

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНА РОБОТА

Технологія виготовлення деталі «Корпус пристрою 44.01»
Назва теми

з використанням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва

Шифр ДРБ.ФІТА.ПМ.23.05.ПЗ

Виконав студент 4 курсу група ПМТс-20-2
Шифр


Підпис

Дмитро ПЕРУН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник докт. техн. наук, професор
Науковий ступінь, звання


Підпис

Анатолій ГОРДЕСОВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування
Назва


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата « 27 » 06 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Перун Дмитро Анатолійович (прізвище, ім'я, по батькові) на захист дипломного проєкту (роботи)
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі " вал-шестерня ВШ.02.005.31" з використанням верстатів з ЧПК

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету _____

ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ
(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Перун Д. А. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2020 по 2023 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 3,12 %, добре 12,50 %, задовільно 84,38 %, шкалою ЄКТС: А 2,70 %, В 0,00 %, С 13,51 %, D 16,22 %, Е 67,57 %.

Методист факультету _____

[Підпис]
(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Перун Д.А. високо успішно виконав роботу Д.П. Три виконавчі частини маючої інженерної частини роботи згідно з шкалою заслуговує оцінки відмінно.

Оцінка дипломного проєкту (роботи) _____

Керівник дипломного проєкту _____

[Підпис]
(підпис)

Гордеев А.
(ім'я, прізвище)

"26" 06 2023 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Перун Д. А. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри _____

технології машинобудування
(назва)

[Підпис] Вікторія Генчук
(підпис, ім'я, прізвище)

"21" 06 2023 р.

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ ПО КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ
МАШИНОБУДУВАННЯ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва: «Технологія виготовлення деталі «Корпус пристрою 44.01» з використанням верстатів з ЧПК».

Автор: Перун Дмитро Анатолійович

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

Науковий керівник: Гордєєв А.І.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

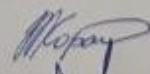
Підтвердження:

завідувач кафедри



Віталій ТКАЧУК

гарант освітньої програми



Віталій КАРАЗЕЙ

керівник кваліфікаційної роботи



Анатолій ГОРДЄЄВ

Дата

Підпис

Завідувачу кафедри
Технології машинобудування
Гкачуку В.П.
здобувача вищої освіти
студента Перуна Д.А.
факультету інженерії, транспорту та
архітектури, гр. ПМТе-20-2

ЗАЯВА

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

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

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

дата



підпис

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну бакалаврську роботу Перуна Д. А. «Технологія виготовлення деталі «Корпус пристрою 44.01» з використанням верстатів з ЧПК»

Тема дипломної роботи Перуна Д. А. є інженерно обгрунтованою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на розроблення технології виготовлення деталі Корпус із застосуванням верстатів з ЧПК, а саме о центру VF1 фірми HAAS (США).

Автором в роботі вирішені наступні задачі: запропоновано новий технологічний процес виготовлення деталі корпус, спроектовано фрезерний верстатний пристрій, та для забезпечення операції контролю паралельності відповідальних поверхонь деталі спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій..

Графічна частина виконана на доброму рівні. Креслення та пояснювальна записка відповідають вимогам ДСТУ.

У розділі охорони праці приведено дані по захисту від вібрацій.

Виходячи з результатів, які містяться в дипломній бакалаврській роботі та виконанні її на високому технічному рівні, робота рекомендується до захисту та заслуговує оцінки добре, а здобувач Перуна Д. А. заслуговує присудження ступеня бакалавра за спеціальністю 131 - Прикладна механіка.

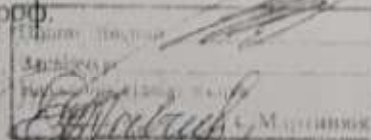
Професор кафедри «Трибології
автомобілів та матеріалознавства»

Хмельницького національного
університету д.т.н., проф.

Диха О.В.

Підпис Дихи О.В.
Засвідчую

Начальник відділу кадрів ХНУ



Реферат

Тема проекту: «Технологія виготовлення деталі «Корпус пристрою 44.01»
з використанням верстатів з ЧПК»

Автор: Д. А. Перун. Керівник роботи: А. І. Гордєєв.

Об'єм пояснювальної записки. 64 стор. Графічна частина 5 листів А1.

В загальному розділі виконано аналіз об'єкту виробництва його призначення, технологічності деталі, вибрано тип виробництва.

В технологічному розділі виконано розрахунки собівартості заготовки, визначено припуски, режими різання, норми часу.

В конструкторському розділі виконано розрахунки фрезерувального пристрою для оброблення пласкої поверхні, контрольно-вимірювального пристрою. Проведено аналіз заданої деталі вузла на роботоздатність в SolidWorks.

В розділі охорони праці приведено вимоги до штучного освітлення робочих місць.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «Корпус» специфікації, керуюча програма на верстат з ЧПК.

Автор роботи:

Д. А. Перун

2023 р.

/Підпис/

Дата

ЗМІСТ

	Вступ.....	7
1	Загальний розділ	9
1.1	Стан питання та визначення задач дипломного проектування.....	9
1.2	Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі.....	10
1.3	Аналіз технологічності конструкції деталі.....	11
1.4	Визначення типу і організаційної форми виробництва...	14
2	Технологічний розділ.....	16
2.1	Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання....	16
2.2	Вибір технологічних баз.....	18
2.3	Встановлення планів обробки поверхонь деталі.....	19
2.4	Вибір варіанта технологічного маршруту та його техніко-економічне обґрунтування.....	19
2.5	Розрахунок припусків.....	24
2.5.1	Розрахунок припуску на обробку Ø25k6	24
2.5.2	Табличний метод.....	22
2.6	Розробка технологічних операцій механічної обробки....	28
2.7	Призначення режимів різання.....	32
2.8	Вибір режимів різання на інші операції (переходи) по таблицям нормативів.....	35
2.9	Технічне нормування операцій.....	40

					ДРБ.ПМ.ФІТА.23.00.00.ПЗ				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив.	Перун				Технологія виготовлення деталі «Корпус пристрою 44.01» з використанням верстатів з ЧПК»		Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Гордєєв								
Н. Контр.	Бись				ХНУ-ПМТс-20-2				
Затвердив	Ткачук								

2.10	Оформлення технологічної документації.....	42
3	Конструкторський розділ.....	44
3.1	Проектування верстатного пристрою для фрезерування.....	44
3.1.1	Вибір схеми базування та закріплення деталі.....	44
3.1.2	Вибір установочних елементів пристрою.....	44
3.1.3	Розрахунок точності обробки.....	45
3.1.4	Розрахунок сили закріплення деталі.....	46
3.1.5	Розрахунок силового приводу пристрою.....	48
3.1.6	Розрахунок деталей пристрою на міцність.....	49
3.1.7	Опис роботи пристрою.....	50
3.2	Проектування контрольного пристрою	50
3.3	Аналіз конструкції заданої деталі вузла на роботоздатність. в SolidWorks.....	54
4	Охорона праці.....	58
5	Висновки.....	62
6	Список використаних джерел.....	63
	Додатки.....	

Вступ

Одним із чинників які впливають на розвиток країни в цілому, а особливо в теперішній критичний час для України, є машинобудування. Рівень розвитку машинобудування в цілому визначає рівень розвитку будь-якої країни.

Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість виготовленої продукції у значній мірі залежать від випереджуючого розвитку виробництва нового обладнання, машин, верстатів і апаратів, від найширшого впровадження методів техніко – економічного аналізу, що забезпечує розв’язок технічних задач і економічну ефективність технологічних та конструкторських розробок.

В наш час дуже важко вийти, на високий рівень виробництва. Для того, щоб виготовляти високоякісну продукцію, яка могла б бути конкурентноспроможною не тільки на території України, а й далеко за її межами потрібно прикласти чи мало зусиль. Високий рівень виробництва та якість продукції, що випускається багато в чому залежить від застосування технічного прогресу. Технічний прогрес не стоїть на місці відповідно вимоги замовника тої чи іншої продукції також значно підвищуються. Виходячи із ситуації, що склалася на виробництві, потрібно впроваджувати автоматизацію, підвищення продуктивності праці, зниження собівартості продукції, розробляти звичайні і спеціальні методи та схеми захисту працюючих на ділянці.

Ще донедавна САПР вважались не більш ніж модним захопленням, однак сьогодні вони застосовуються повсюди і їх економічна доцільність повністю доведена. Економічна ефективність визначається не тільки досягнутою економією коштів, але й підвищенням точності виготовлення виробів та прискорення освоєння їх виробництва. Підвищення точності виготовлення призводить до зменшення загального часу освоєння нової продукції, що дозволяє більш швидко реагувати на вимоги ринку.

Найбільш раціональним шляхом підвищення рівня виробництва є

оптимізація методів вибору заготовок при порівнянні декількох варіантів, використання обладнання з ЧПК, що дає можливість значно зменшити витрати та кількість обладнання, залучити до процесу виробництва меншу кількість робочого персоналу тощо.

Ці методи, дають можливість зменшити вартість, час виготовлення та підвищити якість виробу, що відповідно підіймає рейтинг підприємства не тільки на вітчизняному ринку, але й на міжнародному.

Значення постановки всіх цих питань при підготовці кваліфікованих кадрів спеціалістів виробництва, що повністю оволоділи інженерними методами проектування виробничих процесів, очевидне. А дипломна бакалаврська робота закріплює, поглиблює і узагальнює знання, отримані студентом під час лекційних і практичних занять зі спеціальності 131 Прикладна механіка.

1 Загальний розділ

1.1 Стан питання та визначення задач дипломного проектування

Дипломна бакалаврська робота відповідно до загальноосвітньої програми підготовки бакалаврів за Галуззю знань – 13 Механічна інженерія, Спеціальністю – 131 Прикладна механіка являє собою самостійну та логічно завершену роботу на здобуття ступеня бакалавра, галузі технології машинобудування.

«Для якісного виконання випускної кваліфікаційної роботи претендент ступеня бакалавра в процесі навчання за програмою має освоїти такі компетенції, які закріплюються під час виконання ним випускної кваліфікаційної роботи:

- здатність до саморозвитку, підвищення своєї кваліфікації та майстерності;
- здатність освоювати на практиці та вдосконалювати технології, системи та засоби машинобудівних виробництв;
- здатність брати участь у розробці та впровадженні оптимальних технологій виготовлення машинобудівних виробів;
- здатністю виконувати заходи щодо ефективного використання матеріалів, обладнання, інструментів, технологічного оснащення, засобів автоматизації, алгоритмів та програм вибору та розрахунків параметрів технологічних процесів;
- здатністю вибирати матеріали та обладнання, та інші засоби технологічного оснащення та автоматизації для реалізації виробничих та технологічних процесів;
- здатністю виконувати роботу з визначення відповідності продукції, що випускається вимогам регламентуючої документації;
- здатністю виконувати роботи з доведення та освоєння технологічних процесів, засобів та систем технологічного оснащення, автоматизації машинобудівних виробництв, управління, контролю, діагностики в ході підготовки виробництва нової продукції, оцінки їх інноваційного потенціалу;

- здатність розробляти плани, програми та методики, інші документи, що входять до складу конструкторської, технологічної та експлуатаційної документації.

