

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка технологічного процесу виготовлення вала»

Виконав: студент(ка) IV курсу, групи М-121сп

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

АМАЄВ І.М.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ШИРОКОБОКОВ В.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Машинобудівний
Кафедра «Технологія машинобудування»
Ступінь вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Технології машинобудування
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри С.І. ДЯДЯ

« _____ » _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

АМАЄВ Ілля Михайлович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) «Розробка технологічного процесу виготовлення вала»

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доц. ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Євген Валерійович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» 03 2024 року № 97

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 10.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення вала; річна програма випуску N=3000 шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина. 2. Конструкторська частина. 3. Організаційна частина 4. Економічний розрахунок. 5. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

Креслення деталі, заготовки; плакат 3D-моделі деталі та заготовки; маршрут виготовлення деталі; плакат зображення обробки для верстата з ЧПК; креслення робочого пристосування; плакат розрахунку деталі на міцність. Кількість слайдів - 9

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3	ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є. В., доцент		
4	ПУХАЛЬСЬКА Г.В., доцент		
нормоконтроль	ДЯДЯ С.І., зав. каф.		

7. Дата видачі завдання 26 лютого 2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	07.05.2024	
2	Розробка операції для верстата з ЧПК	14.05.2024	
3	Конструкторська частина	21.05.2024	
4	Розрахунок на міцність	24.05.2024	
5	Організаційна частина	27.05.2024	
6	Економічний розрахунок	30.05.2024	
7	Охорона праці	04.06.2024	
8	Оформлення пояснювальної записки, креслень, карт	05.06.2024	
9	Нормоконтроль	05.06.2024	
10	Рецензія	07.06.2024	
11	Захист дипломного проєкту	12.06.2024	

Студент(ка)

_____ Ілля АМАЄВ
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи) _____ Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 118 с., 7 табл., 16 рис., 2 дод., 8 джерел.

ВАЛ, ВЕРСТАТ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, НОРМУВАННЯ, ОПЕРАЦІЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Об'єкт дослідження – вал.

Мета роботи – розробка технологічного процесу виготовлення деталі – вал.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний, комп'ютерне моделювання експлуатаційного навантаження деталі, комп'ютерна розробка програми керування для технологічної операції обробки деталі на верстаті з ЧПК.

В дипломному проєкті за рахунок об'єднання операцій на багатоцільовому верстаті з ЧПК і використання сучасного продуктивного обладнання та оснастки розроблено технологічний процес виготовлення валу, передбачено економічні ризики виробництва, розраховано режими різання, норми часу, розроблено операцію з ЧПК, спроектовано робоче та запропоновано контрольне пристосування, досліджено міцнісні характеристики деталі, виконано розрахунок щодо організаційних питань і кількості технологічного обладнання та робітників на дільниці, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	7
Вступ	8
1 Технологічна частина	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.	14
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі.	21
1.4.1 Вибір технологічних баз.	21
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.	23
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.	29
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.	30
1.6 Розрахунок режимів різання.	37
1.7 Технічне нормування операцій.	56
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК.	64
2 Конструкторська частина	67
2.1 Проектування робочого пристосування.	67
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.	69
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.	72
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу.	73
2.2 Проектування контрольного пристосування.	76
2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування.	76

2.3 Розрахунок на міцність деталі, її конструктивного елемента, або найбільш навантаженої деталі робочого пристосування за допомогою міцносного комп'ютерного пакету.	82
3 Розробка планування ділянки	85
4 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів	88
5 Охорона праці	91
5.1 Електробезпека на ділянці	91
Висновок	98
Перелік джерел посилання	100
Додаток А. Специфікація робочого пристосування	102
Додаток Б. Технологічні карти	104

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЧПК – Числове програмне керування

ПР – Прокат

КГШП – Кривошипний гарячештампувальний прес

МОП – Маршрут обробки поверхонь

Т/О – Термічна обробка

МВД – Маршрут виготовлення деталі

ВСТУП

Машинобудування є основою розвитку всіх сучасних економік країн світу.

Важливо відзначити, що рівень розвитку цієї частини економіки кожної країни залежить загальний стан промисловості, а також інших складових її частин. В реальності в якій ми живемо, важко уявити міцну, ефективну і самодостатню економіку, без розвитку машинобудування в цілому.

Завдяки тому, що є збільшення конкуренції між виробниками товарів і послуг, дорожчають матеріали та енергетичні ресурси – все це підштовхує вводити в машинобудування технології, за допомогою яких забезпечується зменшення втрат усіх частин технологічного процесу, які досить впливають якраз на остаточну вартість продукції, що виготовляється, без її погіршення якості.

Для того щоб виконати це завдання, необхідно це робити на рівні технологічного персоналу виробництва машинобудування, які застосовуються в розробці необхідних технологічних процесів із залученням сучасних способів застосування праці, із застосуванням комп'ютерного обладнання з програмами та інші прогресивні системи.

Щодо правил і вимог до них, при розробці технологічних процесів для створення виробництва, потрібно забезпечити грамотне обґрунтування прийнятих технічних та економічних рішень на всіх етапах розробки, такі як: вибір типу заготівлі, її метод отримання, вибір обладнання та пристроїв з їх рівнями механізації та автоматизації, розробка прогресивного технологічного маршруту обробки, вибір інструменту, розрахунок режимів різання.

У дипломному проекті, що розглядається, головною метою є безпосередньо розробка технологічного процесу виготовлення деталі валу, в умовах середньосерійного виробництва, на підставі та з впровадженням сучасних досягнень машинобудування.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Розглянутим елементом у дипломному проекті безпосередньо є деталь "Вал". Призначенням даної деталі є передача обертального руху на інші вузли, наприклад в редукторі, за допомогою наявних на деталі сполучних елементів, завдяки яким і здійснюється з'єднання з іншими деталями.

Конструкція вала виглядає як довгий циліндр, ступінчастої форми, що має на одному кінці дві різьби, а на іншому шліцеве з'єднання для передачі обертального руху, також присутні два бічні глухі отвори, де одне має різьблення – вони служать в кріпильних і фіксаційних цілях, для закріплення потрібної деталі у конкретних цілях; Додатково на деталі є канавки та лиска.

Довжина деталі багато разів перевищує діаметр, форма дуже проста і всі частини легко доступні для обробки, але у зв'язку з великою довжиною деталі її закріплення і точність обробки вимагає додаткових пристроїв, таких як люнети (рисунок 1.1). Також довжина розподіляє всю масу.

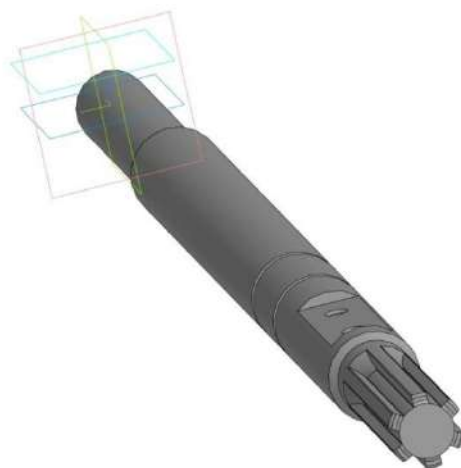


Рисунок 1.1 – 3D модель деталі

Для того щоб забезпечити вал в експлуатації потрібно, щоб він мав підвищену міцність, зносостійкість і стійкість, а також міг працювати в забрудненому середовищі – чому сприяє Сталь 40Х, з якого він виготовлений.

Сталь 40Х – це конструкційна легована сталь. Призначена для виробництва деталей підвищеної міцності. Продукція з неї виготовляється відповідно до вимог стандарту ДСТУ 7806:2015. Низьколегований сплав із групи конструкційних сталей. Виготовляється у вигляді різних профілів, гарячекатаного та каліброваного сортового прокату, листа, широких та вузьких смуг та безшовного трубного прокату. Може піддаватися термічній та хіміко-термічній обробці. Конструкційну леговану сталь марки 40Х використовують при виробництві деталей підвищеної міцності (осі, вали, вал-шестерні, плунжери, штоки, колінчаті і кулачкові вали, кільця, шпинделі, оправлення, рейки, губчаті вінці, болти, півосі, втулки та інші). Також хромисту сталь 40Х застосовують при виготовленні виробів куванням, холодним і гарячим штампуванням, сталевий прокат використовується при виробництві труб, ємностей та іншої продукції.

Хімічний склад сталі 40Х (вказано у таблиці 1.1):

Хромовмісний залізовуглецевий сплав. Крім хрому, сталь містить як легуючі добавки кремній і марганець, а також домішки сірки, фосфору і деяких кольорових металів. Введення хрому в кількості близько 1% підвищує прожарювання сталі 40Х і сприяє збільшенню міцності.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 40Х відповідно до ДСТУ 7806:2015

C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	S, %	P, %	Cr, %	Cu, %	N, %	Fe, %
0,36- 0,44	0,17- 0,37	0,50-0,80	≤0,30	≤0,035	≤0,035	0,80-1,10	≤0,30	≤0,08	-96

Фізико-механічні властивості (вказано у таблиці 1.2):

Низьколегована сталь 40Х характеризується високою механічною міцністю. У термообробленому стані демонструє високу зносостійкість та твердість поверхні. Помірковано чутлива до деформаційного старіння. Є сплавом, що важко зварюється. Дуже схильна до відпускнуї крихкості та флокеночутлива. Правильно підібраний режим термічної обробки дозволяє знизити вміст водню в металі, і тим самим мінімізує утворення флоків.

Таблиця 1.2 – Механічні властивості термооброблених зразків сталі 40Х ДСТУ 7806:2015

Термічна обробка	Межа плинності, (МПа)	Тимчасовий опір, (МПа)	Мінімальне відносне подовження, %	Відносне звуження, %
Загартування від 860°C в маслі, відпуск при 500°C	≥ 785	≥ 980	≥ 10	≥ 45

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Для того щоб почати будувати технологічний процес, потрібно вирішити такі питання як технічні, економічні та організаційні. Технологічний процес, що розробляється, повинен відповідати кресленню, а саме поставленим умовам за точністю та якістю, а також відповідати стандартам передбаченим для цього процесу. Все виробництво повинно будуватися на тому, щоб витрачалося менше ресурсів, було менше бракованих деталей і щоб усі плани з виробництва певної кількості деталі виконувались вчасно.

Завдяки регуляції і правильному вибору типу виробництва та форми організації робіт можна досягти зниження собівартості продукції, що досить сильно впливає на виробництво в цілому. На основі кількості деталей, які потрібно виконати за планом, а також маси та розмірів деталі, характеру продукції, технічних та економічних умов, усі типи виробництва поділяються

на три основні види: масове, серійне та одиночне. Також у серійного виробництва є свої три підтипи, а саме: малосерійне, середньосерійне, багатосерійне, що залежить від кількості деталей, що виготовляються.

Серійне виробництво це такий тип організації виробництва, що характеризується одночасним виготовленням для підприємства широкої номенклатури однорідної продукції, де випуск якої повторюється протягом багато часу. Випуск продукції проводиться безпосередньо стосовно виробів серіями, а стосовно деталей — партіями. Виготовлення серій виробів одного типорозміру зазвичай повторюється через деякі регулярні проміжки часу. При повторних запусках серій машин часто вносяться зміни у конструкторську та технологічну підготовку виробництва, організацію робочих місць, підвищується кваліфікація робітників. Що важливо — дозволяє уніфікувати конструкції деталей, виробів, добиватися типізації технологічних процесів та оснащення.

За великосерійного виробництва продукція виготовляється великим безперервним обсягом протягом періоду, що перевищує близько року. Цехи підприємства спеціалізуються безпосередньо за предметною ознакою, а робочі місця — за однорідними операціями. На такому виробництві зазвичай використовуються спеціалізоване обладнання, потокові лінії та засоби автоматизації (конвеєри, живильники тощо). Великосерійне виробництво дозволяє організувати на науковій основі всі підготовчі операції, виділяючи їх у самостійний етап. До групи підготовчих операцій відносяться конструювання виробу, його окремих деталей, розробка нових технологічних процесів, виготовлення інструментів та пристроїв. Великосерійне виробництво за своїм характером майже наближається до масового виробництва.

При середньосерійному виробництві спеціалізація обмежується вузькою номенклатурою, а виробничі лінії та цехи мають звичайну предметну та технологічну спеціалізацію. Підготовка виробництва, зазвичай, також виділяється з основного виробничого процесу. До середньосерійного типу

виробництва відносяться, наприклад, верстатобудування та двигунобудування, багато видів прокату чорних та кольорових металів.

Дрібносерійне виробництво є перехідною формою від одиничного виробництва до випуску продукції дрібними серіями. Виготовлення виробів чи окремих деталей не повторюється. Розмір серій зазвичай нестійкий, а збут обмежений наявними замовленнями чи укладеними договорами. Тому порівняно швидко припиняється виготовлення одних видів продукції і налагоджується освоєння вже нових. До дрібносерійного можна віднести виробництво деяких видів прокату та сплавів спеціального призначення, невеликих партій виробів, машин, призначених для експериментування в різних умовах, і т.д.

Техніко-організаційні особливості серійного виробництва зумовлюють низку економічних переваг у порівнянні з одиничним виробництвом: скорочує виробничий цикл, підвищує якість продукції, зростання продуктивності праці, знижує собівартість. Ці чинники забезпечують значне підвищення ефективності громадського виробництва.

Так як програма випуску деталей згідно завдання на розробку технологічного процесу виготовлення вала на рік складає 3000 деталей на рік, маса деталі 2,6 кг – це означає, що деталь вал входить у серійний тип виробництва, а саме до середньосерійного.

Серійне виробництво характеризується обсягом партії заготовок (деталей), що запускаються у виробництво:

$$n = \frac{a \cdot N}{A}; \quad (1.1)$$

де N – річна програма, шт.;

a – періодичність запуску деталей у виробництво, або кількість днів, на які необхідно забезпечити роботу цеху – 3; 6; 12; 24 дня;

A – кількість робочих днів в році.

$$n = \frac{3 \cdot 3000}{253} = 35,5 \approx 36 \text{ дет.}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.

Одним з дуже важливих моментів проектування технологічного процесу є вибір виду зі способом отримання заготівлі, так як це безпосередньо впливає на те скільки буде коштувати виготовлення деталі, скільки матеріалу буде зніматися і скільки пропрацювати повинні інструменти, що використовуються для обробки, а також вибір самих потрібних інструментів під конкретні методи опрацювання.

В умовах серійного та масового виробництва, для того щоб отримати більш високі показники використання металу, також зниження витрат на подальшу механічну обробку, найкращим вибором буде використовувати способи отримання заготовки методом об'ємного гарячого штампування та прокатом.

Максимальна продуктивність методу одержання заготовок гарячим штампуванням, обґрунтовується можливістю одночасного деформування матеріалу, з якого звичайно створюється заготівля, у певних кількох напрямках для одержання відповідних розмірів та форми. Так як штампи (спеціальні пристосування) не вимагають працівників високої кваліфікації, порівняно з куванням, то і собівартість буде позитивна у заготівлі. Також важливою перевагою є те, що пристосування цього способу, завдяки своїй точності, здатні робити зменшені припуски, якщо порівнювати з поковками.

Оскільки технологічний процес виготовлення валу робиться для среднесерійного виробництва, то собівартість процесу виготовлення самої

деталі, що складається з вартості матеріалу, самого отримання заготовки, і навіть її вартості механічної обробки би мало бути мінімальними.

Розглянемо технології виготовлення заготовок доцільними методами для моєї деталі вала, а саме прокатом (ПР) та кривошипним гарячештампувальним пресом (КГШП).

Прокат є тим способом, який виготовляє заготівлі на прокатних верстатах шляхом методу гарячої, теплої або холодної прокатки. Для заготівлі моєї деталі з прокату я розглядаю середній круглий сортовий прокат діаметром 32-75 мм, який підходить за розмірами найбільшого діаметра валу 30 мм. Точність прокату дозволить отримати заготівлю прийнятної шорсткості. Плюсом і мінусом я вважаю є довжина прокату, так як з одного боку ми можемо скоротити час на установках деталі і швидше приступити до виточування нової, за рахунок того, що заготовка вже встановлена, а з іншого боку великий габарит робить установку на верстаті досить витратною за пристосуванням, і вимагає того щоб верстат відповідав вимогам оброблюваної довжини. Звідси виходить і ще один мінус що після обробки потенційно частина оброблюваного прутка може бути не задіяна і тим самим принести збиток або переплату за заготівлю.



