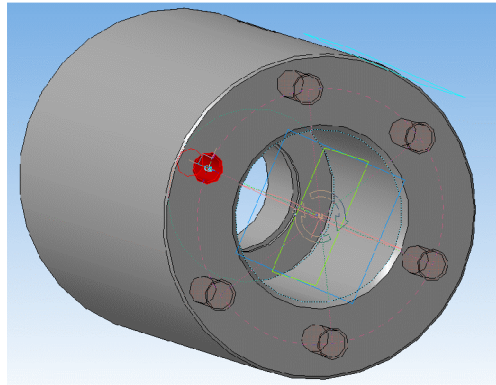


Рисунок 1.8 – Використання масиву

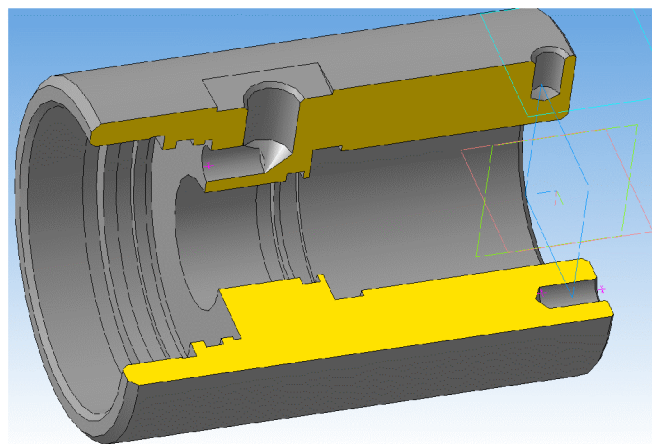


Рисунок 1.9 – Тривимірна модель деталі «Корпус 60.14»

1.4 Вибір способу виготовлення заготовки

1.4.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Тип серійності виробництва на першому етапі проектування може бути визначений згідно рекомендацій згідно даних:

Кількість оброблюваних деталей	$N = 4700$ шт.
Маса деталі	$m = 9,77$ кг.

Згідно [12], заданою річною програмою випуску деталей, масою деталей, встановлюємо, що тип виробництва – середньосерійне.

1.4.2 Вибір можливих способів лиття

Вибір методу, можливих способів одержання заготовки та їх порівняльний аналіз. Визначення двох альтернативних способів

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, масу та серійність виробництва встановлюємо метод одержання заготовки – лиття, так як деталь виготовляється з матеріалу Сталь 45Л.

Можливі способи одержання заготовки було вибрано два – це лиття в облицьований кокіль форми та лиття в оболонкові форми, оскільки їх найбільш вигідно реалізовувати в середньосерійному виробництві через їх високу продуктивність та достатньо високу точність отримуваних розмірів.

1.4.3 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

Таблиця 1.7 – Параметри точності методів отримання заготовок

Вихідні дані	Лиття в облицьований кокіль		Лиття в оболонкові форми	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	8-13т	10	9-13	11
Ступінь жолоблення елементів виливки	6-9	7	8-11	9
Ступінь точності поверхні виливка	10-16	13	10-16	13
Шорсткість поверхонь виливка	Ra	32	Ra	32
Клас точності маси	7-15	11т	9т-16	12
Ряд припусків	5-8	7	5-8	7

При виборі прийнятих параметрів вхідних даних керуємося примітками до таблиць, де приведені рекомендації по призначенню параметрів точності з врахуванням типу виробництва і складності заготовки. Так як виробництво

середньосерійне і виливок середньої складності приймаємо середні наближені до більш точних значень з вибраних діапазонів параметрів точності.

Клас розмірної точності виливка призначаємо враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір виливка (167 мм), тип матеріалу – Сталь 45Л:

- при литті в облицьований кокіль: 8-13т;
- в оболонкові форми: 9-13.

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка). Найбільший розмір – 167 мм, найменший – 2 мм, отже, відношення – $2/167 = 0,012$:

- при литті в облицьований кокіль: 6-9;
- в оболонкові форми: 8-11.

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка (167 мм) і матеріал – Сталь 45Л:

- при литті в облицьований кокіль: 10-16;
- в оболонкові форми: 10-16.

Шорсткість поверхонь виливка призначаємо, враховуючи прийнятого ступеня точності поверхонь виливка:

- при литті в облицьований кокіль: 32 мкм;
- в оболонкові форми: 32 мкм.

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття та номінальну масу виливка. Маса деталі $Q_{\text{дет}} = 9,77$ кг. Враховуючи коефіцієнт використання матеріалу (для лиття в облицьований кокіль $\gamma = 0,75$, а для лиття в оболонкові форми $\gamma = 0,9$), то маси заготовки будуть: для лиття в облицьований кокіль – $Q_{\text{заг}} = 13,03$ кг і для лиття в оболонкові форми – $Q_{\text{заг}} = 10,86$ кг. Оскільки визначена маса виливків складає від 10 до 100 кг для обох способів і тип матеріалу Сталь 45Л, то:

- при литті в облицьований кокіль: 7-15;
- в оболонкові форми: 9т-16.

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні.

- при литті в облицьований кокіль: 5-8;
- в оболонкові форми: 5-8.

Вибір допусків. Перед вибором допусків та припусків на механічну обробку поверхонь деталі потрібно уважно вивчити робоче креслення деталі, встановити оброблювані поверхні і розміри, що їх зв'язують та записати їх в розрахункову таблицю. На тих ділянках вилівка, де отвори, впадини, порожнини і тому подібне одержати способами лиття важко або неможливо призначають напуски.

Таблиця 1.8 – Лиття в облицьований кокіль

Лиття в облицьований кокіль							
Розрахункові розміри	Ø45 ^{+0,062}	Ø90H7 ^{+0,025}	Ø65H7 ^{+0,03}	Ø122 ^{-0,4}	43 ^{-0,62}	88 ^{-0,82}	167 ⁻¹
Допуски							
Розмірів	2,4	2,8	2,8	3,2	2,4	2,8	3,6
Форми чи розміщення	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8
Зміщення по площині роз'єму	–	–	–	1,8	–	–	1,8
Зміщення через перекіс стержня	1,4	1,2	2,2	–	1,2	1,4	–
Допуски маси	12%						
Допуски нерівностей	0,8						
Загальний допуск	2,4	3,2	3,2	3,2	2,4	3,2	4,0
Припуски							
Припуск мінімальний	0,8						
Припуск загальний	3,6	4,5	4,5	3,3	2,3	2,6	3,2
Кількість переходів механічної обробки							
По точності розмірів	3	4	4	2	1	1	1
Розрахункові розміри	Ø45 ^{+0,062}	Ø90H7 ^{+0,025}	Ø65H7 ^{+0,03}	Ø122 ^{-0,4}	43 ^{-0,62}	88 ^{-0,82}	167 ⁻¹
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	–	–	–	–	–	–	–
Прийнята кількість переходів	3	4	4	2	1	1	1
Розміри заготовки	Ø37,8	Ø81	Ø56	Ø128,6	40,7	85,9	170,2

Таблиця 1.9 – Лиття в оболонкові форми

Лиття в оболонкові форми							
Розрахункові розміри	Ø45 ^{+0,062}	Ø90H7 ^{+0,025}	Ø65H7 ^{+0,03}	Ø122 ^{-0,4}	43 ^{-0,62}	88 ^{-0,82}	167 ⁻¹
Допуски							
Розмірів	4,0	4,4	4,4	5,0	4,0	4,4	6,0
Форми чи розміщення	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,2
Зміщення по площині роз'єму	–	–	–	2,8	–	–	2,8
Зміщення через перекіс стержня	2,2	2,0	2,2	–	2,0	2,2	–
Допуски маси	20%						
Допуски нерівностей	0,8						
Загальний допуск	4,0	5,0	5,0	5,0	4,0	5,0	6,4
Припуски							
Припуск мінімальний	0,8						
Припуск загальний	5,4	6,3	6,3	3,6	3,2	3,6	4,4
Кількість переходів механічної обробки							
По точності розмірів	4	4	4	1	1	1	1
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	–	–	–	–	–	–	–
Прийнята кількість переходів	4	4	4	1	1	1	1
Розміри заготовки	Ø34,2	Ø77,4	Ø52,4	Ø129,2	39,8	84,4	171,4

Допуск розмірів, враховуючи клас розмірної точності (лиття в облицьований кокіль – 10, лиття в оболонкові форми – 11) і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

Допуск форми і розміщення – враховуючи ступінь жолоблення (лиття в облицьований кокіль – 7, в оболонкові форми – 9) і номінальний розмір нормованої ділянки.

Допуск нерівностей – враховуємо ступінь точності поверхні виливка (лиття в облицьований кокіль – 13, в оболонкові форми – 13).

Допуск маси – залежно від класу точності маси виливка (лиття в облицьований кокіль – 11т, в оболонкові форми – 12) і номінальної маси виливка.

Допуск зміщення площини роз'єму – вибирається на рівні класу розмірної точності виливка за номінальним розміром найбільш тонкої із стінок виливка, що виходить на лінію роз'єднання півформ або перетинаючи її. При литті в облицьований кокіль і литті в оболонкові форми це зміщення буде впливати на діаметральний розмір $\varnothing 122$ мм та лінійний розмір 167 мм враховуючи клас розмірної точності виливка по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок виливка, які виходять на роз'єм.

Допуск на перекіс стержня встановлюється для діаметральних розмірів, що формуються за допомогою стержнів. Призначається на 1, 2 класи точніше класу розмірної точності по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок виливка, які формуються за участю стержня.

Загальний допуск призначаємо, враховуючи допуск розмірів і допуск форми і розміщення поверхні.

Вибір припусків. Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків [1]: при литті в облицьований кокіль мінімальний припуск (для ряду припусків 7) становить 0,8мм; при литті в оболонкові форми (для ряду припусків 7) – 0,8 мм.

Загальний припуск на механічну обробку назначають для ліквідації похибки розмірів, форми і розміщення, нерівностей і дефектів оброблюваної поверхні, що формуються при виготовленні виливка і послідовних переходів її обробки з метою підвищення точності оброблюваного елемента виливка. Значення загального припуску вибираємо в залежності від кількості переходів механічної обробки. Тому для вибору загального припуску спочатку потрібно визначити кількість механічної обробки кожної із оброблених поверхонь.

Кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі визначаємо згідно [12].

– по точності розмірів вибираємо в залежності від допуску розміру виливка і співвідношення між допусками розмірів деталі і виливка.

Лиття в облицьований кокіль: для розміру $\varnothing 45^{+0,062}$ допуск розмірів виливка 2,4 мм, допуск розмірів деталі 0,062 мм, співвідношення $0,062/2,4 = 0,026$, отже, 3 переходи (чистова обробка). Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів:

$$\varnothing 45^{+0,062} - 0,062/2,4 = 0,026 \rightarrow 3 \text{ переходи (чистова обробка);}$$

$$\varnothing 90H7^{+0,025} - 0,025/2,8 = 0,01 \rightarrow 4 \text{ переходи (тонка обробка);}$$

$$\varnothing 65H7^{+0,03} - 0,03/2,8 = 0,011 \rightarrow 4 \text{ переходи (тонка обробка);}$$

$$\varnothing 122_{-0,4} - 0,4/3,2 = 0,125 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

$$43_{-0,62} - 0,62/2,4 = 0,26 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$88_{-0,82} - 0,82/2,8 = 0,29 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$167_{-1} - 1/3,6 = 0,28 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка).}$$

Лиття в оболонкові форми: для розміру $\varnothing 40^{+0,62}$ допуск розмірів виливка 4,0 мм, допуск розмірів деталі 0,062 мм, співвідношення $0,062/4,0 = 0,016$, отже, 4 переходи (тонка обробка). Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів:

$$\varnothing 45^{+0,062} - 0,062/4,0 = 0,016 \rightarrow 4 \text{ переходи (тонка обробка);}$$

$$\varnothing 90H7^{+0,025} - 0,025/4,4 = 0,005 \rightarrow 4 \text{ переходи (тонка обробка);}$$

$$\varnothing 65H7^{+0,03} - 0,03/4,4 = 0,007 \rightarrow 4 \text{ переходи (тонка обробка);}$$

$$\varnothing 122_{-0,4} - 0,4/5,0 = 0,2 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$43_{-0,62} - 0,62/4,0 = 0,155 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$88_{-0,82} - 0,82/4,4 = 0,19 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$167_{-1} - 1/6,0 = 0,17 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка).}$$

Загальний припуск призначаємо, враховуючи загальний допуск виливка, від кінцевої обробки і ряд припуску. При литті в облицьований кокіль для розміру $\varnothing 45^{+0,062}$: загальний допуск 2,4 мм, чистова обробка, ряд припусків 7 \rightarrow загальний припуск становить 3,6 мм. Аналогічно вибираємо і для інших розмірів.

Розрахунок розмірів заготовки. При розрахунку внутрішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі.

При литті в облицьований кокіль:

- розмір $\text{Ø}45^{+0,062}$ загальний припуск 3,6 мм: $\text{Ø}45 - (3,6 \cdot 2) = \text{Ø} 37,8$ мм;
- розмір $\text{Ø}90\text{H}7^{+0,025}$ загальний припуск 4,5 мм: $\text{Ø}90 - (4,5 \cdot 2) = \text{Ø} 81$ мм;
- розмір $\text{Ø}65\text{H}7^{+0,03}$ загальний припуск 4,5 мм: $\text{Ø}65 + (4,5 \cdot 2) = \text{Ø} 56$ мм;
- розмір $\text{Ø}122_{-0,4}$ загальний припуск 3,3 мм: $\text{Ø}122 + (3,3 \cdot 2) = \text{Ø} 128,6$ мм;
- розмір $43_{-0,62}$ загальний припуск 2,3 мм: $43 - 2,3 = 40,7$ мм;
- розмір $88_{-0,82}$ загальний припуск 2,6 мм: $88 - 2,1 = 85,9$ мм;
- розмір 167_{-1} загальний припуск 3,2 мм: $167 + 3,2 = 170,2$ мм.

При литті в оболонкові форми:

- розмір $\text{Ø}45^{+0,062}$ загальний припуск 5,4 мм: $\text{Ø}45 - (5,4 \cdot 2) = \text{Ø} 34,2$ мм;
- розмір $\text{Ø}90\text{H}7^{+0,025}$ загальний припуск 6,3 мм: $\text{Ø}90 - (6,3 \cdot 2) = \text{Ø} 77,4$ мм;
- розмір $\text{Ø}65\text{H}7^{+0,03}$ загальний припуск 6,3 мм: $\text{Ø}65 + (6,3 \cdot 2) = \text{Ø} 52,4$ мм;
- розмір $\text{Ø}122_{-0,4}$ загальний припуск 3,6 мм: $\text{Ø}122 + (3,6 \cdot 2) = \text{Ø} 129,2$ мм;
- розмір $43_{-0,62}$ загальний припуск 3,2 мм: $43 - 3,2 = 39,8$ мм;
- розмір $88_{-0,82}$ загальний припуск 3,6 мм: $88 - 3,6 = 84,4$ мм;
- розмір 167_{-1} загальний припуск 4,4 мм: $167 + 4,4 = 171,4$ мм.

Вибір радіусів заокруглень, нахилів, товщини стінок та інших конструктивних елементів заготовки.

Товщина стінок. Мінімальна товщина стінок назначається так, щоб забезпечувати необхідну розрахункову міцність і жорсткість та задовольняти вимогам технології вибраного способу лиття.

Мінімальну товщину стінок вибираємо за рекомендаціями [12] в залежності матеріалу, маси вилівка, і від способу лиття. Для литих заготовок товщину стінок можна визначити в залежності від сплаву та приведенного габариту деталі згідно з графіками [2].

Приведений габарит визначається за формулою:

$$N = (2L + B + H) / 4, [\text{мм}] \quad (1.8)$$

де L, B, H – відповідно довжина (122 мм), ширина (122 мм) та висота (167 мм) деталі. Тоді $N = (2 \cdot 122 + 122 + 167) / 4 = 407,75$. Для сталених литих заготовок при $N \geq 8$ товщину стінок можна приймати 40 мм. Товщина стінок сталених заготовок, габаритні розміри яких менші 0,5 м, може бути прийнята 1,5-2,0 мм [1].

Радіуси заокруглень. Радіуси заокруглень в значній мірі визначають якість виливка. Дуже малі радіуси призводять до концентрації напружень і можливості виникнення тріщин, якщо надто великі, то можливість виникнення раковин, пустот. Радіуси заокруглень згідно рекомендацій [12] вибираємо в залежності від співвідношення $(S+S_1)/2$ і від матеріалу виливка.

Таблиця 1.10 – Радіуси заокруглень в кокілі

$\frac{(S+S_1)}{2}$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень
$(23,8 + 40,7)/2 = 44,15$	90^0	≈ 5
$(36,3 + 42,8)/2 = 39,55$	90^0	≈ 5

Таблиця 1.11 – Радіуси заокруглень лиття в оболонкові форми

$\frac{(S+S_1)}{2}$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень
$(24,9 + 42,1)/2 = 33,5$	90^0	≈ 5
$(37,4 + 44,3)/2 = 40,85$	90^0	≈ 5

Формувальні нахили призначаються з метою полегшення видалення моделі з форми і стержня. Нахили встановлюються в залежності від розмірів заглиблень, висоти формоутворюючої поверхні, способу лиття і виду модельного комплексу згідно рекомендаціям [12].

При литті в облицьований кокіль: $h_n = 85,9 \text{ мм} - 0^041'$;

При литті в оболонкові форми: $h_n = 84,4 \text{ мм} - 0^041'$;

Мінімальний діаметр отворів, що виконуються литтям, вибирають так, щоб уникнути сильного перегрівання і пригорання стержня до стінок отвору. Мінімальний розмір литих отворів залежить від товщини стінки і може бути визначено по формулі:

$$d_{min} = d_0 + 0,1S \text{ [мм]} \quad (1.9)$$

де d_0 – вихідний діаметр; S – товщина стінки, мм.

Вихідний діаметр вибирається в залежності від матеріалу виливку – сталь 45Л $d_0 = 10$ мм, $S = 38,5$ мм. В результат розрахунку $d_{min} = 10 + 0,1 \cdot 38,5 = 13,85$ мм. Але враховуючи складність спів падання отвору з іншими конструктивними елементами деталі призначаємо напуск, який потім видаляємо механічною обробкою.

1.4.4 Призначення технічних вимог на заготовки

Технічні вимоги для заготовки, отриманої литтям в облицьований кокіль:

1. Точність виливка 10 – 7 – 13 – 11т 3м. 0,8 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 9,77 – 4,5 – 0,8 – 13,61 ГОСТ 26645-85.

Технічні вимоги для заготовки, отриманої литтям в оболонковій формі:

1. Точність виливка 11 – 9 – 13 – 12 3м. 0,8 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 9,77 – 6,3 – 0,8 – 14,35 ГОСТ 26645-85.

1.4.5 Оформлення ескізів обох варіантів заготовки

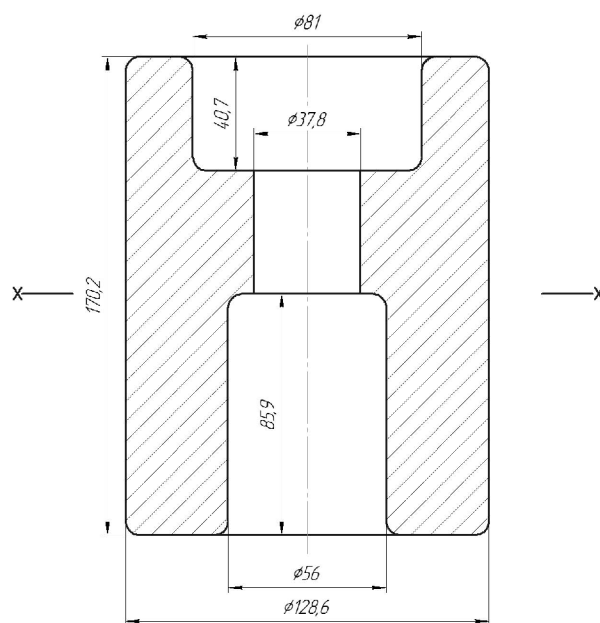


Рисунок 1.10 – Ескіз заготовки, отриманої литтям в облицьований кокіль

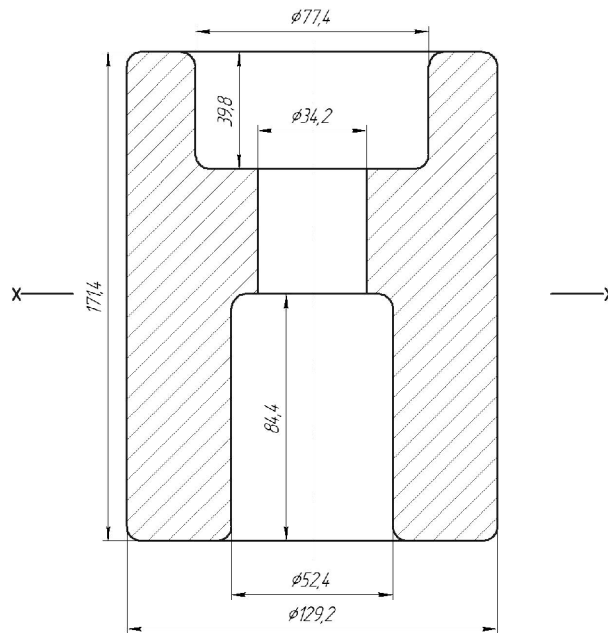


Рисунок 1.11 – Ескіз заготовки, отриманої литтям в оболонковій формі

1.4.6 Визначення маси і коефіцієнтів використання матеріалу для обох варіантів заготовки

Масу заготовки визначимо за допомогою тривимірного моделювання заготовки деталі «Корпус 12.05» у САD-системі Компас за розрахованими розмірами. Після побудови тривимірної моделі заготовки скориставшись функцією «МЦХ моделі» визначимо масу заготовки. Вибірково запишемо інформацію про «МЦХ моделі».

Лиття в облицьований кокіль: маса $Q_{\text{заг}} = 13,61$ кг. Коефіцієнт використання матеріалу заготовки: $\gamma = Q_{\text{дет}} / Q_{\text{заг}} = 9,77 / 13,61 = 0,72$.

Лиття в оболонковій формі: маса $Q_{\text{заг}} = 14,35$ кг. Коефіцієнт використання матеріалу заготовки: $\gamma = Q_{\text{дет}} / Q_{\text{заг}} = 9,77 / 14,35 = 0,68$.

Отже, коефіцієнт використання матеріалу при литті в облицьований кокіль більший ніж при литті в оболонковій формі, тобто менше матеріалу буде йти у стружку.

1.4.7 Техніко-економічне порівняння обох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Вартість заготовки – це економічний показник, який впливає на собівартість виготовлення деталі. Для того, щоб надати перевагу якомусь способу литтю необхідно визначити вартість заготовок.

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{заг.лит} = \frac{Q_{заг}}{1000} \cdot C_{л} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} - \frac{(Q_{заг} - Q_{дет})}{1000} \cdot C_{відх}, \text{ [грн]} \quad (1.10)$$

де $C_{л}$ – базова вартість 1т заготовок, грн, вибираємо згідно [12], враховуючи спосіб одержання литої заготовки;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок, вибираємо згідно [12], враховуємо спосіб лиття, матеріал заготовки і клас розмірної точності;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки, вибираємо згідно [12]. Враховуємо спосіб лиття і марку матеріалу;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки, вибираємо згідно [12]. Дана деталь не складної конфігурації і можна віднести до 3 групи складності, також враховуємо спосіб лиття і матеріал заготовки;

K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки, вибираємо згідно [12]. Вибираємо згідно способу лиття, маси вилівка, матеріалу вилівка;

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, вибираємо згідно [12]. Попередньо визначаємо групу серійності в залежності від способу лиття, маси виливків і об'єму виробництва згідно [12];

$C_{відх}$ – вартість 1 т. відходів, для сталі $C_{відх} = 6000$ грн.

Таблиця 1.12 – Економічні показники способів лиття

Коефіцієнти	Лиття в облицьований кокіль	Лиття в оболонкові форми
C_L	22800 грн	24400 грн
K_T	1,0	1,0
K_M	1,18	1,36
K_C	1	1
K_B	1,08	1,1
K_P	1,15	1,07

Лиття в облицьований кокіль:

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{9,77}{1000} \cdot 22800 \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 1,15 - \frac{(13,61 - 9,77)}{1000} \cdot 6000 = 303,42 \text{ (грн)}.$$

Лиття в оболонкові форми:

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{9,77}{1000} \cdot 24400 \cdot 1 \cdot 1,36 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,07 - \frac{(14,35 - 9,77)}{1000} \cdot 6000 = 319,42 \text{ (грн)}.$$

Після розрахунку вартості заготовок бачимо, що вартість заготовки виготовленої литтям в оболонкові форми більша ніж в облицьований кокіль.

В результаті розрахунків ми виявлено, що коефіцієнт використання матеріалу при литті в оболонкові форми менший ніж при литті в облицьований кокіль і вартість заготовки при литті в облицьований кокіль нижче вартості при литті в оболонкові форми. Виходячи з вище сказаного лиття в облицьований кокіль має дві значні переваги над литтям в оболонкові форми і тому вибираємо основний метод виготовлення деталі це – лиття облицьований кокіль.

1.5 Розробка маршруту механічної обробки

1.5.1 Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 90H7$. Вибір кількості ступенів механічної обробки інших поверхонь з підвищеними вимогами точності. Вибір способів обробки поверхонь.

Отвір $\varnothing 90H7$, $R_a = 1,6$ мкм. Допуск заготовки – $T_3 = 3600$ мкм.

Допуск деталі – $T_D = 35$ мкм.

Тоді:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_D} = \frac{3600}{35} = 102,857$$

Для вибору числа ступенів механічної обробки скористаємось формулою:

$$n = \lg \varepsilon_{\Sigma} / 0,46. \quad (1.11)$$

Тоді:

$$n = \lg 102,857 / 0,46 = 3,1$$

Отже, можна проводити обробку за чотири або п'ять переходів. Для забезпечення необхідної точності обробки приймаємо чотири переходи. Відповідно до рекомендацій приймаємо чотири переходи. Приймаємо ступені уточнення на переходи механічної обробки:

– на першій $\varepsilon_1 = 5 \dots 6$;

– на другій $\varepsilon_2 = 3 \dots 4$;

– на третій $\varepsilon_3 = 2 \dots 3$;

Допуск розміру деталі:

– після першого переходу: $T_1 = \frac{T_{\text{заг.}}}{\varepsilon_1} = \frac{3600}{6} = 600$ мкм (IT 14);

після другого переходу: $T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{600}{4} = 150$ мкм (IT 9);

після третього переходу: $T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{70}{2} = 35 \text{ мкм (IT 7)}$.

Остаточно приймаємо 3 переходу: розточування чорнове, розточування чистове, шліфування.

Методи обробки інших поверхонь приведені в таблиці 1.13.

Таблиця 1.13 – Методи обробки поверхонь деталі «Корпус 60.14»

Поверхні	Квалітет точності	Шорсткість, Ra	Метод обробки
Ø90H7(+0,035)	7	1.6	Розточування чорнове. Розточування чистове. Шліфування.
Ø65H7(+0,03)	7	0.8	Розточування чорнове. Розточування чистове. Шліфування.
Ø45H7(+0,025)	7	0.8	Розточування чорнове. Розточування чистове. Шліфування.
Різьба M102×1.5-7H	7H	6.3	Свердління отвору. Нарізання різьби.
Різьба M12-7H	7H	6.3	Свердління отвору. Нарізання різьби.
Решта поверхонь по 14 квалітету і Ra 6.3 оброблюється за 1 перехід.			

1.5.3 Вибір чистових та чорнових технологічних баз

Вибір чистових технологічних баз. Основними конструкторськими базами даної деталі є торець і отв. Ø65H7. Бажано щоб при механічній обробці конструкторська та технологічна бази співпадали. При цьому похибка базування $\varepsilon_b=0$. Цей варіант виробу є оптимальним.

З метою вибору кращих варіантів необхідно проаналізувати схеми базування на всіх операціях.

На операції 010, ми обробляємо протилежний торець 1, отвори Ø90H7 2, різьбу M102×1.5 3, канавки 4 5, фаски і т. ін. Обробка з однієї установки більшої поверхонь підвищує точність їх взаємного розташування (рис. 1.12).

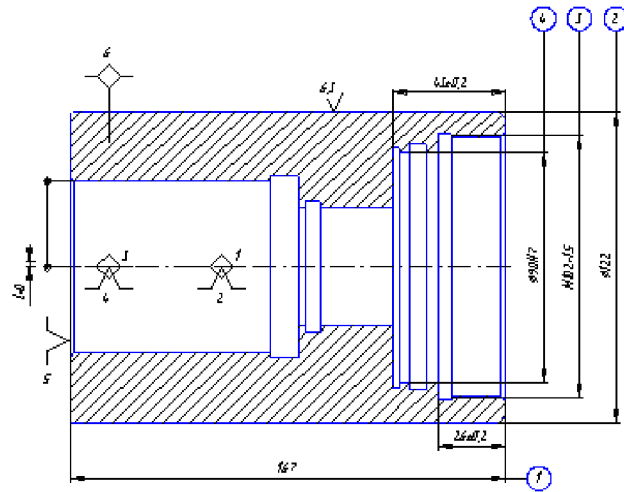


Рисунок 1.12 – Схема базування деталі «Корпус 60.14»

При установці в цанговому патроні зміщення осі деталі $l=0$;

похибка базування для діаметральних розмірів $\epsilon_{\text{б}122}=0$; $\epsilon_{\text{б}90}=0$;

Похибка базування для розміру $\epsilon_{\text{б}167}=0$, тому що конструкторська та технологічна бази співпадають.

Похибка базування для розміру $\epsilon_{\text{б}26}$ і $\epsilon_{\text{б}90}$ залежить від допуску на розмір $T167=0.5$ мм (рис. 3.2), тобто $\epsilon_{\text{б}26}>T26$; $0.5>0.4$ мм.

Умови обробки по точності не виконуються, необхідно корегувати допуски складових розмірів.