Основні завдання при виконанні дипломної роботи бакалавра:

- запропонувати вдосконалений технологічний процес оброблення деталі із застосуванням сучасного обладнання – верстатів з ЧПК;
- провести раціональний вибір методу отримання заготовки;
- провести розрахунки та вибір припусків;
- розрахувати та вибрати різальний інструмент і режими різання;
- провести нормування технологічних операцій механічної обробки;
- спроектувати та провести розрахунки верстатного та контрольного пристрою;
- виконати необхідні графічні матеріали та оформити технологічну документацію;
- навести з точки зору охорони праці необхідні вимоги до безпечної роботи при виконанні технологічного процесу, протипожежної безпеки, безпечним умовам роботи підприємств машинобудівного комплексу» [20].

1.2 Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі

Кондуктор призначено для свердлування двох отворів в деталі циліндричної форми. Деталь встановлюється у хрестоподібну призму. Затиск деталі здійснюється за допомогою шарнірної вилки та гвинтового механізму. Для направлення інструменту у кондукторну плиту встановлено дві кондукторних втулки. Направляючий корпус кріпиться до столу верстата чотирма болтами. Повздовжнім переміщенням призма встановлюється відносно інструменту та затискається гвинтом.

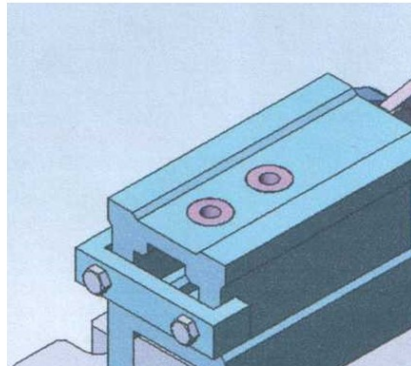


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд вузла «Кондуктор»

Деталь «корпус пристрою 44.01» є базовою деталлю виробу на яку монтується інші деталі. Вона сприймає навантаження від сил різання та повинна бути вібростійкою та мати значну жорсткість.

Деталь являє собою сукупність плоских поверхонь з пазами, легко доступними для руху металорізальних інструментів.

На креслені деталі «корпус пристрою 44.01» показано усі види та розрізи, показано усі необхідні розміри та шорсткість поверхонь. Креслення досить легко читається.

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Для виготовлення корпусу пристрою 44.01 використовуємо чавун СЧ18 ДСТУ 4038-2001, що обумовлено необхідністю виливання даної деталі в зв'язку з особливістю конструкції «корпуса пристрою 44.01»

Обґрунтування призначення допусків та шорсткостей на деталь.

Оскільки дана деталь не потребує ніяких особливих вимог відносно умов роботи то виходячи з цього на поверхні деталі не призначаємо ніяких високих допусків, а лише на поверхню втулки, яка контактує з плитою допуск по Н7 з

шорсткістю Ra 1.25, а на базову торцеву поверхню призначаємо шорсткість Ra2,5 та на упорний торцяx Ra3.2.

Таблиця 1.1. Хімічний склад та механічні властивості чавуна СЧ18

C , %	Si , %	Mn , %	Не більше		Ni , %	Cu , %
			S , %	P , %		
3...5	1.5...3.5	>0.03	0.05	0.15	≅0.9	≅0.9
σ_B , Мпа	$\sigma_{міц}$, Мпа	$[\sigma_0]_f$	$[\sigma_{-1}]_f$	$[\sigma_H]$	НВ	δ , %
<	<	<	<			
200	20	67	44	255-361	170...241	36

Обґрунтування допусків форми.

Встановлюємо позиційний допуск на поверхню під гвинти для кріплення захватів в процентному відношенні від розмірного допуску-60% (0.4), на плоску поверхню встановлюємо допуск перпендикулярності (0.1) до вісі обертання і допуск співвісності (0.02). На базові отвори встановлюємо допуск циліндричності (0.02). На всі інші поверхні допуски форми не регламентуємо оскільки дані поверхні є не значними до їх вимог.

Таблиця 1.2. Елементи корпусу пристрою 44.01

№ поз.	Назва елемента.	Квалітет точності.	Шорсткість Ra , мкм.	Призначення поверхні.
1	2	3	4	5
1.	Плоска поверхня (1,2)	9	3,2	Допоміжна поверхня (конструктивний елемент)
2.	Торець (3,9)	9	3,2	Конструктивний елемент допоміжна поверхня
3.	Фаска (8)	$\pm IT14$	6,3	Створення безпечних умов експлуатації пристрою
5.	Опорна площадка(5)	12	12,5	Конструктивний елемент

6.	Контур (3)	$\pm IT14$	Rz80	Вільна поверхня (необроблена)
----	------------	------------	------	----------------------------------

Закінчення табл.1.2

1	2	3	4	5
7.	Плоска поверхня (3)	9	6,3	Допоміжна поверхня (конструктивний елемент)
8.	Кріпильний паз (8)	12	12,5	Базова поверхня

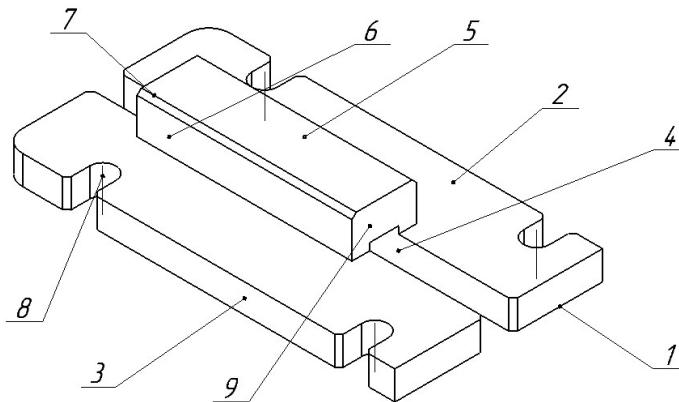


Рисунок 1.2 Елементи деталі

1.Якісний аналіз

Дана деталь відноситься до типу «призм» і вона в основному утворена поверхнями простої форми -плоскостями. З точки зору номенклатури поверхонь, кількість циліндричних поверхонь, відсутня, а канавки - стандартизовані. В цілому деталь є дуже проста і не вимагає ніяких складних пристроїв чи верстатів для її виготовлення.

2.Кількісний аналіз

Коефіцієнт точності визначається за формулами:

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{T_{CP}}, \quad T_{CP} = \frac{\sum T \cdot n_I}{\sum n_I} = \frac{236}{24} = 9,83, \quad K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{9,83} = 0,898. \quad (1.1)$$

де T – клас точності обробки; n_I – кількість розмірів відповідного класу точності.

Деталь по коефіцієнту точності є досить технологічною, так як $K_{TЧ} \approx 1$.

Коефіцієнт шорсткості.

$$K_{Ш} = \frac{1}{Ш_{CP}}, \quad Ш_{CP} = \frac{\sum Ш \cdot n_{IM}}{\sum n_{IM}} = \frac{197,4}{24} = 8,225, \quad K_{Ш} = \frac{1}{8,225} = 0,1215. \quad (1.2)$$

де $Ш$ – клас шорсткості поверхні; n_I – кількість поверхонь відповідного класу шорсткості.

Так як $K_{Ш}$ досить низький то можна сказати, що деталь по $K_{Ш}$ є досить технологічна.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва по ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операції $K_{з.о.}$, котрий показує відношення всіх різноманітних технологічних операцій, виконуваних або належаних виконанню підрозділом на протязі місяця, до числа робочих місць.

Так як $K_{з.о.}$ виражає періодичність обслуговування робочого всією необхідною інформацією, а також забезпечення робочого місця всіма необхідними речовими елементами виробництва, то

$K_{з.о.}$ оцінюється тільки до явочного числа робочих підрозділів із розрахунку на дві зміни:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum \Pi_0}{O}, \quad (1.3)$$

де $\sum \Pi_0$ – сумарне число різноманітних операцій;

O – явочна кількість робочих підрозділів, які виконують різні операції.

Таблиця 1.3. Визначення коефіцієнта закріплення операції.

Операції	$T_{шт.}$	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
1. Вертикально - фрезерна	3,56	0,434	1	0,434	1,84
2. Вертикально - фрезерна	2,56	0,3126	1	0,3126	2,56
3. Вертикально – фрезерна ЧПК	3,56	0,434	1	0,434	1,84
4. Плоско - шліфувальна	1,526	0,186	1	0,186	4,3
5. Свердлувальна	1,159	0,141	1	0,141	5,67

значення розрахунку приведені в таблиці.

$$K_{зо} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{16,2}{5} = 3,24,$$

за результатами розрахунку отримаємо тип виробництва – багатосерійний.

2 Технологічний розділ

2.1 Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання

Попередній вибір припусків для двох методів отримання заготовки (литва в кокіль і литва в земляні форми).

1. Литво в кокіль

$$m_{\text{вк.}} = 13,62 \text{ кг.}$$

2. Литво в земляну форму

$$m_{\text{зф}} = 14,26 \text{ кг.}$$

3. Затрати на матеріал для обробки литва по виплавлюваним моделям

$$M_1 = \left(\frac{C_1}{1000} \right) \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{від.}}}{1000}, \quad (2.1)$$

де C_1 - базова вартість 1 т. заготовок, $C_1 = 680$ грн.

$S_{\text{від}}$ - Вартість тони відходів, $S_{\text{від}} = 24,8$ грн.,

Q - маса заготовки, $Q = 13,62$ кг,

q - маса деталі, $q = 13,5$ кг,

K_T - коефіцієнт, що залежить від класу точності, $K_T = 1,1$; [3]

K_C - коефіцієнт, що залежить від групи складності, $K_C = 1$;

K_B - коефіцієнт, що залежить від маси заготовки, $K_B = 0,84$,

K_M - коефіцієнт, що залежить від матеріалу деталі, $K_M = 1$,

K_{II} - коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, $K_{II} = 1$,

$$M_1 = \left(\frac{680}{1000} \right) \cdot 13,62 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 1 - (13,62 - 12,45) \cdot \frac{24,8}{1000} = 8,528 \text{ грн.}$$

4. Затрати на матеріал при обробці литва в земляну форму та кокіль

$$M_1 = \frac{Q \cdot S}{1000} - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх.}}{1000} + \sum C_{o.z.},$$

де S - базова вартість 1 т заготовок, Сі = 680 грн.

Q - маса заготовки, Q = 14,226 кг,

S_{від} - Вартість тони відходів, S_{від}=24,8 грн.,

q - маса деталі , q = 12,45 кг,

$$M_2 = \frac{14,226 \cdot 680}{1000} - (14,226 - 12,45) \cdot \frac{24,8}{1000} = 9,6568 \text{ грн.}$$

5. Економічний ефект

$$E = \frac{(M_2 - M_1) \cdot N}{100} = \frac{(9,6568 - 8,528) \cdot 11900}{100} = 134,32 \text{ грн.}$$

Таким чином при використанні литва в кокіль додатково вивільняється 134,32 грн. в порівнянні з литвом по виплавлюваним моделям. Отже використовуємо метод отримання заготовки литво кокіль.

6. Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_{B.M.} = \frac{q}{Q} \cdot K_{B.M.} = \frac{12,45}{13,62} = 0,914.$$

2.2 Вибір технологічних баз

При фрезерній обробці з ЧПУ на установі за базу використовується необроблена зовнішня циліндрична поверхня, та торець (рис.1.4).