Рисунок 1.2 – Заготовка виготовлена прокатом

Об'єктивно КГШП одна з найтехнологічніших машин для виготовлення гарячого штампування. Вони використовуються для виконання операцій зі створення гарячого штампування та мають певні силові, а також енергетичні характеристики. Я вважаю що до переваг і досягнень цих пресів відносяться: висока жорсткість, швидкохідність, невеликі габарити штампувального

простору, висока точність (на 30% вище в порівнянні з молотами), відсутність ударів, що можуть збити точність положення штампів, наявність менших зазорів між повзуном і направляючими станини, деформація заготівлі в канаві виконується за один хід повзуна і за рахунок цього збільшується продуктивність, також наявність на пресах виштовхувачів дозволяє зменшити штампувальні поклони та застосувати штампування видавлюванням та закрите штампування. За рахунок особливості деформації металу швидкість деформування на пресах значно мала, становить всього 0,5-0,6 м/с; Також варто відзначити, що на пресах є певна довжина ходу повзуна. Зазначу, що до недоліків штампування на КГШП відноситься висока вартість самих пресів, їхня потужність є відносно маленькою, а також досить вагомі мінуси - це відсутність можливості багаторазової деформації в одному рівчаку з регулюванням сили удару та можливість заклинювання преса. Зазвичай штампувальні роботи виготовляються із мірних заготовок простого профілю, а також фасонного прокату (змінного перерізу).



Рисунок 1.3 – Заготовка виготовлена на КГШП

Для того щоб прийняти останнє рішення перед вибором технології виготовлення заготівель валу та типу обладнання, потрібно провести розрахунки та за ними визначити найпріоритетніший спосіб, на основі порівняльних факторів та економічно вигідних.

Розрахунок прокату:

Встановлюю припуски і розраховую ескіз деталі, вагу деталі q , вагу заготовки Q .

Деталь має такі припуски:

Так як спосіб отримання заготовки є прокат, а діаметр деталі найбільший дорівнює Ø30 мм, вибираю пруток зі стандартних чисел діаметром Ø34 мм і довжиною прутка Н=560 мм.

Вага деталі q=2,6 кг, то вага заготівлі, а також їх об'єм дорівнює:

$$V_3 = \frac{\pi D_{\text{пр}}^2}{4} H_{\text{пр}}; \quad (1.2)$$

де D – діаметр прутка, мм;

H – довжина прутка, мм;

ρ – густина сталі 40Х, г/см³.

$$V_3 = \frac{3,14 \cdot 34^2}{4} \cdot 560 = 508178 \text{ мм}^3$$

$$Q = V_d \rho; \quad (1.3)$$

$$Q = 508178 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 4 \text{ кг}$$

Розраховую вартість однієї заготовки, отриманої з прокату В і коефіцієнт використання заготовки η:

$$B_{\text{пр}} = \frac{B_6}{1000} \cdot Q - (Q - q) \cdot \frac{B_{\text{отх}}}{1000}; \quad (1.4)$$

де B₆ – базова вартість виготовлення 1т заготовок [1, табл. 1.29, с. 19], грн.;

Q і q – відповідно вага заготовки і готової деталі, кг;

B_{отх} – вартість 1т. стружки, грн. [1, табл. 1.5, с. 13].

$$B_{\text{пр}} = \frac{1260}{1000} \cdot 4 - (4 - 2,6) \cdot \frac{140}{1000} = 4,8 \text{ грн.}$$

$$\eta_{\text{пф}} = \frac{q}{Q}; \quad (1.5)$$

$$\eta_{\text{пр}} = \frac{2,6}{4} = 0,65$$

Розраховую кривошипний гарячештампувальний прес:

Встановлюю припуски і розраховую ескіз деталі, вагу деталі q , вагу заготовки Q .

Деталь має такі припуски:

Для $D_1=24$ мм, $D_2=30$ мм, $D_3=25$ мм, $L_1=113$ мм, $L_2=354$ мм, $L_3=90$ мм це буде +2,5 мм на бік.

Вага деталі та заготівлі, а також їх об'єм дорівнює:

$q=2,6$ кг;

$$V_i = \frac{\pi D_i^2}{4} L_i; \quad (1.6)$$

де D – діаметр поверхні заготовки, мм;

L – довжина поверхні заготовки, мм.

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 29^2}{4} \cdot 115,5 = 76251,37 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot 35^2}{4} \cdot 359 = 345223,38 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = \frac{3,14 \cdot 30^2}{4} \cdot 92,5 = 65351,25 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = V_1 + V_2 + V_3; \quad (1.7)$$

$$V_3 = 76251,37 + 345223,38 + 65351,25 = 486826 \text{ мм}^3$$

За формулою (1.3):

$$Q = 486826 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 3,8 \text{ кг}$$

Розраховую вартість однієї заготовки, отриманої гарячим штампуванням B і коефіцієнт використання заготовки η :

$$B_{\text{КГШП}} = \frac{B_6}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{\Pi} - (Q - q) \cdot \frac{B_{\text{отх}}}{1000}; \quad (1.8)$$

де B_6 – базова вартість виготовлення 1т. заготовок, грн. [1, табл. 1.4, с. 13];
 Q і q – відповідно вага заготовки і готової деталі, кг;
 $K_T, K_M, K_B, K_C, K_{\Pi}$ – коефіцієнти, що враховують відповідно клас точності, матеріал, групу складності, масу заготовки, програму випуску [1, табл. 1.24-1.28, с. 17, 18];
 $B_{\text{отх}}$ – вартість 1т. стружки, грн. [1, табл. 1.5, с. 13].

$$B_{\text{КГШП}} = \frac{350}{1000} \cdot 3,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 0,8 \cdot 1 - (3,8 - 2,6) \cdot \frac{140}{1000} = 0,7 \text{ грн.}$$

За формулою (1.5):

$$\eta_{\text{КГШП}} = \frac{2,6}{3,8} = 0,68$$

Розрахункові і довідникові розміри для кожного варіанту заніс в табл. 1.3.

Розраховую додаткові витрати на матеріал

Оскільки значення $B_1 > B_2$, а $\eta_1 < \eta_2$, то раціональним вибором буде другий варіант (КГШП), оскільки має більше переваг наведених у таблиці 1.3:

$$E_B = (B_{\text{ПР}} - B_{\text{КГШП}}) \cdot N; \quad (1.9)$$

де N – річна програма, шт.

$$E_B = (4,8 - 0,7) \cdot 3000 = 12300 \text{ грн.}$$

Розраховую річне заощадження матеріалу на виготовлення заготовки:

$$M_2 = \frac{q \cdot (\eta_2 - \eta_1)}{\eta_2 \cdot \eta_1} \cdot N; \quad (1.10)$$

$$M_2 = \frac{2,6 \cdot (0,68 - 0,65)}{0,68 \cdot 0,65} \cdot 3000 = 529 \text{ кг}$$

За результатами розрахунку найвигіднішими виявилися заготовки з КГШП, оскільки даний спосіб має меншу вартість однієї заготівлі та має великий коефіцієнт використання заготівлі, звідси виходить велика річна економія матеріалу та грошей.

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники за варіантами.

Показники	Позначення	Вимір	ВАРІАНТ	
			1 (ПР)	2 (КГШП)
Припуск на сторону	Q	мм	2	2,5
Вага заготовки	Z	кг	4	3,8
Базова вартість 1т. заготовки	B _B	грн.	1260	350
Коефіцієнт	K _T	-	-	1
	K _M	-	-	1
	K _C	-	-	0,84
	K _B	-	-	0,8
	K _П	-	-	1
Вартість 1т. стружки	B _{ОТХ}	грн.	140	140
Вартість однієї заготовки.	B	грн.	4,8	0,7
Коефіцієнт використання заготовок	η	-	0,65	0,68

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

Дуже важливим і складним моментом при проектуванні технологічного процесу, який потребує особливої уваги, є призначення технологічних баз, які визначають, у яких місцях деталь закріплена і в якому положенні вона знаходиться при її обробці. Завдяки обраним базам визначається наскільки точно оброблятиметься деталь з її розмірами заданими на кресленні, також наскільки рівними будуть оброблювані та оброблені поверхні деталі, ступінь складності використовуваних пристроїв, зручність різальних та контрольно-вимірювальних інструментів, та й те, як це впливає на загальну продуктивність обробки заготовок деталі. Подальший вибір баз досить істотно впливає те що яку точність деталі ми отримаємо на момент її вироблення і наскільки все виходить економічно під час цих процесів.

Для того щоб визначити де повинні розташовуватися технологічні бази потрібно проаналізувати робоче креслення деталі: взяти до уваги габарити деталі і якими вони будуть після вибору виду заготівлі, а також якими вони стануть, і не забути про технічні умови для виготовлення деталі, якщо є можливість і ступінь автоматизації.

Через те, що необроблені поверхні, вибрані як чорнові бази, мають високу шорсткість і меншу точність, у порівнянні з чистовими базами, то чорнова база для моєї деталі вал повинна використовуватися тільки на перших двох операціях, а саме на фрезерно-центрувальній і першій токарній операції. Подальші операції та установки заготовки робляться вже на оброблених базових поверхнях.

Кращим вибором поверхні для чорнової бази буде поверхня яка має достатні великі та зручні розміри, які також дозволяють обробити якомога більше поверхонь не порушуючи точності закріплення та точності самих

оброблюваних поверхонь, бажано щоб поверхня була з найменшою шорсткістю.

За принципом єдності баз найкращим вибором для подальших операцій як технологічна база вибирати поверхні, які є конструкторськими та вимірювальними базами, для того щоб мінімізувати помилку обробки та уможливити використання всього поля допуску для певних розмірів.

Конструкторською базою для валу є поверхня: Б.

За прийнятими принципами, щоб виконати першу токарну операцію чорнового точення приймаю найбільший діаметр заготовки для закріплення в патроні і торець деталі закріплений в центрах. У подальших операціях бажано дотримуватись єдності баз. Відповідно потрібно поставитися до базування шліфувальних операцій, оскільки вони є останніми операціями що задають остаточні розміри деталі з шорсткістю і відносно рівним розташуванням.

Для прикладу на моїй деталі вал чорнове базування вказанано на рисунку 1.4, а чистове на рисунку 1.5:



Рисунок 1.4 – Чорнова база при першій токарній обробці операції 020



Рисунок 1.5 – Чистова база під час токарної операції 030

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Скласти план обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 30f7_{-0.041}^{-0.020}$.

По робочому кресленню з'ясувати технічні вимоги на оброблюєму поверхню. До них відносяться допуски та шорсткість поверхні: $T_{дл}=21$ мкм, $Ra_{дл}=1,6$ мкм. (7 квалітет)

Встановити допуски T_d та Ra для поверхні вихідної заготовки. Використовуючи [2, табл. 3.1, с. 13] і [2, табл. 3.6, 3.7, с. 22, 23], встановлюю: $es_{d3}=+0,8$; $ei_{d3}=-0,8$; (приблизно 16 квалітет) $T_{d3}=1600$ мкм; $Ra_{д3}=50$ мкм.

Розрахувати потрібні уточнення по формулі:

$$\varepsilon_{oi} = \frac{T_{si}}{T_{di}}; \quad (1.11)$$

де T_{si} – допуски на i -й параметр вихідної заготовки, [2, табл. 3.1, с. 13];

T_{di} – допуск за креслення для того ж i -того параметру готової деталі, [2, табл. 3.1, с. 13].

$$\varepsilon_{od} = \frac{1600}{21} = 76,2 \quad \varepsilon_{oRa} = \frac{50}{1,6} = 31,25$$

За найбільшим $\varepsilon_o=76,2$ (для визначення потрібної шорсткості) розрахуємо приблизну кількість переходів механічної обробки k за формулою:

$$k_i = 2lg\varepsilon_o; \quad (1.12)$$

$$k_i = 2lg76,2 = 3,76 \approx 4$$

Крім параметрів точності та шорсткості, доцільно провести розрахунки за параметрами взаємного розташування поверхонь, особливо, коли це вимагається за кресленням деталі.

Доцільно приблизно визначити ступені послідовність показників точності та якості (ППТЯ), які будуть забезпечуватись на кожному технологічному переході, орієнтуючись на визначену кількість k усіх переходів:

$$\Delta = 16 - 7 = 9 \rightarrow 4 + 2 + 3 + 0$$

$$IT16 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow f7 \rightarrow f7$$

Для інших показників якості обробки (шорсткості та взаєморозташування) розрахунки виконують аналогічно:

$$Ra50 \rightarrow Ra12,5 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6$$

Призначити технологічні переходи для обробки поверхні, яка розглядається, дотримуючись визначених квалітетів точності, взаємного розташування та показників шорсткості. Точність та шорсткість, яка забезпечується різноманітними засобами обробки наведені у [2, табл. 3.6, с. 22].

Перший перехід – обточка чорнова, що забезпечує $Td_1=250$ мкм, та $Ra_1=12,5$ мкм, уточнення буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{1600}{250} = 6,4 \quad ; \quad \varepsilon_{Ra1} = \frac{50}{12,5} = 4$$

Другий перехід – обточка чистова, що забезпечує $Td_2=100$ мкм, та $Ra_2=6,3$ мкм, уточнення буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{250}{100} = 2,5 \quad ; \quad \varepsilon_{Ra2} = \frac{12,5}{6,3} = 2$$

Подальше призначення переходів залежить від наявності у технологічному процесі операцій термообробки деталей. Для деталі та поверхні, що розглядається у прикладі, термообробка не потрібна.

Третій перехід – шліфування чорнове, яке забезпечує $Td_3=21$ мкм, $Ra_3=3,2$ мкм:

$$\varepsilon_{d3} = \frac{100}{21} = 4,76 \quad ; \quad \varepsilon_{Ra3} = \frac{6,3}{3,2} = 1,97$$

Четвертий перехід – чистове шліфування, в наслідок якого $Td_4=$ мкм, $Ra_4=1,6$ мкм:

$$\varepsilon_{d3} = \frac{21}{21} = 1 \quad ; \quad \varepsilon_{Ra3} = \frac{3,2}{1,6} = 2$$

Перевірка розрахунків умови:

$$\prod_{j=1}^2 \varepsilon_{dj} = 6,4 \cdot 2,5 \cdot 4,76 \cdot 1 = 76,2 > \varepsilon_{do} = 76,2;$$

$$\prod_{j=1}^2 \varepsilon_{Ra} = 4 \cdot 2 \cdot 1,97 \cdot 2 = 31,52 > \varepsilon_{Ra} = 31,25;$$

Таким чином, після чотирьох переходів точність розміру $\varnothing 30f7_{-0.041}^{0.020}$ мм практично забезпечується, тому що сумарне уточнення практично дорівнює необхідному, як ми і розраховали за кількістю переходів k (малі розбіжності виникли внаслідок округлень при розрахунках).

Результати детального розрахунку маршруту обробка поверхонь (МОП) занесено до таблиці 1.4

Таблиця 1.4 – План обробки

Показн. точн. і якості поверх.	Показник	Уточнення	Кількість переходів k		Різниця показників і ППТЯ	МОП		Допуск		Уточнення	
			Розраховане	Прийняте		і	Метод обробки	Допуск Td	Шорсткість	ε _i по Td	ε _i по Ra
	J	ε ₀									
Зовнішня циліндрична, оброблювана поверхня діаметром 30 мм	Td	76,2	3,76	4	$\Delta = 16 - 7 = 9 =$ $= 4 + 3 + 2 + 0$ $IT16 \Rightarrow h12 \Rightarrow$ $\Rightarrow h10 \Rightarrow f7 \Rightarrow$ $\Rightarrow f7$ $Ra50 \Rightarrow Ra12,5 \Rightarrow$ $\Rightarrow Ra6,3 \Rightarrow$ $\Rightarrow Ra3,2 \Rightarrow Ra1,6$	1	Заготовка, IT16	1600	50	-	-
						2	Чорнове точення h12	250	12,5	6,4	4
						3	Чистове точення h10	100	6,3	2,5	2
	Ra	31,25				4	Чорнове шліфування f7	21	3,2	4,76	1,97
						5	Чистове шліфування f7	21	1,6	1	2
										76,2	31,25

Для даної деталі валу визначаємо МОП прискорено:

1. Поверхня 1, 2 (торці Ø24 і Ø25) – h12, Ra12,5

МОП:

- 1) Заготовка - IT16, Ra50
- 2) Фрезерування - h12, Ra12,5

2. Поверхня 3 – Ø25f7, Ra1,6

МОП:

- 1) Заготовка – IT16, Ra50
- 2) Точіння чорнове – h12, Ra12,5
- 3) Точіння чистове – h10, Ra3,2
- 4) Т/О (закалювання ТВЧ)
- 5) Шліфування одноразове – f7, Ra1,6

3. Поверхня 4 – Ø30f7, Ra1,6

МОП:

- 1) Заготовка – IT16, Ra50
- 2) Точіння чорнове – h12, Ra12,5
- 3) Точіння чистове – h10, Ra6,3
- 4) Шліфування чорнове – f7, Ra3,2
- 5) Шліфування чистове – f7, Ra1,6

4. Поверхня 6 – Ø30f7, Ra1,6

МОП:

- 1) Заготовка – IT16, Ra50
- 2) Точіння чорнове – h12, Ra12,5
- 3) Точіння чистове – h10, Ra6,3
- 4) Т/О (закалювання ТВЧ)
- 5) Шліфування чорнове – f7, Ra3,2
- 6) Шліфування чистове – f7, Ra1,6

5. Поверхня 8 – Ø30f7, Ra1,6

МОП:

- 1) Заготовка – IT16, Ra50

- 2) Точіння чорнове – h12, Ra12,5
- 3) Точіння чистове – h10, Ra6,3
- 4) Шліфування чорнове – f7, Ra3,2
- 5) Шліфування чистове – f7, Ra1,6