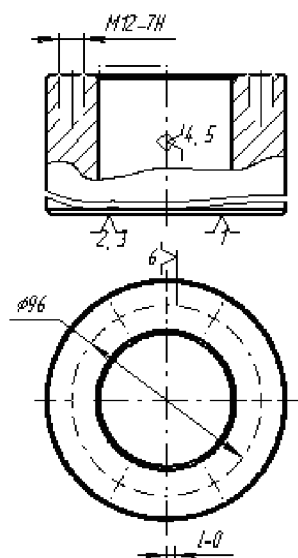


Рисунок 1.14 – Схема базування деталі «Корпус 60.14»

Шліфування отвору $\varnothing 65H7$ проводиться з установкою в 3-х кулачковому патроні. Похибка базування для діаметральних розмірів $\varepsilon_{65} = 0$.

Висновки: Розглянувши схеми базування всіх операцій механічної обробки, можна зробити висновки, що на більшості операцій в якості чистових баз доцільно прийняти отв. $\varnothing 65H7$ і торець $\varnothing 122$.

Вибір чорнових технологічних баз. Розглянемо операцію 005, на якій обробляється базовий торець $\varnothing 122$ 1, отв. $\varnothing 65H7$ 2. Одночасно з одного установа ми обробляємо поверхню $\varnothing 45H7$, канавки, фаску і ін. Базування заготовки здійснюється по необробленим (чорновим) базовим поверхням одноразово з тим, щоб уникнути похибок базування на наступних операціях (рис. 1.15).

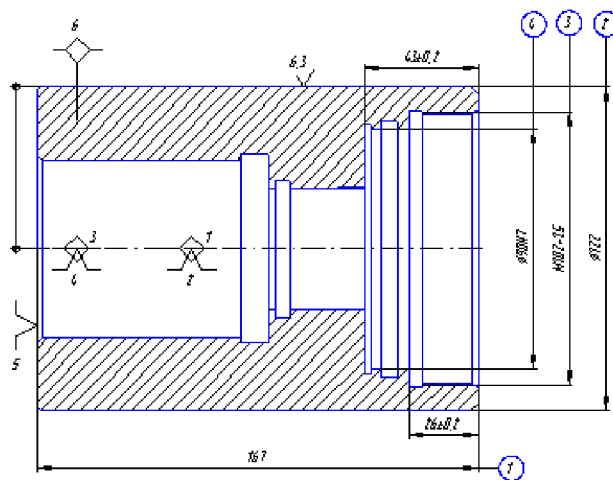


Рисунок 1.15 – Схема базування на операції 005

Похибка базування для розміру: $\varepsilon_{688} = T_{169,5} = 0,5$ (мм), $\varepsilon_{688} > T_{88}$; $0,5 > 0,3$ (мм).

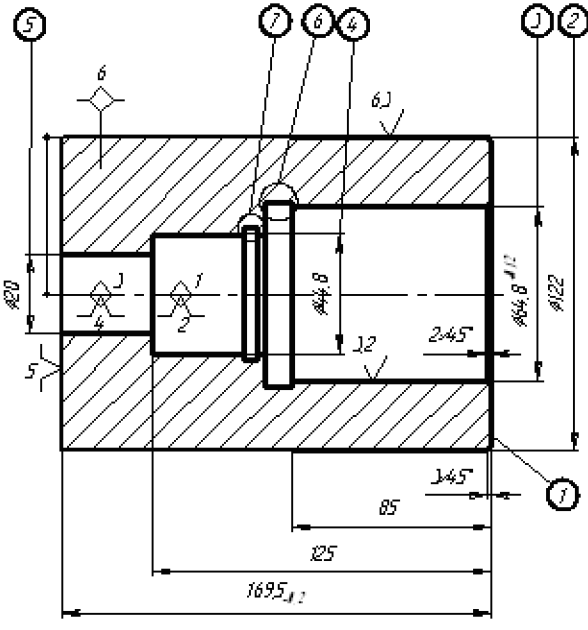
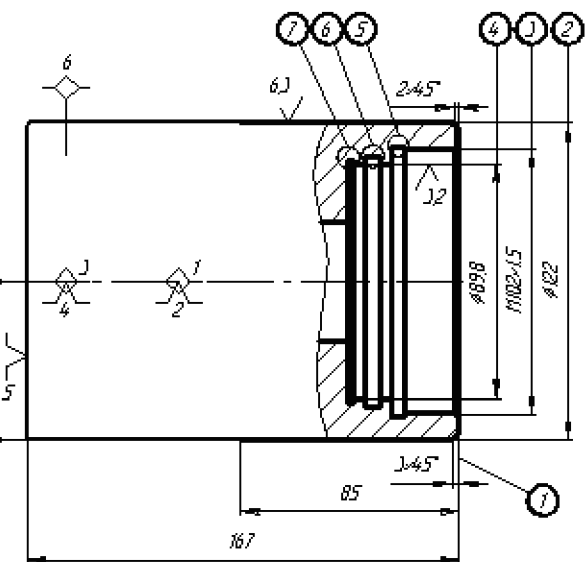
Необхідно коригувати допуски складових розмірів.

Так як в нашому випадку на деталі оброблюються всі поверхні то в якості чорнової бази приймаємо поверхню з найменшим припуском. Кращої схеми базування немає, оскільки на першій операції 005 заготовка встановлюється (базується) на зовнішню циліндричну поверхню подвійно напрямну базу в трьох кулачковий патрон, оскільки ця поверхня є зручною для базування.

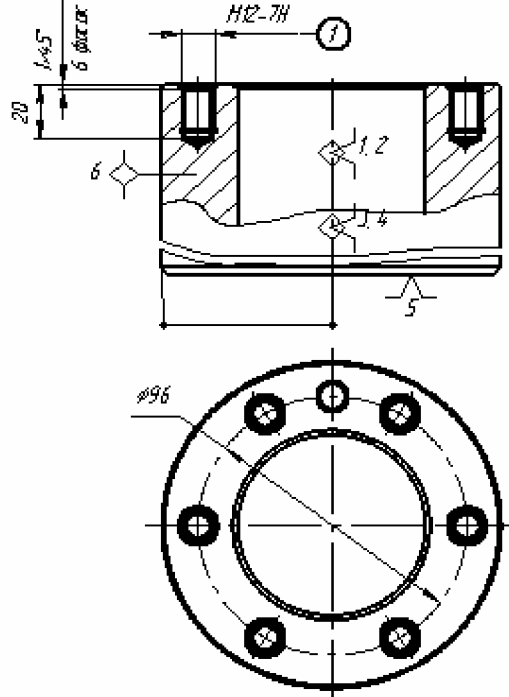
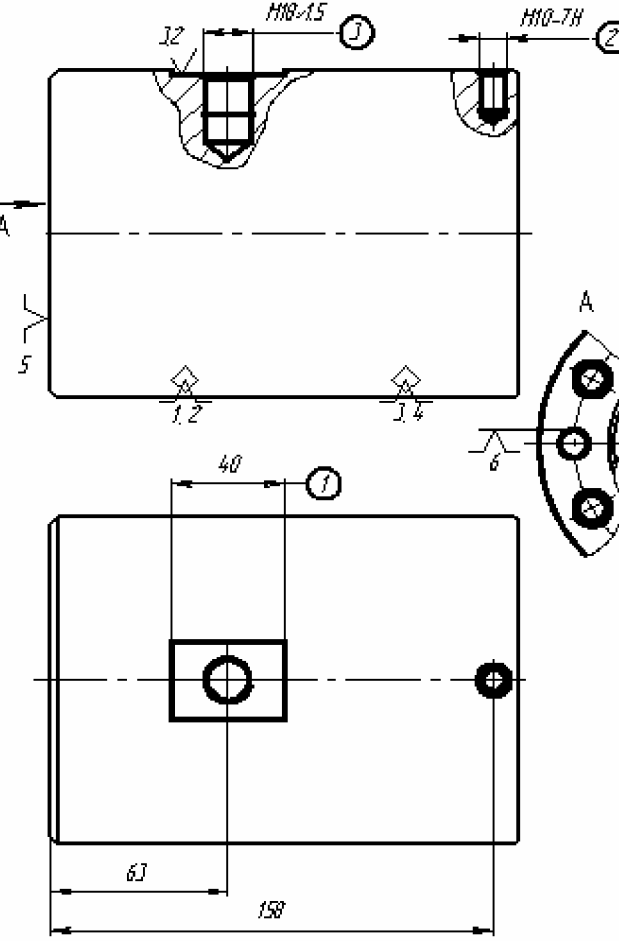
1.5.4 Розробка варіантів маршруту механічної обробки

Розглянемо перший варіант маршруту механічної обробки (таблиця 1.14).

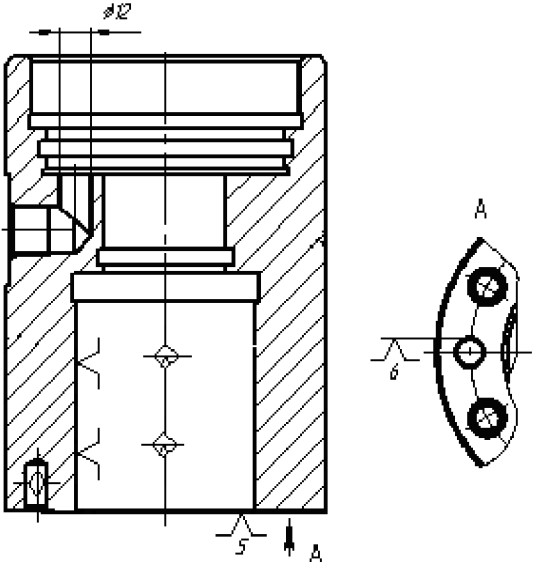
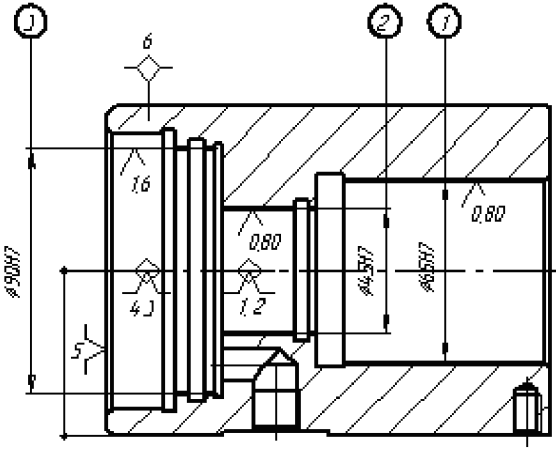
Таблиця 1.14 – Базовий маршрут механічної обробки

№	Операції, переходи	Ескізи базування	Назва виробку
005	<p>Точарно-револьверно з ЧК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Точити торець 1 однократно. 3. Точити фаску $3 \times 45^\circ$. Точити под. 2 на довжину 85 мм. 4. Центрувати отвір 3. 5. Свердлити отвір 5 $\phi 20$. 6. Точити фаску $2 \times 45^\circ$. Розточити отвори 3 та 4 попередньо. 7. Розточити канавки 6, ($\phi=10$), 7, ($\phi=6$). 8. Розточити под. 3 та 4 начиста. 9. Зняти заготовку. 		1В.34.0Ф.30
010	<p>Точарно-револьверно з ЧК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Підрізати торець 1 однократно, точити фаску. 3. Точити под. 2 на довжину 85 мм. 4. Точити под. 3 та 4 попередньо. 5. Розточити канавку 5, ($\phi=5$), 6, ($\phi=4,5$). 6. Розточити канавку 7, $\phi=2,5$. 7. Розточити под. 4 начиста. 8. Нарізати різьбу $M102 \times 1,5$. 9. Зняти заготовку. 		1В.34.0Ф.30

Продовження таблиці 1.14

№	Операції, переходи	Ескізи базування	Місце вер. мати
015	<p>Вертикально – свердильно з ЧК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Центрувати 7 отв. 3. Свердлити 7 отв $\phi 10,4$ під різь. 4. Нарізати різь 6 отв. M12-7H. 5. Зняти заготовку. 		2P135Ф2 слеу. пруст. в приєдн.
020	<p>Вертикально – свердильно з ЧК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати вистачку 1 в-40. 3. Центрувати отв. 2 та 3. 4. Свердлити отв. $\phi 8,4$ під різь 2. 5. Нарізати різь M10-7H. 6. Свердлити отв. $\phi 16,4$ під різь M18x1,5-7H. 7. Нарізати різь M18x1,5-7H. 8. Зняти заготовку. 		2P135Ф2 слеу. пруст. в приєдн.

Продовження таблиці 1.14

	Операції, переходи	Ескізи базування	Моделі верстатів
025	<p><u>Вертикальна – свердлильна</u> <u>з ЧК</u></p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Свердлити отвір $\phi 12$. 3. Зняти заготовку</p>		<p>2P135#2 УВТ.</p>
030	<p><u>Тарілка</u></p>		
025	<p><u>Внутрішня шліфувальна</u> <u>з ЧПК</u></p> <p><u>Установка 1</u></p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Шліфувати отвір $\phi 65$ H7. 3. Шліфувати отвір $\phi 45$ H7. 4. Зняти заготовку</p> <p><u>Установка 2</u></p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Шліфувати отвір $\phi 90$ H7. 3. Зняти заготовку</p>		<p>$\phi 2$ 3^x кулачковий латран</p>
040	<p><u>Контрольна</u></p>		

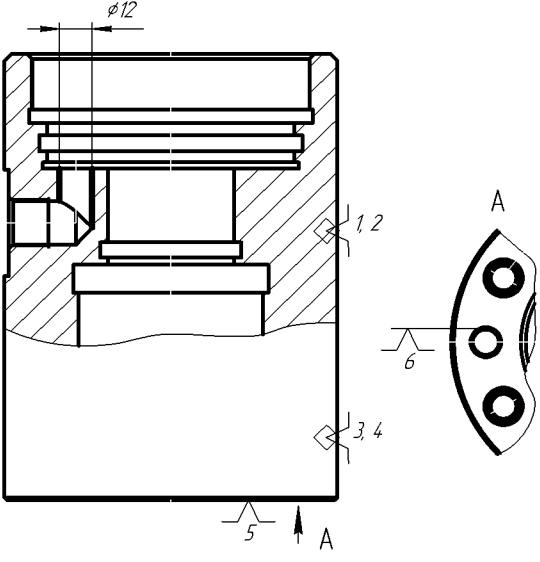
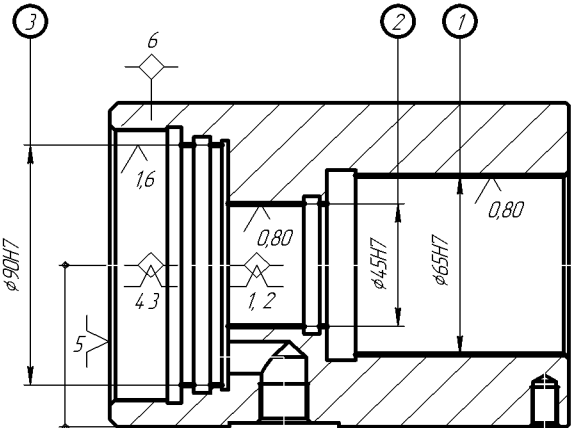
Таблиця 1.15– Модернізований маршрут механічної обробки

№	Операції, переходи	Ескізи базування	Моделі верстатів
005	<p>Багатоцільова з ЧК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Підрізати торець 1 однократно. 3. Точити фаску $3 \times 45^\circ$. Точити пов. 2 на довжину 85 мм. 4. Центрувати отвір 3. 5. Свердлити отв. 5 $\phi 20$. 6. Точити фаску $2 \times 45^\circ$. Розточити отвори 3 та 4 попередньо. 7. Розточити канавку 6, $v=10$. 8. Розточити канавку 7, $v=6$. 9. Розточити пов. 3 та 4 начисто. 10. Центрувати 7 отв. 8. 11. Свердлити 7 отв. $\phi 10,4$ під різь. 12. Нарізати різь 6 отв. M12-7H. 13. Центрувати отвір 9. 14. Свердлити отвір $\phi 8,4$ під різь. 15. Нарізати різь M10-7H. 16. Зняти заготовку. 		1П4.20ПФ30

Продовження таблиці 1.15

№	Операції, переходи	Ескізи базування	Моделі верстатів
010	<p>Токарно – револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Точити торець 1 однократно. 3. Точити фаску $3 \times 45^\circ$. Точити пов. 2 на довжину 85 мм. 4. Центрувати отвір 3. 5. Свердлими отв. 5 $\phi 20$. 6. Точити фаску $2 \times 45^\circ$. Розточити отвори 3 та 4 попередньо. 7. Розточити канавки 6, ($v=10$), 7, ($v=6$). 8. Розточити пов. 3 та 4 начисто. 9. Зняти заготовку. 		1В340Ф30
015	<p>Вертикально – свердлильна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати виточку 1 $v=40$. 3. Центрувати отв. 2. 4. Свердлими отв. $\phi 16.4$ під різь $M18 \times 1.5-7H$. 5. Нарізати різь $M18 \times 1.5-7H$. 6. Зняти заготовку. 		2Р135Ф2 спец. прист. в призмi.

Продовження таблиці 1.15

№	Операції, переходи	Ескізи базування	Моделі верстатів
025	<p><u>Вертикально – свердлильна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Свердлити отв. $\phi 12$. 3. Зняти заготовку. 		2P135 ϕ 2 ЧВП.
030	<u>Термічна</u>		
035	<p><u>Внутрішньошліфувальна Установ 1</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Шліфувати отвір $\phi 65$ H7. 3. Шліфувати отвір $\phi 45$ H7. 4. Зняти заготовку. <p><u>Установ 2</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Шліфувати отвір $\phi 90$ H7. 3. Зняти заготовку. 		3K227B 3 ^x кулачковий патрон
040	<u>Контрольна</u>		

1.5.5 Порівняння маршрутів механічної обробки та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат

Критерій вибору оптимального варіанта маршруту мех. обробки є мінімум зведених затрат (Сп.з.). Розглянемо лише операції токарних та свердлильних переходів, оскільки вони були змінені в результаті розробки другого варіанту маршруту механічної обробки. Визначаємо штучно-калькуляційний час [13] (табл.1.16).

Таблиця 1.16 – Визначення штучно-калькуляційного часу

Операції, переходи	$T_{шт} \cdot 10^{-3}$ хв.	ϕ	$T_{шк.}$ хв.
Варіант №1			
<u>005 Токарно револьверна з ЧПК</u>			
1. Точити торець 1 однократно.	$0.052(D^2-d^2)$	2.14	1.27
2. Точити пов. 2, $l=85$	$0.17d/l$	2.14	3.77
3. Центрувати отв. 3	$0.52d/l$	2.14	0.08
4. Свердлити отв. $\varnothing 20$.	$0.52d/l$	2.14	1.49
5. Розточити попередньо отв. 3,	$0.18d/l$	2.14	1.84
4.	$0.18d/l$	2.14	0.16
6. Розточити канавки $b=10$, $b=7$.	$0.20d/l$	2.14	1.86
Розточити начисто отв. 3, 4.			
			$T_{шк} = 10.44$ хв.
<u>010 Токарно револьверна з ЧПК</u>		Однакова з варіантом №2	
<u>015 Вертикально-свердлильна з ЧПК</u>			
1. Центрувати 7 отв.	$0.52d/l$	1.72	$7 \cdot 0.1 = 0.7$
2. Свердлити 7 отв. $\varnothing 10.4$.	$0.52d/l$	1.72	$7 \cdot 0.23 = 1.61$
3. Нарізати різьбу M12-7H	$0.4d/l$	1.72	$6 \cdot 0.28 = 1.68$
			$T_{шк} = 4.17$ хв.
<u>020 Вертикально-свердлильна з ЧПК</u>			
1. Центрувати отвір.	$0.52d/l$	1.72	0.1
2. Свердлити отв. $\varnothing 8.4$.	$0.52d/l$	1.72	0.23
3. Нарізати різь M10-7H.	$0.4d/l$	1.72	0.28
			$T_{шк} = 0.52$ хв.
Решта операцій однакова з варіантом №2.			

Продовження таблиці 1.16

Варіант №2			
<u>Ø10 Багатоцільова з ЧПК</u>			
1. Підрізати торець 1 однократно.	0,052(D ² -d ²) 0.17d/l	1.98 1.98	1.19 3.62
2. Точити пов. 2 , l=85	0.52d/l	1.98	0.08
3. Центрувати отв. 3.	0.52d/l	1.98	1.42
4. Свердлими отв. 5 Ø20.			
5. Розточити отвори 3 та 4 попередньо.	0.18d/l	1.98	1.76
6. Розточити канавку 6, b=10 та 7, b=6.	0.18d/l	1.98	0.16
7. Розточити отвори 3 та 4 остаточно.	0.19d/l 0.52d/l	1.98 1.98	1.82 0.08·7=0.48
8. Центрувати 7 отв. 8.	0.52d/l	1.98	0.21·7=1.47
9. Свердлими 7 отв. 8 Ø10.4.	0.4d/l	1.98	0.26·6=1.82
10. Нарізати різь М12-7Н.	0.52d/l	1.98	0.08
11. Центрувати отв. 9.	0.52d/l	1.98	0.21
12. Свердлими отв. 9 Ø8.4.	0.4d/l	1.98	0.26
13. Нарізати різь М10-7Н.			
			T _{шк} = 14.37 хв.
Решта операцій однакова з варіантом №1.			

Технологічна собівартість операцій мех. обробки:

$$C_o = \frac{C_{пв} \cdot T_{шк}}{60 \cdot K_B}, \text{ (грн)}. \quad (1.12)$$

Отже:

$$C_{0II} = \frac{470 \cdot 14.37}{60 \cdot 1.3} = 86.58 \text{ (грн)}. \quad C_{0I} = \frac{340 \cdot 10.44}{60 \cdot 1.3} = 45.6 \text{ (грн)}.$$

$$C_{0I} = \frac{320 \cdot 4.17}{60 \cdot 1.3} = 17.1 \text{ (грн)}. \quad C_{0II} = \frac{320 \cdot 0.52}{60 \cdot 1.3} = 2.14 \text{ (грн)}.$$

$$\Sigma C_{0I} = 45.6 + 17.1 = 62.7 \text{ (грн)}. \quad \Sigma C_{0II} = 86.58 + 2.14 = 88.72 \text{ (грн)}.$$

Висновок: Собівартість механічної обробки по варіанту №1 менша, ніж по варіанту №2, отже приймає для подальших розрахунків варіант №1.

1.5.6 Розмірний аналіз технологічного процесу

Вибір розташування технологічних розмірів. Розташування технологічних розмірів здійснюємо у послідовності, що відображає порядок обробки поверхонь деталі, вказаний попередньо в маршруті механічної обробки даної деталі. Вказане розташування технологічних розмірів у відповідності з порядком обробки деталі.

У відповідності з механічною обробкою деталі та параметрами точності (квалітетами), допуски на технологічні розміри та розміри заготовки за необхідними даними мають значення, представлені у табл. 1.17.

Таблиця 1.17 – Значення допусків технологічних розмірів

Технологічні розміри	З ₁	В ₁	В ₂	В ₃	В ₄	В ₅	В ₆	В ₇	В ₈
Квалітет	1.8	0.4	0.2	0.35	0.22	0.2	0.35	0.2	0.2
Допуск, мм	15	12	12	12	12	12	12	12	14
Технологічні розміри	В ₉	В ₁₀	В ₁₁	В ₁₂	В ₁₂	В ₁₄	В ₁₅	В ₁₆	В ₁₇
Квалітет	0.2	0.2	0.35	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2
Допуск, мм	14	10	12	12	12	14	12	14	14

Розроблено розмірну схему технологічного процесу, яка представлена на рис. 1.15.

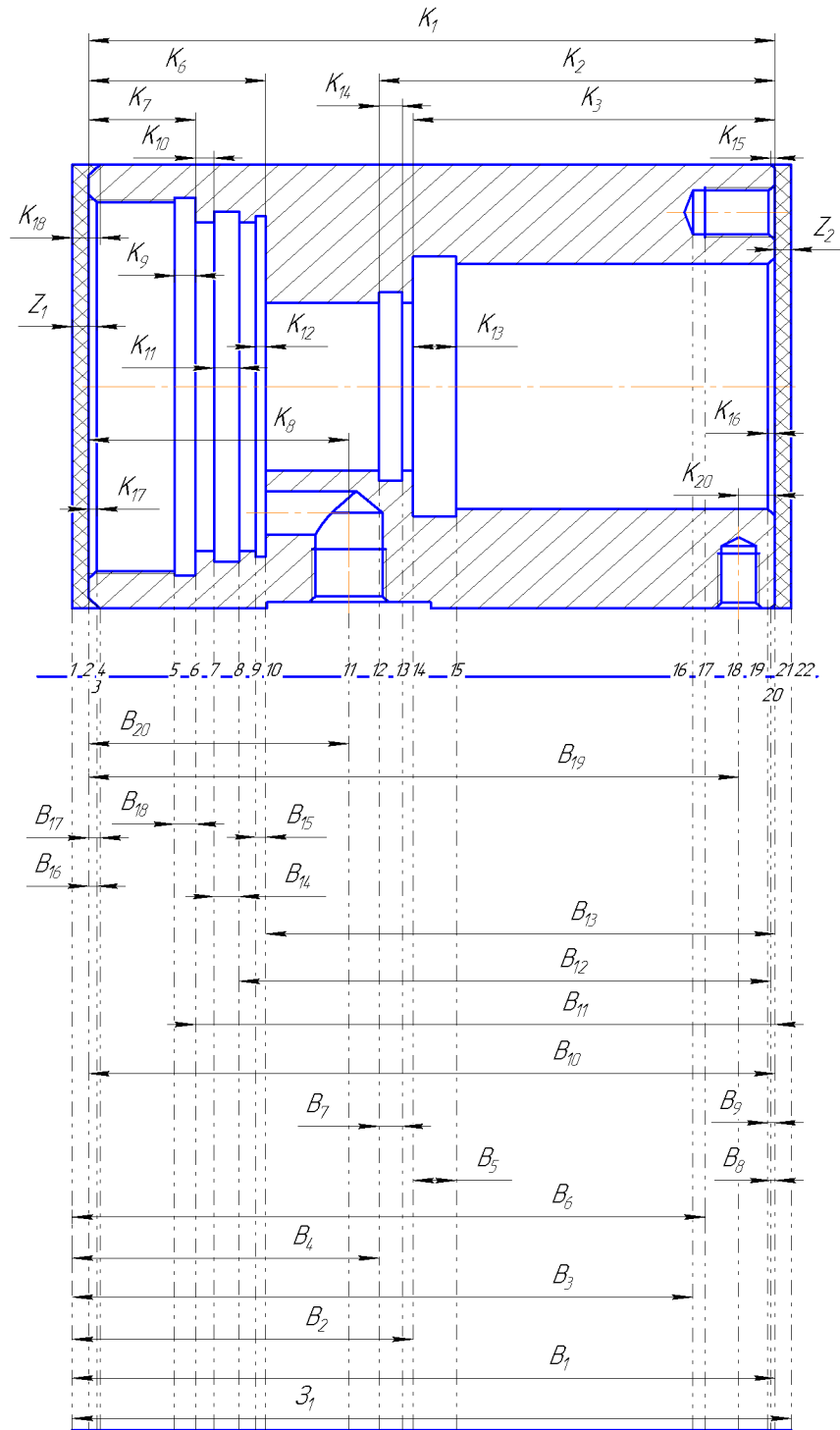


Рисунок 1.16 – Розмірна схема технологічного процесу

Один із етапів розмірного аналізу є виявлення технологічних розмірних ланцюгів за допомогою графів. Теорія графів - одна з математичних дисциплін, яка вивчає складні структури і системи, що складаються з багатьох елементів і зв'язків між ними. Деталь у процесі її виготовлення можна розглядати як

геометричну структуру. Яка складається з багатьох поверхонь та зв'язків (розмірів) між ними. Тому таку структуру доцільно вивчати за допомогою графів. На рис. 1.17-1.19 представлено похідний, вихідний та суміщений граф-деревя.