При фрезеруванні корпуса використовується правило 6 - ти точок.

Три точки як ступені вільності бере на себе головна установча база, дві точки направляюча база, а одна точка забирається затиском за допомогою сил тертя. На інших операціях технологічного процесу плоскі поверхні заготовки також слугують базовими поверхнями, тому що від них проставлені конструктивні розміри і відповідно їх приймають за бази, щоби не було похибок базування.

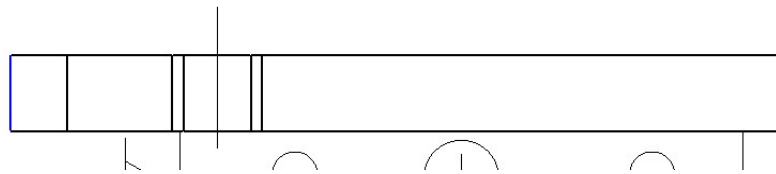


Рисунок 2.1. Схема базування на фрезерувальній операції

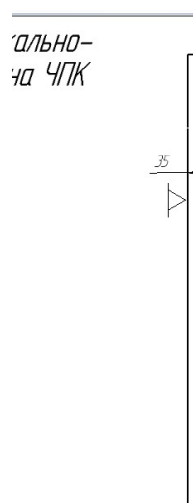


Рисунок 2.2 Схема базування на свердлувальній операції

2.3 Встановлення планів обробки окремих поверхонь

Плани обробки окремих поверхонь наведено в таблиці 2.1 (див. рис. 1.1)

Таблиця 2.1 Плани обробки окремих поверхонь

№ пов.	Квалітет точності	Шорсткість	План обробки поверхні
1.	$\pm t2 / 2$	3,2	1. Однократне фрезерування 2. Двократне фрезерування
2.	h9	3,2	1. Однократне фрезерування 2. Двократне фрезерування
3.	h12	3,2	1. Однократне фрезерування 2. Двократне фрезерування
4.	h9	3,2	1. Однократне фрезерування
5.	h9	2,5	1. Однократне фрезерування 2. Двократне фрезерування 3. Шліфування
6.	h9	2,5	1. Однократне фрезерування 2. Двократне фрезерування 3. Шліфування
7.	h10	6,3	1. Однократне фрезерування
8.	h9	3,2	1. Однократне фрезерування
9.	h10	6,3	1. Однократне фрезерування

2.4 Вибір варіанта технологічного маршруту та його техніко-економічне обґрунтування

Критерієм оптимальності для вибору технологічного маршруту є мінімум приведених витрат на одиницю продукції. При виборі варіанта технологічного маршруту приведені витрати можуть визначатись у вигляді питомих величин на 1 рік роботи обладнання. Погодинні приведені витрати визначають для двох операцій, що замінюють одна одну при обробці однієї і тієї ж поверхні, при досягненні одних і тих же параметрів як якісних так і кількісних.

Перший варіант	Другий варіант
005 Вертикально-фрезерна	005 Вертикально-фрезерна
010 Вертикально-фрезерна	010 Вертикально-фрезерна
015 Фрезерна – ЧПК	015 Фрезерна – ЧПК
020 Плоскошліфувальна	020 Плоскошліфувальна
025 Вертикально - свердлувальна	025 Радіально - свердлувальна

Порівняння даних двох техпроцесів буде здійснюватись на основі порівняння двох операцій 025 на якій свердлування отворів буде йти двома різними методами, по першому варіанту на верстаті 2Н135, а по другому - на верстаті 2Л53У.

Координатно-розточувальна

Перший варіант

$$C_{п.в.} = C_3 + C_{ч.з} + E_H(K_C + K_3), \quad (2.2)$$

де $C_{п.в}$ - годині приведені втрати , коп./год.

C_3 - основна та допоміжна ЗП , коп./год.

$C_{ч.з}$ - годині втрати на експлуатацію робочого місця , коп./год.

E_n - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладів ,

$E_n=0.15$ [5]

K_c, K_3 - питомі години капітальних вкладів відповідно в верстат та в будову, коп./год.

$$C_3 = \varepsilon \cdot C_{т.ф.} \cdot k \cdot y, \quad (2.3)$$

де ε - коефіцієнт , що враховує додаткову ЗП рівну 9 % , що нарахована на соціальне страхування 7.6% та приробіток до основної ЗП в результаті перевиконань норм на 30 % , $\varepsilon = 1.53$ [5] .

$C_{т.ф.}$ - година тарифна ставка верстатника відповідного розряду,

$C_{т.ф.}=54.8$ коп./год.,[5] ,

K - коефіцієнт, що враховує ЗП наладчика , $k = 1$, [5],

Y - коефіцієнт, що враховує оплату робітника при багатOVERстатному обслуговуванню, $y = 0.48$,[5].

$$C_3 = 1.53 \cdot 54.8 \cdot 1 \cdot 0.48 = 40.2 \text{ коп./год.}$$

Часові затрати по експлуатації робочого місця

$$C_{ч.з} = C_{ч.з}^{Б.П} \cdot k_M, \quad (2.4)$$

де $C_{ч.з}$ - практичні часові затрати на базовому робочому місці , коп./год.,

k_M – коефіцієнт який показує у скільки раз затрати, пов’язані з роботою даного верстата, більше ніж аналогічні витрати у базового верстата (значення k_M приведено в [5]), $k_m=1.1$.

Приймаємо

$$C_{ч.з.}^{Б.П} = 36,3 \text{ коп./год.} \quad (2.5)$$

$$C_{ч.з.} = 36.3 \cdot 1.1 = 40 \text{ коп./год.}$$

Капітальні вкладення у верстат

$$K_C = \frac{Ц \cdot 100}{F_D \cdot \eta_3}, \quad (2.6)$$

де Ц - балансова вартість верстата, Ц = 4368 грн.,[5].

F_D - дійсний річний фонд часу, $F_D=2030$ год.

η_3 - коефіцієнт завантаження верстата, $\eta_3=0.8$,[5].

$$K_C = \frac{4368 \cdot 100}{2030 \cdot 0,8} = 268,96 \text{ коп./год.}$$

Капітальні вкладення у будівлю (коп./ч.);

$$K_3 = \frac{F \cdot 78,4 \cdot 100}{F_D \cdot \eta_3}, \quad (2.7)$$

де F - виробнича площа, що займає верстат з урахуванням проходів, м².

$$F = F_B \cdot \kappa_B,$$

де F_B - площа, яку займає верстат, м², $F_B = 1,0044$ [5].

κ_B - коефіцієнт, що враховує додаткову виробничу площу проходів, $\kappa_B = 4$, [5].

$$F = 1.0044 \cdot 4 = 4.0176 \text{ м}^2.$$

$$K_3 = \frac{4,0176 \cdot 78,4 \cdot 100}{2030 \cdot 0,8} = 19,395 \text{ коп./Год.}$$

$$C_{П.В} 1 = 40,2 + 40 + 0,15 \cdot (268,96 + 19,395) = 123,45 \text{ коп./Год.}$$

Другий варіант

$$C_{т.ф.} = 60.6 \text{ коп./Год.}, [5]$$

$$У = 0,65 [2,с.40].$$

$$C_3 = 1.53 \cdot 60.6 \cdot 1 \cdot 0,65 = 60,26 \text{ коп./Год.}$$

$$\kappa_m = 1.4, [5].$$

$$C_{ч.з.} = 36.3 \cdot 1.4 = 50,82 \text{ коп./Год.}$$

$$Ц = 6046 \text{ грн.}, [5].$$

$$K_C = \frac{6046 \cdot 100}{2030 \cdot 0,8} = 372,29 \text{ коп./Год.}$$

$$F_B = 2,44 \text{ м}^2, [5].$$

$$\kappa_B = 3,5, [5].$$

$$F = 2,44 \cdot 3,5 = 8,54 \text{ м}^2.$$

$$K_3 = \frac{60,26 \cdot 78,4 \cdot 100}{2030 \cdot 0,8} = 290,91 \text{ коп./Год.}$$

$$C_{П.В} 2 = 60,26 + 50,82 + 0,15 \cdot (372,29 + 290,91) = 210,56 \text{ коп./Год.}$$

Отже враховуючи те, що $C_{п.в} 2 = 210,56 > C_{п.в} 1 = 123,45$ то приймаємо операцію 035 вертикально-свердловальну.

2.5 Призначення припусків

2.5.1 Аналітичний метод визначення допусків

Розрахунок припусків на плоску поверхню $96,2^{+0,03}$ мм.

Сумарне значення R_z і T , які характеризують якість литих заготовок, складає 400 мкм. Після першого технологічного переходу величина T виключається з розрахунку знаходимо тільки значення R_z та заносимо у таблицю 2.2

Сумарне значення просторового відхилення для заготовки даного типу визначається за формулою

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{КОР}^2 + \rho_{СМ}^2} \quad (2.8)$$

Величина короблення отвору слід враховувати як в діаметральному так і в осьовому його січенні. Тому

$$\rho_{КОР} = \Delta_K \cdot l = 0.85 \cdot 119 = 101.15 \text{ мкм}$$

Сумарне зміщення отвору у відливці відносно зовнішньої її поверхні представляє геометричну суму у двох взаємно перпендикулярних площинах

$$\rho_{СМ} = 0.25\sqrt{TD+1} = 0.25\sqrt{2.5+1} = 467.4 \text{ мкм},$$

де δ_A, δ_B – допуски на розміри А і В по 1-му класу точності (ГОСТ 1855-85).

Сумарне значення просторового відхилення заготовки складає

$$\rho_3 = \sqrt{101.15^2 + 467.7^2} = 478.5 \text{ мкм.}$$

Залишкові просторові відхилення після $\rho_i = K_y \cdot \rho_3$, де K_y ,

Чорнового фрезерування $\rho_1 = 0.06 \cdot 478,5 = 28,7 \text{ мкм,}$

Чистового фрезерування $\rho_2 = 0.04 \cdot 478,5 = 19,1 \text{ мкм,}$

Однократне шліфування $\rho_3 = 0.02 \cdot 478,5 = 14,3 \text{ мкм.}$

Похибка установки при даному виді обробки дорівнює нулю

Мінімальне значення між операційних припусків

$$2z_{\min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i). \quad (2.9)$$

Мінімальний припуск під

Чорнового фрезерування $2z_{\min} = 2 \cdot (400 + 478.5) = 1757 \text{ мкм,}$

чистового фрезерування $2z_{\min} = 2 \cdot (50 + 28.7) = 157.4 \text{ мкм,}$

Однократне шліфування $2z_{\min} = 2 \cdot (30 + 19.1) = 98.2 \text{ мкм.}$

Таблиця 2.2 Припуску на обробку поверхні $96,2^{+0,03}$

Маршрут обробки	Елементи припуску				Мін. Припуск	Розрах. розмір, мм	Допуск Т, мкм	Граничні розміри, мм.		Граничні припуски, мм.	
	Rz_{i-1}	h_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_{yi-1}				$2Z_{mi}$, мкм	L_{\max}	L_{\min}	$2z_{\min}^{np.}$
Поверхні	-1					L					
Заготовка		400	478,5	-		98,31	3000	101,31	98,31		
Фрезерування Чорнове	50	-	28,7	-	1757	96.45	400	96,85	96,45	1860	4460