6. Поверхня (канавки, глибина набік 0,5 мм, Ø29, довжина 3 мм) 5, 7 – h10, Ra6,3

МОП:

- 1) Точіння чистове – h10, Ra6,3

7. Поверхня 9 – M24h8, Ra6,3

МОП:

- 1) Заготовка – IT16, Ra50
- 2) Точіння чорнове – h12, Ra12,5
- 3) Точіння чистове – h10, Ra6,3 + нарізання різьблення
- 4) Т/О (закалювання ТВЧ)
- 5) Шліфування напівчистове – h8, Ra6,3

8. Поверхня 10 – Ø24h8, Ra6,3

МОП:

- 1) Заготовка – IT16, Ra50
- 2) Точіння чорнове – h12, Ra12,5
- 3) Точіння чистове – h10, Ra6,3
- 4) Шліфування напівчистове – h8, Ra6,3

9. Поверхня 11 – M30h8, Ra6,3

МОП:

- 1) Заготовка – IT16, Ra50
- 2) Точіння чорнове – h12, Ra12,5
- 3) Точіння чистове – h10, Ra6,3 + нарізання різьблення
- 4) Т/О (закалювання ТВЧ)
- 5) Шліфування напівчистове – h8, Ra6,3

10. Поверхня (шлиць Д6×21×25×f7, z=6) 12 – f7, Ra1,6

МОП:

- 1) Фрезерування чорнове – h12, Ra12,5
- 2) Фрезерування чистове – h10 Ra6,3
- 3) Т/О (закалювання ТВЧ)
- 4) Шліфування напівчистове – f7, Ra1,6

11. Поверхня (листка) 13 – h10, Ra12,5

МОП:

- 1) Фрезерування однократне – h10, Ra12,5

12. Поверхня (отв. Ø5,8) 14 – H12, Ra12,5

МОП:

- 1) Свердління – H12, Ra12,5
- 2) Зенкування $1 \times 45^\circ$ – H12, Ra12,5

13. Поверхня (отв. M8) 15 – H12, Ra12,5

МОП:

- 1) Свердління – H12, Ra12,5
- 2) Зенкування $1 \times 45^\circ$ – H12, Ra12,5
- 3) Нарізання різьблення – H12, Ra12,5

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Після того як мною було затверджено маршрут обробки поверхонь, тепер можна скласти маршрут виготовлення деталі в цілому. Завдяки маршруту виготовлення деталі (МВД) і на основі його створення передбачається пропис: технологічні операції та їх послідовність, верстати, що використовуються для кожної операції, схеми встановлення деталі з встановленими значками установки в пристосуванні, передбачається шорсткість, що отримується при кожній операції, також перераховуються поверхні, що підлягають обробці.

Створення МВД творчий процес, завдяки йому можна відразу побачити всю картину в цілому по обробці деталі і все що з нею відбувається по ходу технологічного процесу обробки, що в свою чергу полегшить і зробить зручніше завдання з перевірки та редагування всього процесу створення деталі.

На основі тих розрахунків та прийнятих рішень обраних у технічних моментах у минулих підрозділах дипломного проекту, я приймаю що маршрут виготовлення деталі вал включає такі операції: заготівельна (штампування на КГШП), фрезерно-центрувальна, чотири токарних з ЧПК, двох фрезерних з ЧПК, свердлильної з ЧПК, двох мийних, термічної операції, трьох шліфувальних, слюсарних операцій та контрольної.

Повний маршрут виготовлення деталі вал зображено на плакаті графічного матеріалу.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Вибираю допуски з [2, табл. 3.1, с. 13] згідно призначених квалітетів точності обробки за призначенням у МОП маршрутом обробки для зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 30f7_{-0.041}^{0.020}$ та заносу у табл. 1.5 стовпчик (7):

$$Td_{1\text{заг}} = {}^{+0,8}_{-0,8} = 1,6 \text{ мм}$$

$$Td_2 = 0,25 \text{ мм}$$

$$Td_3 = 0,1 \text{ мм}$$

$$Td_4 = 0,021 \text{ мм}$$

$$Td_5 = 0,021 \text{ мм}$$

Підготую каркас схеми з вихідними даними, вказую допуски.

Призначаю припуски табличним методом [1, табл 3.2 та 3.3, с. 47, 48]:

- точіння чорнове: $2Z_2^{min} = 2 \cdot 2 = 4$ мм;
- точіння чистове: $2Z_3^{min} = 2 \cdot 0,3 = 0,6$ мм;
- шліфування чорнове: $2Z_4^{min} = 2 \cdot 0,1 = 0,2$ мм;
- шліфування чистове: $2Z_5^{min} = 2 \cdot 0,06 = 0,12$ мм.

Розрахунки технологічних розмірів виконую за методом розмірних ланцюгів.

$$2Z_i^H = 2Z_i^{min} + ei_{i-1}; \quad (1.13)$$

$$2Z_2^H = 4 + 0,8 = 4,8 \text{ мм}$$

$$2Z_i^H = Td_{i-1} + 2Z_i^{min}; \quad (1.14)$$

$$2Z_3^H = 0,25 + 0,6 = 0,85 \text{ мм}$$

$$2Z_4^H = 0,1 + 0,2 = 0,3 \text{ мм}$$

$$2Z_5^H = Td_{i-1} + Td_i + ei_d + 2Z_i^{min}; \quad (1.15)$$

$$2Z_5^H = 0,021 + 0,021 + 0,041 + 0,12 = 0,203 \text{ мм}$$

Номінальні припуски:

$$d_i^H = d_{i+1}^H + 2Z_{i+1}^H; \quad (1.16)$$

$$d_5^H = 30 \text{ мм}$$

$$d_4^H = 30 + 0,203 = 30,203 \text{ мм}$$

$$d_3^H = 30,203 + 0,3 = 30,503 \text{ мм}$$

$$d_2^H = 30,503 + 0,85 = 31,353 \text{ мм}$$

$$d_1^H = 31,353 + 4,8 = 36,153 \text{ мм}$$

$$d_{заг}^H = 35 \text{ мм}$$

Для зовнішньої поверхні спочатку розраховую номінальні розміри.

Визначаю максимальні значення операційних припусків для переходів механічної обробки:

$$2Z_{imax} = 2Z_i^{min} + Td_i + Td_{i-1}; \quad (1.17)$$

- точіння чорнове:

$$2Z_{2max} = 4 + 0,25 + 1,6 = 5,85 \text{ мм};$$

- точіння чистове:

$$2Z_{3max} = 0,6 + 0,1 + 0,25 = 0,95 \text{ мм};$$

- шліфування чорнове:

$$2Z_{4max} = 0,2 + 0,021 + 0,1 = 0,321 \text{ мм};$$

- шліфування чистове:

$$2Z_{5max} = 0,12 + 0,021 + 0,021 = 0,162 \text{ мм}.$$

Загальний номінальний припуск

$$2Z_o = \sum 2Z_i^H; \quad (1.18)$$

$$2Z_o = 4,8 + 0,85 + 0,3 + 0,203 = 6,153 \text{ мм}$$

Перевірка загального номінального припуску

$$2Z_o = d_1^H - d_5^H; \quad (1.19)$$

$$2Z_o = 36,153 - 30 = 6,153 \text{ мм}$$

Роблю перевірку розрахунків використовуючи контрольне правило:

$$TZ_i = 2Z_{imax} - 2Z_{imin} = Td_i + Td_{i-1}; \quad (1.20)$$

$$TZ_2 = 5,85 - 4 = 0,25 + 1,6 = 1,85 \text{ мм};$$

$$TZ_3 = 0,95 - 0,6 = 0,1 + 0,25 = 0,35 \text{ мм};$$

$$TZ_4 = 0,321 - 0,2 = 0,021 + 0,1 = 0,121 \text{ мм};$$

$$TZ_5 = 0,162 - 0,12 = 0,021 + 0,021 = 0,042 \text{ мм}.$$

Перевірка стверджує, що виконані розрахунки правильні.

Визначаю технологічні виконавчі розміри для п'яти поверхонь та заношу у таблицю 1.5, номінали скорочую за правилом: «Кількість знаків після коми номіналу має дорівнювати або бути менше, ніж кількість знаків після коми в допуску».

Розмір на останньому переході співпадає з розміром на кресленні деталі.

Технологічні виконавчі розміри за переходами:

- заготовка: $d_{\text{заг вик}} = 35^{+0,8}_{-0,8} \text{ мм};$
- точіння чорнове: $d_2 = 31,35_{-0,25} \text{ мм};$
- точіння чистове: $d_3 = 30,50_{-0,1} \text{ мм};$
- шліфування чорнове: $d_4 = 30,20_{-0,021} \text{ мм};$
- шліфування чистове: $d_5 = 30^{+0,020}_{-0,041} \text{ мм};$

Таблиця 1.5 – Розрахунок припусків на обробку та технологічні операційні розміри по технологічним переходам.

i	Найменування технологічних переходів	Границі поля допуску		Допуск T_d , мм	Номінальний припуск, мм $2Z^H$	Номінальні розміри, мм D^H	Граничні значення припусків, мкм		Виконавчий технологічний розмір d , мм
		es	ei				$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 30_{-0,041}^{-0,020}$								
1	Заготовка	+0,8	-0,8	1,6	-	$\varnothing 36,153(\varnothing 35)$	-	-	$\varnothing 36,2_{-0,8}^{+0,8}(\varnothing 35)$
2	Точіння чорнове		-0,25	0,25	4,8	$\varnothing 31,353$	5,85	4	$\varnothing 31,35_{-0,25}$
3	Точіння чистове		-0,1	0,1	0,85	$\varnothing 30,503$	0,95	0,6	$\varnothing 30,50_{-0,1}$
4	Шліфування чорнове		-0,021	0,021	0,3	$\varnothing 30,203$	0,321	0,2	$\varnothing 30,20_{-0,021}$
5	Шліфування чистове	-0,020	-0,041	0,021	0,203	$\varnothing 30$	0,162	0,12	$\varnothing 30_{-0,041}^{-0,020}$
					6,153				
	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 24_{-0,033}$								
1	Заготовка	+0,65	-0,65	1,3	-	$\varnothing 29,81(\varnothing 29)$	-	-	$\varnothing 29,8_{-0,65}^{+0,65}(\varnothing 29)$
2	Точіння чорнове		-0,21	0,21	4,65	$\varnothing 25,16$	5,51	4	$\varnothing 25,16_{-0,21}$
3	Точіння чистове		-0,084	0,084	0,81	$\varnothing 24,35$	0,894	0,6	$\varnothing 24,35_{-0,084}$
4	Шліфування напівчистове		-0,033	0,033	0,35	$\varnothing 24$	0,317	0,2	$\varnothing 24_{-0,033}$

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Зовнішня циліндрична поверхня M30 _{-0,039}								
1	Заготовка	+0,8	-0,8	1,6	-	Ø37,028(Ø35)	-	-	Ø37,1 ^{+0,8} _{-0,8} (Ø35)
2	Точіння чорнове		-0,25	0,25	4,8	Ø32,228	5,85	4	Ø32,2 _{-0,25}
3	Точіння чистове + нарізання різьблення		-0,1	0,1	0,85	Ø31,378	0,95	0,6	Ø31,4 _{-0,1}
4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування напівчистове		-0,039	0,039	1,378	M30	1,339	1,2	M30 _{-0,039}
	Зовнішня циліндрична поверхня Ø25 ^{-0,020} _{-0,041}								
1	Заготовка	+0,65	-0,65	1,3	-	Ø31,806(Ø30)	-	-	Ø31,8 ^{+0,65} _{-0,65} (Ø30)
2	Точіння чорнове		-0,21	0,21	4,65	Ø27,156	5,51	4	Ø27,2 _{-0,21}
3	Точіння чистове		-0,084	0,084	0,81	Ø26,346	0,894	0,6	Ø26,4 _{-0,084}
4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування одноразове	-0,020	-0,041	0,021	1,346	Ø25	1,305	1,2	Ø25 ^{-0,020} _{-0,041}

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Зовнішня циліндрична поверхня M24 _{-0,033}								
1	Заготовка	+0,65	-0,65	1,3	-	Ø30,81(Ø29)	-	-	Ø30,8 ^{+0,65} _{-0,65} (Ø29)
2	Точіння чорнове		-0,21	0,21	4,65	Ø26,16	5,51	4	Ø26,2 _{-0,21}
3	Точіння чистове + нарізання різьблення		-0,084	0,084	0,81	Ø25,35	0,894	0,6	Ø25,4 _{-0,084}
4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування напівчистове		-0,033	0,033	1,35	M24	1,317	1,2	M24 _{-0,033}

1.6 Розрахунок режимів різання

Розраховую для токарної операції 020 на токарному верстаті з ЧПК 16K20Ф3. Для обточування зовнішньої поверхні вибираю прохідний відігнутий різець 2102-0071 ГОСТ 18877-73 та з пластинами із твердого сплаву Т5К10 за ГОСТ 25396-82.

Глибина різання t для цієї операції розраховується за формулою (1.21):

$$t = 0,5(D - d), \quad (1.21)$$

де D – початковий діаметр обробки,
 d – отримуваний розмір.

$$t = 0,5 \cdot (30 - 27,2) = 1,4 \text{ мм}$$

Подача s для цієї операції визначається так:

Вибираю подачу для чорнового точення, при цьому приймається максимально допустимою за потужністю обладнання, жорсткістю системи СПД, міцністю ріжучої пластини та міцністю державки. Рекомендовані подачі при чорновому зовнішньому точенні: $s=0,4-0,5$ мм/об – при розмірі державки різця 16x10 мм, діаметрі оброблюємих поверхонь деталі 25 мм та 30 мм, та глибині різання 1,4 мм. Оскільки за паспортом верстата допускається подачі 0,4 мм/об та 0,5 мм/об, то вибираю подачу $s=0,4$ мм/об [3, табл. 17 с. 3].

Швидкість різання v_p для цієї операції розраховується за формулою (1.22):

При зовнішньому поздовжньому та поперечному точенні та розточуванні розраховують за емпіричною формулою:

$$v_p = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v, \quad (1.22)$$

де T – середнє значення стійкості при одноінструментній обробці, $T=60$ хв;
Значення коефіцієнта $C_v=350$, показників ступеня $x=0,15$, $y=0,35$, і $m=0,20$ [3, табл. 19 с. 3];

Коефіцієнт K_v є добутком коефіцієнтів, що враховують вплив матеріалу заготовлі $K_{mv}=0,77$ (формула 1.24), стану поверхні $K_{pv}=1$, матеріалу інструменту $K_{iv}=0,65$, виду обробки $K_{ov}=1$, кутів у плані різців $K_{qv}=1$ та радіусу при вершині різця $K_r=1$ [3, табл. 1, 2, 4, 7, 9, 20 с. 2-3].

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv} K_{qv} K_{ov} K_r, \quad (1.23)$$

де

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (1.24)$$

Значення коефіцієнта K_r та показники ступеня n_v у формулі для розрахунку коефіцієнта оброблюваності сталі K_{mv} [3, табл. 1, 7 с. 2];

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,77$$

$$K_v = 0,77 \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,5$$

$$v_p = \frac{350}{60^{0,20} \cdot 1,4^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,5 = 101,1 \text{ м/хв}$$

Частота обертання n для цієї операції розраховується за формулою (1.25):

$$n = \frac{1000v_p}{\pi D}, \quad (1.25)$$

де v_p - швидкість різання, м/хв;

D – діаметр деталі, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 101,1}{3,14 \cdot 30} = 1073,3 \text{ об/хв}$$

Після розрахунку частоти обертання приймаю її найближче менше значення за паспортом верстата [3, додаток 3, с. 13]. Потім уточнюю швидкість різання за прийнятим значенням $n_p=1000$ об/хв:

$$v = \frac{\pi D n_p}{1000}, \quad (1.26)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 1000}{1000} = 94,2 \text{ м/хв}$$

Сила різання P для цієї операції розраховується за формулою (1.27):

Силу різання P прийнято розкласти на складові сили, спрямовані по осях координат верстата (тангенціальну P_z , радіальну P_y та осьову P_x). При зовнішньому поздовжньому та поперечному точенні, розточуванні, відрізання, прорізанні пазів та фасонному точенні ці складові розраховують за формулою:

$$P_{x,y,z} = 10C_p t^x s^y v^n K_p, \quad (1.27)$$

де постійна $C_p=339$ та показники ступеня $x=1$, $y=0,5$, $n=-0,4$ для конкретних (розрахункових) умов обробки для кожної зі складових сили різання [3, табл. 22 с. 3];

поправочний коефіцієнт K_p є добутком ряду коефіцієнтів (формула 1.28) $K_{mp}=1,2$, $K_{\varphi p}=1$, $K_{\gamma p}=1$, $K_{\lambda p}=1$, $K_{rp}=-$, що враховують фактичні умови різання [3, табл. 10, 11, 23 с. 3].