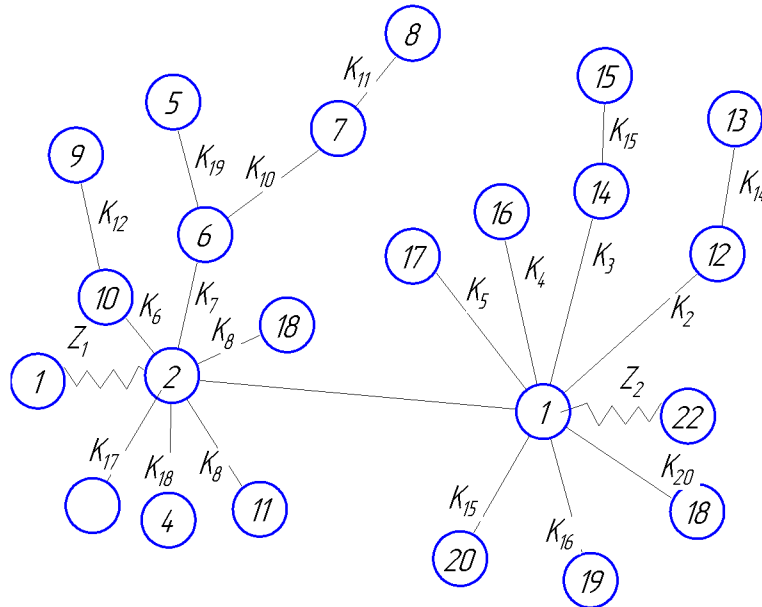


Рисунок 1.17 – Похідний граф-деревя

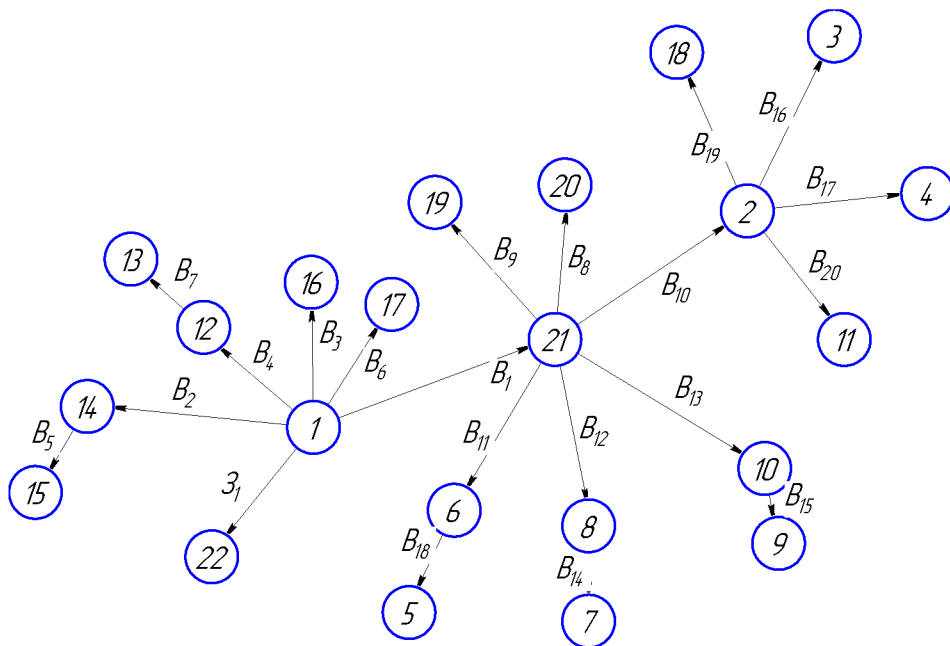


Рисунок 1.18 – Вихідний граф-деревя

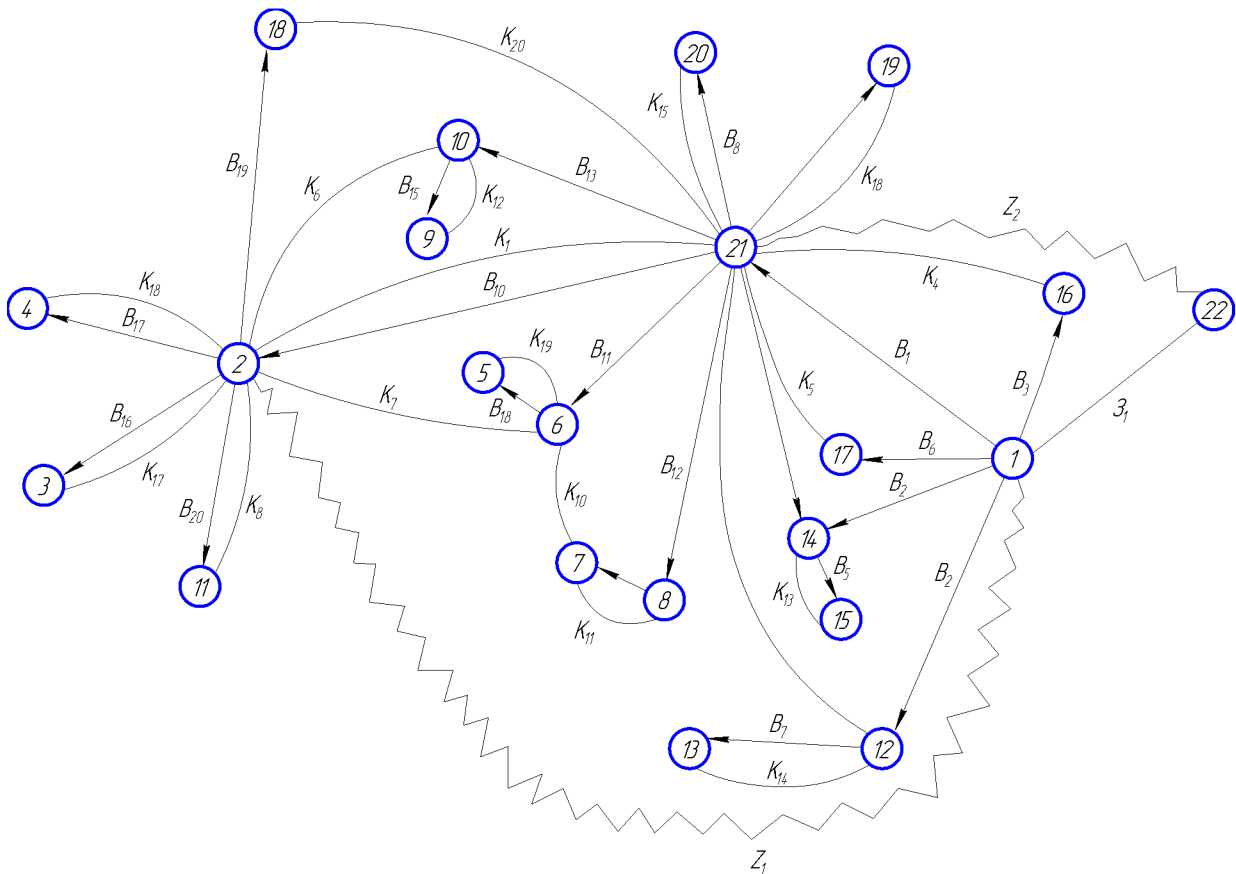


Рисунок 1.19 – Суміщений граф-дерево

Якщо тепер обидва дерева сумістити, то такий суміщений граф дає змогу в закодованій формі представити геометричну структуру технологічного процесу обробки деталі. В такому графі всі розмірні зв'язки та технологічні розмірні ланцюги з неявних перетворюються на явні. З'являється можливість не звертатися до креслення, а використовуючи лише ту інформацію яку несе граф, проводити всі необхідні розрахунки і дослідження. Будь-який замкнутий контур на суміщеному графі, що складається з ребер вихідного та технологічного дерева, створює технологічний розмірний ланцюг.

Правильність побудови граф-дерев, показаних на рисунках 1.17-1.19 кожного дерева перевірена за такими ознаками [4]:

- число вершин у кожного дерева дорівнює числу поверхонь на розмірній схемі технологічного процесу;
- число ребер у кожного дерева дорівнює числу вершин зменшеному на одиницю;

- до кожної вершини похідного дерева, крім кореневої, підходить лише одна стрілка орієнтованого ребра, а до кореневої вершини – жодної;
- дерева не мають замкнених контурів та розривів.

Складено рівняння технологічних розмірних ланцюгів, що представлені у табл. 1.18.

Таблиця 1.18 – Рівняння технологічних розмірів ланцюгів

п/п	Розрахункові рівняння	Визідні рівняння	Ланка, що визначається
1	$-K_1 + B_{10} = 0$	$K_1 = B_{10}$	B10
2	$-B_{10} + B_{19} + K_{20} = 0$	$K_{20} = B_{10} - B_{19}$	B19
3	$-K_8 + B_{20} = 0$	$K_8 = B_{20}$	B20
4	$-K_{11} + B_{14} = 0$	$K_{11} = B_{14}$	B14
5	$-K_{11} + B_{15} = 0$	$K_{11} = B_{15}$	B15
6	$-K_{18} + B_{17} = 0$	$K_{18} = B_{17}$	B17
7	$-K_{17} + B_{18} = 0$	$K_{17} = B_{18}$	B18
8	$-B_{10} + B_{13} + K_6 = 0$	$K_6 = B_{10} - B_{13}$	B13
9	$-B_{10} + B_{11} + K_7 = 0$	$K_7 = B_{10} - B_{11}$	B11
10	$-B_1 + B_{10} + Z_1 = 0$	$Z_1 = B_1 - B_{10}$	B1
11	$-B_{11} + B_{12} + B_{14} + K_{10} = 0$	$K_{10} = B_{11} - B_{12} - B_{14}$	B12
12	$-K_{14} + B_7 = 0$	$K_{14} = B_7$	B7
13	$-K_{13} + B_5 = 0$	$K_{13} = B_5$	B5
14	$-B_1 + B_4 + K_2 = 0$	$K_2 = B_1 - B_4$	B4
15	$-B_1 + B_6 + K_5 = 0$	$K_5 = B_1 - B_6$	B6
16	$-B_1 + B_3 + K_4 = 0$	$K_4 = B_1 - B_3$	B3
17	$-B_1 + B_2 + K_3 = 0$	$K_3 = B_1 - B_2$	B2
18	$-Z_1 + B_1 + Z_2 = 0$	$Z_2 = Z_1 - B_1$	B1

Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь (за нормативами)

Для розв'язання рівнянь розмірних ланцюгів необхідно знати величини проміжних припусків на механічну обробку плоских поверхонь. Для скорочення

часу визначимо припуски за таблицями, які є в [5]. Таким чином, знаходимо значення мінімальних припусків і записуємо їх в таблицю 1.19.

Таблиця 1.19 – Мінімальні проміжні припуски на обробку плоских поверхонь

Припуски	Z_1	Z_2
Z_{\min}	3,2	3,2

Розрахунок технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків; корекція допусків технологічних розмірів.

Послідовно, починаючи з рівняння 1, з використанням методу максимуму-мінімуму розв'язуємо пряму задачу розрахунку розмірних ланцюгів, а саме виходячи із відомих значень вихідних ланок, мінімальних припусків і конструкторських розмірів, знаходимо значення складових ланок – технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки.

1. $K_1 = B_{10}$; $B_{10} = K_1 = 165 \pm 0.1$ допуск 0,1 (мм).

2. $K_{20}^{\min} = B_{10}^{\min} - B_{19}^{\max}$;

$$B_{19}^{\max} = B_{10}^{\min} - K_{20}^{\min} = 164.9 - 8.9 = 156 \text{ (мм)};$$

$$B_{19}^{\min} = 156 - 0.35 = 155.65 \text{ (мм)};$$

Перевірка: $K_{20}^{\max} = B_{10}^{\max} - B_{19}^{\min} = 165.1 - 155.65 = 9.45 > [9.2]$;

$$B_{19}^{\min} = B_{10}^{\max} - K_{20}^{\max} = 165.1 - 9.2 = 155.9 \text{ (мм)};$$

Допуск: $156 - 155.9 = 0.1$; $B_{19} = 156_{-0.1}$ (мм).

3. $K_8 = B_{20}$; $B_{20} = K_8 = 63 \pm 0.25$ доп 0,5 (мм);

4. $K_{11} = B_{14}$; $B_{14} = K_{11} = 6 \pm 0.1$ доп 0,2 (мм);

5. $K_{12} = B_{15}$; $B_{15} = K_{12} = 2.5^{+0.1}$ доп 0,1 (мм);

6. $K_{18} = B_{17}$; $B_{17} = K_{18} = 3 \pm 0.1$ доп 0,2 (мм);

7. $K_{17} = B_{16}$; $B_{16} = K_{17} = 2 \pm 0.1$; доп 0,2 (мм);

8. $K_6^{\min} = B_{10}^{\min} - B_{13}^{\max}$;

$$B_{13}^{\max} = B_{10}^{\min} - K_6^{\min} = 164.9 - 43 = 121.9 \text{ (мм)};$$

$$B_{13}^{\min} = 121.9 - 0.3 = 121.6 \text{ (мм)};$$

$$K_6^{\max} = B_{10}^{\max} - B_{13}^{\min} = 165.1 - 121.6 = 43.5 > [43.30]$$

$$B_{13}^{\min} = B_{10}^{\max} - K_6^{\max} = 165.1 - 43.20 = 121,8 \text{ (мм)};$$

$$\text{Допуск: } 121.9 - 121.8 = 0,1; B_{13} = 121.9_{-0.1} \text{ (мм)}.$$

$$9. K_7^{\min} = B_{10}^{\min} - B_{11}^{\max};$$

$$B_{11}^{\max} = B_{10}^{\min} + K_7^{\min} = 164.9 - 26 = 138,9 \text{ (мм)};$$

$$B_{11}^{\min} = 138.9 - 0.35 = 138,9 \text{ (мм)};$$

$$K_7^{\max} = B_{10}^{\max} - B_{11}^{\min} = 165.1 - 138.55 = 26.55 > [43/30]$$

$$B_{11}^{\min} = B_{10}^{\max} - K_7^{\max} = 165.1 - 138.55 = 121,8 \text{ (мм)};$$

$$\text{Допуск: } 138.9 - 138.8 = 0.1; B_{11} = 121,9_{-0.1} \text{ (мм)}.$$

$$10. K_{10}^{\min} = B_{11}^{\min} - B_{12}^{\max} - B_{14}^{\max}$$

$$B_{12}^{\max} = B_{11}^{\min} - B_{14}^{\max} - K_{10}^{\min} = 138.8 - 6.1 - 4.4 = 128,3 \text{ (мм)}.$$

$$B_{12}^{\min} = 128.3 - 0.3 = 128 \text{ (мм)}$$

$$K_{10}^{\max} = B_{11}^{\max} - B_{12}^{\min} - B_{14}^{\min} = 138.9 - 128 - 5.9 = 5 > [4.7]$$

$$B_{12}^{\min} = B_{11}^{\max} - B_{14}^{\min} - K_{10}^{\max} = 138.9 - 5.9 - 4.7 = 128,2 \text{ (мм)}.$$

$$B_{12} = 128.3_{-0.1} \text{ (мм)}.$$

$$11. Z_1^{\min} = B_1^{\min} - B_{10}^{\max};$$

$$B_1^{\min} = B_{10}^{\max} + Z_1^{\min} = 165.1 + 3.2 = 168,2 \text{ (мм)};$$

$$B_1^{\max} = 168.2 + 0.35 = 168,55 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 168.55_{-0.35} \text{ (мм)}.$$

$$Z_1^{\max} = B_1^{\max} - B_{10}^{\min} = 168.55 - 164.9 = 3,65 \text{ (мм)};$$

$$12. K_{14} = B_7; B_7 = K_{14} = 6^{+0.2} \text{ доп } 0,2 \text{ (мм)};$$

$$13. K_{13} = B_5; B_5 = K_{13} = 10^{+0.2} \text{ доп } 0,1 \text{ (мм)};$$

$$14. K_2^{\min} = B_1^{\min} - B_4^{\max}$$

$$B_4^{\max} = B_1^{\min} - K_2^{\min} = 168.2 - 96.8 = 72,4 \text{ (мм)};$$

$$B_4^{\min} = 72.4 - 0.2 = 72,2 \text{ (мм)};$$

$$K_2^{\max} = B_1^{\max} - B_4^{\min} = 168.55 - 72.2 = 96.35 > [96.25]$$

$$B_4^{\min} = B_1^{\max} - K_2^{\max} = 168.55 - 96.25 = 72,3 \text{ (мм)};$$

$$\text{Допуск } 72.4 - 72.3 = 0,1 \text{ (мм)};$$

$$B_4 = 72.4_{-0.1} \text{ (мм)}.$$

$$15. K_5^{\min} = B_1^{\min} - B_6^{\max}$$

$$B_6^{\max} = B_1^{\min} - K_5^{\min} = 168.2 - 16.85 = 151,35 \text{ (мм)};$$

$$B_6^{\min} = 151.35 - 0.35 = 151 \text{ (мм)};$$

$$K_5^{\max} = B_1^{\max} - B_6^{\min} = 168.55 - 151 = 17.55 > [17.15]$$

$$B_6^{\min} = B_1^{\max} - K_5^{\max} = 168.55 - 17.25 = 151,3 \text{ (мм)};$$

$$\text{Допуск } 151.35 - 151.3 = 0,05 \text{ (мм)}$$

$$B_4 = 151.35_{-0.05} \text{ (мм)}.$$

$$16. K_4^{\min} = B_1^{\min} - B_3^{\max}$$

$$B_3^{\max} = B_1^{\min} - K_4^{\min} = 168.2 - 19.85 = 148,35 \text{ (мм)};$$

$$B_3^{\min} = 148.35 - 0.35 = 148 \text{ (мм)};$$

$$K_4^{\max} = B_1^{\max} - B_3^{\min} = 168.55 - 148 = 20.55 > [20.25]$$

$$B_3^{\min} = B_1^{\max} - K_4^{\max} = 168.55 - 20.25 = 140,3 \text{ (мм)};$$

$$\text{Допуск } 148.35 - 148.3 = 0,05 \text{ (мм)};$$

$$B_3 = 148,35_{-0.05} \text{ (мм)}.$$

$$17. K_3^{\min} = B_1^{\min} - B_2^{\max}$$

$$B_2^{\max} = B_1^{\min} - K_3^{\min} = 168.2 - 88 = 80,2 \text{ (мм)};$$

$$B_2^{\min} = 80.2 - 0.2 = 80 \text{ (мм)};$$

$$K_3^{\max} = B_1^{\max} - B_2^{\min} = 168.55 - 80 = 88.45 > [88.25]$$

$$B_2^{\min} = B_1^{\max} - K_3^{\max} = 168.45 - 88.35 = 80,1 \text{ (мм)};$$

$$\text{Допуск } 80.2 - 80.1 = 0,1 \text{ (мм)};$$

$$B_4 = 80.2_{-0.1} \text{ (мм)}.$$

$$18. Z_2^{\min} = Z_1^{\min} - B_1^{\min};$$

$$Z_1^{\min} = B_1^{\max} + Z_2^{\min} = 168.55 + 3.2 = 172,75 \text{ (мм)};$$

$$Z_1^{\max} = 171.75 - 1.8 = 173,55 \text{ (мм)};$$

$$Z_1 = 173.55_{-1,8} \text{ (мм)};$$

$$Z_2^{\max} = Z_1^{\max} - B_1^{\min} = 173.55 - 168.2 = 5,35 \text{ (мм)}.$$

1.5.7 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 90H7$

Обробка проводиться в цанговому патроні. Маршрут механічної обробки: свердління, розточування чорнове, розточування чистове, шліфування. Для зовнішніх і внутрішніх поверхонь мінімальний припуск визначаємо за формулою:

$$2Z_{1\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), [\text{мкм}] \quad (1.13)$$

де R_Z – висота мікро нерівностей, мкм; ρ – сума просторових відхилень, мкм; T – глибина дефективного шару, мкм; ε_i – похибка установки.

Заготовка прокат-свердління, отв. $\varnothing 20$, розсвердлювання

Сумарне значення просторових відхилень при свердлінні:

$$\rho = \sqrt{C_0^2 + (\Delta y \cdot l)^2}, [\text{мкм}] \quad (1.14)$$

де Δy – питомий ввід свердла $\Delta y = 0.7 \frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$ [3 стр. 71]; C_0 – зміщення отвору при свердлінні, $C_0 = 30$ мкм;

$$\rho_0 = \sqrt{30^2 + (0.7 \cdot 167)^2} = 125 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_1 = \kappa_y \cdot \rho_0 = 0.06 \cdot 125 = 15 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = \kappa_y \cdot \rho_0 = 0.05 \cdot 125 = 10 \text{ (мкм)}.$$

Визначимо похибку установки заготовки

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, [\text{мкм}] \quad (1.15)$$

де ε_6 – похибка базування для діаметральних розмірів $\varepsilon_{690}=0$; ε_3 – похибка закріплення в пристосуванні, [13].

$$\varepsilon_{y1} = \sqrt{q_{pad}^2 \cdot q_{oc}^2} = \sqrt{320^2 + 110^2} = 335 \text{ (мкм)};$$

$$\varepsilon_{y2} = 0,06 \cdot \varepsilon_{y1} + \varepsilon_{инд} = 0.06 \cdot 335 + 0 = 20 \text{ (мм)};$$

$$\varepsilon_{y3} = 0,05 \cdot \varepsilon_{y1} = 0.05 \cdot 335 = 15 \text{ (мкм)}.$$

Дані розрахунків заносимо в табл. 1.20.

Таблиця 1.20 – Припуски на обробку отвору $\varnothing 90H7^{(+0,035)}$

Маршрут обробки	Елементи припуски				Розрахункові розміри		Допуск, мкм	Прийняті розміри		Граничні припуски	
	R _z	T	ρ	ε _i	2Z _{min}	D _{max}		D _{max}	D _{min}	Z _{max}	Z _{min}
Заготовка $\varnothing 84.8^{+0.36}$	2400		125	-	-	85.16 (88.7)	360	85.16	84.8	-	-
Розточування попереднє	50	50	15	335	920	89.625	320	89.62	89.3	4.46	4.5
Розточування остаточне	20	25	10	20	250	89.875	90	89.87	89.78	0.25	0.48
Шліфування	10	20	-	15	160	90.035	35	90.035	90.00	0.165	0.22
									Σ	4.875	5.2

Визначимо мінімальні припуски:

$$2Z_{1min} = 2(40 + 60\sqrt{125^2 + 335^2}) = 920 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{2min} = 2(50 + 50 + \sqrt{15^2 + 20^2}) = 250 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{3min} = 2(30 + 30 + \sqrt{10^2 + 15^2}) = 160 \text{ (мкм)};$$

Визначимо найбільші технологічні розміри:

$$90.035 - 0.16 = 89.875 \text{ (мм);}$$

$$89.78 - 0.25 = 89.625 \text{ (мм);}$$

$$89.625 - 0.92 = 88.705 \text{ (мм);}$$

Визначимо найменші технологічні розміри:

$$90.035 - 0.035 = 90.20 \text{ (мм);}$$

$$89.87 - 0.09 = 89.75 \text{ (мм);}$$

$$89.62 - 0.32 = 89.30 \text{ (мм);}$$

Заготовка $8516 - 0.36 = 84.8$ (мм);

Максимальні припуски (Z_{\max}):

$$90.00 - 89.78 = 0.22 \text{ (мм);}$$

$$89.78 - 89.3 = 0.48 \text{ (мм);}$$

$$89.3 - 84.8 = 4.5 \text{ (мм);}$$

$$Z_{0\max} = 5.2 \text{ (мм).}$$

Мінімальні припуски (Z_{\min}):

$$90.035 - 89.87 = 0,165 \text{ (мм);}$$

$$89.87 - 89.62 = 0,25 \text{ (мм);}$$

$$89.62 - 85.16 = 4.46 \text{ (мм);}$$

$$Z_{0\min} = 4.875 \text{ (мм).}$$

Перевірка:

$$T_{\text{зар}} - T_{\text{дет}} = 1.36 - 0.035 = 0.325 \text{ (мм);}$$

$$Z_{0\max} - Z_{0\min} = 5.2 - 4.875 = 0.3225 \text{ (мм)}.$$

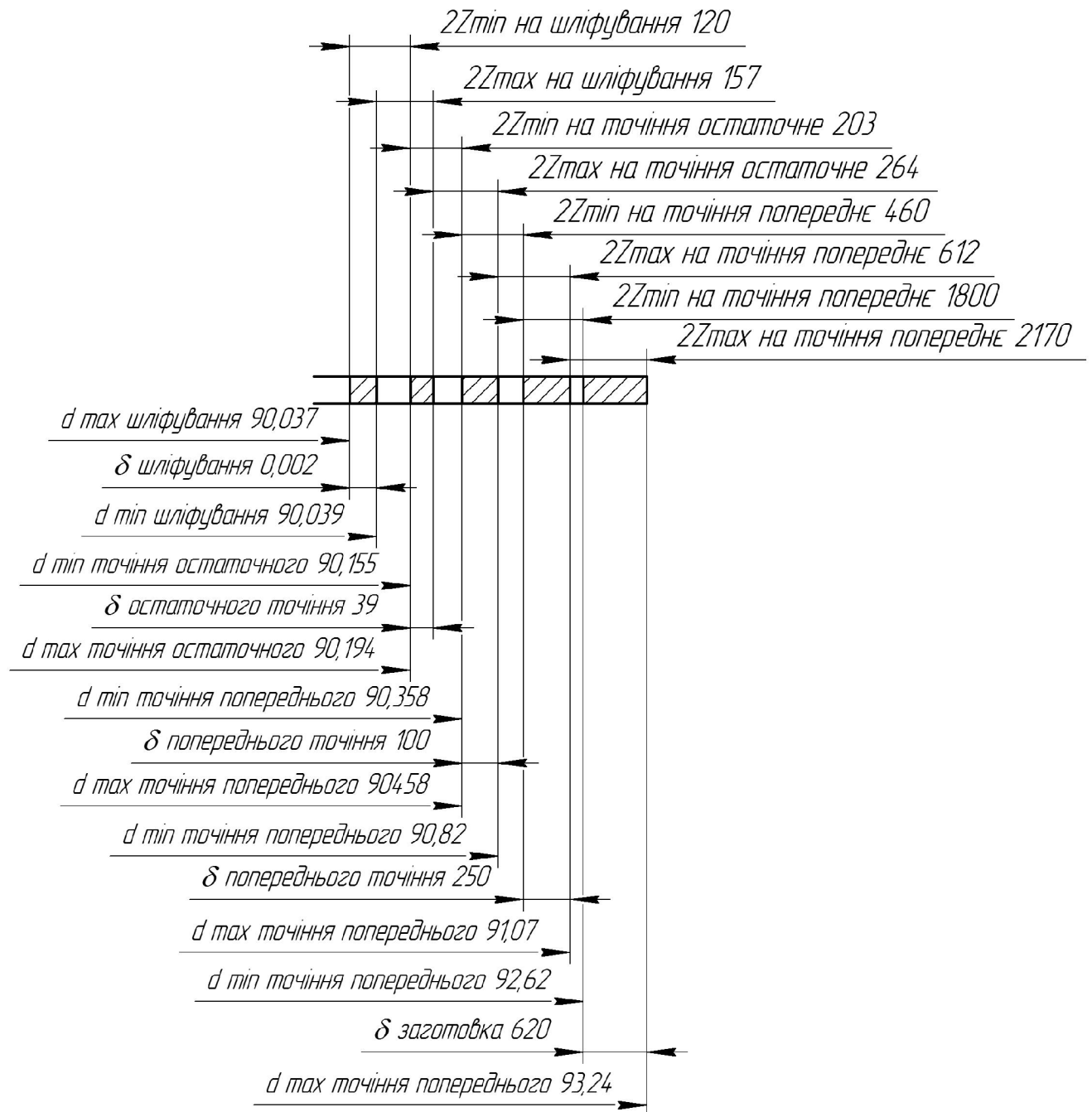


Рисунок 1.20 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 90\text{H}7$

Мінімальні проміжні припуски на обробку інших циліндричних поверхонь деталі вибираються за допомогою дослідно-статистичного (нормативного) методу

за допомогою літератури [13]. Вибрані значення мінімальних припусків, розрахунковий розмір, допуски і граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, граничні значення припусків запишемо у таблицю 1.21.

Таблиця 1.21 – Визначення проміжних припусків

Поверхні	$2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір	Допуск, мм	Проміжні розміри і допуск., мм
$\varnothing 38H14(+0.24)$				
Заготовка $\varnothing 65H7(+0.03)$	-	-	0.46	$\varnothing 59.8(+0.46)$
Розточування чорнове	2·1.6	63.03	0.32	$\varnothing 63.03^{+0.32}$
Розточування чистове	2·0.8	64.63	0,12	$\varnothing 64.63^{+0.12}$
Шліфування	2·0.2	65.0.3	0.03	$\varnothing 65^{+0.03}$
$\varnothing 45H7(+0.021)$				
Свердління $\varnothing 39.8^{+0.36}$	-	-	0.36	$\varnothing 39.8^{+0.36}$
Розточування чорнове	2·1,6	43.021	0,32	$\varnothing 43.02^{+0.32}$
Розточування чистове	2·0,8	44,621	0,12	$\varnothing 44.62^{+0.12}$
Шліфування	2·0.2	45.0.21	0.021	$\varnothing 45^{+0.021}$

1.5.8 Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання для операції обробки отвору. Операція 005 – Свердління і чистове розвертування отвору. Матеріал – СЧ 18 ГОСТ 1412-85. Точність обробки - $\varnothing 13$. Шорсткість - $R_a = 6,3$. Модель верстата – 6P13Ф3.

Діаметри оброблюваного отвору при:

- чистовому розвертуванні – $D = 13$ мм.
- свердлінні – $D = 12$ мм.

Аналітичний розрахунок режимів різання для свердління отвору розпочинається із визначення глибини різання, яка рівна половині діаметру отвору, який свердлиться і в даному випадку складає 6 мм.

Свердло вибираємо по ГОСТ 10903-77. Форма заточки інструмента – нормальна.

Подачу рекомендують приймати в межах від 0,3 до 0,41 мм/об при заданих умовах обробки. Приймаємо подачу рівною 0,3 мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v, \text{ [м/хв]} \quad (1.16)$$

де T - стійкість інструменту, 60 хв;

C_v, x_v, y_v, m, q_v – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання. Згідно з [13] вони рівні:

$$C_v=32,2; x_v=0; y_v=0,3; m=0,3, q_v=0.45.$$

K_v – загальний поправочний коефіцієнт, який є добутком цілого ряду коефіцієнтів, які враховують реальні умови механічної обробки:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} \quad (1.17)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

K_{Mv} – якість оброблюваної поверхні, 1,07;

K_{uv} – матеріал ріжучої частини, 0,83 (ВК:);

K_{lv} – глибину отвору, що свердлиється, 1.

Отже загальний поправочний коефіцієнт: $K = 1,07 \cdot 0,83 \cdot 1 = 0,888$

Швидкість різання:

$$V = \frac{32,2 \cdot 12^{0,45}}{60^{0,23} \cdot 6^{0,3}} \cdot 0,888 = 21 \text{ (м/хв)}.$$

Круний момент при свердлінні розраховується за формулою:

$$M = C_M D^{q_M} S^{y_M} K_p, [\text{H} \cdot \text{м}] \quad (1.18)$$

де C_M , q_M , x_M , y_M – коефіцієнти і показники степені для розрахунку крутного моменту при свердлінні. Вони рівні:

$$C_M=0,012; q_M=2,2; x_M=0; y_M=0,8.$$

Коефіцієнт K_p рівен коефіцієнтові K_{mp} і рівен одиниці. З урахуванням цього крутний момент:

$$M = 0,012 \cdot 12^{2,2} \cdot 0,3^{0,8} \cdot 0,88 = 3,62 \text{ (H} \cdot \text{м)}.$$

Осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

$$P_o = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p, [\text{H}] \quad (1.19)$$

де C_p , q_p , x_p , y_p – коефіцієнти і показники степені для розрахунку осьової сили при свердлінні. Вони рівні:

$$C_p=42; q_p=2,2; x_p=0; y_p=0,75.$$

З урахуванням цього осьова сила:

$$P_o = 42 \cdot 12^{2,2} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 0,888 = 565,3 \text{ (H)}$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = M \cdot n / 975, [\text{кВт}] \quad (1.20)$$

де n – число обертів інструмента, що становить:

$$n = 1000 \cdot 21/3,14 \cdot 18,8 = 355 \text{ (об/хв)}.$$

Потужність:

$$N = 3,62 \cdot 355/975 = 1,32 \text{ (кВт)}.$$

Як і в попередньому випадку аналітичний розрахунок режимів різання для розвертування отвору розпочинається із визначення глибини різання, яка рівна половині різниці діаметрів отримуваного і попереднього отворів і в даному випадку складає $(13 - 12)/2 = 0,5$ мм.