Фрезерування Чистове	30	-	19,1	-	157,4	96,29	120	96,41	96,29	160	440
Шліфування однократне	5	-	14,3	-	98,2	96,2	30	96,23	96,2	90	180

Розрахунковий розмір

$$h_{p4} = 96.2 + 0.0982 = 96.29 \text{ мм},$$

$$h_{p3} = 96.29 + 0.1574 = 96.45 \text{ мм},$$

$$h_{p2} = 96.45 + 1.757 = 98.31 \text{ мм}$$

Найбільші граничні розміри розраховуємо відніманням допуску від найбільшого граничного розміру

$$h_{\min 4} = 96.2 + 0.03 = 96.23 \text{ мм},$$

$$h_{\min 3} = 96.29 + 0.12 = 96.41 \text{ мм},$$

$$h_{\min 2} = 96.45 + 0.4 = 96.85 \text{ мм},$$

$$h_{\min 1} = 98.31 + 3.00,25 = 101.31 \text{ мм}.$$

Граничні значення припусків визначають

$$2z_{\min 3}^{np.} = 96.29 - 96.2 = 0.09 \text{ мм.} = 90 \text{ мкм},$$

$$2z_{\min 2}^{np.} = 96.45 - 96.29 = 0,160 \text{ мм.} = 160 \text{ мкм},$$

$$2z_{\min 1}^{np.} = 98.31 - 96.45 = 1.860 \text{ мм.} = 1860 \text{ мкм},$$

$$2z_{\max 3}^{np.} = 96.41 - 96.23 = 0,180 \text{ мм.} = 180 \text{ мкм},$$

$$2z_{\max 2}^{np.} = 96.85 - 96.41 = 0,440 \text{ мм.} = 440 \text{ мкм},$$

$$2z_{\max 1}^{np.} = 101.31 - 96.85 = 4.460 \text{ мм.} = 4460 \text{ мкм}.$$

Загальний припуск визначають як

$$2z_{0_{\min}} = 1860 + 160 + 90 = 2110 \text{ мкм},$$

$$2z_{0_{\max}} = 4460 + 440 + 180 = 5080 \text{ мкм}.$$

Загальний номінальний припуск

$$z_{0_{\text{НОМ}}} = z_{0_{\min}} + B_3 + B_D = 2110 + 300 - 100 = 2310 \text{ мкм},$$

$$h_{3_{\text{НОМ}}} = h_{D_{\text{НОМ}}} - z_{0_{\text{НОМ}}} = 96.2 + 2.31 = 98.51 \text{ мм}.$$

Проводимо перевірку правильності виконання розрахунків

$$z_{\max 3}^{np.} - z_{\min 3}^{np.} = 4460 - 1860 = 2600 \text{ мкм}; \quad \delta_4 - \delta_3 = 3000 - 400 = 2600 \text{ мкм};;$$

$$z_{\max 2}^{np.} - z_{\min 2}^{np.} = 440 - 160 = 280 \text{ мкм}; \quad \delta_3 - \delta_2 = 400 - 160 = 280 \text{ мкм}.$$

$$z_{\max 1}^{np.} - z_{\min 1}^{np.} = 180 - 90 = 90 \text{ мкм}; \quad \delta_2 - \delta_1 = 120 - 30 = 90 \text{ мкм}.$$

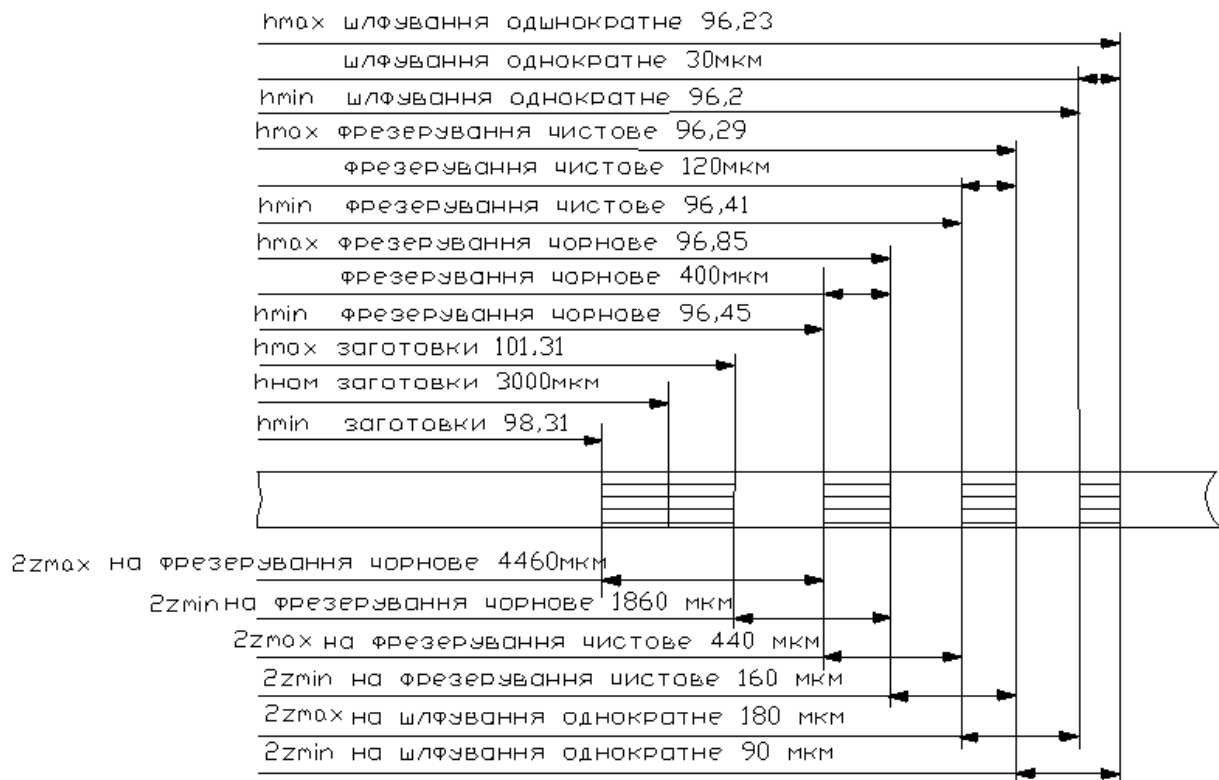


Рисунок 2.3. Схема розташування полів допусків та припусків на поверхню
 $96,2^{+0,03}$

2.5.2 Табличний метод призначення припусків

Припуски вибираємо з таблиць та заносимо до таблиці 2.3

Таблиця 2.3 Зведена таблиця припусків

Поверхня	Маршрут	Шорсткість	Припуск на поверхню	Розмір з допуском	Кількість проходів
66H14	Заготовка	Rz80		60(±0.4)	
	Фрез. нач.	Ra6.3	5.6	66.4(±0.3)	2
	Шліфувати	Ra3.2	0.4	66H14	2
90H14	Заготовка	Rz80		95(±0.4)	
	Фрезт.нач	Ra6.3	4.6	90.4(±0.3)	2
	Шліфувати	Ra3.2	0.4	90H14	2
Ø32H7	Заготовка	Rz80		28.5(±0.4)	
	Розточ.чор	Ra3.2	3 мм	$31.5 \begin{pmatrix} +190 \\ 0 \end{pmatrix}$	1
	Розоч.чист	Ra2.5	0.4 мм	$31.9 \begin{pmatrix} +79 \\ 0 \end{pmatrix}$	1
	Розточ.тон	Ra1.0	0.1 мм	$32H7 \begin{pmatrix} +30 \\ 0 \end{pmatrix}$	1

2.6 Розробка технологічних операцій механічної обробки

З метою концентрації операцій на одному верстаті, що дозволяє з одного установа обробити найбільшу кількість поверхонь, приймаємо оброблюваний центр з ЧПК VF-1 фірми HAAS (США) для фрезерувальних робіт.

Застосування такого верстату дасть можливість підвищити точність оброблення та зменшення допоміжного часу.



Рисунок 2.4. Загальний вигляд верстата VF1

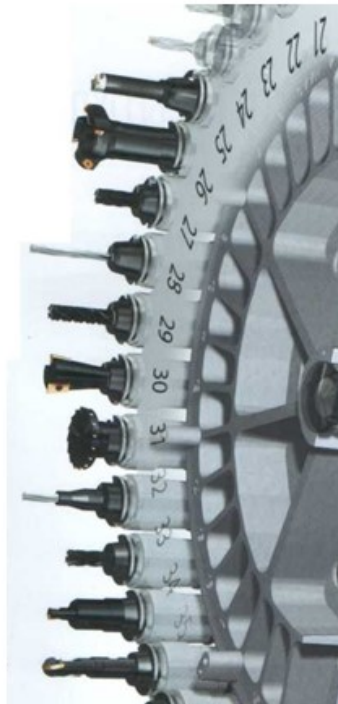


Рисунок 2.5. Загальний вигляд магазину зміни інструменту

Розробку технологічних операцій механічної обробки зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4. Операції механічної обробки корпуса пристрою 44.01

№ опе р.	Маршрут Обробки	Верс тат	Інструмент		Пристрої
			Різальний	Контор.	
1	2	3	4	5	6

005	Вертикально - фрезерна Установ А 1.Фрезерувати базову поверхню начорно, начисто Установ Б 1.Фрезерувати базову поверхню начорно, начисто	6540	Фреза торцева ГОСТ 24359-80 ВК6 , D=100,d=32, Z=10	Штанге нцир- куль ШЦ-1- 125-0.05 ГОСТ 166-80 Шаблон и Калібр- пробки	Пристрій спеціальний верстатній
010	Вертикально - фрезерна Установ А 1.Фрезерувати базовий торець виступу начорно, начисто Установ Б 1.Фрезерувати базовий торець виступу начорно, начисто	6540	Кінцева фреза з конічним хвостовиком ГОСТ 17026-71 ГОСТ 24359-80 D=100; d=32; z=10.	Штанге нцир- куль ШЦ-1- 125-0.05 ГОСТ 166-80	Пристрій спеціальний верстатній

Закінчення табл.2.4

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

015	<p>Фрезерна – ЧПК</p> <p>1. Фрезерування контуру чорнове та пазів</p> <p>2. Фрезерування контуру чистове та пазів</p>	VF-1	<p>Кінцева фреза з конічним хвостовиком ГОСТ 17026-71 d=20; L=140; l=38; z=5; d=32; L=155; l=53; z=6.</p>	<p>Штангенциркуль ШЦ-1-125-0.05 ГОСТ 166-80</p> <p>Калібри</p>	<p>Пристрій спеціальний верстатній</p>
020	<p>Плоскошліфувальна Установ А</p> <p>1.Шліфувати верхню пов. базового торця виступу начисто</p> <p>Установ Б</p> <p>1.Шліфувати бокові базові торці виступу начисто</p> <p>2. Шліфувати торці виступу начисто</p>	3П72 2	<p>Чашка конічна (ЧК) D=125; H=55; d=88; 5С; зернистість 125-50.</p>	<p>Штангенциркуль ШЦ-1-125-0.05 ГОСТ 166-80</p>	<p>Пристрій спеціальний верстатній</p>
025	<p>Вертикально – свердловальна ЧПК</p> <p>1. Свердлування</p> <p>2. Зенкування фаски</p> <p>3. Нарізання різьби</p>	2Н13 5Ф2	<p>Свердло спіральні Р6М5 ГОСТ 10903-71 d=7,2 мм; Зенківка (ВК8) цільна з конічним хвостовиком ГОСТ 12489-71 D=12.5 мм; Мітчик М8 ГОСТ1672-80 Р6М5.</p>	<p>Штангенциркуль ШЦ-1-125-0.05 ГОСТ 166-80</p>	<p>Пристрій спеціальний верстатній</p>

2.7 Призначення режимів різання

2.7.1 Аналітичним методом

Вихідні дані:

Оброблюваний матеріал – чавун СЧ18. Інструмент – фреза торцева $\varnothing 100$ ТУ 2 035-414-75. Кількість ножів – 10. Ножі оснащені пластинами з твердого сплаву ВК8 [10].