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}, \quad (1.28)$$

$$K_p = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1,4^1 \cdot 0,4^{0,5} \cdot 94,2^{-0,4} \cdot 1,2 = 585 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1,4^{0,9} \cdot 0,4^{0,6} \cdot 94,2^{-0,3} \cdot 1,2 = 583 \text{ Н}$$

де постійна $C_p=243$ та показники ступеня $x=0,9$, $y=0,6$, $n=-0,3$. $K_{\gamma p}=1$, $K_{\lambda p}=1$, $K_{rp}=-$.

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,4^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 94,2^{-0,15} \cdot 1,2 = 1282 \text{ Н}$$

де постійна $C_p=300$ та показники ступеня $x=1$, $y=0,75$, $n=-0,15$. $K_{\gamma p}=1$, $K_{\lambda p}=1$, $K_{rp}=-$.

Потужність різання N_e для цієї операції розраховується за формулою (1.29):

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}, \quad (1.29)$$

$$N_e = \frac{1282 \cdot 94,2}{1020 \cdot 60} = 1,973 \text{ кВт}$$

Потужність різання не перевищує ефективну потужність головного приводу верстата $N_e < N_{\epsilon}$. ($N_{\epsilon} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 7,5 \text{ кВт}$, де $N_{\text{дв}}$ – потужність двигуна, η – ККД верстата).

Основний час t_0 для цієї операції розраховується за формулою (1.30):

$$t_o = \frac{L}{n_{\pi} S} i, \quad (1.30)$$

де L – Довжина робочого ходу інструменту, мм;

i – Число проходів інструменту.

Довжина робочого ходу, мм, дорівнює:

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (1.31)$$

де $l=394$ мм – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$l_1=4$ мм і $l_2=1$ мм – величини врізання та перебігу інструменту, мм [3, додаток 4 с. 15].

$$L = 394 + 4 + 1 = 399 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{399}{1000 \cdot 0,4} \cdot 2 = 1,995 \text{ хв}$$

Для фрезерування лиски на Операції 045 використовується верстат вертикально-фрезерний 6540. Для обробки фрезеруванням вибираю кінцеву фрезу 56-1-A-1-50-177 ГОСТ 32831-2014 з твердого сплаву Т15К6 з циліндричним хвостовиком.

Глибина фрезерування t і ширина фрезерування є поняттями, які пов'язані з розмірами шару заготовки, що зрізається при фрезеруванні. У всіх видах фрезерування, за винятком торцевого, t визначає тривалість контакту зуба фрези із заготівлею, а вимірюють її у напрямку, перпендикулярному до осі фрези. Ширина фрезерування B визначає довжину леза зуба фрези, що бере участь у різанні; Вимірюється в напрямку, паралельному осі фрези. При торцевому фрезеруванні ці поняття змінюються місцями.

Виходячи з мого креслення $t=60$ мм, $B=4$ мм.

Розрахунок подачі цієї операції 045:

При фрезеруванні розрізняють подачу однією зуб s_z , подачу однією оборот фрези s і подачу хвилинну s_m , мм/мин.

Вихідною величиною подачі при чорновому фрезеруванні є величина її на один зуб s_z , при чистовому фрезеруванні – на один оберт фрези s , за якою для подальшого використання обчислюють величину подачі на один зуб s_z .

При чистовому фрезеруванні лиски подача фрези одного її обороту $s=0,3-0,6$ мм/об [3, табл. 35 с. 6]; Приймаю подачу $s=0,3$ мм/об.

Подача на один зуб у такому разі дорівнюватиме:

$$S_z = \frac{S}{Z}, \quad (1.32)$$

де $Z=8$ – кількість зубів фрези.

$$S_z = \frac{0,3}{8} = 0,04 \text{ мм}$$

Швидкість різання v_p – окружна швидкість фрези цієї операції 045:

$$v_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} K_v, \quad (1.33)$$

де T – середнє значення стійкості при одноінструментній обробці $T=180$ хв [3, табл. 38 с. 6];

Значення коефіцієнта $C_v=234$, показників ступеня $x=0,24$, $y=0,26$, і $m=0,37$, $u=0,1$, $p=0,13$, $q=0,44$ [3, табл. 37 с. 6];

D – діаметр фрези, мм.

Загальний коефіцієнт поправки на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv}, \quad (1.34)$$

де K_{mv} – Коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу [3, табл. 1, 7 с. 2] (формула 1.24);

K_{pv} – Коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовлі [3, табл. 2 с. 2];

K_{uv} – Коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту [3, табл. 4 с. 2].

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,77$$

$$K_{pv} = 0,77 \cdot 1 \cdot 1 = 0,77$$

$$v_p = \frac{234 \cdot 56^{0,44}}{180^{0,37} \cdot 60^{0,24} \cdot 0,04^{0,26} \cdot 4^{0,1} \cdot 8^{0,13}} \cdot 0,77 = 89,04 \text{ м/хв}$$

Частота обертання n для цієї операції 045 (1.25):

$$n = \frac{1000 \cdot 89,04}{3,14 \cdot 56} = 506,4 \text{ об/хв}$$

Після розрахунку частоти обертання приймаю її найближче менше значення за паспортом верстата [3, додаток 3, с. 13]. Потім уточнюю швидкість різання за прийнятим значенням $n_{\pi}=500$ об/хв (1.26):

$$v = \frac{3,14 \cdot 56 \cdot 500}{1000} = 87,92 \text{ м/хв}$$

Рекомендована хвилинна подача s_m за прийнятим значенням n_{π} дорівнюватиме:

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n_{\pi}, \quad (1.35)$$

$$S_m = 0,04 \cdot 8 \cdot 500 = 160 \text{ мм/хв}$$

Після розрахунку приймають її найближче менше за паспортом верстата $s_{m\pi}=160$ мм/хв [3, додаток 3, с. 13].

Потім уточнюють подачу на зуб s_z за прийнятими значеннями $s_{мп}$ та $n_{п}$:

$$s_z = \frac{s_{мп}}{z \cdot n_{п}}, \quad (1.36)$$

$$s_z = \frac{160}{8 \cdot 500} = 0,04 \text{ мм}$$

Сила різання для даної операції 045, де головна складова сили різання при фрезеруванні – окружна сила P_z , Н:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n_{п}^w} K_{мп}, \quad (1.37)$$

де z – Число зубів фрези;

$n_{п}$ – частота обертання фрези, об/хв;

Значення коефіцієнта $C_p=12,5$, показників ступеня $x=0,85$, $y=0,75$, і $u=1$, $w=-0,13$, $q=0,73$ [3, табл. 39 с. 6];

D – діаметр фрези, мм.

Поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу $K_{мп}$ для сталі та показники ступеня n у формулі для розрахунку коефіцієнта [3, табл. 11 с. 2]:

$$K_{мп} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (1.38)$$

$$K_{мп} = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,3} = 1,08$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 60^{0,85} \cdot 0,04^{0,75} \cdot 4^1 \cdot 8}{56^{0,73} \cdot 500^{-0,13}} \cdot 1,08 = 1490 \text{ Н}$$

Крутний момент $M_{кр}$ на шпинделі:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z D}{2 \cdot 1000}, \quad (1.39)$$

де D – діаметр фрези, мм.

$$M_{\text{кр}} = \frac{1490 \cdot 56}{2 \cdot 1000} = 41,72 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність різання N_e для цієї операції розраховується за формулою (1.29):

$$N_e = \frac{1490 \cdot 87,92}{1020 \cdot 60} = 2,141 \text{ кВт}$$

Потужність різання не перевищує ефективну потужність головного приводу верстата $N_e < N_{\epsilon}$. ($N_{\epsilon} = 1,2 N_{\text{дв}} \cdot \eta = 10,56$ кВт, де $N_{\text{дв}}$ – потужність двигуна, η – ККД верстата).

Основний час t_o для цієї операції розраховується за формулою (1.40):

$$t_o = \frac{L}{S_{\text{мп}}}, \quad (1.40)$$

де L – Довжина робочого ходу інструменту, мм;

$S_{\text{мп}}$ – хвилинна подача, мм/хв.

Довжина робочого ходу, мм, дорівнює (1.31):

$$L = 20,4 + 24 = 44,4 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{44,4}{160} = 0,278 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання для свердлильної операції 050 на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК 2Р135Ф2.

Перехід №1

Обробка виконується інструментом – свердлом 2300-6193 ГОСТ 10902-77 із швидкорізальної сталі Р6М5 діаметром 5,8 мм.

При свердлінні глибина різання дорівнює:

$$t = 0,5D, \quad (1.41)$$

де D – діаметр отвору після обробки, мм.

$$t = 0,5 \cdot 5,8 = 2,9 \text{ мм}$$

Подача при свердлінні отворів без факторів, що обмежуються, вибирається максимально допустимою за міцністю свердла: $s=0,07-0,11$ мм/об, приймаю $s_T=0,11$ мм/об [3, табл. 24 с. 4].

Отримані значення коригую за паспортом верстата: $s_{\Pi}=0,14$ мм/об [3, додаток 3 с. 13].

Швидкість різання v при свердлінні буде дорівнювати:

$$v_p = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v, \quad (1.42)$$

де T – середнє значення стійкості при одноінструментній обробці $T=25$ хв [3, табл. 30 с. 4];

Значення коефіцієнта $C_v=7,0$, показників ступеня $y=0,70$, $m=0,20$, $q=0,40$ [3, табл. 27 с. 4];

D – діаметр отвору, мм.

Загальний коефіцієнт поправки на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання (1.34):

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^{0,9} = 0,79$$

$$K_v = 0,79 \cdot 1 \cdot 1 = 0,79$$

$$v_p = \frac{7 \cdot 5,8^{0,40}}{25^{0,20} \cdot 0,14^{0,70}} \cdot 0,79 = 23,24 \text{ м/хв}$$

Частота обертання n для цієї операції 050 (1.25):

$$n = \frac{1000 \cdot 23,24}{3,14 \cdot 5,8} = 1276,1 \text{ об/хв}$$

Після розрахунку частоти обертання приймаю її найближче менше значення за паспортом верстата [3, додаток 3, с. 13]. Потім уточнюю швидкість різання за прийнятим значенням $n_n=1000$ об/хв (1.26):

$$v = \frac{3,14 \cdot 5,8 \cdot 1000}{1000} = 18,21 \text{ м/хв}$$

Крутний момент $M_{кр}$, Н·м, і осьова сила P_o , Н, розраховують за формулами при свердлінні (1.43 та 1.44):

$$M_{кр} = 10C_m D^q S^y K_p, \quad (1.43)$$

$$P_o = 10C_p D^q S^y K_p, \quad (1.44)$$

де значення коефіцієнта $C_m=0,0345$, показників ступеня $y=0,8$ та $q=2,0$ [3, табл. 31 с. 4] та значення коефіцієнта $C_p=68$, показників ступеня $y=0,7$ та $q=1,0$ [3, табл. 31 с. 4];

Коефіцієнт K_p , що враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від матеріалу заготовки, що обробляється і визначається виразом: $K_p = K_{mr}$.

Значення коефіцієнта $K_{\text{мр}}$ наведено для сталі [3, табл. 11 с. 2]:

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750} \right)^n, \quad (1.45)$$

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5,8^2 \cdot 0,14^{0,8} \cdot 1,22 = 2,94 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 5,8^1 \cdot 0,14^{0,7} \cdot 1,22 = 1215 \text{ Н}$$

Потужність різання N_e , кВт визначають за формулою (1.46):

$$N_e = \frac{M_{\text{кр}} n_{\text{п}}}{9750}, \quad (1.46)$$

де $n_{\text{п}}$ – частота обертання інструменту, об/хв.

$$N_e = \frac{2,94 \cdot 1000}{9750} = 0,302 \text{ кВт}$$

Потужність різання не перевищує ефективну потужність головного приводу верстата $N_e < N_{\text{е}}$. ($N_{\text{е}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 2,24 \text{ кВт}$, де $N_{\text{дв}}$ – потужність двигуна, η – ККД верстата).

Основний час t_o для цієї операції розраховується за формулою (1.47):

$$t_o = \frac{L}{n_{\text{п}} \cdot S_{\text{п}}}, \quad (1.47)$$

$$L = 12 + 4 = 16 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{16}{1000 \cdot 0,14} = 0,114 \text{ хв}$$

Перехід №2

Обробка виконується інструментом – зенковка 2353-0089 ГОСТ 14953-80 із швидкорізальної сталі Р6М5.

При зенкеруванні глибина різання дорівнює (1.21):

$$t = 0,5 \cdot (7,8 - 5,8) = 1 \text{ мм}$$

Подача при зенкеруванні отворів без факторів, що обмежуються, вибирається максимально допустимою за міцністю свердла: $s=0,5-0,6$ мм/об, приймаю $s_T=0,6$ мм/об [3, табл. 25 с. 4].

Отримані значення коригую за паспортом верстата: $s_H=0,8$ мм/об [3, додаток 3 с. 13].

Швидкість різання v при зенкеруванні буде дорівнювати:

$$v_p = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} K_v, \quad (1.48)$$

де T – середнє значення стійкості при одноінструментній обробці $T=30$ хв [3, табл. 30 с. 4];

Значення коефіцієнта $C_v=16,3$, показників ступеня $x=0,2$, $y=0,5$, $m=0,3$, $q=0,3$ [3, табл. 28 с. 4];

D – діаметр отвору, мм.

Загальний коефіцієнт поправки на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання (1.34):

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^{0,9} = 0,79$$

$$K_v = 0,79 \cdot 1 \cdot 1 = 0,79$$

$$v_p = \frac{16,3 \cdot 7,8^{0,3}}{30^{0,3} \cdot 1^{0,2} \cdot 0,8^{0,5}} \cdot 0,79 = 9,61 \text{ м/хв}$$

Частота обертання n для цієї операції 050 (1.25):

$$n = \frac{1000 \cdot 9,61}{3,14 \cdot 7,8} = 392,4 \text{ об/хв}$$

Після розрахунку частоти обертання приймаю її найближче менше значення за паспортом верстата [3, додаток 3, с. 13]. Потім уточнюю швидкість різання за прийнятим значенням $n_{\text{п}}=355 \text{ об/хв}$ (1.26):

$$v = \frac{3,14 \cdot 7,8 \cdot 355}{1000} = 8,7 \text{ м/хв}$$

Крутний момент $M_{\text{кр}}$, Н·м, і осьова сила P_o , Н, розраховують за формулами при свердлінні (1.49) та (1.50):

$$M_{\text{кр}} = 10C_m D^q t^x S^y K_p, \quad (1.49)$$

$$P_o = 10C_p D^q t^x S^y K_p, \quad (1.50)$$

де значення коефіцієнта $C_m=0,09$, показників ступеня $x=0,9$, $y=0,8$ та $q=1$ [3, табл. 31 с. 4] та значення коефіцієнта $C_p=67$, показників ступеня $y=0,65$ та $x=1,2$ [3, табл. 31 с. 4];

Коефіцієнт K_p , що враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від матеріалу заготовки, що обробляється і визначається виразом: $K_p = K_{\text{мр}}$.

Значення коефіцієнта $K_{\text{мр}}$ наведено для сталі [3, табл. 11 с. 2] формула (1.45):

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,09 \cdot 7,8^1 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,8^{0,8} \cdot 1,22 = 7,16 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_o = 10 \cdot 67 \cdot 1^{1,2} \cdot 0,8^{0,65} \cdot 1,22 = 707 \text{ Н}$$

Потужність різання N_e , кВт визначають за формулою (1.46):

$$N_e = \frac{7,16 \cdot 355}{9750} = 0,261 \text{ кВт}$$

Потужність різання не перевищує ефективну потужність головного приводу верстата $N_e < N_{\epsilon}$. ($N_{\epsilon} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 2,24 \text{ кВт}$, де $N_{\text{дв}}$ – потужність двигуна, η – ККД верстата).

Основний час t_o для цієї операції розраховується за формулою (1.47):

$$L = 1 + 4 = 5 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{5}{355 \cdot 0,8} = 0,018 \text{ хв}$$

Перехід №3

Обробка виконується інструментом – мітчиком 2621-1223 ГОСТ 3266-81 із швидкорізальної сталі Р6М5.

Глибина різання t , мм і подача s , мм/об:

При нарізанні різьблення розрізняють поздовжню подачу s , рівну кроці різьблення P , і поперечну, що визначає глибину різання t , рівну висоті різьбового профілю. Мітчики працюють із самовіддачею. Подача дорівнюватиме кроці різьблення, тобто $P=1,25 \text{ мм}$ то $S=1,25 \text{ мм/об}$.

Швидкість різання v при нарізанні метричного різьблення мітчиками буде дорівнювати (1.42):

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,8$$

$$v_p = \frac{64,8 \cdot 8^{1,2}}{90^{0,90} \cdot 1,25^{0,5}} \cdot 0,8 = 9,8 \text{ м/хв}$$

Частота обертання n для цієї операції 050 (1.25):

$$n = \frac{1000 \cdot 9,8}{3,14 \cdot 8} = 390,1 \text{ об/хв}$$

Після розрахунку частоти обертання приймаю її найближче менше значення за паспортом верстата [3, додаток 3, с. 13]. Потім уточнюю швидкість різання за прийнятим значенням $n_{\text{п}}=355 \text{ об/хв}$ (1.26):

$$v = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 355}{1000} = 8,92 \text{ м/хв}$$

Силові залежності:

Крутний момент, Н·м, при нарізанні різьблення мітчиками:

$$M_{\text{кр}} = 10 C_{\text{м}} D^q P^y K_{\text{р}}, \quad (1.51)$$

де P – крок різьблення, мм;

D – номінальний діаметр різьблення, мм;

Значення коефіцієнта $C_{\text{м}}=0,0270$, показників ступеня $y=1,5$ та $q=1,4$ [3, табл. 47 с. 7];

Поправочний коефіцієнт $K_{\text{р}}$, що враховує якість оброблюваного матеріалу, визначають для інших інструментів [3, табл. 43 с. 7]:

$K_{\text{р}}=K_{\text{мр}}=1$.