подачу рекомендують приймати в межах від 1 до 1,8 мм/об при заданих умовах обробки. Приймаємо подачу рівною 1,1 мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V := \frac{C_v \cdot D^{q_v} \cdot K_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}}, \text{ [м/хв]} \quad (1.21)$$

де T - стійкість інструменту, 60 хв;

C_v, x_v, y_v, m, q_v – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання. Згідно з [13] вони рівні

:

$$C_v=15,6; x_v=0,1; y_v=0,5; m=0,45, q_v=0.2.$$

K_v – загальний поправочний коефіцієнт, який є добутком цілого ряду коефіцієнтів, які враховують реальні умови механічної обробки:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} = 1,073 \cdot 0,83 \cdot 1 = 0,89.$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

K_{Mv} -якість оброблюваної поверхні, 1,073;

K_{uv} – матеріал ріжучої частини, 0,83 (ВК:);

K_{lv} –глибину отвору, що свердлиться, 1.

Отже загальний поправочний коефіцієнт:

Швидкість різання:

$$V = \frac{15.6 \cdot 13^{0.2}}{60^{0.45} \cdot 0.5^{0.1} \cdot 1.1^{0.5}} \cdot 0.89 = 9 \text{ (м/хв)}.$$

Круний момент при свердлінні розраховується за формулою:

$$M = \frac{C_m \cdot D \cdot S_z^{y_m} \cdot t^{x_m} K_p \cdot z}{2 \cdot 100} = \frac{0.085 \cdot 13 \cdot 1.1^{0.8} \cdot 0.5^{0.75} \cdot 0.89 \cdot 8}{2 \cdot 100} = 18.2 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

де C_m , q_m , x_m , y_m – коефіцієнти і показники степені для розрахунку крутного моменту при свердлінні. Вони рівні:

$$C_m=0,085; q_m=1,0; x_m=0,75; y_m=0,8.$$

$z=8$ – кількість зубців розвертки, $S_z = 0,188$ – подача на зуб.

Осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

$$P_o = C_p \cdot S_z^{y_p} \cdot t^{x_p} \cdot K_p \cdot z, \text{ [Н]} \quad (1.22)$$

де C_m , q_m , x_m , y_m – коефіцієнти і показники степені для розрахунку осьової сили при свердлінні. Вони рівні:

$$C_p = 23,5; x_p = 1,2; y_p = 0,4.$$

З урахуванням цього осьова сила:

$$P_o = 23,5 \cdot 1,1^{0,4} \cdot 0,5^{1,2} \cdot 0,89 \cdot 8 = 279 \text{ (Н)}.$$

Число обертів інструмента, що становить:

$$n = 1000 \cdot 9/3,14 \cdot 19,9 = 125 \text{ (об/хв)}.$$

Потужність:

$$N = N = M \cdot n / 975 = 18,25 \cdot 125 / 975 = 2,34 \text{ (кВт)}.$$

Режими різання для інших операцій визначаємо аналогічно.

Дані розрахунків записуємо в табл. 1.22.

Таблиця 1.22 – Розрахунок режимів різання

Операції, переходи	Розрахункові розміри		припуск	Режими різання			T _{вс} , хв.	T _о , хв.
	Д/В	L _{р.х}		S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв		
005 Токарно револьверна з ЧПК								
1. Підрізати торець 1 попередньо	Ø125	68	2.5	0.25	98.1	250	0.32	1.08
2. Точити пов. 2, l=85 мм	Ø122	88	1.25	0.25	95.7	250		1.41
3. Центрувати отв. 3	Ø4	10	2.0	0.15	6.2	500		0.08
4. Свердлити отв. Ø20	Ø20	175	10	0.20	25.1	700		2.2
5. Розточити попередньо отв. 3, 4	Ø62.5	133	15	0.25	49.1	250		2.12
6. Розточити канавки 6 .	b=10	8	2.5	0.2	54.9	250		0.06
7. Розточити канавки 7 .	b=6	8	2.5	0.2	40.4	250		0.06
8. Розточити пов. 3, 4 начисто.	Ø64.6	133	0.9	0.2	63.8	315		2.1
								9.11

Продовження таблиці 1.22

010 Токарно револьверна з ЧПК								
1. Підрізати торець 1 однократно	Ø125	68	0.25	0.25	98.1	250	0.28	1.08
2. Точити пов. 2 l=85 мм	Ø122	88	0.25	0.25	95.7	250		1.41
3. Розточити попередньо 3 , 4	Ø95.8	46	0.25	0.25	75.2	250		5.6
4. Розточити канавку 5	b=5	10	0.2	0.2	80.8	250		0.06
5. Розточити канавку 6	b=4.5	10	0.2	0.2	75.3	250		0.06
6. Розточити канавку 7	b=2.5	10	0.2	0.2	73.1	250		0.06
7. Розточити начисто пов. 4	Ø89.6	28	0.2	0.2	88.6	315		0.44
8. Нарізати різьбу M102×1.5	M102	30	1.5	1.5	28.8	90		0.45
								9.1
015 Вертикально-свердлильна з ЧПК								
1. Центрувати 7 отв.	Ø4	10	2.0	0.15	6.2	500	0.28	0.77
2. Свердлити 7 отв. Ø10.4.	Ø10.4	23	5.2	0.15	16.3	500		1.8
3. Нарізати різьбу M12-7H	M12	22	-	0.15	3.4	90		1.68
								4.25
020 Вертикально-свердлильна з ЧПК								
1. Фрезерувати виточку b=40	b=40	30	6.0	0.16	31.4	250	0.28	0.18
2. Центрувати 2 отв.	Ø4	10	2.0	0.15	6.2	500		0.11
3. Свердлити отв. Ø8.4.	Ø8.4	22	4.2	0.15	13.1	500		0.29
4. Нарізати різь M10-7H.	M10	20	-	1.0	2.8	90		0.41
5. Свердлити отв. Ø16.4	Ø16.4	25	8.2	0.15	18.1	350		0.47
6. Нарізати різьбу M18×1.5	M18	20	-	1.5	5.1	90		0.28
								1.47
0.25 Внутрішньошліфувальна								
Установ А								
1. Шліфувати отв. Ø65H7	Ø65	90	0.2	0.005	57.1	280	0.28	0.58
2. Шліфувати отв. Ø45H7	Ø45	35	0.2	0.005	39.5	280	0.28	0.36
Установ Б								
1. Шліфувати отв. Ø90H7	Ø90	30	0.2	0.005	79.1	280	0.28	0.42
								1,36

1.5 Висновки до технологічної частини

Отже, проведено визначення типу виробництва і форми організації роботи, а також аналіз конструкції та технологічності деталі «Корпус 60.14». Розроблено тривимірну модель деталі «Корпус 60.14», вибрано спосіб виготовлення її заготовки, а також розроблено маршрут механічної обробки деталі.

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ

2.1 Аналіз початкових даних для проектування

В якості вихідних даних є наступна інформація:

- робоче креслення деталі «Корпус 60.14» (див. додаток Б), позначення «08-26.МКР.011.001.001».
- програма виготовлення деталі «Корпус 60.14» - 4700 шт./рік (при масі деталі – 9,77 кг виробництво її здійснюється в умовах середньосерійного типу);
- матеріал деталі: Сталь 45Л ГОСТ 1050-88;
- технологічний маршрут обробки деталі «Корпус 60.14», операція 025.

Конструкція пристосування повинна бути простою, надійною, зручною в експлуатації і забезпечувати можливість візуального контролю роботи основних вузлів. Габарити верстата повинні відповідати розмірам стола верстата моделі 2P135Ф2, забезпечувати вільне позиціонування інструмента. Монтаж і кріплення пристосування на столі верстата здійснюється в пазах $b=18H8$.

Конструкція пристосування повинна забезпечувати можливість наладки на розмір безпосередньо на верстаті. Повинно забезпечуватись вільне видалення стружки.

2.2 Вибір конструктивної схеми пристосування

Схему базування вибираємо з урахування точності мех. обробки, габаритних розмірів заготовки, форми і складності пристосування. Від правильного базування залежить точність мех. обробки, конструкція, надійність і зручність в обслуговуванні пристосування. Оптимальним варіантом вибору схеми базування (установки) є варіант з мінімальною похибкою базування, тобто коли $\varepsilon_5=0$. Для заданої деталі і якості установчої бази доцільно вибрати поверхню з найбільшими габаритними розмірами – основу $\varnothing 122$ і отвір $\varnothing 65H7$.

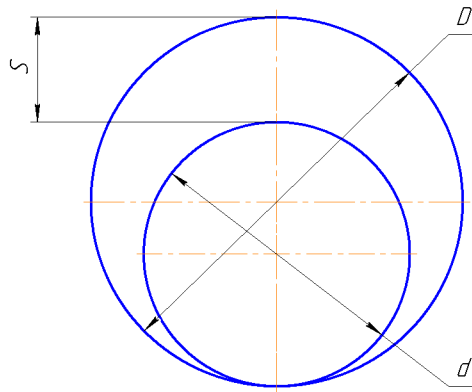


Рисунок 2.3 – Установка на циліндричний палець

Палець $\text{Ø}65f6_{-0,029}^{-0,01}$, отвір $\text{Ø}65_{+0,03}^{+0,03}$, відповідно зміщення по осі:

$$I = S_{\max} = T_D + T_d + S_{\min} = 0.03 + 0.029 + 0.01 = 0.059 \text{ (мм)}.$$

Зміщення осі в межах допустимого.

По варіанту №2 базування проводиться з установкою в призмі. При установці в призмі виникає похибка базування у вигляді зміщення осі I_2 ; зміщення осі $I_1=0$, тому що призма центрує заготовку.

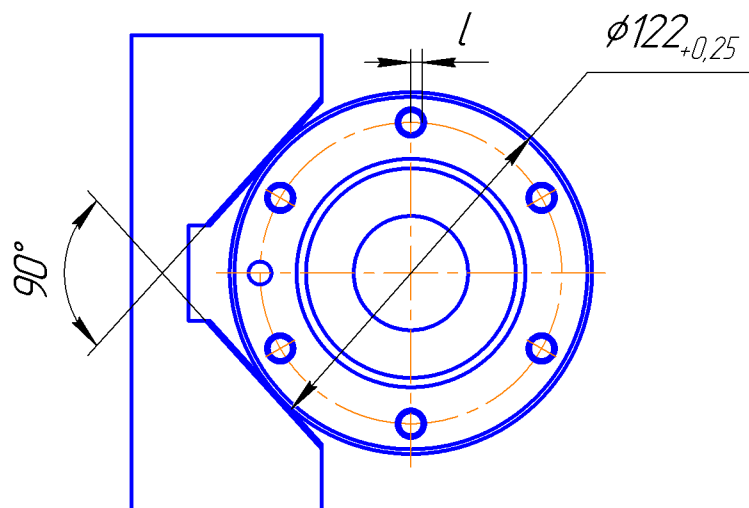


Рисунок 2.4 – Схема установки в призму

$$I_2 = T_d \cdot \frac{1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = 0.25 \cdot \frac{1}{2 \sin \frac{20}{2}} = 0.12$$

Похибка зміщення незначна.

Отже, розглянувши 2 варіанта з аналізом похибок базування і з урахуванням складності конструкції доцільно прийняти варіант №1.

2.3 Розрахунок необхідної сили закріплення

Для операції 025, свердлильна з ЧПК, найбільші сили різання виникають при свердлінні отвору $\varnothing 12$.

Ріжучий інструмент – свердло спіральне Р6М5 ГОСТ 292-77;

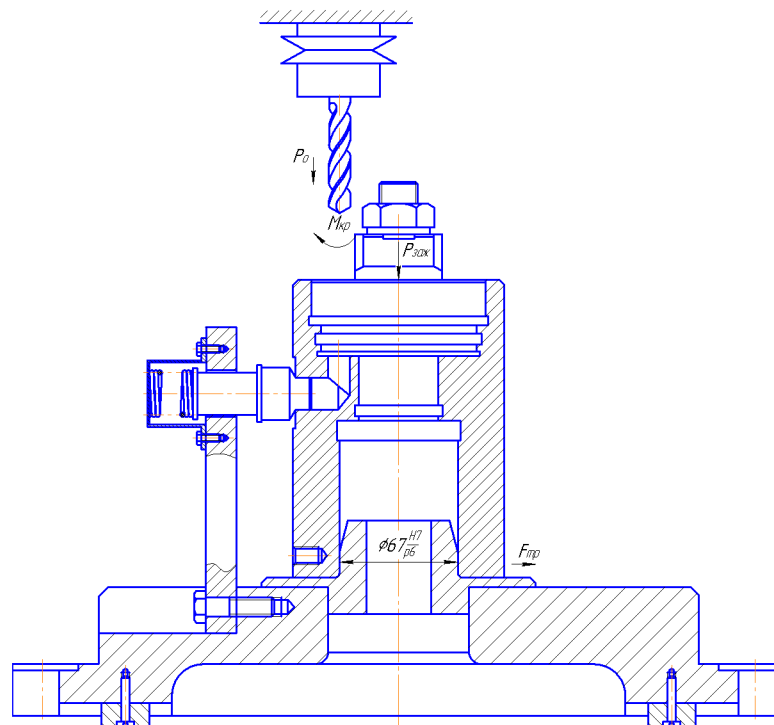


Рисунок 2.5 – Схема дії сил різання

Визначимо момент при свердлінні:

$$M_{CB} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0.0345 \cdot 12^{2.0} \cdot 0.2^{0.8} \cdot 0.96 = 12.2 \text{ (Н}\cdot\text{м)};$$

Поправочний коефіцієнт і показники степенів із таблиць:

$$C_M = 0.0345, q = 2.0, y = 0.8, K_p = 0.96;$$

Осьова сила при свердлінні:

$$P_o = 10 \cdot D^q \cdot S^Y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 12^{10} \cdot 0.2^{0.7} \cdot 0.96 = 1947 \text{ (Н)};$$

Осьова сила допомагає силам закріплення і збільшує моментів сил тертя заготовки між опорами і елементами закріплення.

Складаємо рівняння рівноваги дії моментів свердління; моментів сил тертя заготовки між опорами і елементами закріплення.

$$P_{заж} = f \cdot D = K 2M_{CB} - P_X; \quad (2.1)$$

$$P_{заж} = K 2M_{CB} / f \cdot D - P_X. \quad (2.2)$$

Коефіцієнт запасу визначаємо по формулі:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6, \quad (2.3)$$

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

K_1 – коеф., що враховує збільшення сил різання із-за випадкових нерівностей.

При чорновій обробці $K_1=1,2$;

K_2 – коеф., що враховує збільшення сил різання із-за затуплення ріжучого інструмента, $K_2=1,3$.

Інші коефіцієнти =1

$$K=1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=2,35.$$

Затискна сила складає, осьову силу P_x не беремо до уваги.

$$P_{заж} = 2,35 \cdot 2 \cdot 12200 / 0,2 \cdot 122 = 2330 \text{ (Н)}.$$

2.4 Вибір силового приводу та розрахунок його параметрів

2.4.1 Вибір типу силового приводу та розрахунок його параметрів

Оскільки вихідне зусилля за величиною не значне, то вибираємо пневматичний привод з пневматичним циліндром (рис. 2.6).

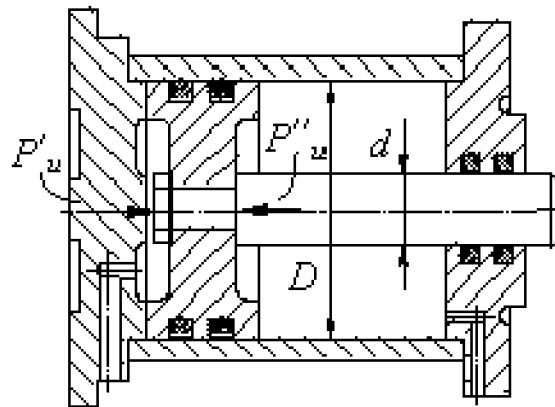


Рисунок 2.6 – Пневматичний циліндр

Оскільки сила закріплення Q_3 розвивається за допомогою пневматичного циліндра напряму від його штока, то вихідне зусиллям буде дорівнювати силі закріплення, тобто $P_B = 2330$ Н.

Основним параметром пневмоприводу є величина діаметра пневмоциліндра. Визначимо діаметр пневматичного циліндра за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P_B}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \text{ [мм]} \quad (2.4)$$

де p – тиск у пневмомагістралі (0,4 МПа);

η – коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра (0,86).

Отже, підставивши значення у формулу (3.3), отримаємо:

$$D=1.13\sqrt{P/\rho\cdot\eta}=1.13\sqrt{233/4\cdot 0.95}=78(\text{мм}),$$

Приймаємо стандартне значення діаметра пневматичного циліндра $D = 80$ мм згідно ГОСТ 15608-81. При цьому діаметр штока становить $d = 25$ мм.

2.5 Дослідження силових характеристик затискного пристрою

Дослідження силових характеристик затискного пристрою базується на визначенні залежності сили різання та закріплення від вхідних параметрів режимів різання. Для цього, за допомогою формул (2.3) та (2.4) визначимо показники залежності крутного моменту M_{CB} та сили закріплення $P_{зак}$ від параметру режимів різання – подачі S . Вибраний параметр розглядається на діапазоні: $S = 0,05 \dots 0,5$ мм/об. Проведено розрахунки залежностей та отримано відповідні графіки, що представлені на рис. 2.7-7.8.

Розглянемо залежність крутного моменту M_{CB} від подачі свердла S (рис. 2.7).

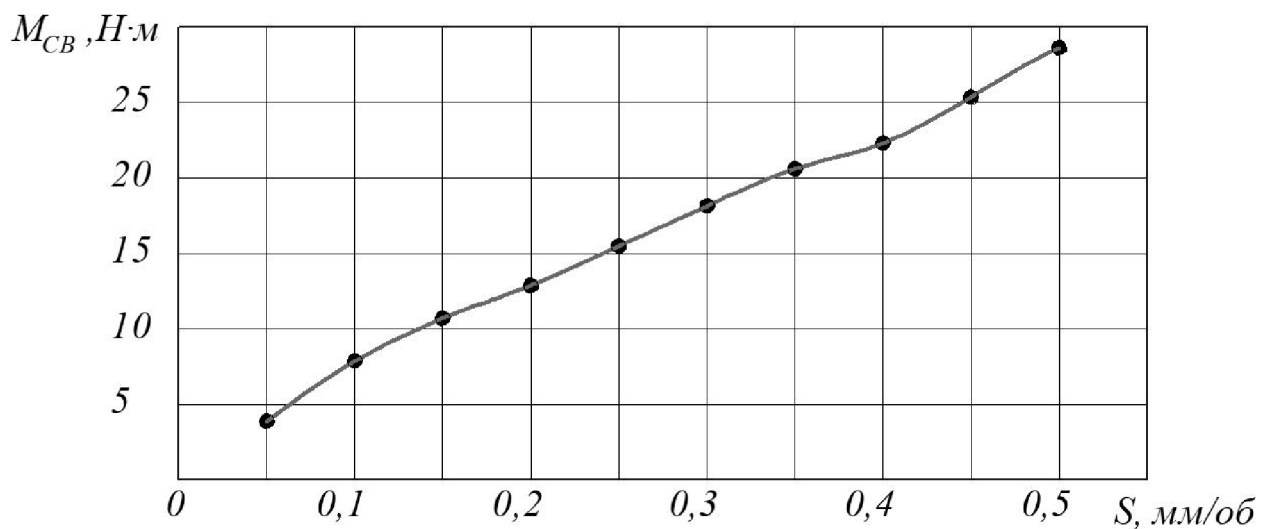


Рисунок 2.7 – Залежність крутного моменту M_{CB} від подачі свердла S

З рисунка 2.7 видно, що в результаті збільшення величини подачі свердла S величина крутного моменту M_{CB} збільшується.

Розглянемо залежність сили закріплення $P_{зак}$ від подачі свердла S (рис. 2.8).

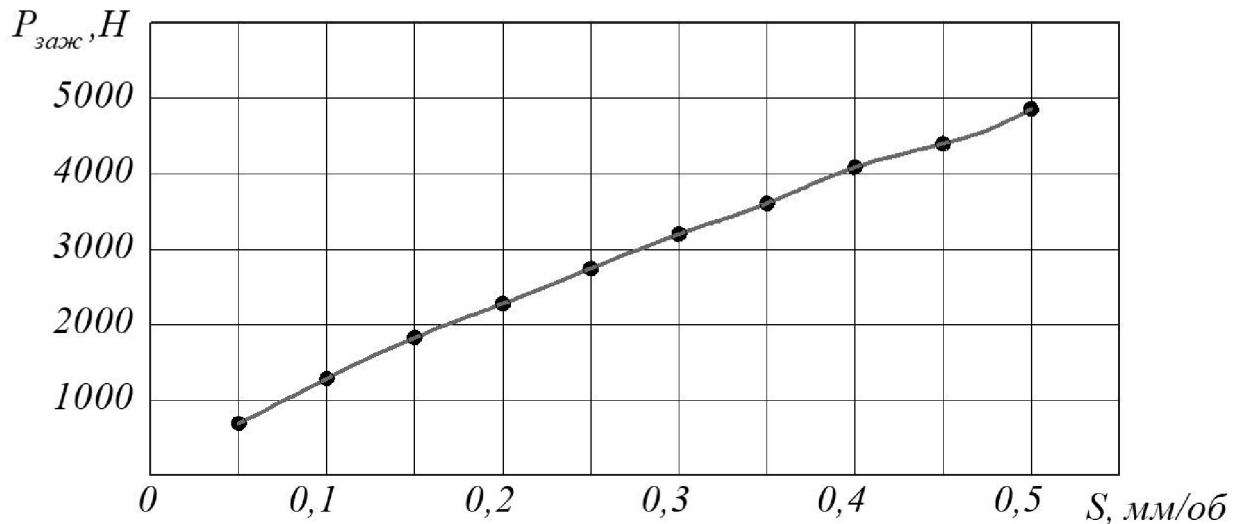


Рисунок 2.8 – Залежність сили закріплення $P_{закр}$ від подачі свердла S

З рисунка 2.8 видно, що в результаті збільшення значення подачі свердла S величина сили закріплення $P_{закр}$ збільшується.

Отже в результаті отриманих залежностей величини крутного моменту $M_{СВ}$ та сили закріплення $P_{закр}$ від подачі свердла S , можна сформулювати рекомендації щодо вибору значень даного параметру режимів різання, що забезпечить мінімізацію зазначених сил, але забезпечуватиме достатню продуктивність механічної обробки: $S = 0,1 \dots 0,15$ мм. Рекомендовані параметри подачі свердла забезпечують знаходження величини крутного моменту $M_{СВ} = 7,5 \dots 10,4$ Н·м та сили закріплення $P_{закр} = 1340 \dots 1850$ Н, що дозволить використовувати у конструкції верстатного пристосування пневмоциліндр меншого діаметра або гвинтовий затискач.

2.6 Розрахунок пристосування на точність

2.6.1 Визначення складових похибки устанавлення

Базування заготовки здійснюється по раніше оброблених поверхнях торцю і отвору діаметром $\text{Ø}65\text{H}7$. Установа в спеціальному пристосуванні з механічним затисканням.

Проведемо розрахунки на точність для розміру $34,5^{+0,35}$ мм. Необхідною умовою обробки є правило коли сумарна похибка (ε_{Σ}) повинна бути меншою ніж допуск на відповідний розмір:

$$\varepsilon_{\Sigma} = T_{дет}; \quad (2.5)$$

Запас точності служить для компенсації зносу опорних елементів, зносу ріжучого інструменту, напрямних і т. ін.

Сумарна похибка пристосування знаходиться за формулою:

$$\varepsilon_{прис} = T_{ДЕТ} - K_{T1} \sqrt{(K_1 - \sigma_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{дет}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{уст}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2}, \quad (2.6)$$

де ε_{δ} – похибка базування на розмір $\varepsilon_{\delta 30} = 0,059$; ε_3 – похибка закріплення.

Сила закріплення направлена вбік розрахункового розміру, а тому впливає на нього.

Похибку закріплення визначаємо згідно рекомендації [8]:

$$\varepsilon_3 = \left[(K_{Rz} \cdot R_z + K_{HB} \cdot HB) + C_1 \right] \cdot (Q/9.8)^n \cdot 1/F^m \text{ (мкм);}$$

Коефіцієнт і показники степенів:

$$K_{Rz} = 0.016; K_{HB} = 0.0045; n = 0.6; m = 0.6;$$

$$C_1 = 0.776 + 0.05 \cdot F; F = 0.776 + 0.05 \cdot 75 = 4.4;$$

де F – площа контакту із опорним елементом.

$$F = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{3.14(12.2^2 - 6.5^2)}{4} = 75 \text{ (см}^2\text{);}$$

$$\varepsilon_s = [(0,016 \cdot 40 + 0,0045 \cdot 240)] + 4,4 \cdot (5000/9,8)^{0,6} \cdot 1/75^{0,6} = 12 \text{ (мкм)}.$$

$\varepsilon_{уст}$ – похибка пристосування на столі верстата. Залежить від зазору між шпонкою і пазом 18Н8(+0,021). Приймає для розрахунків $\varepsilon_{уст}=0,02$ мм;

$\varepsilon_{зн}$ – похибка зносу обумовлена зносом опорних елементів.

Проведемо розрахунки на зносостійкість опорних елементів згідно рекомендацій [8].

1. Визначаємо матеріал і твердість робочих поверхонь опорних елементів.

Сталь 20Х цементована HRC_e 56...61(HV=615...717).

2. Визначаємо критерій зносостійкості Π_1 в залежності від матеріалу заготовки і опорних елементів, $\Pi_1=1,03$.

3. Визначаємо номінальну площу дотику із заготовкою:

$$F = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{3,14(12,2^2 - 6,5^2)}{4} = 75 \text{ (см}^2\text{)}.$$

З урахуванням виточок $F=45$ см².

4. Визначаємо критерій навантаження Π_2 для опор приймаємо $Q=5000$ Н.

$$\Pi_2 = Q / (F \cdot HV) = 5000 / 460 \cdot 600 = 0,0015.$$

5. Враховуючи визначені раніше параметри Π_1 і Π_2 , визначимо зносостійкість за формулами:

$$C = M - M_1 \Pi_1 - M_2 \Pi_2 = 6832 - 4287 \cdot 1,03 - 293750 \cdot 0,0015 = 2092.$$

6. Визначимо поправочний коефіцієнт:

$$K_{об} = K_t \cdot K_L \cdot K_y = 1,42 \cdot 1 \cdot 1,12 = 1,59,$$

де K_t – коеф. що враховує час нерухомого контакту заготовки з опорами.
Машинний час приймаємо $t=1.8\text{хв}$

$$K_t=0,79 \cdot t_m=0,79 \cdot 1,8=1,42;$$

K_L – коеф. ,що враховує вплив шляху ковзання заготовки по опорах. При $L=25\text{ мм}$ $K_L=1,0$;

K_y – коеф. ,що враховує умови обробки $K_y=1,12$.

7. Визначаємо фактичну зносостійкість

$$C_\phi=C/K_{об}=2092/1,42=1473;$$

Нормальний знос опор $U=N/C_\phi=15000/1473=10,1$ (мкм);

ε_{yc} – похибка обумовлена точністю виготовлення і складання пристосування.

Приймаємо $\varepsilon_{yc}=0,016\text{ мм}$.

ω – середня економічна точність мех. обробки на МРВ $=0,12\text{ мм}$;

K_{T1} – коеф., що враховує кількість похибок: $K_{T1}=1,2$; $K_{T2}=0,8-0,85$;
 $K_{T3}=0,6-1,0$.

Підставивши значення, отримуємо:

$$\varepsilon_{\text{прист.}}=0,35-0,12 \sqrt{(0,6 \cdot 0,4)^2 + 0,12^2 + 0,02^2 + 0,01^2 + 0,016^2 + (0,8 \cdot 0,12)^2} = 0,21 \text{ (мм)}.$$

2.6.2 Визначення точності пристосування

1. Для забезпечення точності розміру $15^{+0,35}$ необхідно забезпечити точність положення деталей корпусу і опорної пластини відносно базової основи.

$$\varepsilon_{\text{прист.}}=0,21 \text{ (мм)}$$

$$TA_{\Delta} = \sum_i^n Ti = TA_1 + TA_2 = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{ (мм)}, \varepsilon \text{ при } \geq TA_{\Delta}.$$

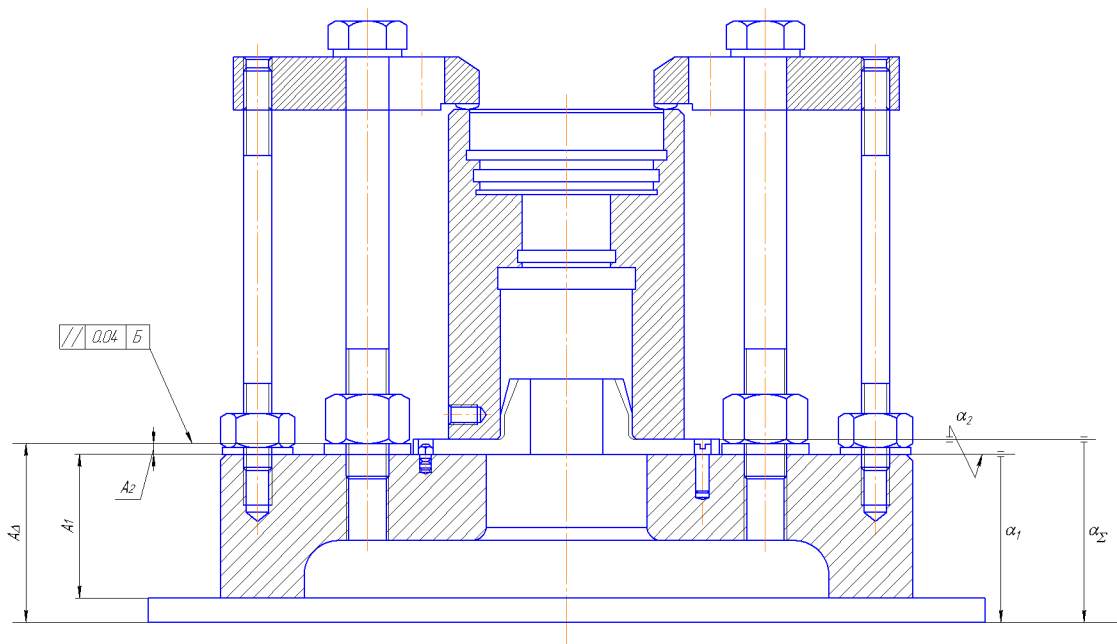


Рисунок 2.9 – Розмірна схема розрахунку пристосування на точність

Настройка на розмір для верстатів з ЧПК здійснюється по програмі ЧПК. точність обробки $\pm 0,01$ мм.