Геометричні параметри: $\varphi=75^\circ$; $\gamma=5^\circ$; $\alpha=10^\circ$

Довжину робочого ходу у напрямку різання розраховуємо за формулою:

$$L_{p.x} = L_{різ} + y + L_{дод}, \quad (2.10)$$

де $L_{різ} = 75$ мм – довжина різання. Визначаємо по довжині обробки у напрямку різання;

y = довжина підводу, врізання та перебігу інструмента, визначаємо по таблиці в залежності від ширини фрезерування, $B = 75$ мм.

$$y = 24 \text{ мм.}$$

$L_{дод}$ – додаткова довжина ходу, яка викликана у ряді випадків особливостями наладки та конфігурації деталі. $L_{дод} = 0$

$$L_{p.x} = 75 + 24 = 99 \text{ мм.}$$

Подачу на 1 зуб фрези (δ_z) для чорнового фрезерування визначаємо по [8]:
 $\delta_z = 0,1$ мм/зуб.

Подача на один оберт фрези (δ_o): $\delta_o = \delta_z \cdot z_k$

z_k – кількість зубів інструмента.

$$\delta_o = 0,1 \cdot 10 = 1 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо стійкість інструмента. Стійкість фрези в шпинделях машинної роботи: $T_M = 120 \text{ хв. [8]}$

$$\text{Нормативна стійкість фрези: } T_p = T_M \cdot \lambda \quad (2.11)$$

де λ – коефіцієнт часу різання.

$$\lambda = \frac{L_{\text{різ}}}{L_{\text{р.х.}}} = \frac{72}{96} = 0,75$$

$$T_p = 120 \cdot 0,75 = 90 \text{ хв.}$$

Колову швидкість фрези в мм/хв. розраховуємо за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_z^{y_v} \cdot B^{u_v} \cdot Z^{p_v}} \cdot k_v \text{ м/хв.} \quad (2.12)$$

де T – нормативна стійкість інструмента;

$t = 1,5 \text{ мм}$ – глибина фрезерування;

S_z – подача на зуб фрези;

B – ширина фрезерування;

Z – кількість зубів фрези;

D – діаметр фрези;

k_v – поправочний коефіцієнт:

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv}, \quad (2.13)$$

де k_{mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

$$k_{mv} = 1 \text{ [8]},$$

k_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

$$k_{nv} = 0,9 [8],$$

k_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента:

$$k_{uv} = 2,7 [8],$$

Значення постійної C_v та показники степенів знаходимо по [8], с. 443:

$$C_v = 155; q_v = 0,25; x_v = 0,1; y_v = 0,4; u_v = 0,15; p_v = 0,1; \quad m = 0,2.$$

$$V = \frac{155 \cdot 100^{0,25}}{90^{0,2} \cdot 1,5^{0,1} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 75^{0,15} \cdot 10^{0,1}} \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 483 \text{ м/хв.}$$

Число обертів шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 483}{3,14 \cdot 100} = 1538 \text{ об/хв.},$$

приймаємо по паспорту верстата: $n = 1400 \text{ об/хв.}$

Уточнюємо швидкість різання по прийнятому числу обертів:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 1400}{1000} = 440 \text{ мм/хв.}$$

Величину колової сили при фрезеруванні розраховуємо за формулою:

$$P_z = 10 \cdot \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_z^{y_p} \cdot B^{u_p} \cdot Z}{D^{q_p} \cdot n^{o_p}} \cdot k_p \cdot k, \text{ Н} \quad (2.14)$$

Значення C_p та показники степені знаходимо по [8].

$$C_p = 825; \quad q_p = 1,3; \quad x_p = 1; \quad y_p = 0,75;$$

$$u_p = 1,1; \quad \omega_p = 0,2; \quad k_p = 1.$$

k – коефіцієнт, який враховує оброблюваний матеріал.

$$P_z = 10 \cdot \frac{825 \cdot 1,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 75^{1,1} \cdot 10}{100^{1,3} \cdot 1400^{0,2}} \cdot 1 \cdot 0,25 = 375, \text{ Н}$$

Крутний момент на шпинделі:

$$M = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{375 \cdot 100}{2 \cdot 1000} = 18,8 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (2.15)$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{375 \cdot 440}{1020 \cdot 60} = 2,7 \text{ кВт.}$$

$N_v = 4,2$, що більше $N = 2,7$ кВт. Обробка можлива.

Розрахунок основного машинного часу:

$$t_m = \frac{L_{p.x.}}{S_m} = \frac{96}{710} = 0,14 \text{ хв.}$$

2.8 Вибір режимів різання на інші операції (переходи) по таблицям нормативів

1. Глибину різання визначаємо виходячи із діаметра отвору, що свердлується під різьбу М8.

$$t = \frac{d}{2} = \frac{6,4}{2} = 3,2 \text{ мм.}$$

2. Подачу вибираємо по [6]

$$S = 0,13 \text{ мм/об; } K=0,8 \text{ при HB 7270, тоді } S = 0,13 \cdot 0,8 = 0,104 \text{ мм/об.}$$

Вибрану подачу уточнюємо по паспорту верстата, приймаємо $S = 0,1 \text{ мм/об}$;

3. Визначаємо осьову силу різання по [6]

$$P = P_{\text{табл}} \cdot K_p, \quad (2.16)$$

де $P_{\text{табл}} = 115 \text{ кг}$ – цю величину отримаємо методом інтерполяції.

K_p – коефіцієнт, який залежить від оброблюваного матеріалу, для ВНЛ $K_p=1,45$;

Тоді, підставивши значення у формулу, отримаємо:

$$P = 115 \cdot 1,45 = 167 \text{ кг;}$$

Допустима осьова сила механізмом подачі верстата 2Н135 дорівнює 1500 кг.

Умову $1500 > 167$ виконано. Вибрана подача по верстату не лімітується.

Швидкість різання призначаємо по [6].

$$V = V_m \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.17)$$

де $V_m = 24 \text{ м/хв}$ – табличне значення; K_1 – коефіцієнт, який залежить від оброблювального матеріалу, $K_1 = 0,4$ для ВНЛ – 3;

K_2 – сила стійкості інструмента, період стійкості свердла приймаємо по [6].

При $T = 100$ хв., $K_2 = 1,0$

K_3 – коефіцієнт, який залежить від відношення довжини різання до діаметра

$$\frac{L}{d} = \frac{7,5}{6,4} = 1,2L3, K_3 = 1,0$$

Підставивши значення у формулу отримаємо:

$$V = 24 \cdot 0,4 \cdot 0,1 \cdot 0,1 = 9,6 \text{ м/ хв.}$$

Частоту обертання шпинделя визначимо за формулою:

$$n = \frac{10000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 9,6}{3,14 \cdot 6,4} = 477 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по паспорту верстата $n = 355$ об/хв.

Фактичну швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 355 \cdot 6,4}{1000} = 7,2 \text{ м/ хв.}$$

5. Потужність, яку потрібно на різання, визначмо по [6]

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{табл}} \cdot K_n \cdot \frac{n}{1000} \cdot i, \quad (2.18)$$

де K_n – коефіцієнт, який залежить від оброблювального матеріалу, $K_n=1,45$.

$i = 4$ – кількість інструментів.

Підставивши значення у формулу отримаємо

$$N_{\text{різ}} = 0,24 \cdot 1,45 \cdot \frac{355}{1000} \cdot 4 = 0,5 \text{ кВт.}$$

Знайдені значення потужності перевіряємо по потужності верстата. Потужність на шпинделі при К.К.Д. верстата $\eta = 0,8$ і потужність двигуна $N_{\text{дв}}=4,5$ кВт:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6 \text{ кВт. (6,3 > 0,5)}$$

Встановлений режим здійснимо по потужності.

Усі інші режими розраховуються табличним методом і результати зводимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5. Режими різання на операції

Назва переходу	S_z , мм/ зуб	t , мм	S_o , мм/об	$S_{\text{хв.}}$, мм/хв	V , м/хв	n , об/хв.	P , Н	N_p/N_b	T_o , хв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005 Вертикально - фрезерна Установ А Фрезерувати базовий торець начорно	0.25	2.5	1.5	87.5	109. 9	350	492. 5	0.88/6. 37	1.48
Установ Б Фрезерувати базовий торець начисто	0.25	2.5	1.5	87.5	109. 9	350	492. 5	0.88/6. 37	0.87

Закінчення табл. 2.5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
010 Вертикально - фрезерна Установ А 1.Фрезерувати базовий торець начисто	0,25	2,5	1,5	87,5	127, 3	420	505, 2	1.25/7. 5	2,15
	0,25	2,5	1,5	87,5	127, 3	420	505, 2	1.25/7. 5	1,87
015 Фрезерна – ЧПК 1. Фрезерування по контуру чорнове Фрезерування чистове	0,3	3,0	1,5	83,2	119, 8	409	487	1.08/5. 0	4,15
	0,3	3,0	1,5	96,2	133, 6	433	501	0.76/5. 0	3,8
020 Плоскошліфувальна Установ А 1.Шліфувати базовий торець начисто	-	0,25	0,01	35	2000	-	-	2,8/7,5	2,76
	-	0,25	0,01	м\хв.	-	-	-	2,8/7,5	2,75
025 Вертикально - свердлувальна 1. Свердлування 2. Зенкування 2. Нарізання різьби М8	-	4.6	0.4	126	11	315	820	5.15/6.	0.18
	-	0.8	0.12	106	98.3	287	642	0	0,12
	-	0.3	0.15	66	103.	315	715	2.85/6. 0 1.67/6. 0	0,14

2.9 Технічне нормування операцій

Одна операція, а саме 005 розраховується і приводиться в записці, а інші розраховуються і результати зведено в таблицю 2.6.

В серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу, $T_{шт.к.}$

$$T_{шт.к.} = \left(\frac{T_{п.з.}}{n} \right) + T_{шт.т.}, \quad (2.19)$$

$$T_{шт.} = T_o + T_d + T_{об} + T_{від}, \quad (2.20)$$

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

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

n - кількість деталей в партії, що налагоджується

T_o - основний час обробки, хв.

T_b - допоміжний час обробки, хв.

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

$T_{від}$ - час відпочинку, хв.