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0270 \cdot 8^{1,4} \cdot 1,25^{1,5} \cdot 1 = 6,94 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність $N_{\text{е}}$, кВт, при нарізанні різьблення мітчиками (1.46):

$$N_{\text{е}} = \frac{6,94 \cdot 355}{9750} = 0,253 \text{ кВт}$$

Потужність різання не перевищує ефективну потужність головного приводу верстата $N_e < N_{\text{дв}}$. ($N_e = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 2,24$ кВт, де $N_{\text{дв}}$ – потужність двигуна, η – ККД верстата).

Основний час t_o для цієї операції, при нарізанні різьблення машинними мітчиками розраховується за формулою (1.52):

$$t_o = \frac{L + L_{\text{всп}}}{n_{\text{п}} \cdot P}, \quad (1.52)$$

де L – довжина робочого ходу інструменту, мм;

$L_{\text{всп}}$ – довжина допоміжного ходу інструменту, мм;

P – крок різьблення, мм.

$$L = 8 + 3,75 = 11,75 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{11,75 + 0,8}{355 \cdot 1,25} = 0,028 \text{ хв}$$

Результати цих та інших розрахунків режимів різання за операціями заповнені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.6 – Зведена таблиця режимів різання

№ оп.	Назва переходу	Зміст переходів	Верстат	t, мм	Режими різання			t _о , хв
					S, мм/об, мм/хв	v, м/хв	n, об/хв	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
015	Фрезерно-центрувальна	1) Фрезерувати пов. 1 та 2; 2) Центрувати пов. 1 та 2.	Фрезерно-центрувальний верстат МР73М	30 2	1068 0,09	205,8 30,08	712 800	0,16
020	Токарна з ЧПК	1) Точити пов. 1 та 2.	Токарний з ЧПК 16K20Ф3	1,4	0,4	94,2	1000	1,995
025	Токарна з ЧПК	1) Точити пов. 1, 2, 4 та 6; 2) Зняти фаску 3×45°; 3) Нарізати канавки 3 та 5.	Токарний з ЧПК 16K20Ф3	0,425	0,175	117,75	1250	3,639
				0,5	0,1	57,37	630	0,222
030	Токарна з ЧПК	1) Точити пов. 1 та 2.	Токарний з ЧПК 16K20Ф3	1,4	0,4	94,2	1000	0,84
035	Токарна з ЧПК	1) Точити пов. 1, 2 та 3; 2) Зняти фаски 3×45°; 3) Нарізати різь М24h8 та М30h8 на пов. 1 та 3.	Токарний з ЧПК 16K20Ф3	0,4	0,175	117,75	1250	1,536
				1,732	2	47,1	500	0,232
040	Фрезерна	1) Фрезерувати шлиць (Д6×21×25×f7, z=6) пов. 1 та 2.	Горизонтальний шлицефрезерний напівавтомат 5350А	3,5	0,6	17,58	80	10
045	Фрезерна	1) Фрезерувати лиску 1.	Вертикально-фрезерний 6540	60	0,3 160	87,92	500	0,278
050	Свердлильна з ЧПК	1) Свердлити отвори 1 та 2; 2) Зенкувати фаску 1×45° отворів 1 та 2; 3) Нарізати різьблення М8 для отвору 2.	Вертикально-свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2	2,9	0,14	18,21	1000	0,114
				1	0,8	8,7	355	0,018
				4	1,25	8,92	355	0,028

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
065	Шліфувальна	1) Шліфувати пов. 1, 2, 3, 4.	Кругло-шліфувальний 3Б153Т	0,2515	0,55	35 23,55	1112 250	0,915
070	Шліфувальна	1) Шліфувати пов. 1, 2, 3.	Кругло-шліфувальний 3Б153Т	0,689	0,9	45 23,55	1285 250	1,531
075	Шліце-шліфувальна з ЧПК	1) Шліфувати шліци пов. 1 та 2.	Шліцешліфувальний з ЧПК ВЗ-729Ф4	0,673	0,0068 46,55	35 27,32	1285 290	1,173

1.7 Технічне нормування операцій

Для детального показу розрахунків норм часу описую його трьох різних операцій. Результати цих розрахунків та інших норм часу записую до таблиці 1.5.

Розрахунок норм часу для токарної чорнової операції 020 з ЧПК:

Основний час операції дорівнює:

$$t_0 = 1,995 \text{ хв.}$$

Розрахунок допоміжного часу операції за такою формулою (1.53):

$$t_b = t_{\text{доп}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{зн}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{ш.п.}} + t_{\text{ш.в.}} + t_{\text{контр}}; \quad (1.53)$$

де $t_{\text{уст/зн}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{зн}} = 0,15 \cdot 1,85 = 0,278 \text{ хв}$, оскільки дані взяті з [4, табл. 5.1, с. 197], то потрібно помножити значення на коефіцієнт серійності – установка/зняття заготовки в патроні з пневматичним затискачем.

Час керування станком (1.54):

$$t_{\text{упр}} = t_{\text{вм/вим}} \cdot i + t_{\text{перем.подач}} \cdot j + t_{\text{перем.частот}} \cdot k + t_{\text{обмеж.струж.}} \cdot m; \quad (1.54)$$

де $t_{\text{вм/вим}} = 0,01 \cdot 1,85 = 0,019 \text{ хв}$ [4, табл. 5.8, с. 202] – вмикання та вимикання верстата кнопкою;

$t_{\text{перем.подач}} = t_{\text{перем.частот}} = 0,03 \text{ хв}$, [5, карта 61, с. 156] – час на перемикавання частот та подач;

$t_{\text{обмеж.струж.}} = 0,05 \text{ хв}$, [5, карта 61, с. 156].

$$t_{\text{упр}} = 0,019 \cdot 2 + 0,03 \cdot 1 + 0,03 \cdot 1 + 0,05 \cdot 2 = 0,198 \text{ хв};$$

Час прискореного руху за такою формулою (1.55):

$$t_{\text{прискор.рух}} = t_{\text{ш.п.}} \cdot i + t_{\text{ш.в.}} \cdot i; \quad (1.55)$$

де $t_{\text{ш.п.}} = t_{\text{ш.в.}} = 0,025 \cdot 1,85 = 0,046$ хв, [4, табл. 5.8, с. 203] – час на швидке підведення та швидке відведення інструмента.

$$t_{\text{прискор.рух}} = 0,046 \cdot 1 + 0,046 \cdot 1 = 0,092 \text{ хв.}$$

Час контролю за такою формулою (1.56):

$$t_{\text{контр}} = k \cdot t_{\text{к.п.}} \cdot i; \quad (1.56)$$

де $k=0,33$ – коефіцієнт періодичності (якщо вимірюють 30% деталей);

$t_{\text{к.п.}} = t_{\text{штан.}} + t_{\text{шабл.}}$ – час контролю параметрів;

$t_{\text{штан.}} = 0,18 \cdot 1,85 = 0,333$ хв, [4, табл. 5.16, с. 209] – норматив часу на вимірювання одного параметра штангенциркулем ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018;

$t_{\text{шабл.}} = 0,07 \cdot 1,85 = 0,13$ хв, [4, табл. 5.14, с. 208] – норматив часу на вимірювання одного параметра спеціальним шаблоном.

$$t_{\text{контр}} = 0,33 \cdot (0,333 + 0,13) \cdot 1 = 0,153 \text{ хв;}$$

$$t_{\text{в}} = t_{\text{доп}} = 0,278 + 0,198 + 0,092 + 0,153 = 0,721 \text{ хв.}$$

Оперативний час визначається за такою формулою (1.57):

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{о}} + t_{\text{доп}}; \quad (1.57)$$

$$t_{\text{оп}} = 1,995 + 0,721 = 2,716 \text{ хв.}$$

Додатковий час визначається за такою формулою (1.58):

$$t_{\text{дод}} = (t_o + t_{\text{доп}})(\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{орг}} + \alpha_{\text{відп}}) = t_{\text{оп}} \cdot \alpha_{\Sigma}; \quad (1.58)$$

де α_{Σ} – норма часу на технічне та організаційне обслуговування токарного верстата, відпочинок та особисті потреби;

$$\alpha_{\Sigma} = 7\% = 0,07, [4, \text{табл. 6.1, с. 214}];$$

$$t_{\text{дод}} = 2,716 \cdot 0,07 = 0,19 \text{ хв.}$$

Штучний час визначається за такою формулою (1.59):

$$t_{\text{шт}} = t_{o+\text{доп}} + t_{\text{дод}}; \quad (1.59)$$

$$t_{\text{шт}} = 2,716 + 0,19 = 2,906 \text{ хв.}$$

Норма підготовчо-завершального часу визначається за такою формулою (1.60):

$$t_{\text{п-з}} = t_{\text{п-з1}} + t_{\text{п-з3}}; \quad (1.60)$$

де $t_{\text{п-з1}} = 12 \text{ хв}$, [4, табл. 6.3, с. 216] – норматив часу на налагодження верстата, інструмента та пристосування;

$t_{\text{п-з3}} = 7 \text{ хв}$, [4, табл. 6.3, с. 216] – час на отримання інструментів та їх повернення.

$$t_{\text{п-з}} = 12 + 7 = 19 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час знаходиться розрахунком за такою формулою (1.61):

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п-з}}}{n}; \quad (1.61)$$

$$t_{\text{шт-к}} = 2,906 + \frac{19}{36} = 3,43 \text{ хв.}$$

Розрахунок норм часу для утворення лиски на фрезерній операції 045 з ЧПК:

Основний час операції дорівнює:

$$t_o = 0,278 \text{ хв.}$$

Розрахунок допоміжного часу операції за формулою (1.53):

$$t_b = t_{\text{доп}} = 0,518 + 0,198 + 0,148 + 0,153 = 1,017 \text{ хв.}$$

Час керування станком (1.54):

$$t_{\text{упр}} = 0,019 \cdot 2 + 0,03 \cdot 1 + 0,03 \cdot 1 + 0,05 \cdot 2 = 0,198 \text{ хв.}$$

Час прискореного руху (1.55):

$$t_{\text{прискор.рух}} = 0,074 \cdot 1 + 0,074 \cdot 1 = 0,148 \text{ хв.}$$

Час контролю (1.56):

$$t_{\text{контр}} = 0,33 \cdot (0,333 + 0,13) \cdot 1 = 0,153 \text{ хв.}$$

Оперативний час (1.57):

$$t_{\text{оп}} = 0,278 + 1,017 = 1,295 \text{ хв.}$$

Додатковий час (1.58):

$$t_{\text{дод}} = 1,295 \cdot 0,06 = 0,078 \text{ хв.}$$

Штучний час (1.59):

$$t_{\text{шт}} = 1,295 + 0,078 = 1,373 \text{ хв.}$$

Норма підготовчо-завершального часу (1.62):

$$t_{\text{п-з}} = t_{\text{п-з1}} + t_{\text{п-з2}} + t_{\text{п-з3}}; \quad (1.62)$$

де $t_{\text{п-з1}} = 16 \text{ хв}$, [4, табл. 6.5, с. 217] – норматив часу на налагодження верстата, інструмента та пристосування;

$t_{\text{п-з2}} = 2 \text{ хв}$, [4, табл. 6.5, с. 217] – встановлення однієї фрези;

$t_{\text{п-з3}} = 7 \text{ хв}$, [4, табл. 6.5, с. 217] – час на отримання інструментів та їх повернення.

$$t_{\text{п-з}} = 16 + 2 + 7 = 25 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час (1.61):

$$t_{\text{шт-к}} = 1,373 + \frac{25}{36} = 2,07 \text{ хв.}$$

Розрахунок норм часу для отворів свердлильної операції 050 з ЧПК:

Розрахунок сумарного основного часу за такою формулою (1.63):

$$\sum t_o = t_{o1} + t_{o2} \dots + t_{on}; \quad (1.63)$$

де t_{on} – основний час переходів даної операції.

$$\sum t_o = 0,114 + 0,018 + 0,028 = 0,16 \text{ хв.}$$

Розрахунок допоміжного часу операції за такою формулою (1.53):

$$t_{\text{в}} = t_{\text{доп}} = 0,518 + 0,288 + 0,114 + 0,083 + 0,153 = 1,156 \text{ хв.}$$

Час керування верстатом (1.54):

$$t_{\text{упр}} = 0,019 \cdot 2 + 0,15 + 0,1 = 0,288 \text{ хв.}$$

Час прискореного руху (1.55):

$$t_{\text{прискор.рух}} = 0,019 \cdot 3 + 0,019 \cdot 3 = 0,114 \text{ хв.};$$

Час на зміну інструменту:

$$t_{\text{зм.інст.}} = 0,083 \text{ хв, [4, табл. 5.8, стр. 203];}$$

Час контролю (1.56):

$$t_{\text{контр}} = 0,33 \cdot (0,333 + 0,13) \cdot 1 = 0,153 \text{ хв.}$$

Оперативний час визначається за такою формулою (1.57):

$$t_{\text{оп}} = 0,16 + 1,156 = 1,316 \text{ хв.}$$

Додатковий час визначається за такою формулою (1.58):

$$t_{\text{дод}} = 1,316 \cdot 0,08 = 0,105 \text{ хв.}$$

Штучний час визначається за такою формулою (1.59):

$$t_{\text{шт}} = 1,316 + 0,105 = 1,421 \text{ хв.}$$

Норма підготовчо-завершального часу визначається за такою формулою (1.60):

$$t_{\text{п-з}} = 9 + 5 = 14 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час знаходиться розрахунком за такою формулою (1.61):

$$t_{\text{шт-к}} = 1,421 + \frac{14}{36} = 1,81 \text{ хв.}$$

Таблиця 1.7 – Зведена таблиця нормування операцій та норм часу

№ оп.	Найменування переходу	t_o , хв	$t_{упр}$, хв	$t_{прискор.рух}$, хв	$t_{контр}$, хв	t_v , хв	$t_{оп}$, хв	$t_{дод}$, хв	$t_{шт}$, хв	$t_{п-з}$, хв	$t_{шт-к}$, хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
015	Фрезерно-центрувальна	0,16	0,05	0,035	0,18	0,425	0,585	0,2	1,07	16	1,51
020	Токарна з ЧПК	1,995	0,198	0,092	0,153	0,721	2,716	0,19	2,906	19	3,43
025	Токарна з ЧПК	3,861	0,258	0,184	0,153	1,021	4,882	0,342	5,224	25	5,92
030	Токарна з ЧПК	0,84	0,198	0,092	0,153	0,721	1,561	0,109	1,67	19	2,2
035	Токарна з ЧПК	1,768	0,258	0,184	0,153	1,021	2,789	0,195	2,984	25	3,68
040	Фрезерна	10	0,198	0,148	0,153	0,777	10,777	0,819	11,596	24	12,26
045	Фрезерна	0,278	0,198	0,148	0,153	1,017	1,295	0,078	1,373	25	2,07
050	Свердлильна з ЧПК	0,16	0,288	0,114	0,153	1,156	1,316	0,105	1,421	14	1,81
065	Шліфувальна	0,915	0,198	0,074	0,153	0,943	1,858	0,074	1,932	7	2,13
070	Шліфувальна	1,531	0,198	0,074	0,153	0,943	2,474	0,099	2,573	7	2,77
075	Шліцешліфувальна з ЧПК	1,173	0,198	0,074	0,153	0,608	1,781	0,214	1,995	23	2,63

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

В наш час складно уявити виробництво без верстатів ЧПК, особливо коли йдеться про проектування технологічних процесів формоутворення матеріалів різанням при серійному виробництві, де верстати ЧПК реалізують всі свої можливості на повну. Використання даних верстатів дає можливість скоротити час виробництва виробів, за рахунок машинної точності деталі матимуть максимальну допустиму підвищену якість.

Завдяки числовому програмному керуванню контролюються точні рухи органів верстата, які прописуються у розробленій програмі для цієї операції. Так як вся обробка на верстатах з ЧПК виконується програмою, то працівник, що обслуговує даний верстат, в умовах не автоматизації, виконує лише обслуговування по встановленню та зняттю деталі, контролює інструменти, а також стежить за точним виконанням програми; Таким чином працівник робить менше роботи, для якої потрібна кваліфікація нижче і може обслуговувати кілька таких верстатів, що дозволяє покращити виробництво та впливає на економіку. Також важливим плюсом використання ЧПК є те, що він має великий спектр використання, тим що можна обробити різні деталі різної форми, потрібно лише відповідний верстат і програма обробки цієї деталі.