2. Для забезпечення непаралельності 0,04 мм відносно базової основи необхідно забезпечити необхідну точність площину опорної пластини і корпуса. Для забезпечення непаралельності. Опорну пластину доцільно шліфувати в складі пристосування.

3. Для забезпечення мінімального зміщення осі становить притаманно установити палець діаметром $130 \text{ f6} \begin{pmatrix} -0,010 \\ -0,029 \end{pmatrix}$.

Деталі в пристосуванні виготовляють в межах необхідної точності з допусками на лінійні розміри і допусками відносного розташування поверхонь.

На верстатах нормальної точності (Н) методом шліфування і пригонки можна досягти точність в...7 квалітетів і 6 – 9 ступенів точності непаралельності.

Поля розсіювання замикаючої ланки $\delta(A_{\Sigma})$ складає суму допусків складових ланок ($\sum T_i$). При методі повної змінюваності повинні виконуватись вимоги:

$$\delta(A_{\Sigma}) \leq T(A_{\Sigma}); \quad \delta_{\kappa}(\alpha_{\Sigma}) \leq T_{\kappa}(\alpha_{\Sigma}) \quad (2.7)$$

Замикаючий допуск непаралельності пристосування по восьмому ступеню точності складає не менше 4 мм, забезпечуючи запас точності.

а) для лінійних розмірів, $\epsilon_{\text{прист}}=0,21\text{мм}$

$$\delta(A_{\Sigma}) = \sum_1^n T_i = T_{A1} = T_{A2} = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{ (мм)};$$

$$\epsilon_{\text{прист}} \geq \delta(A_{\Sigma}); \quad 0,21 = 0,21 \text{ (мм)}.$$

Умови по точності виконуються.

Настройку на розмір верстатів з ЧПК здійснюють по програмі ЧПК. Точність $\pm 0,01\text{мм}$;

б) для визначення непаралельності деталей виконуємо розрахунок кутового розмірного аналізу. Припускаємо, що економічно доцільні допуски непаралельності деталей відповідають шостій ступені точності.

$$T(\alpha_1) = \frac{0,016}{150}; \quad T(\alpha_{21}) = \frac{0,01}{122}; \quad T(\alpha_3) = \frac{0,04}{150};$$

Допуски ланок в кутовій мірі складають

$$T_{\kappa}(\alpha_1) = \text{arctg} \frac{0,016}{150} = 5,4 \cdot 10^{-3}, \quad T_{\kappa}(\alpha_2) = \text{arctg} \frac{0,01}{122} = 4,5 \cdot 10^{-3}$$

$$T_{\kappa}(\alpha_{\Sigma}) = \text{arctg} \frac{0,04}{150} = 12,8 \cdot 10^{-3}$$

$$\delta_k(\alpha_\Sigma) \leq 5.4 \cdot 10^{-3} + 4.5 \cdot 10^{-3} = 9.9 \cdot 10^{-3}, \quad \delta_k(\alpha_\Sigma) \leq T_k(\alpha_\Sigma)$$

$$9.9 \cdot 10^{-3} < 12.8 \cdot 10^{-3}$$

Умови по точності виконуються

Для забезпечення непаралельності рекомендується шліфувати опорну пластину в складі пристосування.

2.7 Розробка конструкції корпусу верстатного пристосування

Конструкція корпусу та затискного механізму повинна забезпечувати надійне і швидке закріплення заготовки. В якості приводу приймаємо пневмоциліндр, шток якого передає зусилля на розрізну шайбу, яка здійснює зажим (рис. 2.6).

Раніше в п.3 була визначена схема установки заготовки на опорну шайбу і циліндричний палець. Після визначення схеми установки проводимо вибір схеми затискного механізму.

Сили закріплення повинні бути достатні для закріплення і не деформувати заготовку. Пристосування в цілому повинно бути компактним, простим по конструкції і зручним в обслуговуванні. Цим вимогам відповідає механізм закріплення за допомогою розрізної шайби, яка контактує із заготовкою.

В якості приводу приймаємо механічне закріплення за допомогою болтів, яка здійснює зажим. Базовим вузлом пристосування є корпус, на якому монтуються опорні елементи, установочний палець, механізм закріплення і всі інші допоміжні деталі. Кріпиться пристосування на столі верстата 2-ма болтами з Т-подібною головкою. Орієнтується пристосування 2-ма шпонками 18h8 в пазах стола верстата.

Конструктивна схема пристосування зображена на рисунку 2.10. Там позначено: 1 – корпус; 2 – опора; 3 – палець; 4 – пробка конусна; 5 – рукоятка; 6-18 – стандартні вироби.

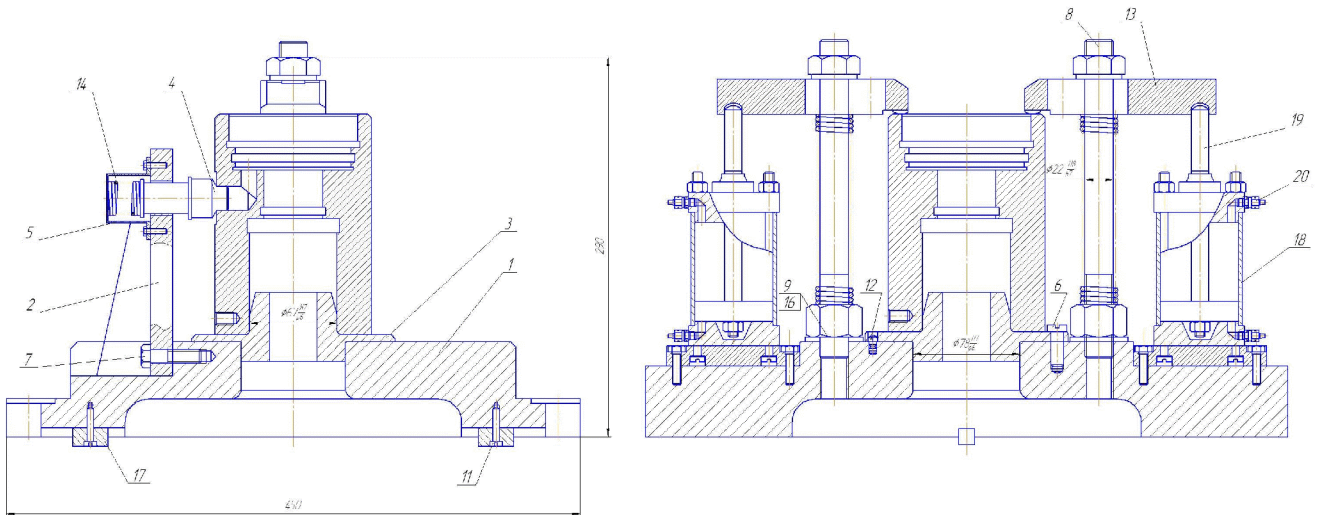


Рисунок 2.10 – Ескіз конструкції корпусу

2.8 Розрахунок деталей пристосування на міцність

Найбільш відповідальним вузлом пристосування є механізм закріплення. Найбільш навантаженою деталлю є шток пневмоциліндра. Небезпечним перерізом є канавка під розрізну шайбу (рис. 2.11).

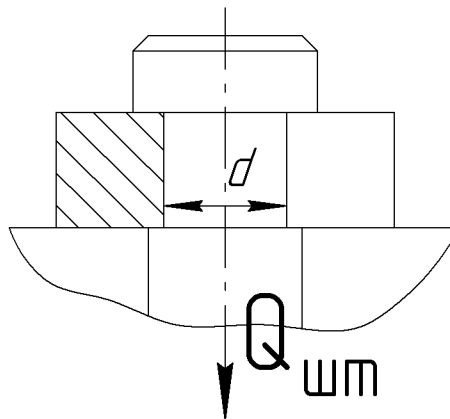


Рисунок 2.11 – Схема дій сили при закріпленні

Сила штока $Q_{\text{шт}}=2330\text{Н}$. Матеріал штока Сталь 40Х покращена: $[\sigma_p]=75\text{Мпа}$.

Умови міцності деталі: $\sigma_p=Q/F=Q/\pi d^2/4=2330/3.14 \cdot 18^2/4=18.3\text{МПа}$.

$$\sigma_p < [\sigma_p]; \quad 18,3 < 75\text{Мпа}$$

Висновок: Умови міцності виконуються.

Розглянемо розрахунок на міцність швидкозмінної шайби у програмі T-FLEX.

Нехай необхідно здійснити аналіз напруженого стану конструкції деталі «Шайба». За умовою, посередині деталі прикладене розподілене навантаження.

Для виконання аналізу необхідно створити тривимірну модель деталі. Модель може бути побудована у CAD/CAE-системі T-FLEX або імпортована з інших CAD-систем за допомогою проміжного формату. Тривимірну модель деталі «Шайба» було створено у CAD-системі КОМПАС. Після імпортування деталі із програми CAD-системи КОМПАС в CAD/CAE-систему T-FLEX автоматично зберігається створений файл. В результаті чого була отримана тривимірна модель деталі «Шайба» у CAD/CAE-системі T-FLEX (рис. 2.12).

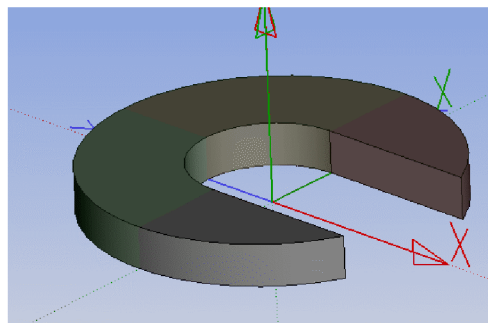


Рисунок 2.12 – Підготовка тривимірної моделі деталі «Шайба»

Після того, як тривимірна модель виробу була імпортована в систему в T-FLEX, можна приступати до підготовки кінцево-елементної моделі. Аналіз починається зі створення «Задачі» за допомогою команди «Новая задача» меню «Анализ» (Анализ → Новая Задача → Конечно-элементный анализ). При створенні задачі необхідно зазначити її тип, що й було зроблено – «Статический анализ». Далі було вибрано модель (рис. 2.13) і підтвердити команду створення задачі.

Як правило, при створенні нової задачі включений режим автоматичного запуску команди Анализ → Сетка. Тому, після успішного створення задачі, з'явиться діалог керування налаштуванням генерації кінцево-елементної сітки, після закінчення якого буде отримана сіткова модель з тетраєдрів. В результаті

підтвердження команди створення сітки та після її побудови отримаємо тривимірну модель деталі із нанесеною сіткою (рис. 2.13).

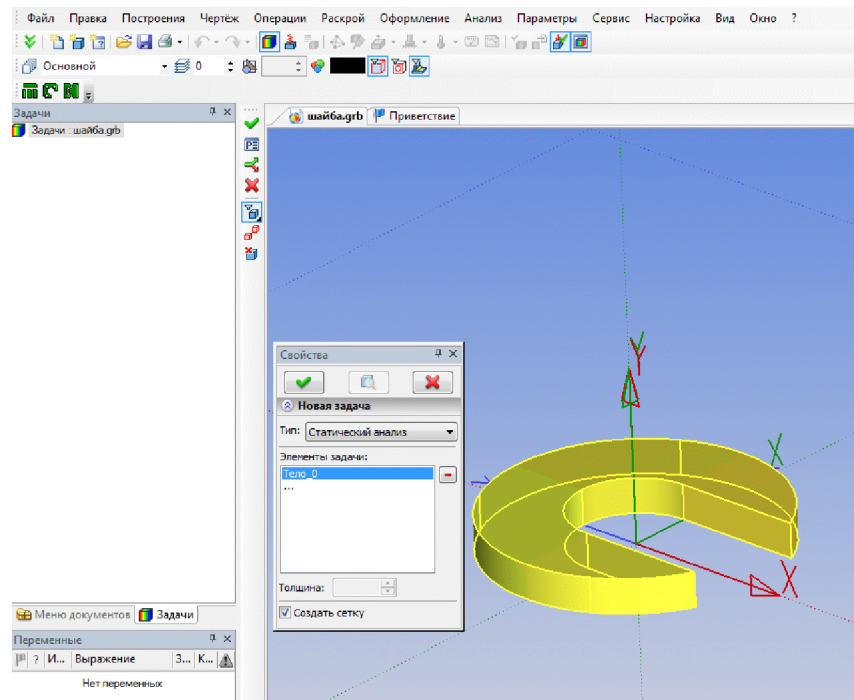


Рисунок 2.13 – Вибір моделі для статичного аналізу

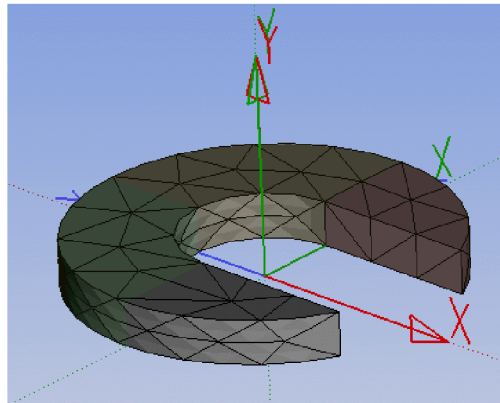


Рисунок 2.14 – Тривимірна модель деталі «Шайба» із нанесеною сіткою

Вибір матеріалу для тривимірної моделі здійснювався у меню «Анализ» командою «Материал...». У вікні вибору матеріалу деталі (рис. 2.15, показано у лівому верхньому куті) можна вибирати будь-який матеріал з бази матеріалів та переглянути його технічні характеристики. Для даної задачі оберемо матеріал «Сталь легированная».

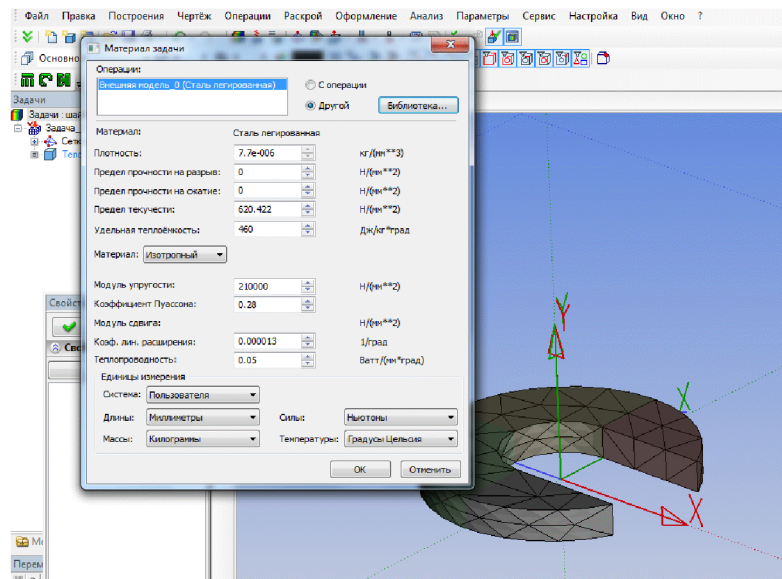


Рисунок 2.15 – Вибір матеріалу деталі

Для успішного розв'язання фізичної задачі необхідно коректно визначити умови закріплення. Для визначення умов закріплення в T-FLEX Аналізі передбачені три команди: «Повне закріплення», «Часткове закріплення» і «Контакт». Команда «Анализ → Ограничение → Полное закрепление» застосовується до вершин, граней і ребер моделі. Використовуючи команду «Анализ → Ограничение → Полное закрепление», ми вказуємо нерухому поверхню тривимірної моделі деталі «Шайба» (рис. 2.16).

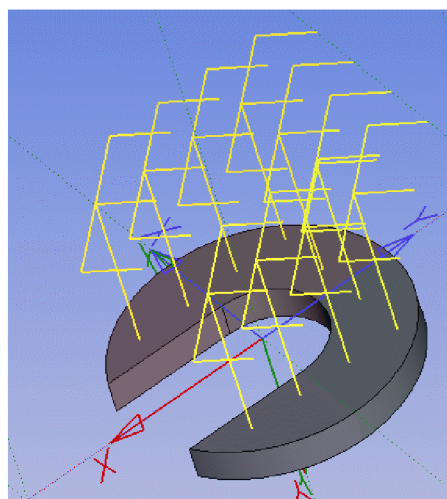


Рисунок 2.17 – Вибір поверхні закріплення тривимірної моделі

Для визначення умов навантаження в T-FLEX Аналізі передбачений набір спеціалізованих команд, доступ до яких здійснюється з меню «Анализ → Нагружение». Використовуючи команду «Анализ → Нагружение → Сила», вкажемо на поверхню, яка отримує навантаження під час затягування гайки гвинта. У параметрі «Значение» вкажемо значення сили 2330 Н (рис. 2.18). Створена сила рівномірно розподіляється по вказаній поверхні. За замовчуванням напрям дії сили береться по нормалі до вказаної поверхні, або можна задати вектор напрямку дії сили.

Після завершення команди створення навантаження на тривимірній моделі виробу з'явилося умовне відображення створених навантажень у вигляді умовних позначень, прикладених до відповідних елементів моделі.

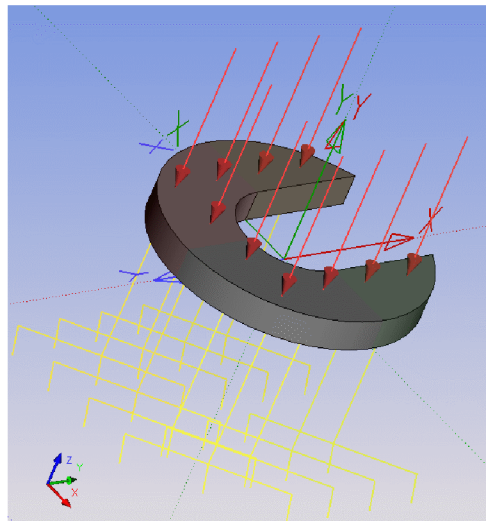


Рисунок 2.19 – Вибір поверхні навантаження тривимірної моделі

Після виконання попередніх кроків можна виконувати команду «Анализ → Расчет» і запустити процес формування систем лінійних рівнянь та їх розв'язання. Результати розрахунку відображаються в дереві задач. Доступ до результатів забезпечується з контекстного меню для вибраної в дереві задач задачі за командою «Открыть» або «Открыть в новом окне». Візуалізація результатів здійснюється в окремому 3D вікні T-FLEX (рис. 2.20).

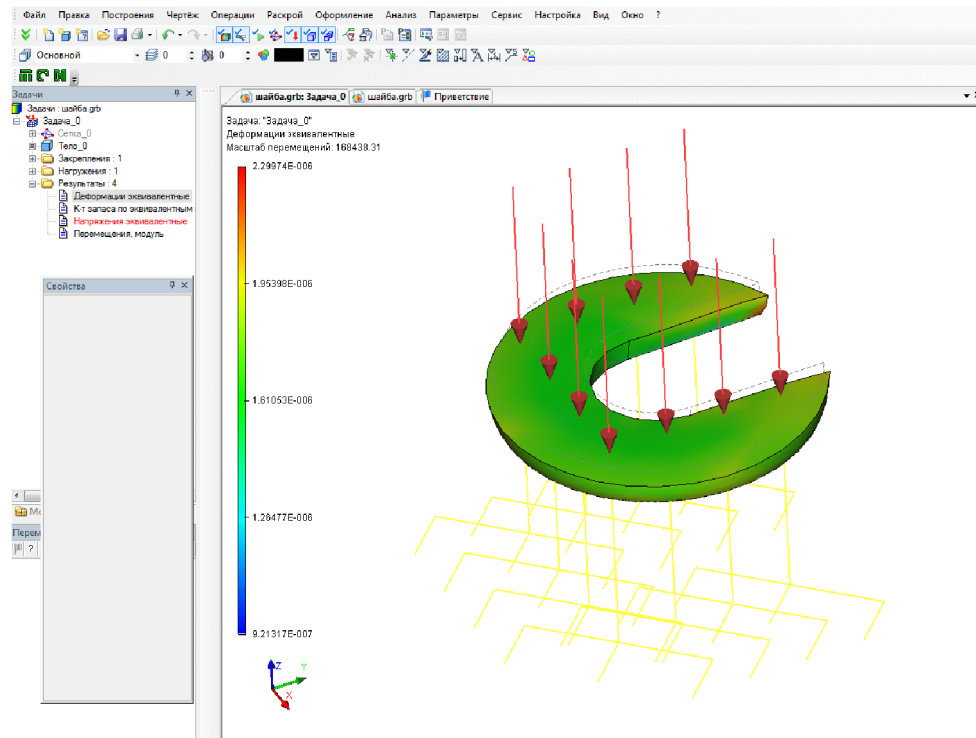


Рисунок 2.21 – Результати розрахунку на міцність

Отже, з рисунка 2.21 видно, що під дією навантаження затягування гайки для досягнення сили закріплення 2330 Н деталь у місці контакту майже не деформується, тобто фактично витримує задане навантаження.

2.9 Опис роботи спроектованого пристосування

Основним базовим вузлом є корпус, на якому монтується установочний палець, опорна пластина, опори і болти та шпильки і всі інші деталі.

Після установки заготовки на палець, орієнтуємо заготовку фіксатором, після чого затискаємо два болта, притискаючи ними прихвати з двох протилежних сторін деталей, це дозволяє затиснути заготовку.

Після механічної обробки віджавши болти і відвівши прихвати досить легко знімається заготовка. Крім того пристосування досить легко можна переналадити для закріплення інших деталей, для цього необхідно відрегулювати висоту болтів, що можна зробити закручуючи їх чи навпаки викручуючи із основи, та замінивши палець на такий же, але відповідного

діаметру. При необхідності можна використовувати орієнтуючий пристрій із конусом, або для орієнтації по площині замість конуса розмістити опорну пластину.

Монтується пристосування на стіл верстата і кріпиться 4 болтами з Т-подібною головкою. Орієнтується 2 шпонками 18h8 в пазах верстата.

2.6 Висновки до розділу 2

Отже, виконано аналіз початкових даних для проектування, вибрано конструктивну схему пристосування. Розраховано необхідну силу закріплення та вибрано силовий привод верстатного пристосування, на основі аналітичних залежностей розрахунку сили закріплення досліджено силові характеристики затискного пристрою для закріплення деталі «Корпус 60.14» під час механічної обробки. Розраховано пристосування на точність та деталей пристосування на міцність, що дозволило розробити конструкцію корпусу верстатного пристосування. Виконано опис роботи спроектованого пристосування.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х експертів, які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями, наведеними в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою

Продовження таблиці 3.1.

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки потрібно звести в таблицю за зразком таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Дерібо О.В.	Лозінський Д.О.	Репінський С.В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	2
2	1	2	2
3	2	3	3
4	2	2	3
5	3	4	3
6	1	2	1
7	2	2	3
8	3	3	3
9	4	4	2
10	2	3	3
11	3	3	4
12	4	4	4
Сума балів	СБ ₁ =30	СБ ₂ =35	СБ ₃ =33
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{30 + 35 + 33}{3} = 33$		

Згідно [25] розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

Характеризуючи виріб та ринок його реалізації висвітлюємо наступні питання.

Даний виріб має нову конструкцію та має забезпечити потребу споживачів у швидкому реагуванні та економії енергії.

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

Потенційними покупцями нового товару можуть бути малі та середні машинобудівні та ремонтні підприємства з одиничним та серійним виробництвом. Також деяка кількість підприємств може замінити старе або менш ефективне обладнання пропонованим.

Оскільки загальний ресурс роботи пропонованого пристрою є досить великим, тому будемо вважати, що його покупка підприємством буде разовою.

Також оцінивши новизну, та техніко економічні показники можна припустити що пристрій буде зберігати свою актуальність протягом 5 років.

3.2 Прогнозування витрат на розробку нового технічного рішення

Капітальні витрати на розробку нового рішення складаються з відповідних витрат і розраховуються за формулою:

$$K = Z_0 + Z_p + Z_{\text{доод}} + Z_n + A_{\text{обл}} + M + K_e + B_{\text{ЕЛ}} + B_{\text{ін}}, \quad (3.1)$$

де Z_0 – основна заробітна плата розробників, грн.;

Z_p – основна заробітна плата робітників, грн.;

$Z_{\text{доод}}$ – додаткова заробітна плата робітників, грн.;

Z_n – нарахування на заробітну плату розробників, грн.;

$A_{\text{обл}}$ – амортизація обладнання та приміщень для розробки, грн.;

M – витрати на матеріали, грн.;

K_e – витрати на комплектуючі, грн.;

$B_{\text{ел}}$ – витрати на електроенергію для розробки технічного рішення, грн.;

$B_{\text{ін}}$ – інші витрати, грн.

Витрати на основну заробітну плату розробників розраховують за формулою:

$$Z_0 = \frac{M \cdot t}{T_p}, [\text{грн}] \quad (3.2)$$

де M_{mi} – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.;

t_i – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p = 21 \dots 23$ дні.

Проведені розрахунки зведені до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.	Прим.
Керівник проекту	10000	454,5	24	10908	
Інженер-конструктор	8000	363,6	10	3636	
Всього				$Z_0 = 14544$	

Витрати на основну заробітну плату робітників за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_t \cdot t_i, [\text{грн}] \quad (3.3)$$

де C_t – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн./год;

t_i – час роботи робітника на визначеній i -й технологічній операції при виготовленні одного виробу, год.;

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i}{T_p \cdot t_{зм}}, [\text{грн}] \quad (3.4)$$

де M_M – розмір мінімальної місячної заробітної плати, грн. (5000 грн.) :

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду. Величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників відповідних розрядів для бюджетної сфери наведена в [2];

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21 \dots 23$ дні;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

Оскільки принципова схема нового пристрою вже відома, можна скласти приблизний перелік основних деталей та операцій для їх виготовлення.

Результати розрахунків представлені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт (механічна обробка на верстаті)	Трудоємність, год.	Коефіцієнт	Розряди робіт	Погодинна тарифна ставка	Величина оплати, грн.
Верстат багатоцільовий з ЧПК 1П420ПФ30	0,15	1,37	4 ($K_i = 1,35$)	52,53	7,88
Токарно- револьверний з ЧПК 1В340Ф30	0,15	1,37	4 ($K_i = 1,35$)	52,53	7,88
Свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2	0,07	1,37	4 ($K_i = 1,35$)	52,53	3,68
Свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2	0,024	1,37	4 ($K_i = 1,35$)	52,53	1,26
Внутрішньо- шліфувальний 3К227В	0,023	1,37	4 ($K_i = 1,35$)	52,53	1,21
Всього					$Z_p = 21,91$

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10...12% від суми основної заробітної плати розробників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} (Z_p + Z_o) = 0,12 \cdot (21,91 + 14544) = 1747,91 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату розробників та робітників розраховується як 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати розробників і робітників за формулою:

$$Z_H = H_{zn} (Z_p + Z_o + Z_{\text{дод}}) = 0,22 \cdot (21,91 + 14544 + 1747,91) = 3589,04 \text{ (грн.)}$$

Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання та приміщенням можуть бути розраховані з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою.

$$A_{обл} = \frac{Ц \cdot H_a \cdot T}{100 \cdot 12}, \quad (3.5)$$

де Ц – загальна балансова вартість всього обладнання, комп'ютерів, приміщень тощо, що використовувались для виконання даного етапу роботи, грн;

H_a – річна норма амортизаційних відрахувань (10...25)%, ля нашого випадку можна прийняти $H_a = 15\%$.

T – термін, використання обладнання, приміщень тощо, місяці.

Результати розрахунків представлені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
Оф. приміщення	90000	15	2	2250
Вироб. прим.	250000	15	1	3125
Комп'ютери	12000	4	2	300
Верстат багатоцільовий з ЧПК 1П420ПФ30	140000	10	1	1750
Верстат токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30	140000	10	1	1750
Верстат вертикально-свердлильний 2Р135Ф2	140000	10	1	1750
Внутрішньо-шліфувальний 3К227В	100000	10	1	1562
Всього:				$A_{обл} = 12487$

Витрати на матеріали, у вартісному вираженні розрахуємо окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot Ц_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot Ц_{ej}, \quad (3.6)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн./кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j=1,1\dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{ej} – вартість відходів j -го найменування, грн./кг.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу	Ціна за кг., грн.	Витрач., кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн.	Коеф.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь 45Л	29,5	3,69	1,59	3,9	1,15	118,98
Всього						118,98

Витрати на комплектуючі вироби, які використовують при розробці одиниці нового технічного рішення, розраховуються, згідно їх номенклатури, за формулою:

$$K_e = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j, \quad (3.7)$$

де H_j – кількість комплектуючих;

C_j – покупна ціна комплектуючих;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j=1,1\dots 1,15$).