$T_o = 2.35$ хв. (операція 005)

$$T_b = T_{вст} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим}, \quad (2.21)$$

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

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

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

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

$$T_{\text{вст}} = 0.14 \cdot 1.5 = 0.21 \text{ хв.}, [2, \text{с.199}]$$

$$T_{\text{кер}} = (0.01 + 0.035 + 0.05 + 0.04 \cdot 4) \cdot 1.5 = 0.382 \text{ хв.}, [2, \text{с.202...203}]$$

$$T_{\text{з.о.}} = 0.02 \text{ хв.}, [2, \text{с.202}]$$

$$T_{\text{вим}} = (0.16 + 0.18) \cdot 1.5 = 0.51 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{в}} = 0.21 + 0.382 + 0.02 + 0.51 = 1.122 \text{ хв.}$$

де 1.5 - поправочний коефіцієнт, що враховує тип виробництва - багатосерійний, [11]

$$T_{\text{о.б.}} + T_{\text{вд.}} = \Pi_{\text{об.вд.}} \cdot \left(\frac{T_{\text{о}} + T_{\text{е}}}{100} \right), \quad (2.22)$$

де $\Pi_{\text{об.вд}}$ - норматив часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби

$$\Pi_{\text{об.вд}} = 6 \%, [11]$$

$$T_{\text{о.б.}} + T_{\text{вд.}} = 6 \cdot \left(\frac{2,35 + 1,122}{100} \right) = 0,208 \text{ хв.},$$

$$T_{\text{шт.}} = 2.35 + 1.122 + 0.208 = 3.67 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{п.з.}} = 14 + 2 + 7 = 23 \text{ хв.}, [11]$$

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (2.23)$$

де a - періодичність запуску деталей, $a = 12$ днів.

$$n = \frac{11900 \cdot 12}{254} = 562.2.$$

Виконуємо корегування , яке полягає в визначенні числа змін та партій деталей за зміну.

$$C = \frac{T_{шт.т.} \cdot n_P}{476 \cdot 0.8} = \frac{3,53 \cdot 562.2}{476 \cdot 0.8} = 5.211.$$

Приймаємо $C_{пр}=2$ зміни.

$$n_{пр.} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot C_{пр.}}{T_{шт.}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 2}{3,53} = 215,7.$$

Тоді

$$T_{шт.к} = \frac{23}{215,7} + 3,67 = 3,68хв.$$

Таблиця 2.6. Норми часу на операції

	T _о	T _{вст}	T _з	T _{кер}	T _{вим}	T _{доп}	T _{об} +T _{від}	T _{шт}	T _{п.з}	T _{шт.к}
005	2.35	0.21	0.046	0.795	0.592	1.643	0.24	3.67	8	3.77
010	4.02	0.21	0.024	0.247	0.89	1.37	0.199	5.53	23	5.63
015	7.95	0.21	0,046	0.795	0.55	1.601	0.237	9.18	20	9.289
020	5.51	0.21	0.024	0.51	1.16	1.904	0.44	7.85	7	7.92
025	0.98	0.21	0,046	0.19	0.48	0.926	0.114	2.02	20	2.07

2.10 Оформлення технологічної документації

В курсовому проекті для оформлення розроблених технологічних процесів використовуються наступні види технологічних документів загального і спеціального призначення по ДСТУ БА.4-4:2009.

Маршрутна карта МК – документ, який містить опис технологічного процесу виготовлення деталі, включаючи контроль і переміщення, по всім операціям різних видів в технологічній послідовності з вказівкою даних про обладнання, оснастку, матеріальні і трудові нормативи.

Операційна карта ОК – описання технологічної операції з вказівкою переходів, режимів обробки і даних про технологічне оснащення.

Карта ескізів КЕ – ескізи, схеми і таблиці, які необхідні для виконання технологічного процесу, операції або переходу виготовлення виробу, включаючи контроль і переміщення.

Заповнення маршрутних, операційних карт механічно обробки, слюсарних, електромонтажних робіт та інших документів виконується у відповідності до загальних вимог.

3. Конструкторський розділ

3.1 Проектування верстатного пристрою для фрезерування

Згідно із завданням викладача необхідно спроектувати пристрій для фрезерування площини на 005 операції для фрезерного верстату 6540.

3.1.1 Вибір схеми базування деталі

Схема базування заготовки показана на рис. 3.1.

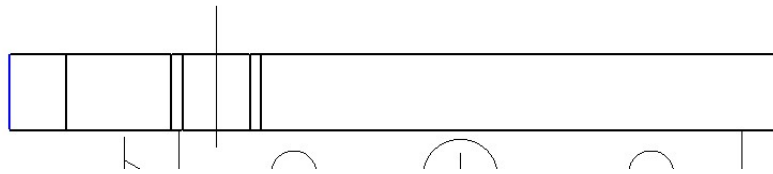


Рисунок 3.1– Схема базування заготовки

3.1.2 Вибір установчих елементів пристрою

Для фрезерування площин та фаски деталі «корпус пристрою 44.01» застосовуються типові компоновки з елементів УСП (універсально збірних пристроїв) з механізованим гідравлічним затиском заготовки. В якості опорних і затискних елементів використовуються стандартизовані плити і упори.

Механізація затиску здійснюється за допомогою вмонтованих гідроциліндрів підключених до гідросистеми верстату.

Пристрій складається із базової плити опорних і елементів для встановлення та кріпильних прихватів, які приводяться в рух від вмонтованого гідроциліндра.

3.1.3 Розрахунок точності обробки

При даній схемі обробки і базування деталі в пристрої умова забезпечення точності обробки по відомій методиці [13] може бути представлена у вигляді:

$$\varepsilon_{np} \leq T - k \sqrt{(k_1 \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + (k_2 \cdot \omega)^2}, \quad (3.1)$$

де ε_{δ} – похибка базування, $\varepsilon_{\delta} = 0$;

T - допуск на розмір який виконується, $T = 0,17$ мм;

$k = 1,2$;

$\varepsilon_3 = 0,07$ – похибка закріплення

$\varepsilon_{уст}$ - похибка встановлення пристрою на верстаті. $\varepsilon_{уст} = \frac{L_{дет} \cdot S_{max}}{l}$,

$L_{дет} = 90$ мм; $S_{max} = 0,07$ мм; $l = 500$ мм – відстань між шпонками пристрою

$$\varepsilon_{уст} = \frac{90 \cdot 0,07}{500} = 0,012 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{зн} = 0,04$ мм – похибка зношування базових елементів;

$K_1 = 0,8$, $K_2 = 0,6$ – коефіцієнти;

$\omega = 0,1$ – точність оброблення на верстаті.

$$\varepsilon_{np} \leq 0,17 - 1,2 \sqrt{0,07^2 + 0,04^2 + 0,012^2 + (0,6 \cdot 0,1)^2} = 0,047 \text{ мм.}$$

Отже, величина похибки, яку дає пристрій менша від величини допуску. Пристрій забезпечує необхідну точність.

3.1.4 Розрахунок сили закріплення деталі

Схема базування з силами, які діють на заготовку під час оброблення, показана на рис. 2.2.

Сила, що зрушує згідно схеми це сила різання при фрезеруванні. Сили, що утримають заготовку це сили тертя на опорних поверхнях, які виникають від дії сили затиску заготовки.

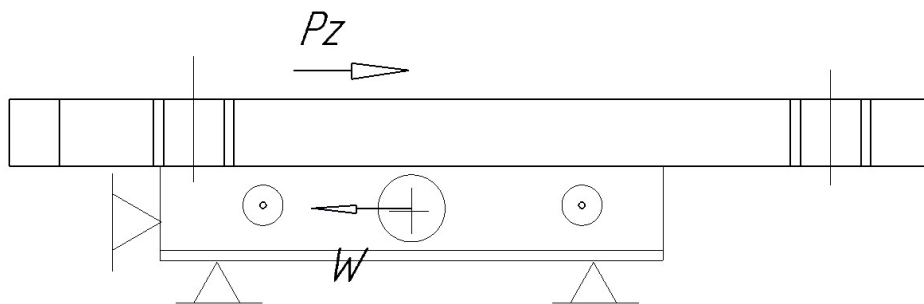


Рисунок 3.2 – Схема базування та закріплення заготовки

Розглянемо розрахунок необхідного зусилля затиску заготовки із умови різання і підберемо найближчий стандартний діаметр циліндра.

Для надійного затиску деталі необхідна сила затиску, яку визначимо з рівняння рівноваги заготовки під дією сил, що до неї прикладені [14]:

$$W \cdot f_1 + W \cdot f_2 = k \cdot P_z; \quad (3.2)$$

Силу різання знаходимо за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}; \quad [8];$$

де $C_p = 54,5$; $x = 0,9$; $y = 0,74$; $u = 1,0$; $q = 1,0$; $w = 0$ - коефіцієнт і показники степені [8];

K_{mp} – поправочний коефіцієнт на якість матеріалу, що обробляється;

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n; \quad [8];$$

$$n = 1,0; \quad [8];$$

$$K_{mp} = \left(\frac{210}{190} \right)^{1,0} = 1,1;$$

Отже:

$$P_z = \frac{54,5 \cdot 2,0^{0,9} \cdot 0,1^{0,74} \cdot 135^{1,0} \cdot 10}{160^{1,0} \cdot 200^0} \cdot 1,1 = 953 \text{ Н};$$

Знайдемо силу затиску заготовки за формулою :

$$W = k \cdot P_z / (f_1 + f_2); \quad (3.3)$$

де f_1 і f_2 – коефіцієнти тертя між деталлю і установочними та затискними елементами пристрою;

P_z - сила різання при фрезеруванні, $P_z = 953 \text{ Н}$ (див режими різання).

При $f_1 = f_2 = 0,1$ сила затиску буде рівною:

$$W = 0,5 \cdot P_z \cdot k; \quad (3.4)$$

$k = 2,5$ – коефіцієнт запасу надійності затиску;

$$W = 2,5 \cdot 0,5 \cdot 953 = 1191 \text{ Н};$$

3.1.5 Розрахунок силового приводу пристрою

Сила затиску на заготовку передається клиновим механізмом з кутом клину 30° згідно рис. 2.3.

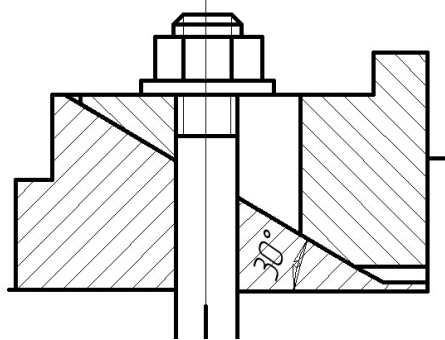


Рисунок 3.3 – Схема клинового механізму для передавання зусилля затиску

Тоді сила на штокові гідроциліндра з урахуванням підсилюючого механізму буде:

$$Q = W \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = 1191 \cdot 0,577 = 687 \text{ Н}$$

Робоча порожнина гідроциліндра штокова, тому розрахунок ведемо за формулою:

$$D_{ц} = \sqrt{1,27 Q / p \cdot \eta + d_{шт}^2}, \quad [14] \quad (3.5)$$

де Q - зусилля на штокові гідроциліндра;

p - робочий тиск повітря у гідромережі $p = 1,0 \text{ МПа}$.;

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

$d_{шт}$ - діаметр штока, приймаємо мінімальний $d = 22 \text{ мм}$.