Розробка програми управління відбувається за трьома способами, а саме задати програму можна вручну, безпосередньо програмуванням на стійці ЧПК, а також за допомогою САМ-систем. Ручне програмування вже практично не використовується і є дуже довгим процесом, який вимагає великої уваги і витрат часу, впливаючи таким чином негативно на стан програміста. Завдання програми на стійках ЧПК вже відбувається саме на верстаті, вводячи її за допомогою клавіатури, системи графічної піктограми, дисплея та меню. Третій найпрогресивніший вид програмування за допомогою САМ-систем передбачає створення програми обробки для

верстатів різного типу, створюючи програму на окремому комп'ютері за допомогою відповідних програм САМ-систем, завдяки їм автоматизуються та полегшуються роботи технолога, такі як розрахунки, а також є можливість візуалізувати обробку, симулюючи верстат та його рухи; Після створення обробки в системі САМ достатньо в два кліки створити програму по ній і потім просто перенести на верстат ЧПК.

Для прикладу, для обробки валу на токарному верстаті ЧПК на операції 015 розробляю програму обробки за допомогою програмного комплексу (Siemens) NX CAM. Результати розробки програми наведено на рисунку 1.6.

```

N10 G18 G21 G95 G90
(FINISH_TURN , TOOL : OD_55_L)

N12 T00 M6
N14 G53
N16 S51 M4
N18 G18 G0 G90 G94 X0. Z557.782
N20 G92 S1500
N22 G96 S180 M4
N24 Z558.6
N26 G3 X0. Z557. R1.6 F250.
N28 G1 Z467.
N30 Z163.01
N32 G3 X0. Z164.61 R1.6
N34 G0 Z557.782
N36 M5
N38 M2

```

Рисунок 1.6 – Керуюча програма обробки на операції 015

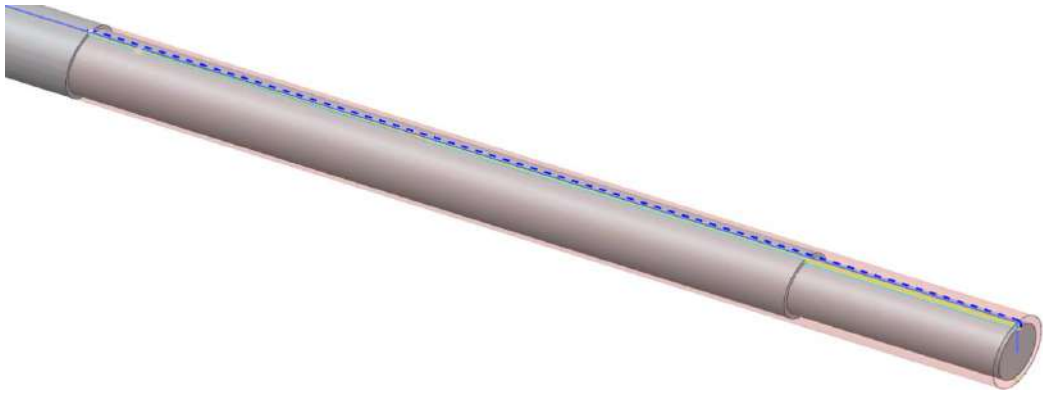


Рисунок 1.7 – Траєкторія обробки при операції 015

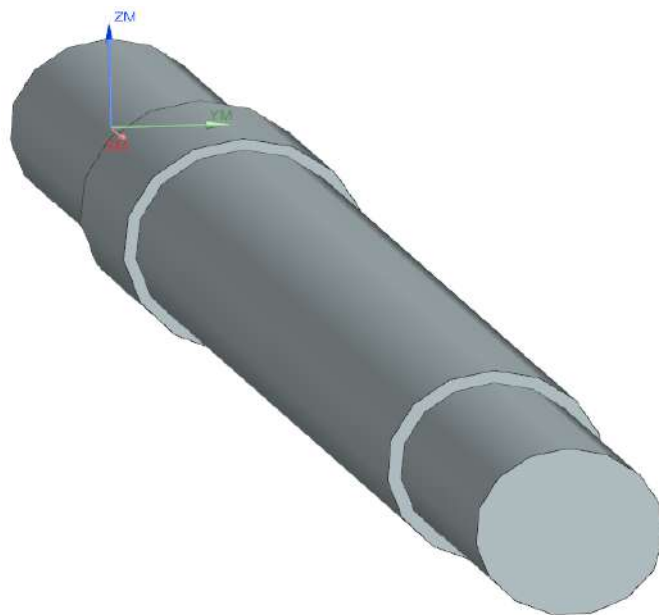


Рисунок 1.8 – Тривимірна модель валу при операції 015

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

Технологічні робочі пристосування потрібні на всіх різних етапах технологічного виробництва, використовуються для жорсткої фіксації деталей, а також вузлів, щоб забезпечити їх позиціонування.

Завдяки технологічним пристосуванням вдається збільшити продуктивність, а також точність технологічних операцій, що здійснюються, покращується складання та контроль, забезпечує зручність і безпеку роботи працівників, задає прискорений час роботи операції. За рахунок використовуваних пристроїв можна збільшити всі існуючі аспекти можливостей універсальних верстатів.

Для того щоб вибрати потрібне пристрій потрібно знати що на вибір впливають різного роду технологічні та виробничі фактори: форма і тип виробництва, програма випуску, самі габаритні розміри деталей, що створюються, а також технічні умови.

Всі пристрої ділять, залежно від того на яких верстатах вона використовуються, на токарні, свердлильні, фрезерні, шліфувальні і так далі за типом обладнання. Також пристрої класифікують як спеціальні, універсальні і на ті що переналаштовуються. За ступенем механізації з автоматизацією діляться на: автоматичні, напівавтоматичні, механізовані, ручні та йдуть по порядку збільшення універсальності та рівня ручної роботи. Щоб визначитися з конкретним пристосуванням і ввести його для цієї технологічної операції потрібно орієнтуватися на те яка серійність, точність та особливості конструкції деталей, що розглядаються для виробництва.

При побудові технологічного процесу на верстатах ЧПК потрібно враховувати особливості обраного пристрою, а також інструменту, базування деталі, режимів різання, саму послідовність переходів і нормування.

Головною особливістю обробки на верстатах ЧПК є те, що точність розмірів йде і забезпечується щодо початку звіту самих координат системи верстата, якщо порівнювати їх з універсальними звичайними верстатами, в яких точність тісно пов'язана з технологічними базами. Важливим етапом базування на верстатах ЧПК є вибір найкращої та правильної системи координат. Варто розуміти та розділяти що у виробництві на верстатах ЧПК існують системи координат, такі як: система координат верстата, деталі та інструменту.

Незважаючи на те що видів і типів пристосувань безліч, все одно їх можна поділити на певні конкретні цілі за рахунок їх конструкцій і технологічних призначень, які дозволяє віднести їх до тих чи інших видів, а саме: елементи, що встановлюють, елементи для закріплення заготовок, елементи для покращеного та точного напрямку інструменту, а також поворотні та ділильні механізми. Перші забезпечують орієнтацію деталі у просторі під час технологічної операції. Існують основні та додаткові залежно від їх функцій.

До основних відносяться такі елементи як опорні пластини, призми та інші, які в основному забезпечують орієнтацію заготівлі та її базування за правилом "шість крапок", тобто є шість опорних точок, що обмежують заготівлю по шести ступенях свободи. Додаткові встановлювальні елементи у свою чергу використовуються щоб збільшити жорсткість деталі при її безпосередній установці в потрібне пристосування, але при цьому є умова, що вони прибирають можливе порушення положення деталі, при базуванні на основних установних елементах.

Важливо, щоб забезпечити нульову помилку базування деталі в робочому пристрої, потрібно керуватися принципом, при якому конструкторська база використовується як технологічна або вимірювальна база (принцип єдності баз). Саме якщо в процесі базування деталі або заготівлі принцип не проводиться, то з'являється помилка базування.

Базування циліндричних тіл, таких як вал, якщо проводити обробку на технологічній операції, де не потрібно обертати деталь, деталь спокійно встановлюється на призмі або в тесках, наприклад при фрезеруванні. А там, де деталь обертається, наприклад при токарній обробці, її встановлюють у спеціальних патронах і центрах.

Патрон – це установчо-закріплювальний елемент пристосування, в якому до упору вставляють деталь тіла обертання, яке потім затискається певною кількістю кулачків, що залежать від типу патрона.

Для технологічного процесу виготовлення валу в умовах середньосерійного виробництва передбачено використання спеціалізованих перенастроюваних робочих пристроїв, завдяки яким проводиться надійне базування та закріплення за формою та габаритами заготовок. Всі використовувані пристрої розбираються, але якщо не підходять вибрані універсальні пристосування, що переналаштовуються, то їх можна замінити нерозбірними спеціальними пристроями, що навряд чи для даного технологічного процесу деталі вал.

В умовах середньосерійного виробництва валу, для підвищення продуктивності токарної операції, використовую робочий пристрій з пневмоприводом.

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Пристрій, зображений на рисунку 2.1, призначений для токарної обробки зовнішньої ступінчастої циліндричної форми деталі "Вала" на токарному верстаті ЧПК 16K20Ф3. Пристосування переналаштовується і має пневмоциліндр.

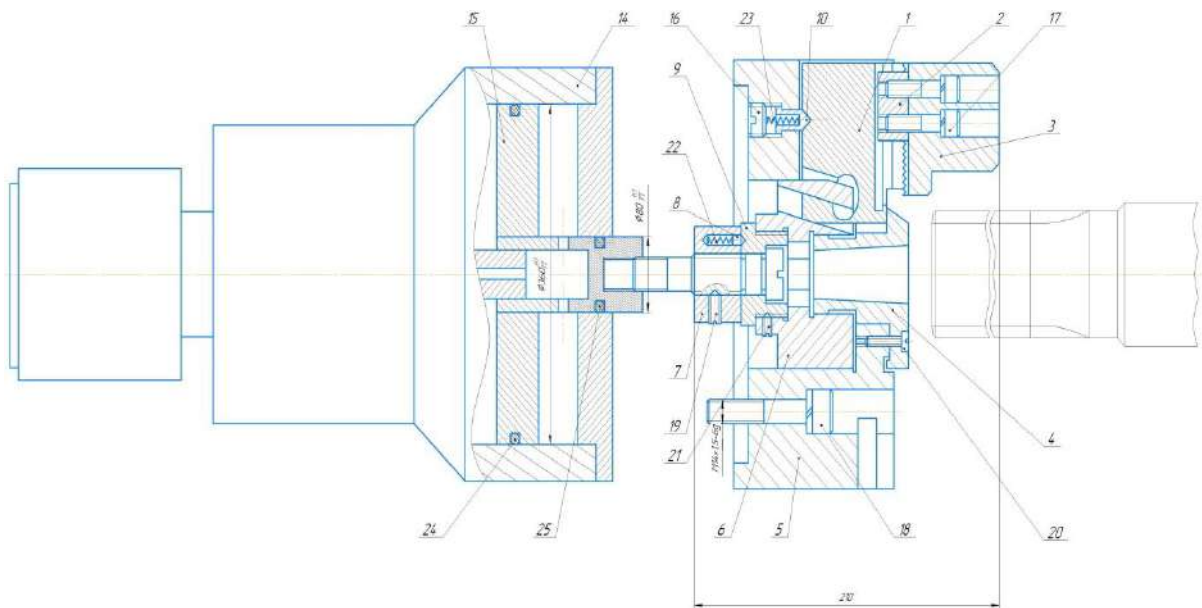


Рисунок 2.1 – Пристосування для токарної обробки

Для того щоб здійснити обробку потрібної поверхні деталі на верстаті токарному потрібно:

Оскільки деталь має дуже велику довжину (557 мм, та 562 мм має заготовка), а значить, щоб забезпечити оптимальний виліт деталі з патрона і її рівність установки потрібно використовувати допоміжні пристрої – люнети. Деталь закріплюється в трьохкулачковому патроні з іншого боку деталі поверхні $\varnothing 30f7$ ($\varnothing 35$ заготовки за припуском) з упором в патрон; Трьохкулачковий патрон використовується для закріплення деталей типу тіл обертання які мають циліндричну форму і затискаються вони в кулачках; Три кулачки з затискають не оброблювану поверхню деталі при першій установці токарних операцій; Деталь жорстко в них закріплюється і не перевищується допустимих сил, щоб не пошкодити деталь; Таким чином відбувається закріплення деталі та її базування.

Три кулачки закріплюються в патроні шістьма болтами 17 – Болт М8 ГОСТ 15589-70.

Обробка деталі відбувається за рахунок того, що різець, закріплений в супорті, переміщається вздовж деталі знімаючи шар металу на бік, на подачі і

швидкості різання, що розраховується, а шпиндель верстата в цей час включає потрібні обороти і обертає закріплену деталь в патроні, деталь також обертається у люнетах.

Для затискання обертової деталі вал використовується обертовий пневматичний циліндри (на рисунку 2.1 зліва). Стиснене повітря підводиться до обертового циліндра 14 через нерухомий колектор двома каналами, і розподільний пристрій, жорстко з'єднаний із циліндром. Усередині розподільного пристрою розміщений пневматичний замок, що складається з поршня і зворотних кулькових клапанів і з пружинами. Якщо подати робоче середовище, наприклад, у канал А, то вона відкриває зворотний клапан і зміщує поршень, який своїм штоком відкриває зворотний клапан. Стиснене повітря проходить через клапан і надходить у праву порожнину циліндра 14. Відбувається переміщення поршня 15 вліво та витіснення повітря з лівої порожнини через відкритий клапан в канал Б. У разі раптового вимкнення подавання стисненого повітря зворотні клапани замикають вихід повітря з обох порожнин і запобігають несанкціонованому падінню тиску в циліндрі та можливу аварійну ситуацію в роботі обертового пневматичного циліндра. Пневмопривід має головні розміри, які характеризують його роботу, а саме діаметр штока $d=80$ мм і діаметр циліндра $D_{\text{ц}}=360$ мм. Приєднується пневмоциліндр за допомогою внутрішнього різьблення на кінці штока, в який входить з'єднувальний вал від патрона, що має зовнішню різьбу на лівому кінці, і сам закріплений в муфті 9 на іншому своєму кінці. За допомогою пневмоприводу здійснюється контроль переміщення та тиск повітря, що в свою чергу контролює притиск і розтиск кулочками деталі. За габаритним розміром всього з'єднання все встановлюється в виконуючу частину верстата.

Зняття деталі після обробки здійснюється так: після завершення формостворювальних рухів різець відходить на безпечну відстань, вимикаються оберти і верстат дозволяє відкрити захисні дверцята, патрон розтискається на маленьку відстань, щоб розслабити притиск, при якому

можна спокійно витягнути довгу деталь, яка не падає за рахунок її тримання люнетами.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Розрахунок закріплення деталі в патроні:

На схемі базування при встановленні заготовлі в цих патронах її вісь є технологічною, подвійною спрямовуючою, прихованою базою. При встановленні заготовки необхідно забезпечити її розміри та її вільний торець (Б.В.) буде технологічною вимірювальною базою. Схема установки заготовлі в трикулачковому патроні наведена на рисунку 2.2. Патрон закріплює заготовку на поверхні 30f7.

Розрахунок на точність полягає у визначенні розмірів настановних елементів та призначенні технічних вимог.