Таблиця 3.7 – Витрати на комплектуючі

Найменування інструменту	Кількість	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
Різець розточний №1	15	15,00	247,50
Різець розточний №2	10	20,00	220,00
Різець розточний №3	10	22,00	242,00
Мітчик	5	25,00	137,50
Свердло спіральне	3	7,50	24,75
Всього			871,75

Враховуючи коефіцієнт витрат на транспортування витрати на комплектуючі дорівнюватимуть $K_e = 871,75 \cdot 1,1 = 958,65$ грн.

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = B \cdot П \cdot \Phi \cdot K_{II}, \quad (3.8)$$

де B – вартість 1 кВт-год. Електроенергії ($B = 2,55$ грн./кВт);

$П$ – установлена потужність обладнання, кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин;

K_{II} – коефіцієнт використання потужності; $K_{II} < 1$.

Таблиця 3.8 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт.	Тривалість роботи, год.	Коефіцієнт використання потужності	Сума, грн.
Освітлення офісних приміщень	0,8	420	0,95	194,71
Освітлення вироб. приміщень	2	25	0,95	28,98
Комп'ютерна техніка	1	420	0,7	179,34
Верстати та інше обладнання	26	0,417	0,9	24,88
				$B_e = 427,91$

Інші виробничі витрати доцільно прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технічного рішення. Величину витрат розраховують за формулою:

$$B_{in} = 2 (Z_p + Z_o) = 2 \cdot (21,91 + 14544) = 29131,82 \text{ (грн.)}$$

Тоді визначаємо вкладення на розробку конструкторського технічного рішення відповідно до формули (3.1) будуть дорівнювати:

$$K = 14544 + 21,91 + 1747,91 + 3589,04 + 12487 + 118,98 + 958,65 + \\ + 427,91 + 29131,82 = 65350,05 \text{ (грн.)}$$

Виконуємо розрахунок загальних витрат на виконання даної роботи.

Загальна вартість всієї наукової роботи визначається за $B_{\text{заг}}$ формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B_{\text{ін}}}{\alpha}, \quad (3.9)$$

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відповідних одиницях, в данному випадку $\alpha = 0,9$.

Тоді

$$B_{\text{заг}} = B_{\text{ін}} / \alpha = 29131,8 / 0,9 = 32402 \text{ (грн.)}$$

Виконуємо прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи. Прогнозування загальних витрат ZB на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи здійснюється за формулою:

$$ZB = B_{\text{заг}} / \beta = 32402 / 0,7 = 46288,57 \text{ (грн.)}$$

де $\beta = 0,7$ – коефіцієнт, який характеризує етап (стадії розробки промислового зразка) виконання даної роботи.

3.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

За приблизними розрахунками на виконання науково-дослідної роботи та впровадження її результатів, а також отримання прибутків необхідно 6 місяці.

Позитивний ефект прогнозується одразу після впровадження розробки у виробництво, і за рахунок досить якісної зміни характеристик у порівнянні із аналогами актуальність нова розробка буде мати у продовж, мінімум, п'яти років.

В результаті дослідження виробництв де використовується схожі вироби, можна припустити, що впровадження нової розробки дозволить у порівнянні з аналогами збільшити кількість оброблюваних деталей на 20% за перший рік, на 15% в другий, та на 10% у кожен послідуєчий за рахунок збільшення швидкості та якості роботи.

Приблизний час роботи виробу в рік (за умови використання в дві зміни) складає 3000 год., одна година технологічної обробки деталей для аналогів коштує 30 грн., а прибуток складає 12 грн./год. З цих даних можна розрахувати економічний ефект від впровадження розробки на підприємстві.

Розрахунок проводимо за формулою:

$$\Delta \Pi_i = \sum_1^n (\Delta \Pi_{\text{я}} \cdot N + \Pi_{\text{я}} \Delta N)_i, \quad (3.10)$$

де $\Delta \Pi_{\text{я}}$ – покращення основного якісного показника від впровадження результатів розробки у даному році, $\Delta \Pi_{\text{я}} = 30 \cdot 0,4 = 12$ грн;

N – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки;

$\Pi_{\text{я}}$ – основний якісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки.

Збільшення чистого прибутку протягом першого року (значення ділимо на два, оскільки прибуток отримується із середини року):

$$\Delta\Pi_1 = 0.5 \cdot (12 \cdot 3000 + (12 + 12) \cdot 3000 \cdot 0.2) = 25200 \text{ (грн.)}.$$

Збільшення чистого прибутку протягом другого року:

$$\Delta\Pi_2 = 12 \cdot 3000 + (12 + 12) \cdot 3000 \cdot 0.2 \cdot 1.15 = 52560 \text{ (грн.)}.$$

Збільшення чистого прибутку протягом третього року:

$$\Delta\Pi_3 = 12 \cdot 3000 + (12 + 12) \cdot 3000 \cdot 0.2 \cdot 1.15 \cdot 1.1 = 54216 \text{ (грн.)}.$$

Збільшення чистого прибутку протягом четвертого року:

$$\Delta\Pi_4 = 12 \cdot 3000 + (12 + 12) \cdot 3000 \cdot 0.2 \cdot 1.15 \cdot 1.1^2 = 56037 \text{ (грн.)}.$$

Збільшення чистого прибутку протягом п'ятого року:

$$\Delta\Pi_5 = 12 \cdot 3000 + (12 + 12) \cdot 3000 \cdot 0.2 \cdot 1.15 \cdot 1.1^3 = 58041 \text{ (грн.)}.$$

3.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності. Розрахунок ефективності вкладених інвестицій передбачає проведення таких робіт.

1. Розраховують теперішню вартість інвестицій PV, що вкладаються в наукову розробку. Такою вартістю ми можемо вважати прогнозовану величину загальних витрат ЗВ на виконання та впровадження результатів дослідження, що

складає 46288,57 грн. Для спрощення подальших розрахунків будують вісь часу, на яку наносять всі платежі (інвестиції та прибутки), що мають місце під час виконання науково-дослідної роботи та впровадження її результатів. Платежі показуються у ті терміни, коли вони здійснюються.

Отже загальні витрати ЗВ на виконання та впровадження результатів роботи становлять 46288,57 грн. Результати вкладених у наукову розробку інвестицій почнуть виявлятися через шість місяців і впродовж п'яти років від початку розробки впровадження.

Тоді рисунок, що характеризує рух платежів (інвестицій та додаткових прибутків) буде мати вигляд, наведений на рисунок 3.1.

Розраховуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{\text{абс}}$. Для цього користуються формулою:

$$E_{\text{абс}} = (\text{ПП} - \text{PV}), \quad (3.11)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство (організація) від реалізації результатів наукової розробки, грн;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = \text{ЗВ}$, грн.

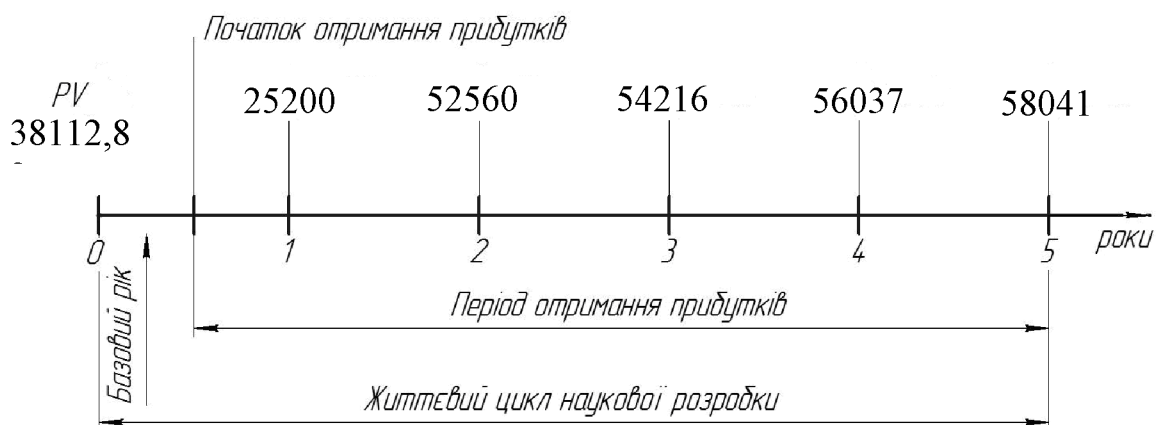


Рисунок 3.1 – Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (3.12)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДДКР, грн;

τ – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,1;

t – період часу (в роках) від моменту отримання чистого прибутку до точки «0».

Якщо $E_{\text{абс}} \leq 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження буде збитковим і вкладати кошти в проведення цих досліджень ніхто не буде.

Якщо $E_{\text{абс}} > 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, але це також ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даного проекту (роботи).

Розрахуємо абсолютну ефективність інвестицій, вкладених у реалізацію проекту. Домовимося, що ставка дисконтування τ дорівнює 0,1.

Таким чином, отримаємо:

$$ПП = \frac{25200}{(1 + 0,1)^2} + \frac{52560}{(1 + 0,1)^3} + \frac{54216}{(1 + 0,1)^4} + \frac{56037}{(1 + 0,1)^5} + \frac{58041}{(1 + 0,1)^6} = 164923 \text{ грн.}$$

Тоді $E_{\text{абс}} = (164923 - 46288,57) = 118634,43$ грн.

Оскільки $E_{\text{абс}} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР може бути доцільним.

Розраховуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_B . Для цього користуються формулою:

$$E_e = T_{ж} \sqrt[3]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} \quad (3.13)$$

де $E_{абс}$ – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = ЗВ$, грн;

$T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Далі, розрахована величина E_B порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування $\tau_{мін}$, яка визначає ту мінімальну дохідність, нижче за яку інвестиції вкладатися не будуть. У загальному вигляді мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування $\tau_{мін}$ визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (3.14)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2020 році в Україні $d = (0,7...0,15)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05...0,1)$, але може бути і значно більше.

Якщо величина $E_B > \tau_{мін}$, то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки. В іншому випадку фінансування наукової розробки здійснюватися не буде.

Спочатку спрогнозуємо величину $\tau_{мін}$. Припустимо, що за даних умов $\tau_{мін} = 0,1 + 0,05 = 0,15$.

Тоді відносна (щорічна) ефективність вкладних інвестицій в проведення наукових досліджень та впровадження їх результатів складе:

$$A_a = \dot{a}_e \sqrt[3]{1 + \frac{A_{абс}}{PV}} - 1 = \sqrt[3]{1 + \frac{118634,43}{46288,57}} - 1 = 0,289 \text{ або } 28,9 \%$$

Оскільки $E_B = 28,9\% > \tau_{\text{мін}} = 0,15 = 15\%$, то інвестора може зацікавити вкладання капіталу в дану розробку.

Розраховуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій. Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{\text{ок}}$ можна розрахувати за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{E_B}. \quad (3.15)$$

Якщо $T_{\text{ок}} < 3 \dots 5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним. В інших випадках потрібні додаткові розрахунки та обґрунтування. Термін окупності вкладених у реалізацію проекту інвестицій $T_{\text{ок}}$ складе:

$$T_{\text{ок}} = 1 / 0,289 = 3,46 \text{ років,}$$

що свідчить про можливу доцільність фінансування даної розробки.

3.5 Висновки до економічної частини

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на розробку нового технічного рішення, на його виробництво та впровадження, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Визначення капітальних витрат на розробку нового технічного рішення включало витрати на основну заробітну плату розробників (14544 грн.) і робітників (21,91 грн. на виготовлення одиниці продукції), а також додаткову заробітну плату (1747,91 грн.), амортизацію обладнання (12487 грн), витрати на електроенергію (427,91 грн), матеріали (118,98 грн. на одиницю продукції) і таке інше. В розрахунку економічної

ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової роботи, що склали 46288,57 грн., спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність (28,9%/рік) вкладених інвестицій і періоду їх окупності (3,46 років). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової роботи оскільки вона є економічно доцільною.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз умов праці

Обладнання для виготовлення «Корпус 60.14» встановлено у механічному цеху. Живлення електрообладнання здійснюється від 3-х фазних і 4-х провідних мереж (220/380) з глухо заземленою нейтраллю живильного трансформатора напругою до 1000 В. В процесі обробки деталей виникають наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

- рухомі частини виробничого обладнання;
- гострі заусенеці і кромки на поверхнях деталей;
- температура повітря робочої зони не відповідає нормальним змовам;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації на робочому місці;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- підвищена загазованість робочої зони;
- загально токсичні: оксид вуглецю;
- паралізуючі: пари лугів.

4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Однією з необхідних і важливих умов для здорової і високо продуктивної праці є забезпечення чистоти повітря і підтримання нормальних метеорологічних умов в робочій зоні механічного цеху. Оптимальні показники мікроклімату – це показники, які розповсюджуються на всю територію робочої зони. Допустимі показники – показники, які встановлюються диференційно для постійних і непостійних робочих місць.

Оптимальні величини мікроклімату встановлюються у випадках, коли по технологічних вимогах, технологічним і економічним принципам не забезпечуються оптимальні норми.

Вологість повітря значно впливає на терморегуляцією організму людини. Дія температури навколишнього середовища залежить від супроводжуючої відносної вологості. Підвищена вологість є несприятливим фактором не тільки в умовах спеки, але й при пониженій температурі. Інтенсивність теплового випромінювання складає 100 Вт/м² при випромінюванні тіла людини 25%.

Показники мікроклімату в виробничих приміщеннях повинні відповідати значенням наведеним в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Показники мікроклімату в виробничих приміщеннях

Період року	Катюгорія робіт	Температура				Відносна вол.		Шв. руху повіт.		
		Опт.	Допустима				Оптим.	Доп.	Оптним.	Доп.
			В.м.	Н.м.	В.м.	Н.м.				
			На робочих місцях							
Пост.	Не Пост.	Пост.	Не пост.							
теплий	2 2 6	20-22	27	29	16	15	40-60	70	0.3	0.2-0.5

4.2.2 Природне і штучне освітлення

Мінімальне значення коефіцієнта природного освітлення розраховується за формулою:

$$e_n^4 = e_n^3 \cdot m \cdot c, \quad (4.1)$$

де $e_n = 2.5\%$ – для зорових робіт дуже високої точності,

$m = 0.9$ – четвертий пояс світлового клімату (м. Вінниця);

$c = 0.75$ – четвертий пояс світлового клімату, при азимуті 90°.

Тоді

$$e_n^4 = 2.5 \cdot 0.9 \cdot 0.75 = 1.68\%.$$

Таблиця 4.2 – Показники природного освітлення

Мін. розмір об.роз.	Розряд зорової роботи	Під розряд зор.р.	Контраст	фон	Природне		Штучне		Комбінов.	
					Освітл., лк		КЕО _п e _н ³ , %		КЕО e _н ³ , %	
					Комб.	Заг.	Верхн.	Боков.	Верхн.,	Бок.
0,15-0,3	2	в	малий	Серед.	2000	500	7	2	4.2	1.2

Таблиця 4.3 – Показники штучного освітлення

Приміщення і територія	Приклад цеху	Коефіцієнт запасу K_3				
		при природному освітленні			При штучному	
		верт.	нахилено	горизонт.	газорозрядні	Лампи розжар
Виробниче приміщення	механічний	1.3	1.4	1.5	1.5	1.3

4.2.3 Захист від виробничого шуму

Основним джерелом виробничого шуму в механічному цеху є виробниче обладнання. При проектуванні виробниче обладнання слід керуватися вимогами санітарних норм. Допустимі рівні звукового тиску в октавних полісах частот, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в виробничих приміщеннях на території підприємства приведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Значення рівнів звукового тиску

Рівні звукового тиску, дБ в октавних полосах, Гц									Рівні звуку і еквівал. рівні звуку, дБ (А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Найбільш ефективно зниження шуму досягається шляхом установки звукоізолюючих перешкод, перегородок, кожухів, кабін.

4.2.4 Вібраційна безпека

У відповідності з санітарними нормами, правилами техніки безпеки та іншими нормативними документами визначимо критерій оцінки у відповідності з характером умов праці (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Показники вібраційної безпеки

Категорія вібрацій, Критерії оцінки	Характеристика умов праці	Приклади джерел вібрації
3 тип Q" Границя зниження ККД	Технологічна вібрація, що впливає на оператора	Металообробні в-ти, ел. обладнання, вентилятори

Санітарні норми одночасових показників вібраційного навантаження на операторів металообробних верстатів для восьми годинного робочого дня наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Значення норм вібраційного навантаження на оператора

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок вібрації	Нормативні кориговані по вел. частоти знач.			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м /с ²	рівень, дБ	м/с x 10 ⁻²	рівень, дБ
Загальна	3 тип "Q"	Z ₀ Y ₀ X ₀	0,1	100	0,2	92

Санітарні норми показників вібраційного навантаження на операторів (локальна вібрація) металообробних верстатів для восьми годинного робочого дня наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Значення норм локального вібраційного навантаження

Середньо геометричні частоти у октавних полосах, Гц	Нормативні значення			
	Віброприскорення		Віброшвидкість	
	м /с ²	рівень, дБ	М хс ⁻¹ x 10 ⁻²	рівень, дБ
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,7	129	1,4	109
63	5,4	135	1,4	109
125	10,7	141	1,4	109
250	21,3	153	1,4	109
500	42,5	159	1,4	109
1000	85,0	163	1,4	109

4.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

4.3.1 Вимоги до використання електрообладнання

Представлена ділянка механічної обробки по небезпеці ураження електричним струмом відноситься до особливо небезпечних приміщень. Тут існує струмопровідна підлога і можливе одночасне торкання оператором до

заземлених механізмів та металевих корпусів електрообладнання. До електрообладнання висуваються наступні вимоги:

- необхідність занулення, що запобігає ураженню електричним струмом оператора, згідно «ПУЕ» занулення являється ефективною мірою захисту при живленні електрообладнання 3-х фазних і 4-х провідних мереж (220/380) з глухо заземленою нейтраллю живильного трансформатора напругою до 1000 В;

- в електричній схемі обладнання має бути передбачено блокуючий пристрій на випадок падіння або збільшення напруги в мережі живлення.

Виробниче обладнання повинне забезпечуватись засобами аварійної сигналізації. Органи управління повинні забезпечувати надійність пусків і швидкість зупинки, але мають бути простими в користуванні, оператор не повинен прикладати великих зусиль для їх переміщення. Також органи керування повинні бути відповідним чином марковані, або мати відповідні написи.

Органи аварійного керування «СТОП» повинні бути забарвлені в червоний колір та мати зручну форму для аварійного відключення.

4.5 Висновки до розділу 4

Розроблено заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення деталі «Корпус 60.14». Розглянуто організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, а також організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи. Крім цього проведено аналіз умов пожежної безпеки під час виготовлення деталі «Корпус 60.14».

ВИСНОВКИ

Отже в результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи визначено деталь «Корпус 60.14» є технологічною, а тип виробництва деталі – середньо серійний. На основі розрахованих техніко-економічних показників способів отримання заготовки деталі «Корпус 60.14» визначення, що найраціональнішим є спосіб лиття в облицьований. Виконано проектування послідовностей обробки поверхонь заготовки та операційного технологічного процесу виготовлення деталі з отриманням технологічних карт. Для вертикально-свердлильної операції механічної обробки деталі «Корпус 60.14» виконано вибір верстатного обладнання та визначено режими різання.

Для удосконалення верстатного пристосування виконано розрахунки та проектування конструкції верстатного пристосування для закріплення деталі на вертикально-свердлильній операції механічної обробки деталі «Корпус 60.14». Проведено удосконалення параметрів силового приводу затискного пристрою верстатного пристосування на основі визначеного алгоритму розрахунків режимів різання та сили закріплення.

В магістерській кваліфікаційній роботі розраховані основні економічні показники забезпечення виготовлення деталі «Корпус 60.14», що дозволило забезпечити економічний ефект від реалізації вкладених інвестиції з періодом окупності 3,46 років. Розроблено заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення деталі «Корпус 60.14».

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения / Б. С. Балакшин. — М. : Машиностроение, 1969. — 358 с.
2. Барановський Ю.В. Режимы резания металлов: Справочник. [Ю. В. Барановський, Л. А. Брахман, Ц. З. Бродский и др.] ; / под ред. Ю.В. Барановського. — М. : Машиностроение, 1972. — 407 с.
3. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. — Минск : Вышэйшая школа, 1983. — 256 с.
4. Гусев А. А. Технология машиностроения (специальная часть) [А. А. Гусев, Е. Р. Ковальчук, Н. М. Колесов и др.]. — М. : Машиностроение, 1986. — 480 с.
5. Допуски и посадки. Справочник в 2 ч. / [Мягков В. Д., Палей М. А., Романов А. Б. и др.]. — Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, Ч. 1. — 1983. — 543 с.
6. Допуски и посадки : справочник в 2 ч. / [Мягков В. Д., Палей М. А., Романов А. Б. и др.]. — Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, Ч. 2.— 1983. — 448 с.
7. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин / Ж. П.Дусанюк, С. В. Дусанюк. — Вінниця : ВНТУ, 2004. — 90 с.
8. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник / [Ж. П.Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський та ін.]. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.
9. Комиссаров В. И. Точность, производительность и надежность в системе проектирования технологических процессов / В. И. Комиссаров, В. И. Леонтьев. М. : Машиностроение, 1985. — 224 с.
10. Маталин А. А. Технология машиностроения / А. А. Маталин. — Л. : Машиностроение, 1985. — 496 с.

11. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. / [Панов А. А., Аникин В. В., Бойм Н. Г. и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.

12. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. – М. : Экономика, 1990. – 473 с.

13. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. – М. : Экономика, 1990. – 473 с.

14. Безопасность производительных процессов: Справочник / Под общ. Ред. С.В.Белова. – М.: Машиностроение, 1985. - 448с.

15. Справочник по гигиене труда. Под ред. Карпова Б.Д., Ковшило В.Е. – Л.: Медицина, 1976, 536с.

16. Справочник по охране труда на промышленном предприятии / К.Н. Ткачук и др.. – К.: Техника, 1991. – 285с.

17. Комп'ютерне проектування технологічного оснащення. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.

18. Станочные приспособления: Справочник. Т.1. / Под редакцией Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.

19. Станочные приспособления: Справочник. Т.2. / Под редакцией Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 656 с.

20. Справочник технолога – машиностроителя. Т.2. / Под редакцией А.Н. Малова. – М.: Машиностроение, 1972. – 7568 с.

21. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1983. – 278 с.

22. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроение, 1971. – 564 с.

23. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений.: Справ. Пособие. – Мн.: Беларусь, 1991.– 400 с.

24. Петров О.В. Вплив параметрів системи керування на характеристики LS-гідроприводу під час роботи в режимі розвантаження гідронасоса / О. В. Петров, Л. Г. Козлов, М. П. Коріненко, Є. С. Гарбуз // Вісник машинобудування та транспорту. – Вінниця, 2015. – №2. – С. 76-82.

25. Автоматизація розрахунку сили закріплення заготовок для операцій фрезерування [електронний ресурс] / О.В. Петров, Р.В. Кукіль, І.В. Піта, В.В. Бабак// XLIX науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області, відбулася 18-29 травня, 2020. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2020/paper/view/9911/8269>.

26. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 60661. Комп'ютерна програма «Розрахунок деталей пристосувань на кручення» / О.В. Петров, В.А. Подоляк, Є.С. Гарбуз. – Зареєстр. 16.07.2015.

27. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 60662. Комп'ютерна програма «Розрахунок деталей пристосувань на згин» / О.В. Петров, В.А. Подоляк, Є.С. Гарбуз. – Зареєстр. 16.07.2015.

28. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 60663. Комп'ютерна програма «Розрахунок деталей пристосувань на розтяг» / О.В. Петров, В.А. Подоляк, Є.С. Гарбуз. – Зареєстр. 16.07.2015.

ДОДАТКИ

Додаток А

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ПОГОДЖЕНО

Головний технолог

керівник або заступник

ПрАТ «Вінницький завод «Маяк»

назва підприємства чи установи

підпис

Марчук А.В.

ініціали та прізвище

« ____ » _____ 2020

ЗАТВЕРДЖУЮ

зав. кафедри ТАМ

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

(підпис)

« ____ » _____ 2020р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

УДОСКОНАЛЕННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ
ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНОЇ ОПЕРАЦІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
ДЕТАЛІ «КОРПУС 60.14»

08-26.МКР.011.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Петров О.В. _____

« ____ » _____ 2020 р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи 1ПМ-19м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Кукіль Р.В. _____

« ____ » _____ 2020 р.

Вінниця ВНТУ 2020

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)

а) потреба в удосконаленні верстатного пристосування для вертикально-свердлильної операції технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус 60.14»;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2. Мета і призначення МКР

а) мета – удосконалити верстатне пристосування за допомогою технічних рішень та прикладних мов програмування;

б) призначення розробки – верстатні пристосування металообробних верстатів.

3. Вихідні дані для виконання МКР

Технічне креслення та річна програма випуску деталі «Корпус 60.14».

4. Вимоги до виконання МКР

У роботі необхідно представити аналіз схем установаження та закріплення деталі, а також розрахувати силові параметри; розрахунок пристосування на точність та міцність; аналіз залежності сили різання та закріплення від встановлених режимів різання; аналіз значень сили закріплення та діаметра гвинтового затискача в залежності від зміни одного із параметрів.

5. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Огляд літературних джерел наукового та технічного характеру за темою роботи	10.10.20 р.	02.11.20 р.	Формування мети та задач роботи
2	Підготовка технологічного розділу	10.10.20 р.	02.11.20 р.	Об'єкт дослідження, розділ 1
3	Підготовка розділу проектування та удосконалення верстатного пристосування	02.11.20 р.	16.11.20 р.	Розділ 2, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	02.11.20 р.	16.11.20 р.	Розділ 3, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	02.11.20 р.	16.11.20 р.	Розділ 4
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	16.11.20 р.	27.11.20 р.	пояснювальна записка

6. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстративні матеріали, відзив наукового керівника, відзив рецензента, анотації до МКР українською та іноземною мовами.

7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів графічної та розрахункової документації МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженою наказом ректора.

8. Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р. та на основі ДСТУ 3008:2015.

9. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом відсутні.

ЗАТВЕРДЖУЮ
зав. кафедри ТАМ
д.т.н., професор Козлов Л.Г.

(підпис)
« ____ » _____ 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування верстатного пристосування
за темою магістерської кваліфікаційної роботи

УДОСКОНАЛЕННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ
ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНОЇ ОПЕРАЦІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
ДЕТАЛІ «КОРПУС 60.14»

08-26.МКР.011.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Петров О.В. _____
« ____ » _____ 2020 р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи 1ПМ-19м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Кукіль Р.В. _____
« ____ » _____ 2020 р.

Вінниця ВНТУ 2020

1 Назва та галузь застосування

- Пристосування спеціальне (в подальшому „пристосування”) до вертикально-свердлильного верстата з мод. 2P135Ф2 для обробки плоских та циліндричних поверхонь для операції 025 технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус 60.14»;
- умовне позначення: 08-26.МКР.011.08.000 СК;
- пристосування призначено для обробки отвору $\varnothing 12$ мм;
- пристосування повинно забезпечувати вимоги до точності виготовлення заданих поверхонь деталі, які вказані в розділі „Технічні вимоги”;
- пристосування повинно відповідати вимогам безпеки роботи, передбаченими ГОСТ 12.2.029-77;
- пристосування призначено для експлуатації в приміщенні при температурі від 16 до 20°C.

2 Основа для розробки

- Розробку пристосування вести на основі завдання на дипломний проект стосовно технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус 60.14», складеного керівником проекту та затвердженим кафедрою технологій та автоматизації машинобудування.

3 Мета та призначення розробки

- Метою даного розділу являється розробка конструкції спеціального пристосування для виконання переходів 025 операції: свердління одного отвору $\varnothing 12$ мм, яке задовільняє технічним вимогам даного технічного завдання;
- задачею даного розділу являється розробка складального креслення пристосування для виконання вказаної у попередньому пункті механічної обробки.

4 Джерела розробки

Джерелами розробки являється:

- дане технічне завдання;
- склад операції 025;
- прийнята схема базування деталі на операції 025 (див. п.3 пояснювальної записки);
- „Єдина система конструкторської та технологічної документації”;
- загальні правила розробки технологічних процесів та вибору засобів технологічного оснащення за ГОСТ 14.3083;
- ГОСТ 14.305-73 „Правила вибору технологічного оснащення”;
- атласи конструкцій пристосувань;
- технічна література, довідникові видання;
- існуючі прототипи;

– технічна документація на верстат, до якого розробляється пристосування.

5 Технічні вимоги

5.1 Склад пристосування і вимоги до конструктивного пристрою

- пристосування повинно складатися з наступних загальних вузлів:
- корпусу з установчими елементами для заготовки;
- швидкодіючих елементів затискання заготовки.

5.2 Конструктивні вимоги до пристосування та його складовим частинам

- габарити пристосування повинні відповідати розмірам столу мод. 2P135Ф2;
- закріплення повинно здійснюватися скрізь провущини з використанням Т-подібних пазів столу;
- встановлення повинно здійснюватися за допомогою призматичних шпонок, закріплених на установній площині корпусу, у Т-подібний (точний) паз столу;
- закріплення корпусу пристосування на столі верстата повинно виключати можливість самовільного ослаблення кріплення, а також зміщення пристосування на розмір безпосередньо на верстаті;
- матеріали конструкції пристосування повинні бути стійкими по відношенню до найбільш часто застосовуваної ЗОР;
- конструкція пристосування повинна забезпечувати вільне видалення ЗОР та стружки.

5.3 Вихідні дані для проектування пристосування

- Виробництво – дрібносерійне, режим роботи – двозмінний;
- маса деталі ≈ 10 кг;
- матеріал деталі – сталь 45Л ГОСТ 1050-88;
- технічні вимоги на деталь вказані на робочому кресленні (див. додатки);
- невказані граничні відхилення розмірів: отворів Н12, валів – по h12, інших – $\pm IT 12/2$;
- обробка поверхонь операції 015;
- прийнятий режим обробки поверхонь на даній операції – див. операційну карту в додатках;
- Пристосування обслуговується верстатником 3-го розряду.