Для даної схеми закріплення заготовки зусилля на штокові гідроциліндра дорівнює $Q = 687H$.

$$D_u = \sqrt{1,27 \cdot 687 / 1 \cdot 0,9 + 22^2} = 38,12 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D_u = 60 \text{ мм}$. Діаметр штока 22 мм.

Знайдемо фактичне зусилля на штокові гідроциліндра.

$$Q_{\max} = \frac{\pi \cdot (D_u^2 - d^2)}{4} \cdot p \cdot \eta = \frac{3,14 \cdot (60^2 - 22^2)}{4} \cdot 1 \cdot 0,9 = 2201H.$$

3.1.6 Розрахунок деталей пристрою на міцність

Найбільш навантаженим елементом пристрою є витки різьби на тязі.

Проведемо перевірку елементів різьби на зріз з формулою:

$$\tau_{зр} = \frac{Q}{\pi \cdot D_1 \cdot k \cdot H_z \cdot k_m} \leq [\tau_{зр}], \quad [19] \quad (3.6)$$

де $F = 2201 \text{ Н}$ сила на штокові гідроциліндра;

$k = 0,87$ коефіцієнт жорсткості метричної різьби;

$k_m = 0,6$ коефіцієнт нерівномірності навантаження на витки різьби;

$D_r = 10,376 \text{ мм}$:

$$[\tau_{зр}] = 0,3 \cdot \sigma_m = 0,3 \cdot 320 = 96 \text{ МПа}$$

$$\tau_{зр} = \frac{2201}{3,14 \cdot 10,376 \cdot 0,87 \cdot 15 \cdot 0,6} = 5,69 \leq [\tau_{ср}],$$

Міцність різьби на зріз забезпечена.

3.1.7 Опис роботи пристрою

Пристрій складається з елементів УЗП: плити з вмонтованими гідроциліндрами, упорами, та клиновими затисками. Працює пристрій наступним чином.

Деталь встановлюється на площину корпусу пристрою до упору в базову пластину. Подається олія під тиском у штокову порожнину гідроциліндра. Шток тягне болт затиску до низу і рухома клинова губка затискає заготовку.

Завдяки пазу він ковзає по скосу клина та затискає заготовку.

Технічні умови на пристрій

Непаралельність верхньої площини до основи не більше 0,005 мм.

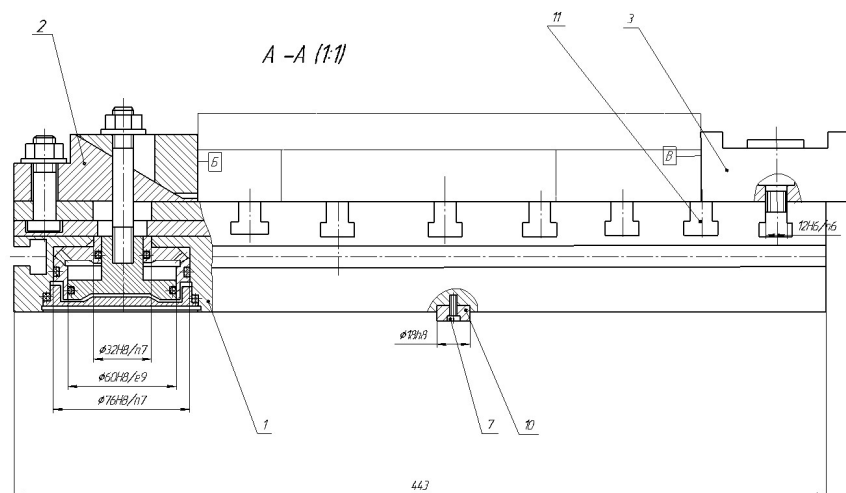


Рисунок 3.4 – Загальний вигляд пристрою для фрезерування

3.2 Проектування контрольного пристрою

В умовах сучасного машинобудівного виробництва задача підвищення точності виробів здійснюється засобами технічних вимірювань та широкими впровадженнями контрольно-вимірювальних пристроїв.

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

Оптимальна точність вимірювання і продуктивність вимірювання;

Технологічність в виготовленні;

Зносостійкість;

Зручність в експлуатації.

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

3.2.1 Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю

Згідно з технічних вимог, які вказані на кресленнику деталі необхідно контролювати паралельність плоских поверхонь деталі.

3.2.2 Вибір схеми контролю заданого параметру

Для виконання операції контролю паралельності площин корпусу застосована типова схема контролю.

Деталь розміщена на рухомому столику, а вимірювальний пристрій підводиться до певної точки вимірювання за допомогою стійки (рис. 3.5)

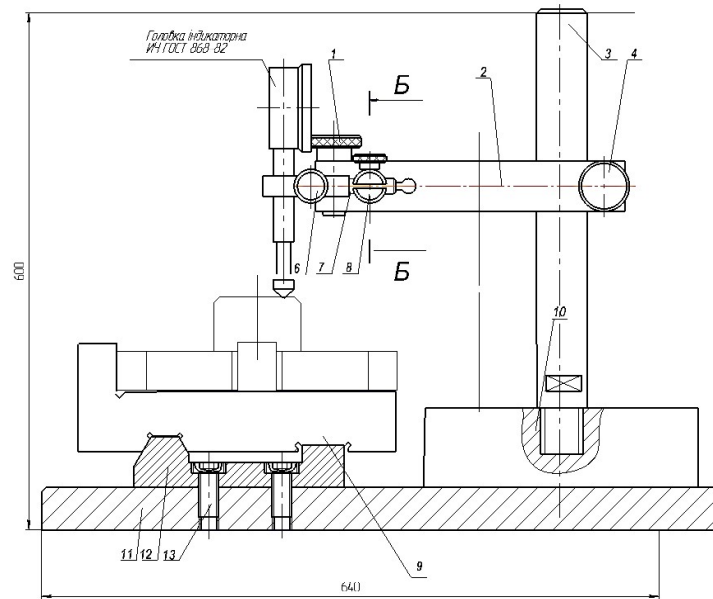


Рисунок 3.5 – Схема вимірювання

3.2.3 Розрахунок точності вимірювання

Визначаємо допустиму похибку вимірювання:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,3 \cdot T, \quad [15] \quad (3.7)$$

де T -допуск на параметр який контролюється, $T = 0,1$ мм.

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,3 \cdot 0,1 = 0,03 \text{ мм}$$

Визначаємо фактичну похибку вимірювання:

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2 + \varepsilon_{\text{прил}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2}, \quad (3.8)$$

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

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

ε_{zn} - похибка зношення пристрою, $\varepsilon_{zn} = 0,006$ мм;

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

$$\varepsilon_{прил} \approx \frac{Ц}{2}, \quad (3.9)$$

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

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

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

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

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

3.2.3. Принцип роботи пристрою

Пристрій призначений для контролю паралельності площин деталі плита середня.

Складається з корпусу, рухомого столика, стійки з індикатором.

Пристрій працює наступним чином. Спершу деталь, яку контролюємо, встановлюємо на рухомий столик до упорів. Потім до поверхні підводимо ніжку індикатора.

Індикатор за допомогою важеля виставляється на нуль. Після цього рухомий столик із деталлю переміщуємо на відстань 60-80 мм та знімаємо показання, дивлячись на відхилення індикатора визначаємо похибку паралельності поверхонь.

3.3 Аналіз конструкції заданої деталі вузла на роботоздатність у SolidWorks

В даному розділі розглянемо послідовність розрахунку напружено деформовано стану деталі «Гвинт» виробу вузол «Кондуктор» у який входить деталь «корпус» в середовищі SolidWorks.

Розрахунок напружено-деформованого стану деталі в середовищі SolidWorks здійснюється за допомогою програмного модуля CosmosWorks, побудованого на основі метода кінцевих елементів.

В загальному списку додаткових модулів вибирається модуль CosmosWorks, та натискається кнопка <Ок>.

Процедура підключення розрахункового модуля завершується появою елементів інтерфейсу CosmosWorks,, таких як:

- меню CosmosWorks, в загальному меню;
- робочі панелі інструментів ;
- менеджер CosmosWorks,.

Виконуємо креслення деталі «ГВИНТ»

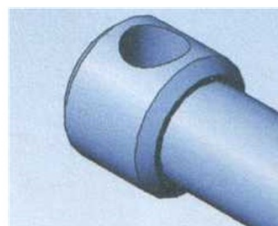


Рисунок 3.6 – Креслення деталі «гвинт»

В загальному випадку процедуру розрахунку напружено-деформованого стану в середовищі CosmosWorks, можна представити послідовністю наступних кроків:

- настройка параметрів проведення аналізу;
- вибір матеріалу деталі;
- граничні умови та зовнішнє навантаження;
- побудова кінцево-елементної моделі;
- виконання процедури розрахунку;
- візуалізація отриманих результатів.

Настройка параметрів проведення аналізу

Вибір матеріалу деталі Вибір матеріалу деталі здійснюється в діалоговому вікні <Material> .

Сталь 45 - матеріал який відсутній в бібліотеці матеріалів CosmosWorks новий матеріал можна ввести за допомогою вкладки. Для нового матеріалу обов'язково повинні вказуватись наступні властивості:

- модуль пружності 2,06-10 Н/м
- коефіцієнт Пуассона 0,3

Граничні умови та зовнішнє навантаження показано на рис.3.7

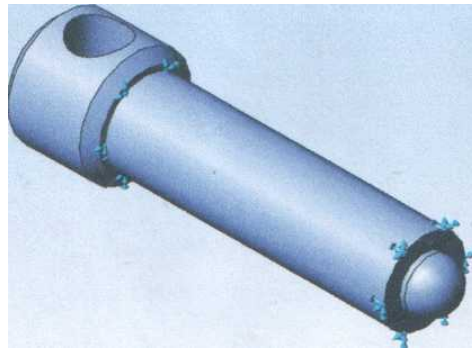


Рисунок 3.7 – Завдання поверхонь закріплення деталі.

Проводиться побудова кінцево-елементної моделі, яка показана на рис. 3.8.

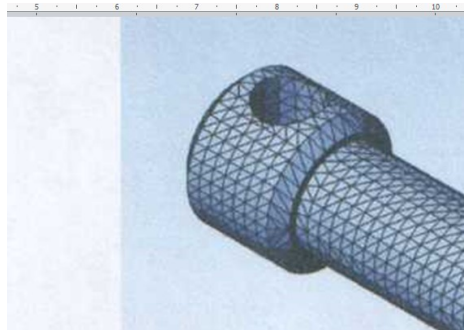


Рисунок 3.8 – Сітка скінчених елементів на деталі

Виконання процедури розрахунку напружено-деформованого стану, переміщення та швидкості деформації. Результати розрахунків наведено на рис.3.9., рис. 3.10., рис. 3.11.