Величину допустимого биття оправки визначаю за виразом:

$$T_{\delta.o.} \leq T_d - (\kappa_1 \varepsilon_\delta + \varepsilon_z + \kappa_2 \omega), \quad (2.1)$$

де $T_{\delta.o.}$ – биття оправлення;

T_d – биття обробленої деталі, $T_d = 0,016$;

$\kappa_1 = 0,8$, $\varepsilon_{зак} = 0$, $\kappa_2 = 0,6$, $\omega = 0,1$ [6, табл. 5.20, с. 99].

$$\varepsilon_{баз} = \frac{S_{max}}{2}; \quad (2.2)$$

$$\varepsilon_{баз} = \frac{(29,98 - 29,959)}{2} = 0,0105;$$

$$T_{\delta.o.} \leq 0,016 - (0,8 \cdot 0,0105 + 0 + 0,6 \cdot 0,1) = 0,0524$$

$$T_{\delta.o.} \leq 0,0524$$

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{\text{баз}} + \varepsilon_{\text{зак}}, \quad (2.3)$$

$$\varepsilon_y = 0,0524 + 0 = 0,0524$$

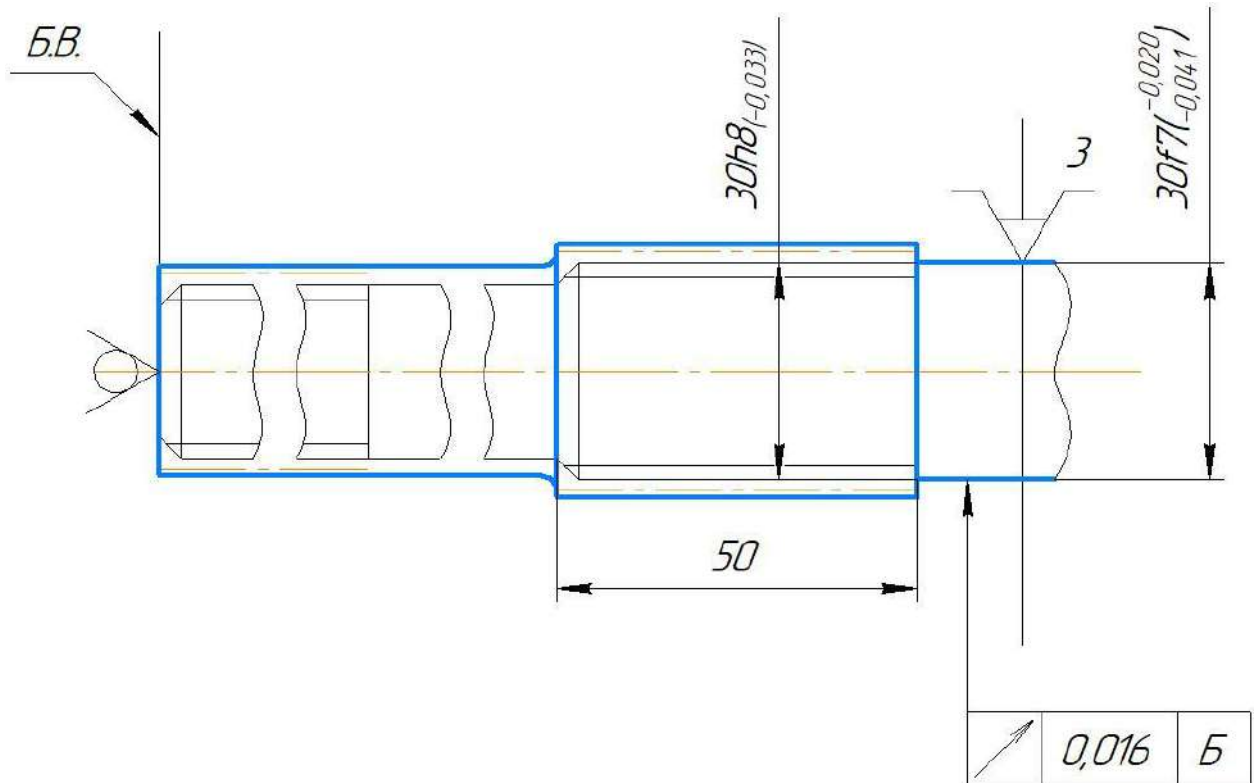


Рисунок 2.2 – Закріплення деталі у трьохкулачковому патроні

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Циліндрична заготовка, встановлена в трикулачковому патроні під дією сил різання при точенні намагається повернути навколо осі, зміститися вздовж осі і викрутитися з кулачків.

Складаю схему сил, що діють на заготовку при точенні її в трикулачковому патроні. Складові сили різання P_x , P_y , P_z розраховую за відомим теоретично різанням емпіричними залежностями (формула 1.27):

$$P_x = 585 \text{ Н}$$

$$P_y = 583 \text{ Н}$$

$$P_z = 1282 \text{ Н}$$

Усі необхідні для розрахунків дані взято із попередніх пунктів.

Повороту заготовки під дією моменту сили P_z протидіє момент сил тертя, що виникає в місцях контакту кулачків з поверхнею заготовки, що обробляється.

Стан рівноваги заготовки в цьому випадку буде такий:

$$k \cdot P_z \cdot \frac{D_0}{2} - 3 \cdot Q \cdot f_0 \cdot \frac{D}{2} = 0 \quad (2.4)$$

Звідси сила закріплення заготовки одним кулачком:

$$Q = \frac{k \cdot P_z \cdot D_0}{3 \cdot f_0 \cdot D}; \quad (2.5)$$

де $D_0=30$ мм – діаметр поверхні, яка затискається у патроні;

$f_0=0,25$ – коефіцієнт тертя між кулачками патрона та оброблюваною поверхнею заготівлі;

$D=30$ мм – діаметр обточування;

$k=1,2...1,5$ – Коефіцієнт, що враховує сили тертя в рухомих з'єднаннях патрона.

$$Q = \frac{1,35 \cdot 1282 \cdot 30}{3 \cdot 0,25 \cdot 30} = 2308 \text{ Н}$$

Зсув заготовки в напрямку осі протидіють сили тертя в місцях контакту кулачків з поверхнею заготовки. Рівняння рівноваги сил у цьому випадку:

$$3Q \cdot f_0 - k \cdot P_x = 0 \quad (2.6)$$

Звідси

$$Q = \frac{k \cdot P_x}{3 \cdot f_0}; \quad (2.7)$$

$$Q = \frac{1,35 \cdot 585}{3 \cdot 0,25} = 1053 \text{ Н}$$

Для розрахунку силового приводу пристрою приймаю максимальне значення сили закріплення заготовки $Q_{\max}=2308 \text{ Н}$, розраховане вище.

Необхідна сила на штоку пневматичного циліндра забезпечує затискання заготовки за допомогою трикулачкового патрона, що знаходиться за формулою:

$$W = 3 \cdot k \cdot \left(1 + 3 \cdot a \cdot \frac{\mu}{h}\right) \cdot l \cdot \frac{Q_{\max}}{l_1}; \quad (2.8)$$

де $k=1,2\dots1,5$ – коефіцієнт, що враховує сили тертя рухомих з'єднаннях патрона;

a – відстань від центру докладання сили Q до середини направляючого паза кулачка;

$\mu=0,15\dots0,2$ – коефіцієнт тертя між кулачками та пазами корпусу патрона;

h – довжина прямої частини кулачка у корпусі патрона;

l_1, l – довжини плечей.

$$W = 3 \cdot 1,5 \cdot \left(1 + 3 \cdot 87,5 \cdot \frac{0,2}{50}\right) \cdot 180 \cdot \frac{2308}{125} = 30659,5 \text{ Н}$$

Тоді діаметр пневматичного циліндра:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot \rho \cdot \eta} + d^2}, \quad (2.9)$$

де $p=0,4$ МПа – тиск стисненого повітря в системі;
 $\eta=0,85$ – коефіцієнт корисної дії пневмоприводу;
 $d=20$ мм – діаметр штока поршня.

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 30659,5}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,85} + 0,02^2 \cdot 1000} = 339,5 \text{ мм}$$

Оскільки діаметр циліндра розрахунковий дорівнює такому діаметру, вибираю його більший діаметр $D_{\text{ц}}=360$ мм за ГОСТ 15608-81 та для діаметра штока поршня $d=80$ мм.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

З роками свого розвитку машинобудування йде шляхом розвитку більш точного виготовлення деталей і виробів, тим самим збільшуючи вимоги щодо точності та естетичності продукції, що виробляється, що в свою чергу дає їм конкурентоспроможність і вимагає відповідно способів забезпечення безпосередньо технологічного контролю цієї продукції. Одним з простих і логічних рішень буде використання універсальних вимірювальних приладів, проте при середньосерійному та масовому виробництві даний підхід буде найкращим рішенням, оскільки знижує продуктивність за рахунок того, що точність буде не завжди потрібна і зручність контролю не особливо позитивне.

Безпосередньо контрольні пристрої використовуються для того щоб перевірити якість виготовленої технологічної операції з обробки заготовок, деталей, а також вузлів машин. Дуже важливо, щоб контрольне пристосування не підвищувало можливу помилку при вимірі, що знаходиться в межах поля допуску на контрольований розмір від 8 до 30 відсотків. Як було підкреслено вище, великі вимоги вимагають великих умов точності до виробленої продукції, також вимагають введення певних рішень щодо вибору контрольних пристроїв з використанням вимірювачів високої чутливості, правильного вибору схеми та конструкції. Бажано потрібно підходити з принципом, який каже, що помилка вимірювання, що вона є різницею між показниками контрольного пристосування та фактичним значенням вимірювальної величини, має бути малою, але також це може бути не дуже правильним економічним та технічним рішенням, оскільки надмірне підвищення точності вимірювання може призвести до ускладнення та підвищення ціни самого контрольного пристосування, а також до зниження його продуктивності, що є неприйнятним в умовах виробництва великої кількості деталей, а саме розмірів, які потрібно контролювати.

Якщо брати загалом, то основні вимоги до контрольних пристроїв це забезпечити необхідну точність і продуктивність контрольної операції, важливо щоб прилад був простим, надійним, зручним, ергономічним під час роботи загалом, і навіть при тривалих роботах, за умов серійності в тому числі.

За конструкцією контрольні пристрої діляться на такі елементи: настановні, затискні, вимірювальні та допоміжні, що в цілому формують контрольний прилад.

Наставними називають елементи, які встановлюються на деталь, яку потрібно проконтролювати, за допомогою своїх вимірювальних баз щодо вимірювального приладу. При цьому для базування деталі із забезпеченням мінімальної помилки використовуються опори зі сферичними та плоскими

головками, опорний пластини, сектори та кільця, що відповідає фактичній конфігурації бази деталі у плані.

Щоб забезпечити в контрольних приладах тісний контакт настановних баз деталі з опорами, уникнути непотрібного зсуву щодо вимірювального приладу, використовуються прилади, що стискаються. Вони бувають ручні, а також з пневмо- або гідроприводами.

Вимірювальні ж прилади поділяються на граничні та відлікові. Перші особливі тим, що вони не дають числового результату виміру, а дають контроль робити за допомогою трьох категорій: якісні, брак з перевищенням нижнього рівня та брак з перевищенням верхнього рівня допуску. Вимірювальні відлікові прилади показують вже числову величину розміру деталі за певною точністю. Явним прикладом таких пристроїв є індикатори з важільною або зубчастою передачами, які забезпечують точність вимірювання до 0,001 мм.

До допоміжних пристроїв контрольного пристосування відносяться інші залежать від виду вимірювання і мають різне призначення. До них відносяться різні поворотні столи, повзуни тощо.

При проектуванні дипломного проекту з розробкою технологічного процесу деталі валу, розробляю відповідний контрольний пристрій для визначення фактичних показників деталі, технічних вимог, що йдуть за кресленням. Для перевірки радіального биття допустимого 0,016 зовнішньої циліндричної поверхні 30f7 (база Б) контрольним пристроєм.

На рисунку 2.3 та 2.4 представлено пристосування для контролю валів у центрах, що дозволяє проводити вимірювання відхилень від круглості, циліндричності профілю поздовжнього перерізу, торцевого та радіального биття. Крім того, представлена схема виміру. На потужному литому підставі 1, що має у верхній частині напрямні, встановлені дві бабки 2, 3 з центрами і рухлива каретка 4 зі стійкою, в якій кріпиться ІГ. Для попереднього налаштування на розмір L , де L – довжина контрольованого валу, бабки можуть переміщатися по напрямних підставах і фіксуватися в потрібному

положенні за допомогою рукоятки 5, ексцентричної шийки валика 6, болта 7 і гайки 8. Ліва бабка 2 має нерухомий центр, встановлений в конічний отвір пінолі 9, яка закріплена в отворі бабки гайкою 10. Права бабка має рухливий в осьовому напрямку центр, який вставляється в піноль. Остання підібгана пружиною 12 і за допомогою рукоятки 11 і вилки, 13 з'єднаних штифтом 14 і впливають на хвостовик 15, переміщує центр при встановленні контрольованого валу. Фіксація рухомого центру в потрібному положенні здійснюється рукояткою 16, загвинченою на сухар 17, і втулкою 18. Кріплення ІГ на стійці звичайне – за допомогою гвинтів 19 і 20, двох державок 21 і 22 і повзушки 23 з гвинтами 24. пазу каретки 4 і закріплюється в ній двома гайками: нижньої – 25 і верхньої 26. Основні технічні вимоги до виготовлення пристосування:

а) взаємне зміщення осей центрів не більше (наприклад, 0,008 мм):

б) в експлуатації пристосування під час перевірки осей центрів контрольною оправкою ($l=300$ мм), відхилення показань ІГ у вертикальній та горизонтальній площинах допускається не більше 0,05 мм.

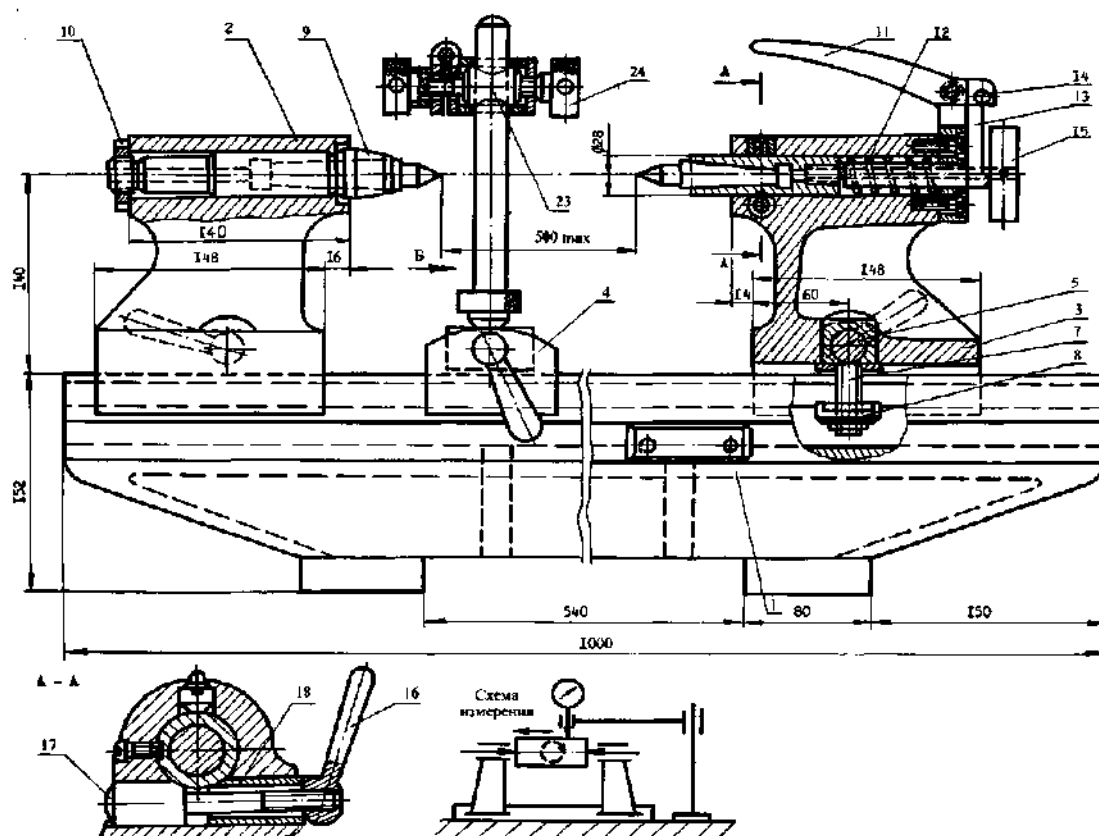


Рисунок 2.3 – Універсальний пристрій для контролю валів: 1 – основа, 2 – ліва бабка, 3 – права бабка, 5 – рукоятка, 7 – болт, 8 – гайка, 9 – піноль, 10 – гайка, 11 – рукоятка, 12 – пружина, 13 – вилка, 14 – штифт, 15 – хвостовик, 16 – рукоятка, 17 – сухар, 18 – втулка, 23 – повзушка, 24 – гвинт

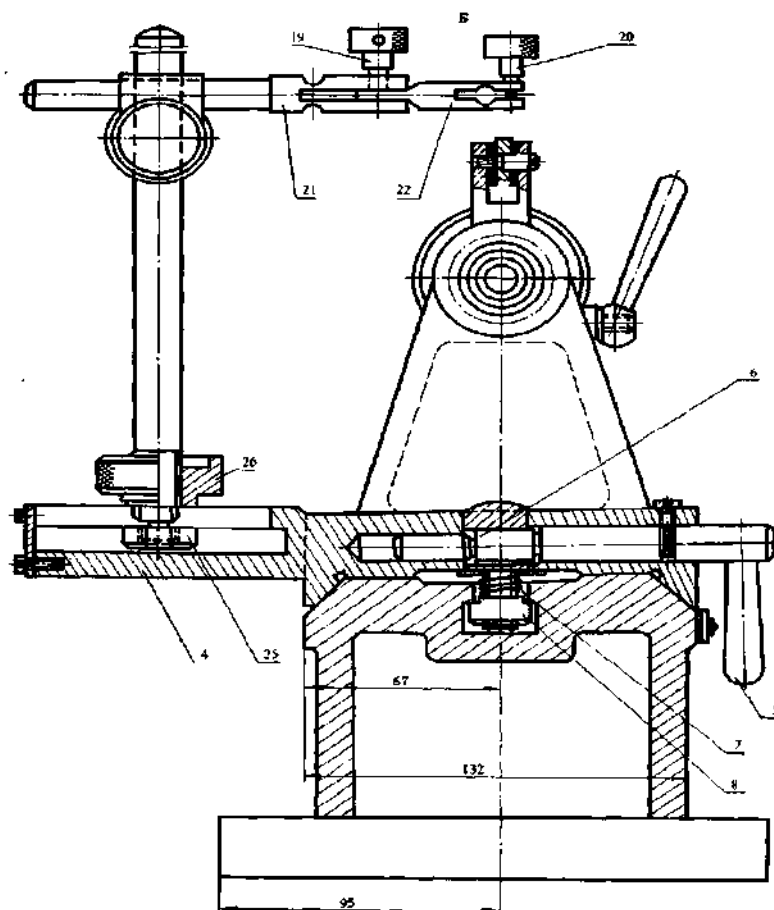


Рисунок 2.4 – Універсальний пристрій для контролю валів (вид Б на рисунку 2.2): 4 – каретка, 5 – рукоятка, 6 – валик, 7 – болт, 8 – гайка, 14 – штифт, 19, 20 – гвинт, 21, 22 – державка, 25 – нижня гайка, 26 – верхня гайка

2.3 Розрахунок на міцність деталі, її конструктивного елемента, або найбільш навантаженої деталі робочого пристосування за допомогою міцносного комп'ютерного пакету

Щоб визначити найвразливіші за міцністю деталі валу елементи і поверхні, використовуємо розрахунок з допомогою напружено-деформованого стану валу у програмі NX.