5.4 Загальні технічні параметри, які забезпечуються застосуванням пристосування

- обробка поверхонь на даній операції повинна відповідати вимогам технічної документації на деталь;
- взаємне розташування (перпендикулярність) вісі отв. $\varnothing 70H7$ відносно базової площини „А” потрібно витримати в межах 0,01 мм.

5.5 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації

– з метою підвищення надійності, ремонтоздатності та економічності пристосування забезпечити комплектацію стандартними та уніфікованими установними та затискними елементами;

– рівень стандартизації та уніфікації конструкції повинен складати не менше 80%.

5.6 Вимоги до безпеки застосування пристосування

– пристосування повинно задовольняти вимогам безпеки згідно ГОСТу;

– зовнішні елементи конструкції пристосування не повинні мати поверхонь з нерівностями, які представляють джерело небезпеки. Радіуси заокруглень, розміри фасок зовнішніх поверхонь повинні бути не меншими, ніж 1мм;

– конструкція пристосування повинна передбачати безпеку встановлення та зняття заготовок, виключаючи можливість їх самовільного падіння на опори;

– максимальний гарантований зазор для встановлення заготовок з метою виключення защемлення рух робітника не повинен перевищувати 5 мм;

– в конструкції пристосування повинна передбачатися можливість періодичного змащування всіх поверхонь тертя за допомогою змащувальних каналів, отворів, маслянок та ін.;

– конструкція пристосування повинна бути безпечною при складуванні та транспортуванні;

– висота від рівня підлоги до органів керування повинна бути не менше, ніж 1000 мм і не більше, ніж 1600 мм.

5.7 Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговування та ремонту

– для запобігання корозійним процесам всі елементи пристосування підлягають оксидуванню;

– кінцеву відладку пристосування виконувати після обробки пробних заготовок;

– контроль точності пристосування по забезпеченню положення оброблюваних поверхонь на заготовці слід виконувати через кожних 3 місяці експлуатації.

5.8 Вимоги до транспортування та зберігання

– конструктивне оформлення пристосування повинно забезпечувати зручність та виконання вимог по охороні праці при транспортуванні та установці пристосування на верстаті чи стелажі;

– пристосування повинно зберігатися у стелажах чи шафі, які забезпечують виконання всіх вимог по складуванню та зберіганню;

– місце зберігання пристосування в період, коли воно не застосовується у технологічному процесі, повинно знаходитися в опалювальному приміщенні.

6 Економічні показники

- орієнтована ефективність: не визначається;
- строк окупності витрат на розробку та освоєння виробництва продукції: не визначається;
- мінімальна ціна: ~ 1000 грн.;
- припустиме річне споживання продукції: ~ 4500 шт.;
- економічні переваги розробленої продукції в порівнянні з кращими вітчизняними зразками та аналогами: не визначається.

7 Стадії та етапи розробки

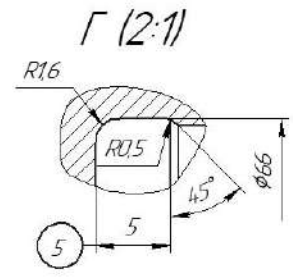
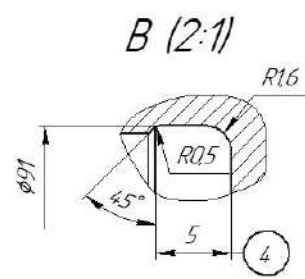
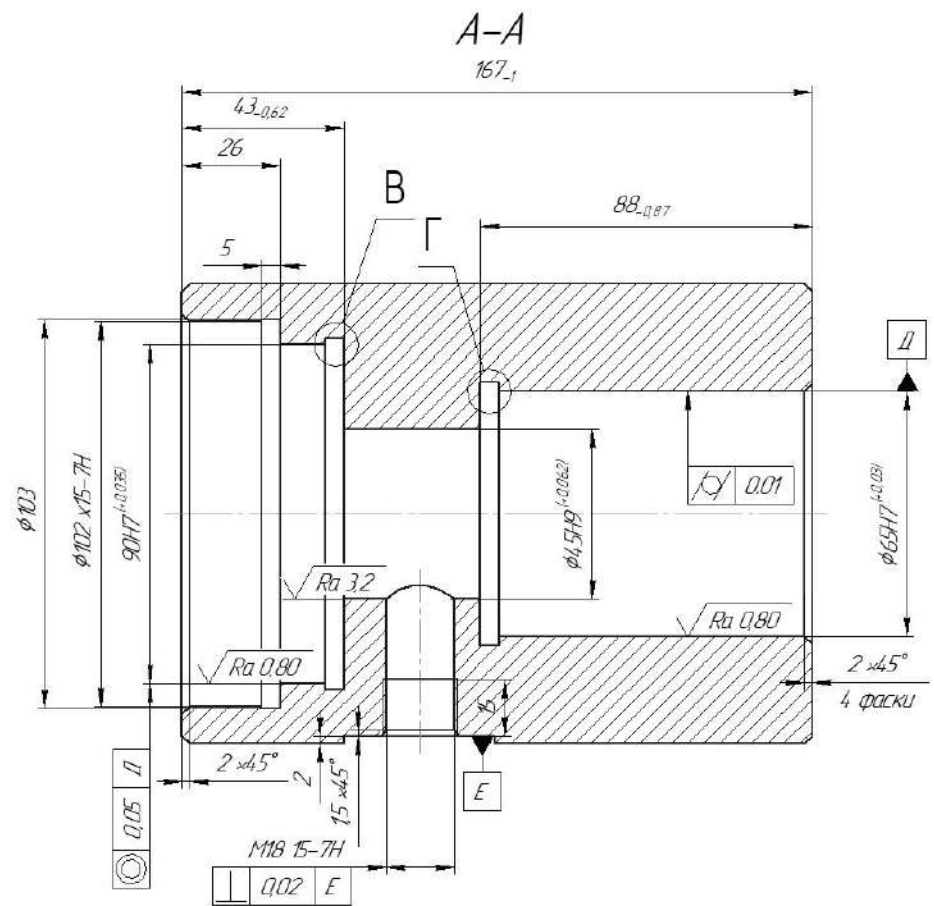
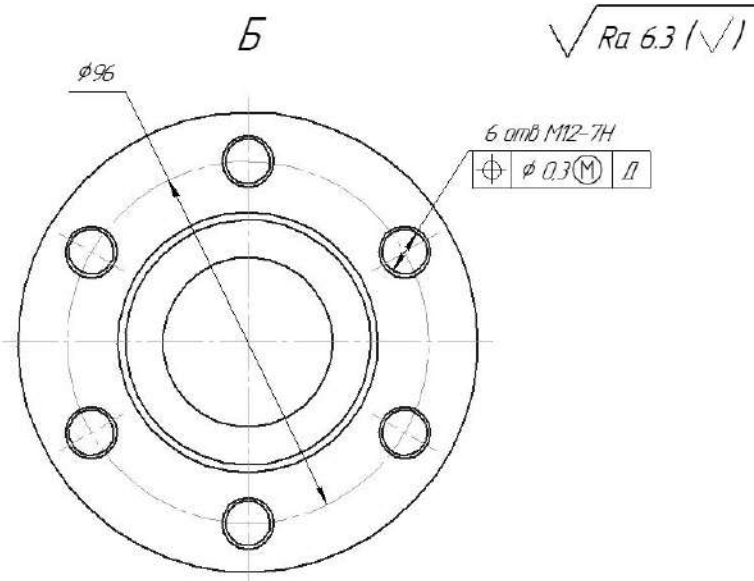
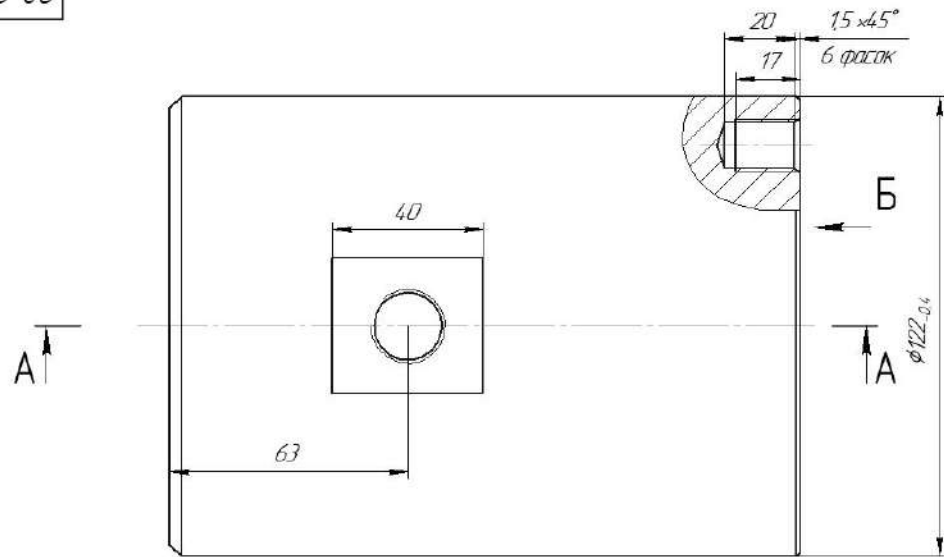
- Зміст та строки виконання визначаються завданням та положенням кафедри ТАМ по ритмічності виконання проекту.

Розробив

Кукіль Р.В.

Додаток Б

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА



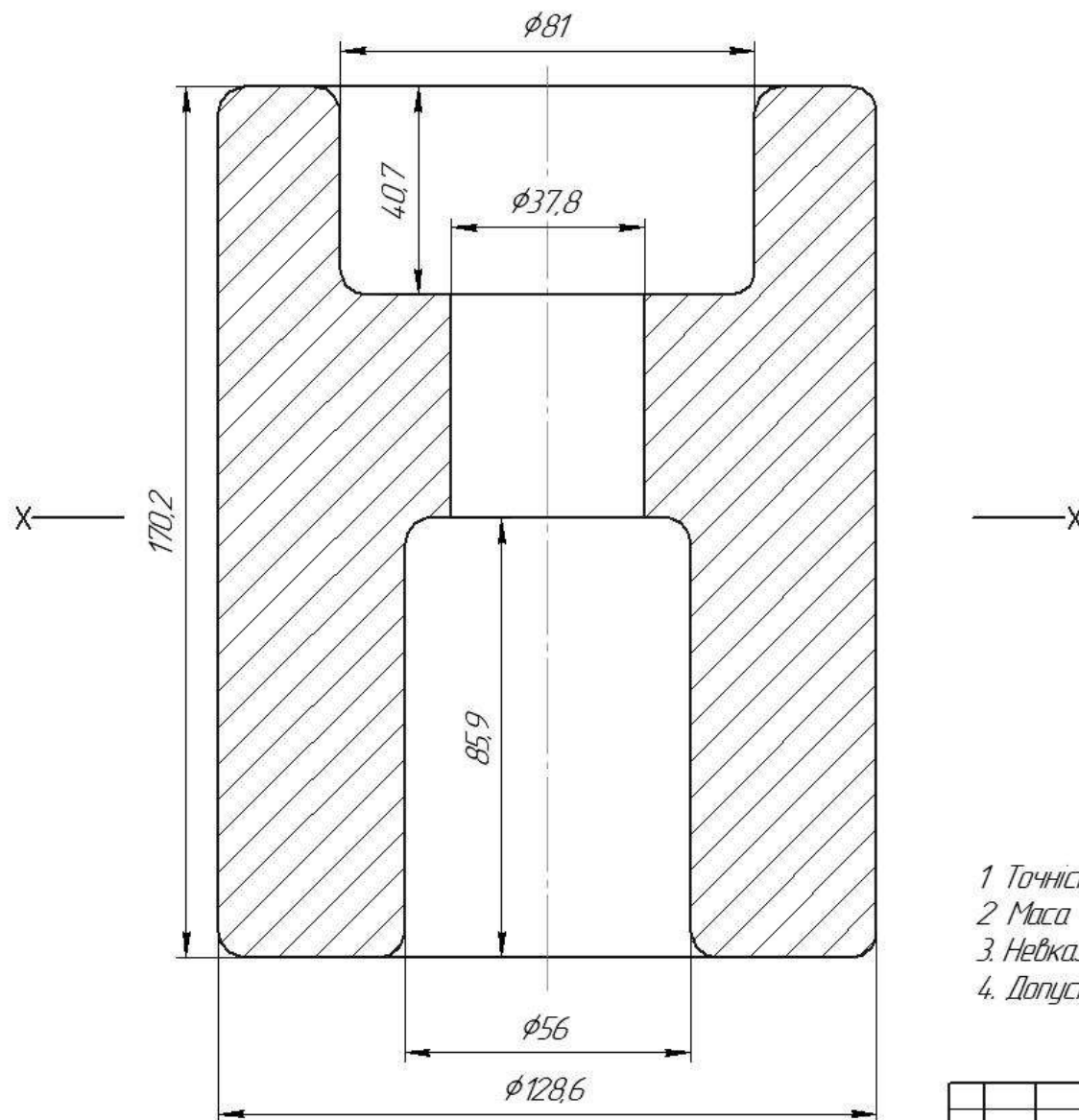
1 40 45 HRC
2 H14, h14, IT/2

				08-26.MKP.01100.001			
Изм./Лист	№ докум.	Лист	Дата	Корпус 60.14	Лист	Масса	Листов
Разработ	Кукль Р.В.				977	11	
Проб	Петров О.В.						
Т.контр							
Исполн	Савдэк О.В.			Сталь 45/ГОСТ 1050-88	Лист	Листов	
Утв	Козлов Л.Г.						
				Копирован	Формат А2		

Изд. № 001
Лист № 11 из 11
Изд. № 01
Лист № 11 из 11
Изд. № 01
Лист № 11 из 11
Изд. № 01
Лист № 11 из 11

08-26.МКР.011.00.002

√ Ra 32



- 1 Точність виливка 10 - 7 - 13 - 11т Эм. 0,8 ГОСТ 26645-85.
- 2 Маса 9,77 - 4,5 - 0,8 - 13,61 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані радіуси заокруглень 5 мм, формувальні нахили $0^{\circ}41$.
4. Допускаються раковини пустоти $\phi 2,8$ на глибині 2,9 мм.

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

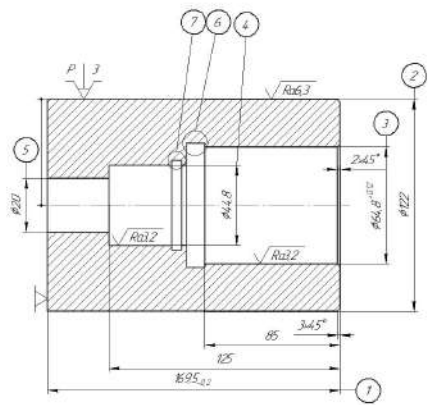
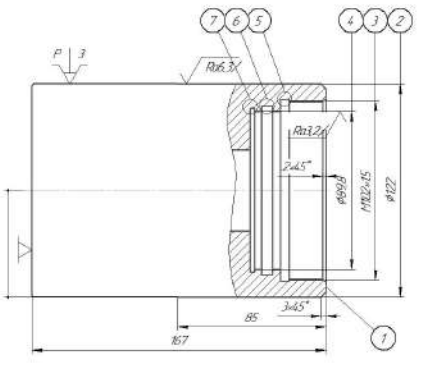
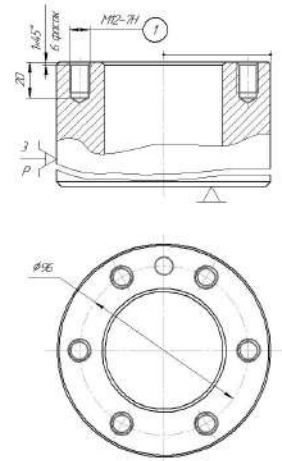
Подп. и дата

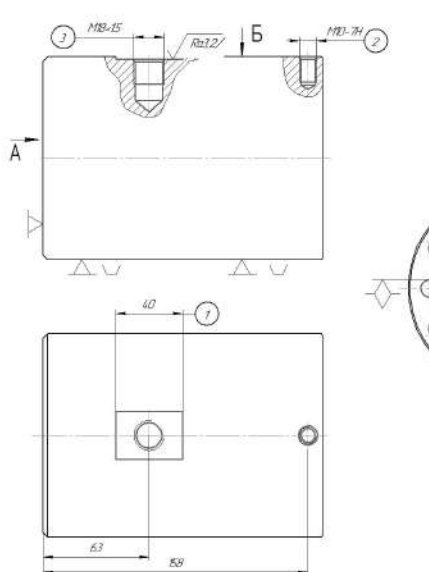
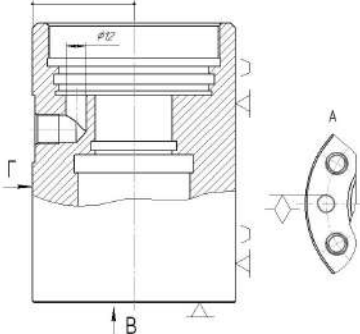
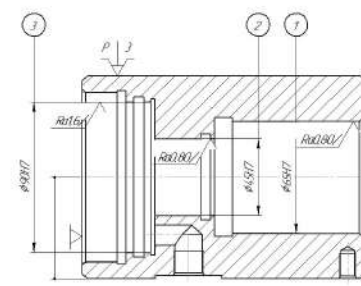
Инв. № подл.

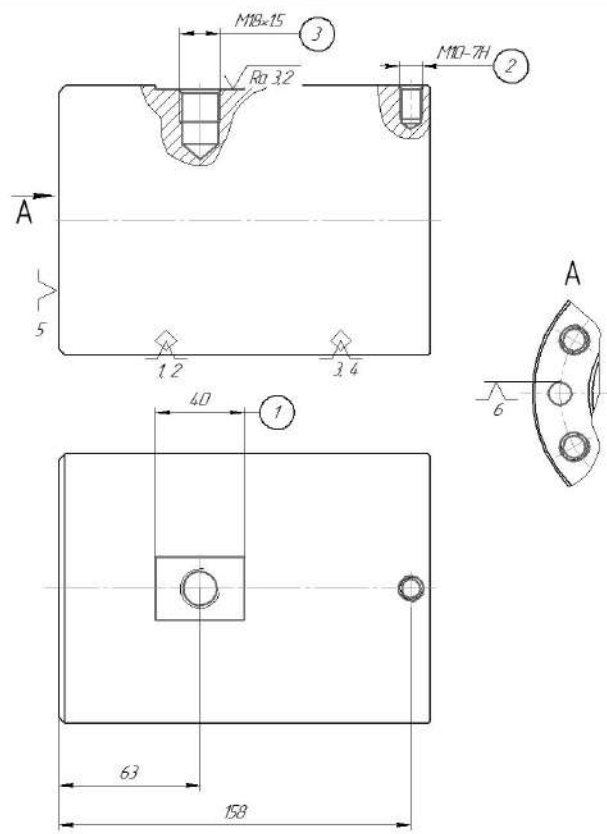
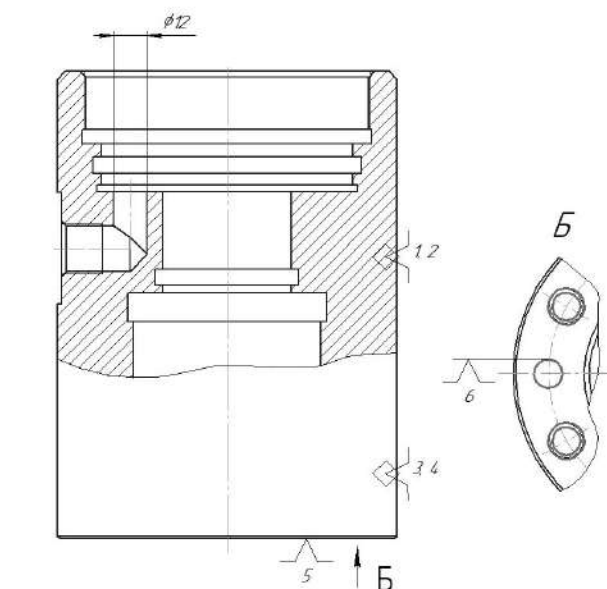
					08-26.МКР.011.00.002		
					Корпус 60.14 (виливок)		
					Лит.	Масса	Масштаб
						13,61	1:1
					Лист 1		
					Сталь 45/1 ГОСТ 1050-88		
					ВНТУ, гр. 11М-19М		
					Формат А3		

Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Кижиль Р.В.		
Проб.	Петраов О.В.		
Т.контр.			
Н.контр.	Сердюк О.В.		
Утв.	Козлов Л.Г.		

Копировал

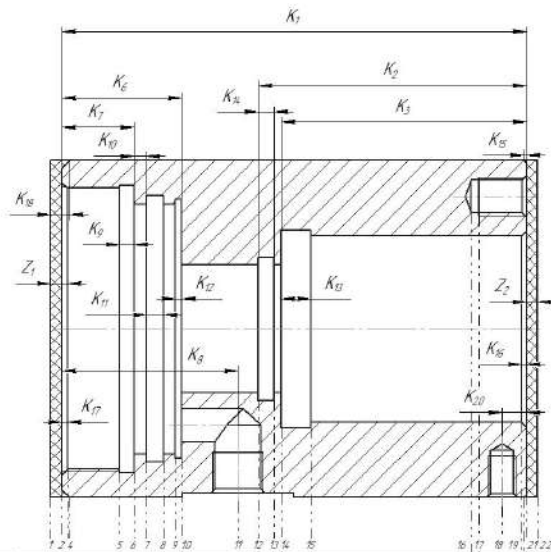
№	Операції, переходи	Ескізи та схеми установки	Моделі верстатів
005	<p>Токарно – револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закрити 2. Точити торець Φ однократно 3. Точити фаску $3 \times 45^\circ$. Точити пов. 2 на довжину 85 мм. 4. Центрувати отвір 3. 5. Свердлити отв. 5 $\Phi 20$. 6. Точити фаску $2 \times 45^\circ$. Розточити отвори 3 та 4 попередньо. 7. Розточити канавки 6, (b=10), 7, (b=6). 8. Розточити пов. 3 та 4 остаточно. 9. Зняти заготовку. 		1B340Ф30 Токарно-револьверний з ЧПК
010	<p>Токарно – револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закрити 2. Точити торець 1 однократно 3. Точити фаску $3 \times 45^\circ$. Точити пов. 2 на довжину 85 мм. 4. Точити фаску $2 \times 45^\circ$. Точити пов. 3 та 4 попередньо. 5. Розточити канавку 5, (b=5), 6, (b=4.5) 6. Розточити канавку 7, b=2.5. 7. Розточити пов. 4, начисто 8. Нарізати різьбу M102x15. 9. Зняти заготовку. 		1B340Ф30 Токарно-револьверний з ЧПК
015	<p>Вертикально – свердильна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закрити 2. Центрувати 7 отв. 3. Свердлити 7 отв. $\Phi 10.4$ під різь. 4. Нарізати різь 6 отв. M12-7H. 5. Зняти заготовку. 		2P135Ф2 Вертикально-свердильний з ЧПК

№	Операції, переходи	Ескізи та схема установки	Моделі верстатів
020	<p>Вертикально – свердлильно з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати виступку 1 в=40. 3. Центрувати отвір 2 та 3. 4. Свердлити отвір $\Phi 8,4$ під різь 2. 5. Нарізати різь М10-7Н. 6. Свердлити отвір $\Phi 16,4$ під різь М18-15-7Н. 7. Нарізати різь М18-15-7Н. 8. Зняти заготовку. 		2P135Ф2 спец. прист. в призмі. Вертикально- свердлильний з ЧПК
025	<p>Вертикально – свердлильно з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Свердлити отвір $\Phi 12$. 3. Зняти заготовку. 		2P135Ф2 спец. прист. в призмі. Вертикально- свердлильний з ЧПК
030	Термічна		
035	<p>Внутрішньо-шліфувальна</p> <p>Установ 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Шліфувати отвір $\Phi 65$ Н7. 3. Шліфувати отвір $\Phi 45$ Н7. 4. Зняти заготовку. <p>Установ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Шліфувати отвір $\Phi 90$ Н7. 3. Зняти заготовку. 		ЗК227В 3 ^х кулач- ковий патрон Внутрішньо- шліфувальний
040	Контрольна		

№	Операції, переходи	Ескізи базування	Моделі верстатів
015	<p><u>Вертикально – свердлильна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати виточку 1 в=40. 3. Центрувати отв. 2. 4. Свердлити отв. $\phi 16.4$ під різь M18x15-7H. 5. Нарізати різь M18x15-7H 6. Зняти заготовку. 		<p>2P135ϕ2 Вертикально-свердлильний з ЧПК</p>
025	<p><u>Вертикально – свердлильна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Свердлити отв. $\phi 12$. 3. Зняти заготовку. 		<p>2P135ϕ2 УВП. Вертикально-свердлильна з ЧПК</p>

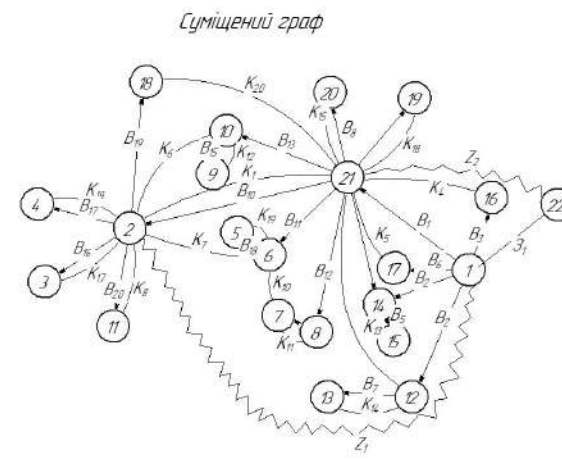
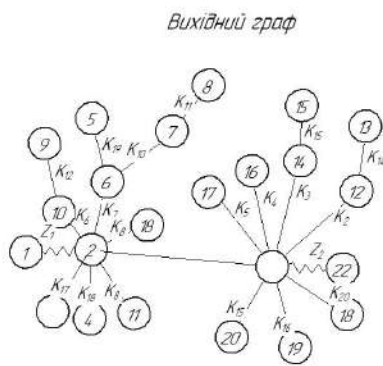
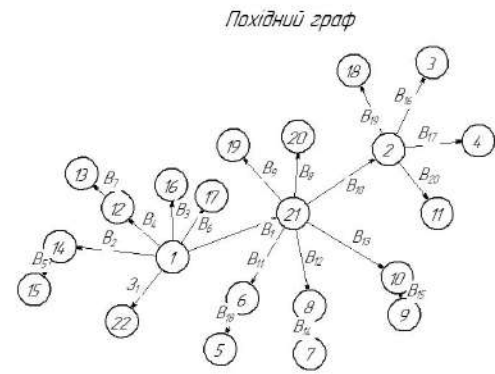
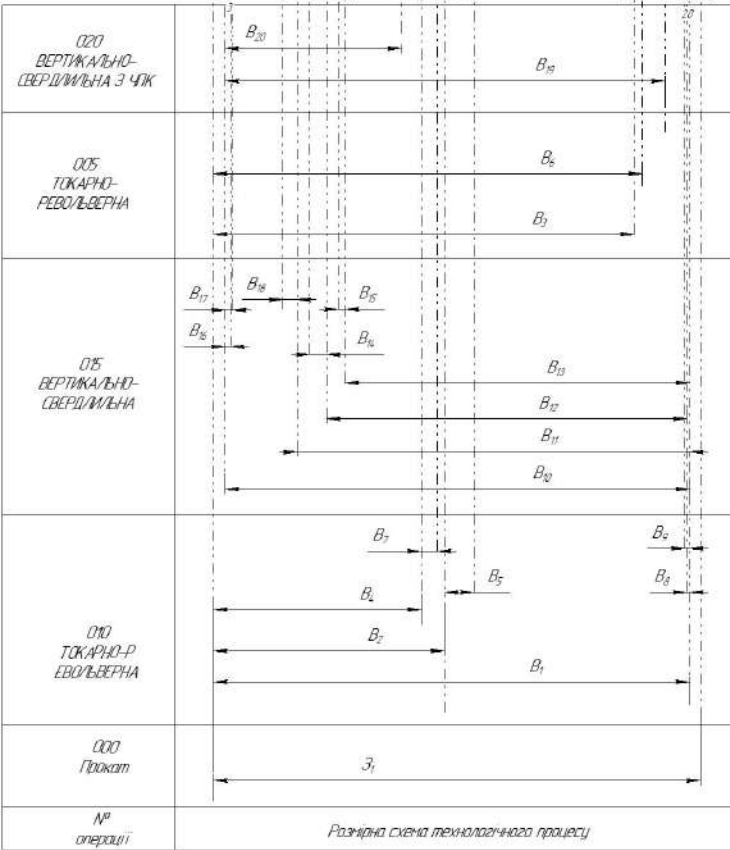
№	Операції, переходи	Ескізи базування	Моделі верстатів
005	<p>Багатоцільова з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Підрізати торець 1 однократно. 3. Точити фаску $3 \times 45^\circ$. Точити пов. 2 на довжину 85 мм. 4. Центрувати отвір 3. 5. Свердлити отв. 5 $\phi 20$. 6. Точити фаску $2 \times 45^\circ$. Розточити отвори 3 та 4 попередньо. 7. Розточити канавку 6, $b=10$. 8. Розточити канавку 7, $b=6$. 9. Розточити пов. 3 та 4 начисто. 10. Центрувати 7 отв. 8. 11. Свердлити 7 отв. $\phi 10,4$ під різь. 12. Нарізати різь 6 отв. M12-7H. 13. Центрувати отвір 9. 14. Свердлити отвір $\phi 8,4$ під різь. 15. Нарізати різь M10-7H. 16. Зняти заготовку. 		1П4.20ПФ30 багатоцільовий верстат
010	<p>Токарно - револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Точити торець 1 однократно. 3. Точити фаску $3 \times 45^\circ$. Точити пов. 2 на довжину 85 мм. 4. Центрувати отвір 3. 5. Свердлити отв. 5 $\phi 20$. 6. Точити фаску $2 \times 45^\circ$. Розточити отвори 3 та 4 попередньо. 7. Розточити канавки 6, ($b=10$), 7, ($b=6$). 8. Розточити пов. 3 та 4 начисто. 9. Зняти заготовку. 		1В340Ф30 Токарно- револьверний з ЧПК