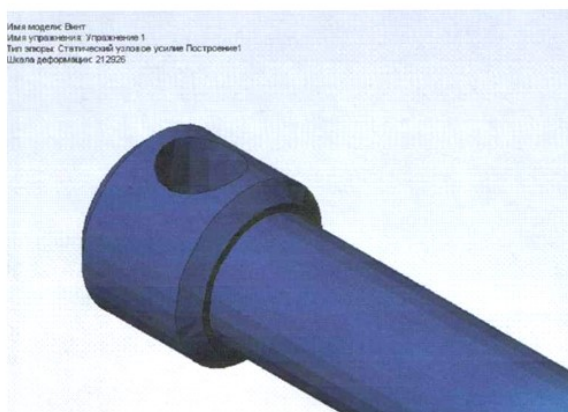


Рисунок 3.9 – Результаты расчета напряжено-деформованного stanu

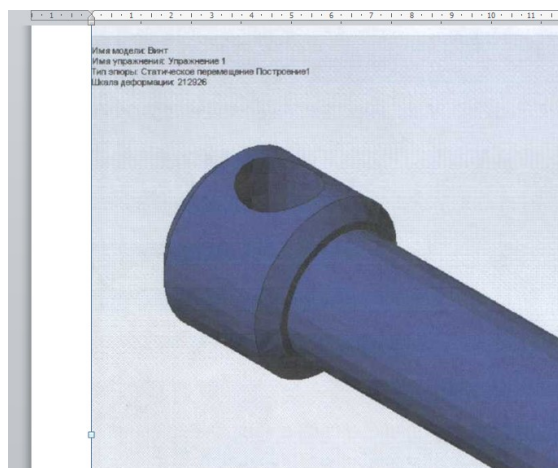


Рисунок 3.10 – Результаты расчета перемещения поверхности



Рисунок 3.11 – Результати розрахунку швидкості деформації

Висновок про можливість працездатності даної деталі в даних умовах навантаження ґрунтується на результатах розрахунків, а саме деформація, та переміщення не значні і не перевершують граничних значень.

4 Охорона праці

4.1 Вимоги до штучного освітлення робочих місць

Основна задача штучного освітлення на виробництві – створення найкращих умов для зорової роботи. Цю задачу можна вирішити тільки системою освітлення, яка відповідає вимогам Стандарту.

1. Освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи, який визначається наступними трьома параметрами:

об'єкт відрізнення – найменший розмір розглядуваного предмету, окрема його частина або дефект, котрий необхідно відрізнити в процесі роботи;

фон – поверхня, яка прилягає безпосередньо до об'єкта відрізнення, на якій він розглядається; характеризується коефіцієнтом відбиття, який залежить від

кольору і фактури поверхні, значення якого знаходяться в межах 0,02-0,95; при коефіцієнті відбиття поверхні більше 0,4 фон вважається світлим; 0,2-0,4 – середнім і менше 0,2 – темним;

контраст об'єкта з фоном K характеризується співвідношенням яскравостей розглядуваного об'єкту (точка, лінія, знак, пляма, тріщина, риска, раковина або інші елементи, котрі потрібно розрізнити в процесі роботи) і фону. Контраст визначається за формулою:

$$K = |L_0 - L_\phi| / L_\phi, \quad (4.1)$$

де L_ϕ і L_0 - яскравість відповідно фону і об'єкту.

Контраст об'єкту з фоном рахується великим при значеннях K більше 0,5 (об'єкт і фон різко відрізняються за яскравістю), середнім при значеннях $K=0,2-0,5$ (об'єкт і фон помітно відрізняються за яскравістю) і малим при значеннях K менше 0,2 (об'єкт і фон мало відрізняються за яскравістю).

Збільшення освітленості робочої поверхні покращує видимість об'єктів за рахунок підвищення їх яскравості, збільшує швидкість відрізнення деталей, що позначається на збільшенні продуктивності праці.

2. Необхідно забезпечити достатньо рівномірне розподілення яскравості на робочій поверхні, а також в межах навколишнього простору. Якщо в полі зору знаходяться поверхні, що значно відрізняються між собою за яскравістю, то при переведенні погляду з яскраво освітленої на слабо освітлену поверхню око вимушене переадаптуватись, що призводить до втоми зору.

3. На робочій поверхні не повинно бути різких тіней. Наявність різких тіней створює нерівномірний розподіл поверхонь з різною яскравістю в полі зору, спотворює розміри і форми об'єктів розрізнення, в результаті підвищується втомлюваність, знижується продуктивність праці. Особливо шкідливі рухомі тіні,

які можуть призвести до травматизму. Тіні необхідно пом'якшувати, застосовуючи, наприклад, світильники із світлорозсіювальним молочним склом.

4. В полі зору не повинно бути прямого і відображеного блищання. *Блищання* – підвищена яскравість поверхонь, що світяться, яка викликає порушення зорових функцій (засліпленість), тобто погіршення видимості об'єктів.

Видимість V характеризує здатність ока сприймати об'єкт; залежить від освітленості, розміру об'єкту, його яскравості, контрасту об'єкту з фоном, тривалості експозиції. Видимість числом порігових контрастів в контрасті об'єкту з фоном: $V = K/K_{пор}$, де $K_{пор}$ - поріговий контраст, тобто найменший відрізняваний оком контраст, при невеликому зменшенні котрого об'єкт стає невідрізняваним на фоні.

Пряме блищання пов'язане з джерелами світла, відображена виникає на поверхні з великим коефіцієнтом відображення або відображенням в напрямку ока. Засліпленість призводить до швидкого стомлювання і зниження працездатності. Критерієм оцінки засліплювальної дії, створюваної освітлювальним пристроєм, є *показник засліпленості* P_0 , значення якого визначається за формулою $P_0 = (V_1/V_2 - 1) \cdot 1000$, де V_1 і V_2 - видимість об'єкту відрізнення відповідно при екрануванні і наявності яскравих джерел світла в полі зору. Екранування джерел світла за допомогою щитків, козирків і т.п.

Пряме блищання обмежують зменшенням яскравості джерел світла, правильним вибором захисного кута світильника, збільшенням висоти підвішання світильників. Відображене блищання послаблюють правильним вибором напрямку світлового потоку на робочу поверхню, а також зміною кута нахилу робочої поверхні. Там, де це можливо, потрібно замінити блискучі поверхні матовими.

5. Величина повинна бути постійною в часі. Коливання освітленості, викликані різкою зміною напруги в мережі, мають велику амплітуду, кожного разу

викликаючи переадаптацію ока, призводять до значного стомлення. Пульсація освітленості пов'язана також з особливістю роботи газорозрядних ламп.

Коефіцієнт пульсації освітленості K_{Π} – критерій оцінки відносної глибини коливань освітленості в результаті зміни в часі світлового потоку газорозрядних ламп при живленні їх змінним струмом.

Коефіцієнт пульсації освітленості $K_{\Pi}(\%)$ слід визначати за формулою

$$K_{\Pi} = 100 (E_{\max} - E_{\min}) / 2E_{\text{сеп}}, \quad (4.2)$$

де E_{\max} , E_{\min} і $E_{\text{сеп}}$ - максимальне, мінімальне і середнє значення освітленості за період її коливання, лк.

Постійність освітленості в часі досягається стабілізацією напруги живлення, жорстким кріпленням світильників, застосуванням спеціальних схем ввімкнення газорозрядних ламп.

6. Слід вибирати оптимальну направленість світлового потоку, що дозволяє в одних випадках розглянути внутрішні поверхні деталей, в інших – розрізнити рельєфність елементів робочої поверхні.

На машинобудівних підприємствах, наприклад, для освітлювання розточувальних верстатів застосовують спеціальний світильник з оптичною системою. Такий світильник спрямовує всередину оброблюваної порожнини концентрований світловий потік лампи. Світлова пляма, що утворилась, має освітленість до 3 тис. лк і дозволяє проводити контроль якості обробки не залишаючи верстат.

7. Слід вибирати необхідний склад світла. Ця вимога особливо суттєва для забезпечення правильної передачі кольорів, а в окремих випадках для підсилення світлових контрастів.

Правильну передачу кольорів забезпечують природне освітлення і штучні джерела світла із спектральною характеристикою, близькою до сонячної. Для створення світлових контрастів застосовують монохроматичне світло, яке підсилює одні кольори і послаблює інші.

8. Всі елементи освітлювальних пристроїв – світильники, групові щитки, понижувальні трансформатори, освітлювальні мережі – повинні бути досить довговічними, електробезпечними, а також не повинні бути причиною виникнення пожег або вибухів. Забезпечення заданих умов досягається застосуванням занулення або заземлення, обмеженням напруги для живлення місцевих і переносних світильників до 42 В і нижче, вибором обладнання, що відповідає умовам середовища в приміщеннях, і захистом елементів освітлювальних мереж від механічних ушкоджень при експлуатації. Крім того, необхідно зменшувати до мінімуму теплоту і шум, що виділяються освітлювальним пристроєм.

9. Пристрій повинен бути зручним і простим в експлуатації, відповідати естетичним

5 Висновки

В дипломній роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі «корпус» із застосуванням сучасних верстатів з ЧПК. Виконано розрахунки: типу виробництва, собівартості заготовки, припусків, режимів різання, норм часу. На основі аналізу двох варіантів отримання заготовок прийнято рішення, що для даного типу виробництва найбільш економічним буде отримання заготовки по виплавленим моделям.

В конструкторському розділі виконано розрахунки верстатного пристрою для фрезерування. Для забезпечення операції контролю відповідальної поверхні деталі спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій.

В розділі охорони праці приведено вимоги до штучного освітлення робочих місць.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «корпус», специфікації та керуючу програму на верстат з ЧПК.

Список використаних джерел

1. Методичні вказівки з курсового проектування по технології машинобудування для студентів спеціальностей “Технологія машинобудування”, “Металорізальні верстати та системи”, “Інструментальне виробництво” денної і заочної форм навчання / В. Д. Каразей, Л. В. Присяжний, Ю. В. Савицький – Хмельницький: ХНУ, 2009. – 110 с.

2. Рудь В. Д. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій / Рудь В. Д., Герасимчук О. О., Маркова Т. П. Луцьк : РВВ ЛДТУ, 2008. 344 с.

3. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014 353 с., іл.

4. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
5. Шабайкович В. А. Выбор оптимального технологического процесса механической обработки деталей машин. Львов, 1975. 25 с.
6. Мельничук П. П., Боровик А. І., Лінчевський П. А., Петраков Ю. В. Технологія машинобудування. Житомир: ЖДТУ, 2005. 882
7. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
8. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І. І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
9. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.
10. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В. О. Залога, О. О. Залога, В. Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залого. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
11. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВПОЛ, 1995. 465 с.
12. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
13. Гордєєв А. І., Урбанюк Є. А., Безносів А. Є., Мігаль В. Г. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.
14. Гордєєв А. І. Урбанюк Є. А., Сілін Р. С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.

15. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т., Гордєєв А. І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник / За ред. Р.Т. Карпика. Хмельницький: ХДУ, 2003. 222 с., іл.

16. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник. К.: «Кондор», 2008. 726с.

17. Железна А. М., Кирилович В. А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.

18. Деталі машин. Розрахунок та конструювання : підручник / Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, В. С. Гапонов, О. І. Дубинець, О.І. Пилипенко, А. В. Гайдамака, С. Л. Панов, А. С. Столбовий. – Київ : Талком, 2014. 684 с.

19. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. Харків : НТУ «ХП», 2020. 275 с.

19. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, та ін. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. К.: Основа, 2006. 448 с.

20. Освітня програма бакалавра спеціальності 131 Прикладна механіка.