№	Операції, переходи	Ескізи базування	Моделі верстатів
030	<u>Термічна</u>		
035	<p><u>Внутрішньошліфувальна</u> <u>Установ 1</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Шліфувати отвір $\phi 65$ H7. 3. Шліфувати отвір $\phi 45$ H7. 4. Зняти заготовку. <p><u>Установ 2</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Шліфувати отвір $\phi 90$ H7. 3. Зняти заготовку. 		<p>ЗК227В 3^х кулачковий патрон Внутрішньошліфувальний</p>
040	<u>Контрольна</u>		



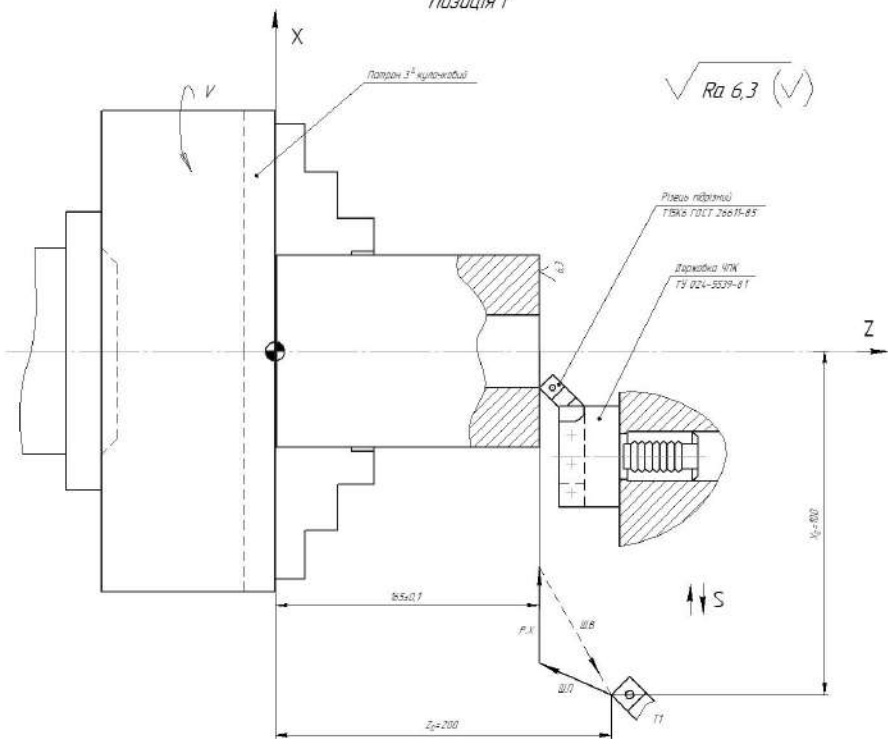
Розмір	Z_1	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	B_{19}	B_{20}
Квалітет	15	12	12	12	12	12	12	12	14	14	10	12	12	12	14	12	14	14	12	12	14
Підприємні значення допусків, мм	18	0,4	0,2	0,35	0,22	0,2	0,35	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,35	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,35	0,5
Остаточні значення допусків, мм	18	0,35	0,1	0,05	0,1	0,2	0,05	0,2	0,2	0,2	0,2	0,12	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,5	
Остаточний розмір, мм	173,55	169,55	80,2	148,35	72,4	10	151,35	6	15	2	165	138,9	128,3	121,9	6	2,5	2	3	5	156	6,3

Продукти	Z_1	Z_2
Граничні значення	Z_{min}	3,2
	Z_{max}	365

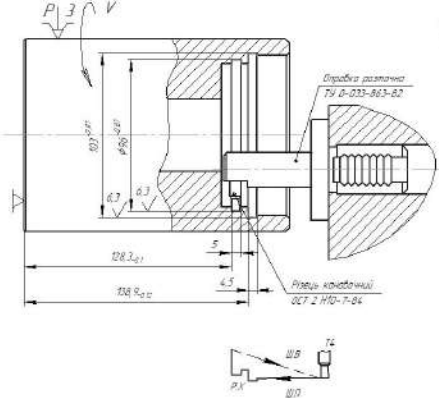


Розмірний аналіз технологічного процесу

Позиція I

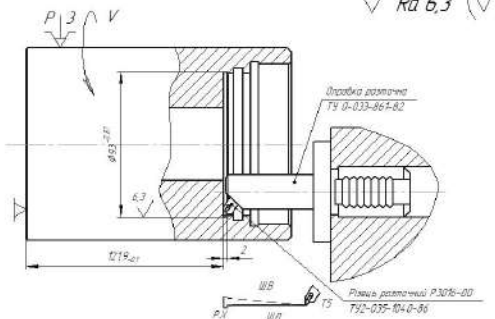


Позиція IV



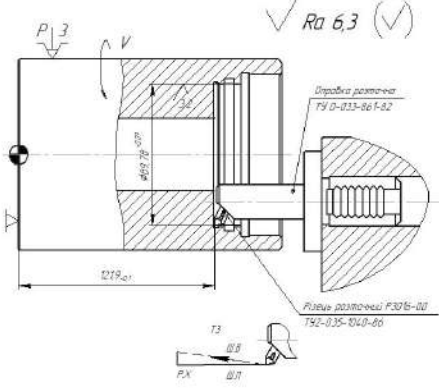
√ Ra 6.3 (✓)

Позиція V



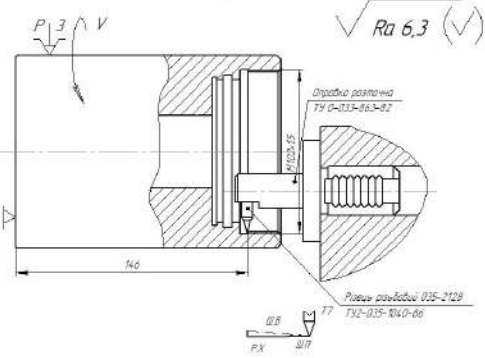
√ Ra 6.3 (✓)

Позиція VI



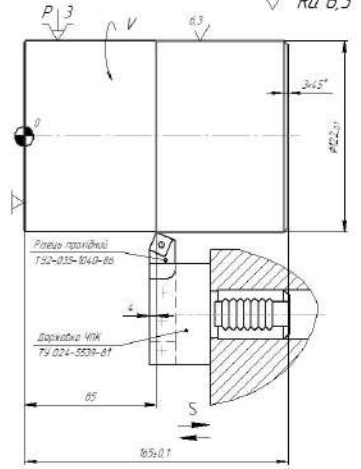
√ Ra 6.3 (✓)

Позиція VII



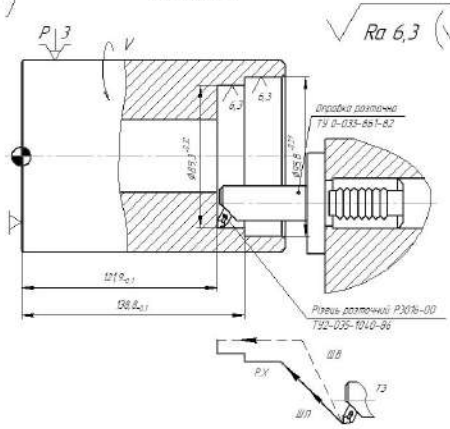
√ Ra 6.3 (✓)

Позиція II



√ Ra 6.3 (✓)

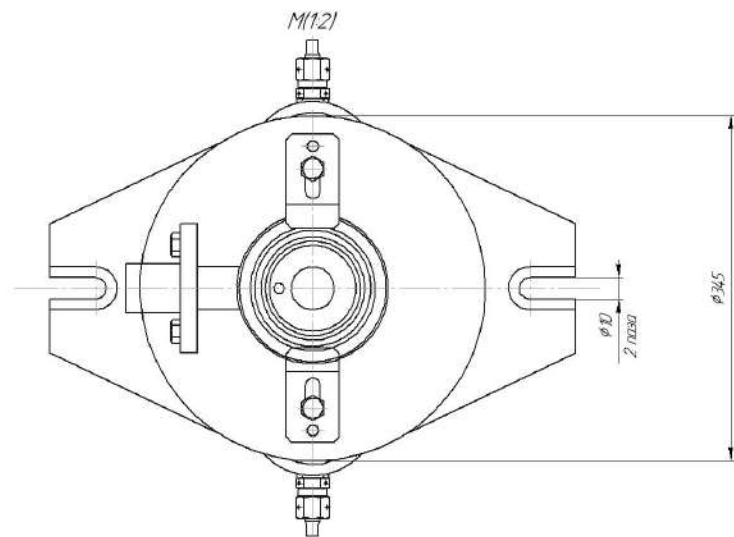
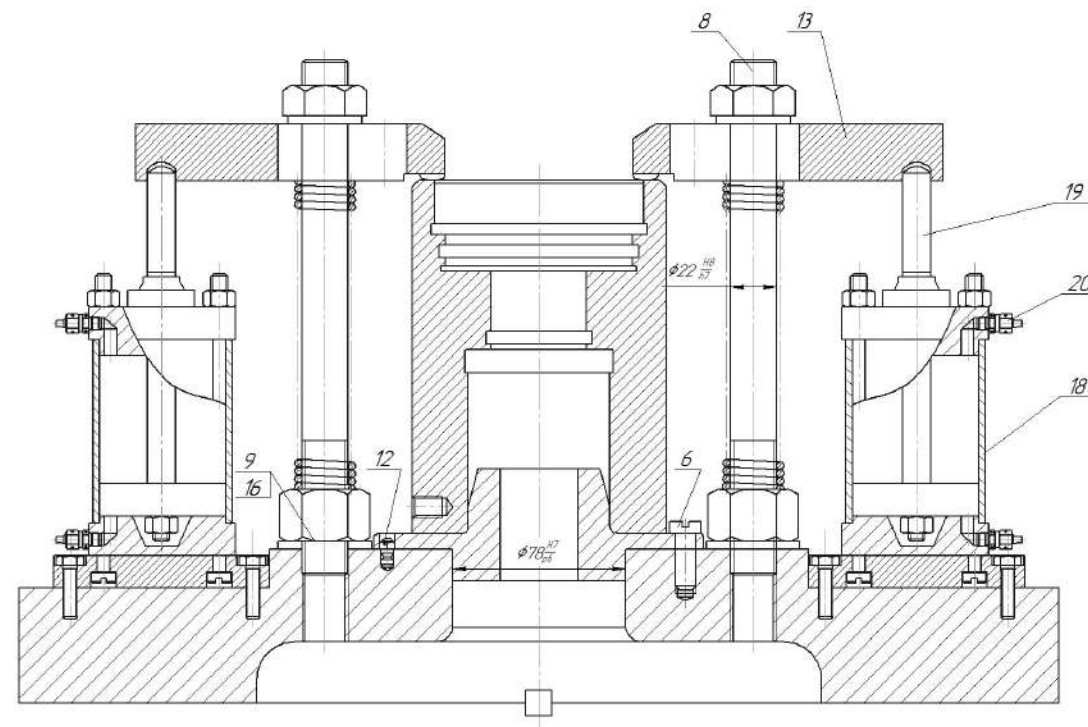
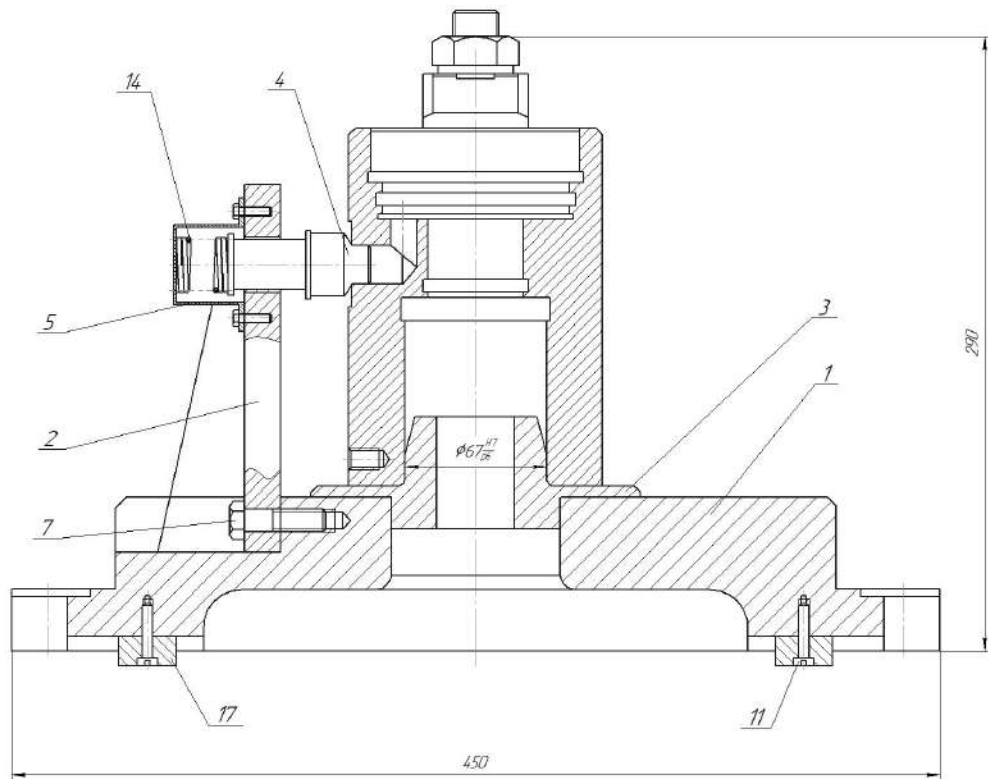
Позиція III



√ Ra 6.3 (✓)

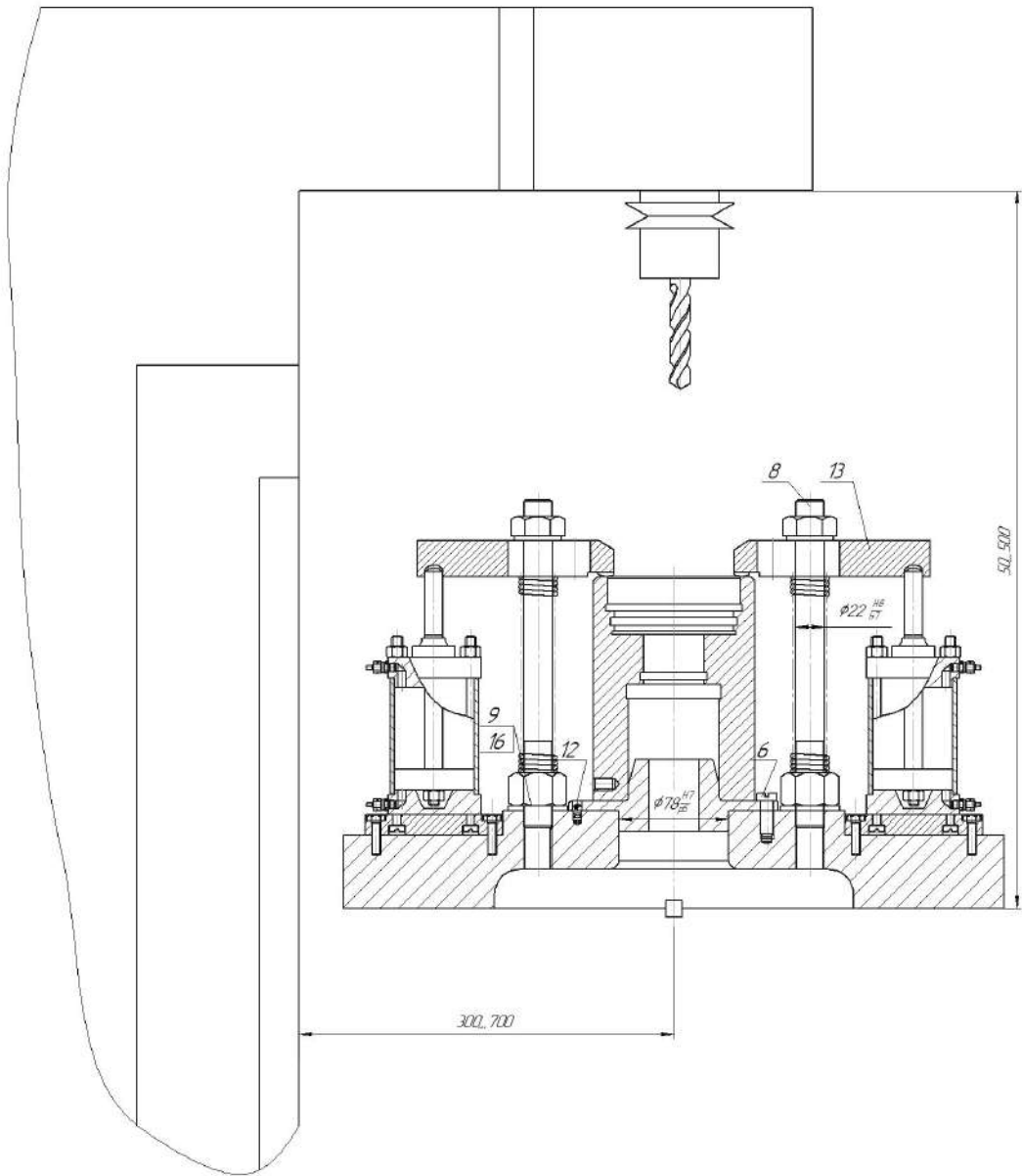
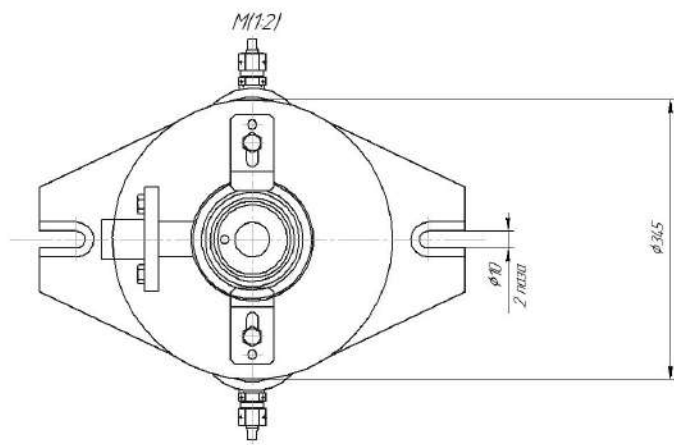
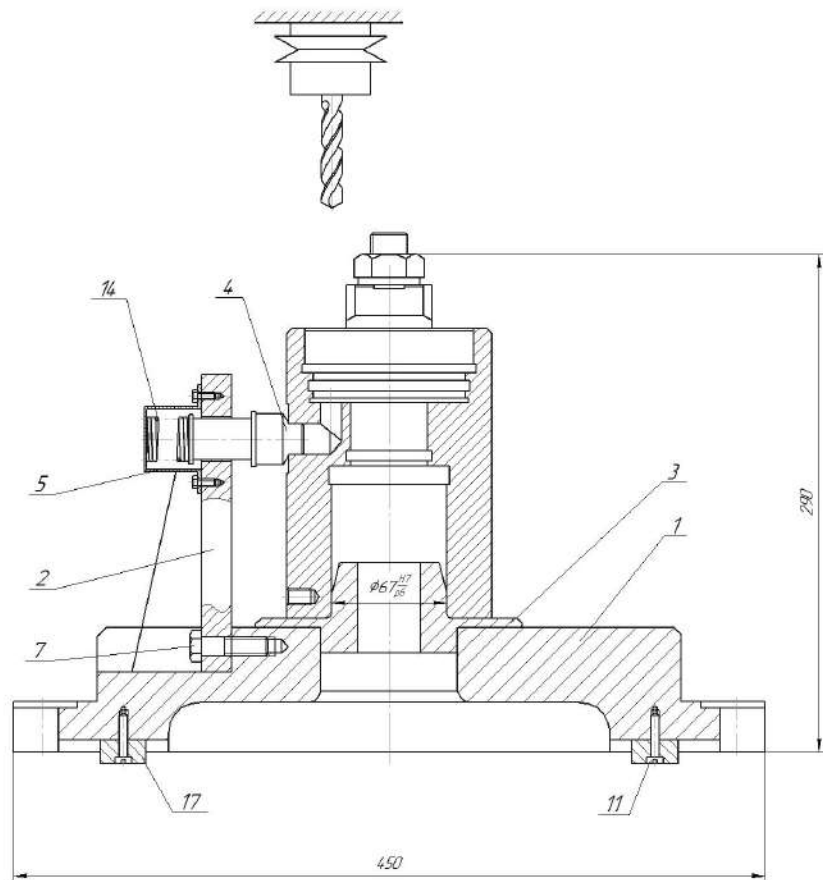
9	З'явилася заготовка				
8	Нарізати різьбу М10х1,5	28,8		90	15
7	Розточити ліву частку вогнищеско розмір L=124 М9х8	88,6	1,2	315	0,2
6	Розточити канавку b=2	73,1	15	250	0,2
5	Полірувати 1. Розточити канавку b=1 2. Розточити канавку b=5	75,3	15	250	0,2
		80,8	15	250	0,2
4	Розточити ліву частку вогнищеско розмір L=124 М9х8 Полірувати 1. Точити діаметр вогнищеско розміру 445 2. Точити ліву частку на довжину 165 вогнищеско розміру 412	75,2	3,79	250	0,25
		95,7	25	250	0,25
2	Точити торцеву вогнищеско розміру 16,25	98,1	2,5	250	0,25
1	Встановити і згорнути заготовку				

№ операції	№ операції	Точково-револьверно 3 ЧФК	В340Ф30	У, м/хв	1, мм	п. об/хв	S, мм/об
		Обладнання		Режими різання			
08-26.МКР.01100.300 КН							
Карта налагоджень на операцію 010							
Ім'я	Дат.	№ докум.	Лист	Дат.	Лист	Маса	Максимум
Розроб	Кукіль Р.В.						
Проєкт	Петров О.В.						
Технік							
Начальник	Сарбук О.В.						
Слід	Александр Л.Т.						



1. Зусилля зчепу 34 кН
2. Приєднувальні поверхні виконані по $\pm 11 \text{ } \mu\text{m}/2$
3. Пристосування окридітати вчюглі
4. Точність позиціонування 0,1 мм

				08-26.МКР.01106.000 СК			Пристосування верстатівне (складальне креслення)		
Ім'я	Дат.	№ докум.	Лист	Всього	Лист	Маса	Масштаб		
Розроб		Кучук Р.В.							11
Проєкт		Петров О.В.							
Технік									
Начальн.		Савчук О.В.							ВНТЧ
Змін.		Александр ЛТ							зр. 874-Р-21



1. Пристосування фрезувати виготовити ПП методом пневматрозпилювання, кваліфікація згідно вимог ТЧ.
2. Експлуатувати пристосування в закритому призначенні.
3. Технічне обслуговування і ремонт здійснювати згідно правил ПТР.
4. Кінцева підготовка і регулювання виконати після обробки пружних загтобок.

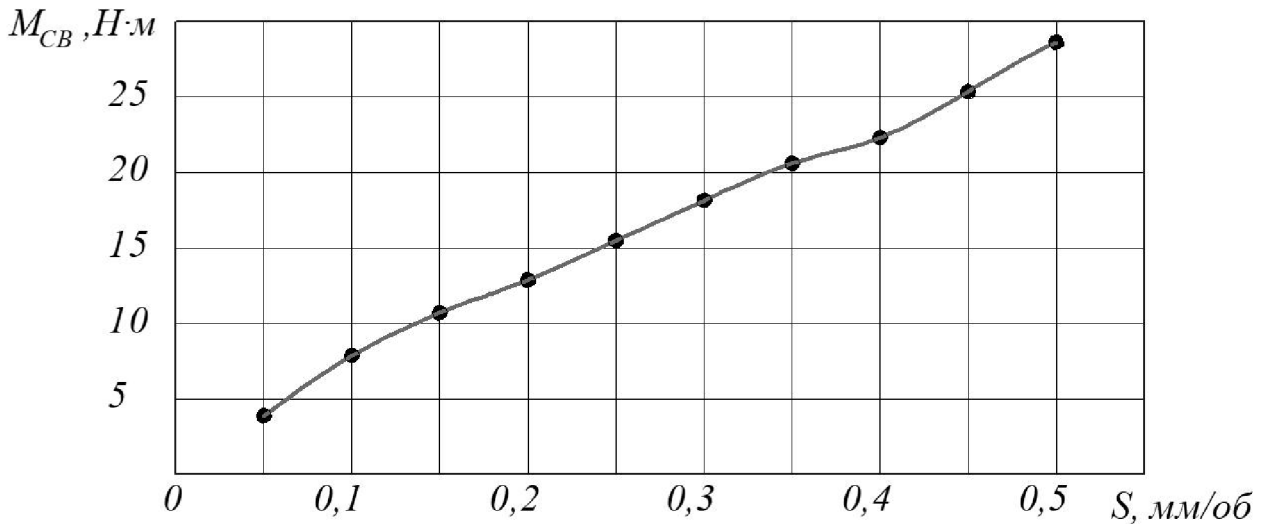
					08-26.МКР.01107.000.3В			Монтаж пристосування на верстаті		
Ім'я	Дат.	№ докум.	Лист	Всього	Дат.	Маса	Масштаб			
Розроб		Кучук Р.В.								21
Проєкт		Петров О.В.								
Технік										
Начальн.		Сарбук О.В.								
Змін.		Александр Л.								

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.				<u>Документація</u>			
			08-26.МКР.011.06.000 СК	Складальне креслення			
				<u>Деталі</u>			
		1	08-26.МКР.011.06.001	Корпус	1		
		2	08-26.МКР.011.06.002	Опора	1		
		3	08-26.МКР.011.06.003	Палець	1		
		4	08-26.МКР.011.06.004	Грядка конусна	1		
Справ. №		5	08-26.МКР.011.06.005	Рукоятка	1		
		6	08-26.МКР.011.06.006	Прижим	2		
		7	08-26.МКР.011.06.007	Пружина стиску	2		
				<u>Стандартні вироби</u>			
		8		Болт М10х38 ГОСТ 7805-70	1		
		9		Гайка М20.5 ГОСТ 5927-70	4		
		10		Гайка М14.5 ГОСТ 5927-70	2		
Підп. і дата		11		Гвинт М8х30,48 ГОСТ 1482-75	1		
		12		Гвинт М8х24 ГОСТ 1482-75	2		
		13		Шпилька М20х240 ГОСТ 22032-76	2		
Взам. инв. №		14		Шпилька М6х20 ГОСТ 22042-76	1		
Підп. і дата							
08-26.МКР.011.06.000 СК							
Інв. № подл.	Ізм.	Лист	№ док-м.	Підп.	Дата		
	Разроб.	Кучіль Р.В.					
	Проб.	Петров О.В.					
	Н.контр.	Сердюк О.В.					
Утв.	Козлов Л.Г.						
Приспосовування верстатне					Лит.	Лист	Листов
							1
					ВНТУ гр. ПМ-19М		

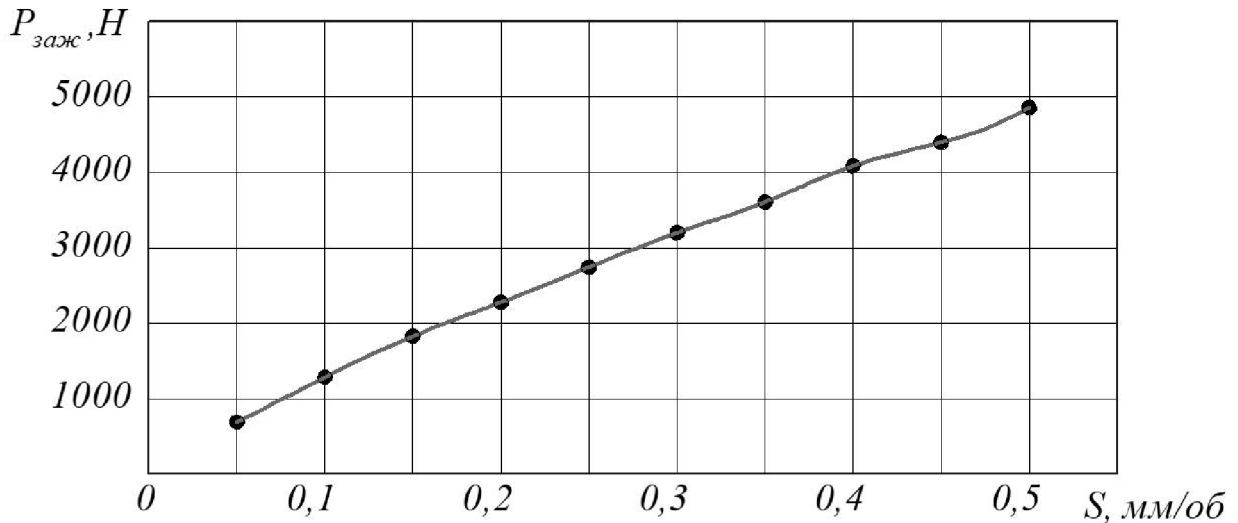
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА ВЕЛИЧИНУ МОМЕНТУ РІЗАННЯ ТА ЗАКРІПЛЕННЯ

Діапазон досліджуваних параметрів режимів різання:

- подача $S = 0,05 \dots 0,5$ мм/об.



Залежність крутного моменту M_{CB} від подачі свердла S



Залежність сили закріплення $P_{зак}$ від подачі свердла S

Рекомендовані параметрів режимів різання:

- подача $S = 0,1 \dots 0,15$ мм/об.

Рекомендовані параметри подачі свердла забезпечують знаходження величини крутного моменту $M_{CB} = 7,5 \dots 10,4$ Н·м та сили закріплення $P_{зак} = 1340 \dots 1850$ Н.

Додаток В

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
НА ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