Рисунок 2.5 – Тривимірна модель валу



Рисунок 2.6 – Твердотільна сітка кінцевих елементів, валу

Потім виконую прикладення обмежень, що унеможливлюють переміщення деталі у конкретних напрямках. Результати розрахунку наведені на рисунку 2.8.

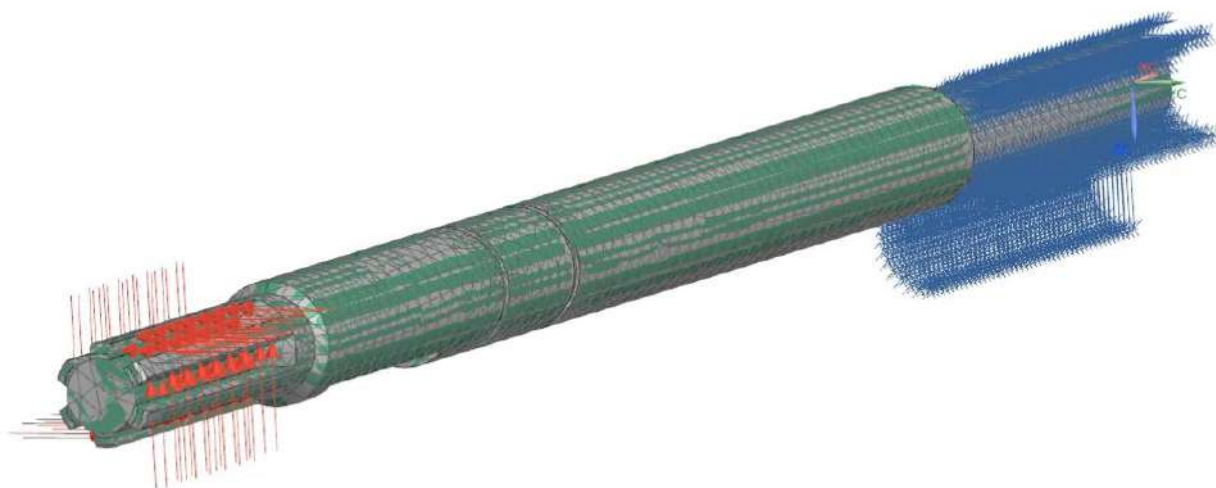


Рисунок 2.7 – Закріплення та прикладені напруги

Шоппол 3д_igs_sim1 : Solution 1 Результат
 Subcase - Superelement Loads, Форма 1, 116.53Гц
 Напряжение - По элементам/узлам, Неусредненный, По Мизесу
 Мин. : 0.00, Макс. : 282.47, Единицы = МПа
 СК : Абсолютная прямоугольная
 Деформация : Перемещение - По узлам Величина



Рисунок 2.8 – Результат розрахунку напружено деформованого стану валу

Завдяки розрахункам видно, що найнебезпечнішою ділянкою деформацій є ділянка поверхні Ø30f7, яка йде після поверхні M30h8, та піддається згину. Для того щоб забезпечити відповідну працездатність та ресурс валу, потрібно виключити перенапругу деталі в особливо вразливому місці. При необхідності, якщо напруга вище за розраховані, при експлуатації деталі, потрібно застосувати способи щоб зміцнити потрібні поверхні валу.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

Визначення кількості обладнання на дільниці та коефіцієнту завантаження.

Кількість верстатів для кожної операції розраховуємо за формулою (3.1):

$$Cp_i = \frac{t_{шти}}{\tau}; \quad (3.1)$$

де $t_{шти}$ – штучний час виконання і-тої операції, хв;

τ – такт виготовлення деталей, хв/шт.

Такт виготовлення деталей знаходимо за формулою (3.2):

$$\tau = \frac{F_d \cdot m \cdot 60 \cdot k_b}{N}; \quad (3.2)$$

де F_d – дійсний річний фонд часу, год. [7, табл. 2.3, 24];

m – кількість робочих змін;

k_b – коефіцієнт використання ефективного часу, k_b = від 0,94 до 0,98;

N – річна програма випуску, шт.

$$\tau = \frac{4029 \cdot 2 \cdot 60 \cdot 0,96}{3000} = 154,71 \text{ хв/шт}$$

$$Cp_{015} = \frac{1,07}{154,71} = 0,007 \text{ шт}$$

$$Cp_{020} = \frac{2,906}{154,71} = 0,019 \text{ шт}$$

$$Cp_{025} = \frac{5,224}{154,71} = 0,034 \text{ шт}$$

$$Cp_{030} = \frac{1,67}{154,71} = 0,011 \text{ шт}$$

$$Cp_{035} = \frac{2,984}{154,71} = 0,019 \text{ шт}$$

$$Cp_{040} = \frac{11,596}{154,71} = 0,075 \text{ шт}$$

$$Cp_{045} = \frac{1,373}{154,71} = 0,009 \text{ шт}$$

$$Cp_{050} = \frac{1,421}{154,71} = 0,009 \text{ шт}$$

$$Cp_{065} = \frac{1,932}{154,71} = 0,013 \text{ шт}$$

$$Cp_{070} = \frac{2,573}{154,71} = 0,017 \text{ шт}$$

$$Cp_{075} = \frac{1,995}{154,71} = 0,013 \text{ шт}$$

Отримані значення округлюють до найближчого більшого цілого числа:

$Cn_{015}=1$; $Cn_{020}=1$; $Cn_{025}=1$; $Cn_{030}=1$; $Cn_{035}=1$; $Cn_{040}=1$; $Cn_{045}=1$; $Cn_{050}=1$;
 $Cn_{065}=1$; $Cn_{070}=1$; $Cn_{075}=1$.

Коефіцієнт завантаження верстатів на заданій операції розраховуємо за формулою (3.3):

$$Kз_i = \frac{Cp_i}{Cn_i}; \quad (3.3)$$

$$Kз_{015} = \frac{0,007}{1} = 0,007$$

$$Kз_{020} = \frac{0,019}{1} = 0,019$$

$$Kз_{025} = \frac{0,034}{1} = 0,034$$

$$Kз_{030} = \frac{0,011}{1} = 0,011$$

$$Kз_{035} = \frac{0,019}{1} = 0,019$$

$$K_{3040} = \frac{0,075}{1} = 0,075$$

$$K_{3045} = \frac{0,009}{1} = 0,009$$

$$K_{3050} = \frac{0,009}{1} = 0,009$$

$$K_{3065} = \frac{0,013}{1} = 0,013$$

$$K_{3070} = \frac{0,017}{1} = 0,017$$

$$K_{3075} = \frac{0,013}{1} = 0,013$$

Середній коефіцієнт завантаження верстатів розраховуємо за формулою (3.4):

$$K_{3cp} = \frac{\sum Cp_i}{\sum Cn_i}; \quad (3.4)$$

$$K_{3cp} = \frac{0,226}{11} = 0,0206$$

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

Собівартість використання нового пристосування розраховується за формулою (4.1):

$$C_a = Z_a \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_a}{\Pi} \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right); \quad (4.1)$$

де Z_a – заробітна плата робітника за одну деталь для нового пристосування, грн;

H – цехові накладні витрат у % до заробітної плати, H =від 200% до 300% [8, с. 29];

S_a – витрати на виготовлення нового пристосування, грн;

Π – річна програма випуску деталей, шт.;

A – строк амортизації пристосування в роках, $A=3$ [8, с. 28];

q – витрати, пов'язані з експлуатацією пристосувань (ремонт, регулювання, зберігання) у % від їх вартості, [8, с. 29].

Заробітна плата робітника за одну деталь для нового пристосування розраховую за формулою (4.2):

$$Z = t_{\text{шт}} \cdot Z_{\text{хв}}; \quad (4.2)$$

де $t_{\text{шт}}$ – штучний час, хв;

$Z_{\text{хв}}$ – хвилинна ставка робітника 4-го розряду, грн [8, табл. А.1, с. 32].

$$Z = 2,984 \cdot 0,96 = 2,87 \text{ грн}$$

Витрати на виготовлення нового пристосування, розраховую за формулою (4.3):

$$S = C_{\pi} \cdot N; \quad (4.3)$$

де C_{π} – затрати на одну деталь пристосування, для пристроїв середньої складності $C_{\pi}=150$, грн [8, с. 28];

N – кількість деталей в пристосуванні, шт.

$$S = 150 \cdot 26 = 3900 \text{ грн}$$

Витрати, пов'язані з експлуатацією нового пристосування розраховую за формулою (4.4):

$$q = S \cdot 20\%; \quad (4.4)$$

$$q = 3900 \cdot 20\% = 780$$

$$C_a = 2,87 \cdot \left(1 + \frac{250}{100}\right) + \frac{3900}{3000} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{780}{100}\right) = 20,62 \text{ грн}$$

Собівартість використання старого пристосування розраховується за формулою (4.5):

$$C_b = Z_b \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_b}{\Pi} \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right); \quad (4.5)$$

де Z_b – заробітна плата робітника за одну деталь для старого пристосування, грн.;

S_b – витрати на виготовлення старого пристосування, грн.

Заробітна плата робітника за одну деталь для старого пристосування розраховуємо за формулою (4.2):

$$З = 2,984 \cdot 1,28 = 3,82 \text{ грн}$$

Витрати на виготовлення старого пристосування, розраховуємо за формулою (4.3):

$$S = 75 \cdot 14 = 1050 \text{ грн}$$

Витрати, пов'язані з експлуатацією нового пристосування розраховуємо за формулою (4.4):

$$q = 1050 \cdot 20\% = 210$$

$$C_B = 3,82 \cdot \left(1 + \frac{250}{100}\right) + \frac{1050}{3000} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{210}{100}\right) = 14,46 \text{ грн}$$

Для визначення більш вигідного пристосування, скористуємося формулою (4.6):

$$П_K = \frac{(S_a - S_B) \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right)}{(З_B - З_a) \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right)}; \quad (4.6)$$

$$П_K = \frac{(3900 - 1050) \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{780}{100}\right)}{(3,82 - 2,87) \cdot \left(1 + \frac{250}{100}\right)} = 6971 \text{ шт}$$

Отриманий результат розрахунку при якому $П=3000 < П_K=6971$ довів, що при виробництві валу з плановим випуском деталей 3000 штук, більш вигідно застосовувати старе пристосування з пневмоприводом.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Електробезпека на дільниці

Дуже важливо не тільки дотримуватись правил електробезпеки на виробничій ділянці, але й знати про причини виникнення електротравм, про дію електричного струму на організм людини, умови ураження людини електричним струмом.

Електробезпека – це система організаційних, технічних заходів та засобів, які забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля та статичної електрики.

Зі зростанням використання електроенергії у виробничих процесах та побуті ризики, пов'язані з електрикою, значно збільшуються. Особливо важливо знати та дотримуватись правил електробезпеки при використанні генераторів електричної енергії. Інциденти, пов'язані з електричними небезпеками, можуть призвести до серйозних травм або навіть загибелі працівників. Обов'язок роботодавця полягає у запобіганні нещасним випадкам та піклування про безпеку свого персоналу. Це можливо за дотримання вимог законодавства.

Електробезпека на підприємстві забезпечується завдяки дотриманню вимог, викладених у таких нормативних актах України:

- 1) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕП), затверджені наказом Держнаглядохоронпраці від 09.01.1998 № 4, вимоги яких поширюються на працівників, які обслуговують діючі електроустановки споживачів напругою до 220 кВ включно, та обов'язкові для всіх споживачів їх відомчої власності та форм власності на засоби виробництва;

- 2) Правила безпечної експлуатації електроустановок, дія яких поширюється на працівників, які виконують роботи в електроустановках

Міністерства енергетики України, затверджені наказом Держнаглядохоронпраці України від 06.10.1997 р. № 257;

3) Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕП), затверджені наказом Мінпаливенерго України від 25.07.2006 № 258 (у редакції наказу від 21.02.2017), якими унормовані організаційні та технічні вимоги до експлуатації електроустановок;

4) Правила експлуатації електрозахисних засобів, затверджені наказом Міністерства праці та соціальної політики України від 05.06.2001 № 253, в яких наведено перелік засобів захисту, вимоги до них, обсяги та норми випробувань, порядок застосування, зберігання, а також норми комплектування засобами захисту електроустановок та виробничих бригад;

5) Правила влаштування електроустановок (ПВЕ), затверджені наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 24.07.2017 № 476. Вони по суті є зведенням правил щодо проектування, розміщення, утримання, експлуатації та ремонту електроустановок;

6) ДСТУ 2843-94 «Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення», який встановлює терміни та визначення основних понять з електробезпеки;

7) Правила пожежної безпеки в Україні затверджені наказом МВС від 30.12.2014 № 1417 (редакція від 08.04.2022).

Побутові електроприлади в умовах виробництва експлуатують відповідно до експлуатаційної документації підприємств-виробників та ПТЕЕП (п. 1.5 розд. I ПТЕЕП).

Керівник підприємства має вимогу забезпечити утримання, експлуатацію та обслуговування електроустановок відповідно до вимог чинних документів. Для цього він повинен: Призначити відповідального за справний стан та безпечну експлуатацію електроустановок; Створити та укомплектувати електротехнічну службу з-поміж осіб, які досягли 18-річного віку, які мають відповідну освіту, які пройшли медичний огляд та не мають протипоказань; Розробити та затвердити посадові інструкції працівників та

інструкції щодо безпечного виконання робіт; Забезпечити навчання та перевірку знань працівників, своєчасний огляд електроустановок та проведення профілактичних, протиаварійних та приймально-здавальних випробувань; Встановити такий порядок, щоб працівники, на яких покладено обов'язки з обслуговування електроустановок, вели ретельні спостереження за довіреним ним обладнанням та мережами; Постійно вживати заходів щодо оптимізації та модернізації виробничого процесу. Для виконання функцій щодо організації експлуатації електроустановок роботодавець повинен призначити особу, відповідальну за електрогосподарство.

Відповідальність за безпеку виконуваних робіт в електроустановках ПБЕЕП покладає на: – працівника, який видає наряд, розпорядження; працівника, який дає дозвіл на підготовку робочого місця; працівника, який готує робоче місце, допуск; працівника, який допускає на роботу; керівника робіт; працівника, який спостерігає за безпечним виконанням робіт. Підстава – пункт 3.2.1. ПБЕЕП.

Персонал, який здійснює експлуатацію електроустановок в Україні, поділяють на електротехнічний, електротехнологічний та неелектротехнічний. Працівник електротехнічний – це працівник, посада чи професія якого пов'язана з обслуговуванням електроустановок, а робота – з експлуатацією, ремонтом, монтажем, налагодженням, оперативним керуванням електроустановками. Електротехнічний персонал складається з адміністративно-технічного, оперативного, ремонтного, оперативно-ремонтного працівників.

Працівники електротехнічні – це працівники, посада чи професія яких пов'язані з експлуатацією електротехнічної частини виробничого устаткування, обов'язки яких не входить обслуговування його електроприводу.

Електротехнологічний персонал обслуговує: електротехнологічні установки; установки, під час роботи яких потрібне постійне регулювання електроапаратури та електроприводів; ручні.

Неелектротехнічний персонал – це персонал, який обслуговує виробниче обладнання, яке живиться електрострумом (верстати, електроінструменти, інші електрифіковані агрегати), а також особи, які за специфікою роботи можуть контактувати з таким обладнанням (слюсарі, прибиральниці тощо).

Усі електротехнологічні та електротехнічні працівники при прийнятті на роботу та протягом роботи повинні проходити за рахунок роботодавця інструктаж та навчання з електробезпеки. А працівники, пов'язані з роботами підвищеної небезпеки, мають проходити щорічне спеціальне навчання та перевірку знань відповідних нормативно-правових актів з охорони праці – електробезпеки.

Електротравма – це травма, що виникає внаслідок впливу електричного струму на організм людини. Електричні травми виникають внаслідок дії технічного чи атмосферного електричного струму. Згідно зі статистикою, більшість нещасних випадків, які фіксуються при обслуговуванні електрообладнання, трапляються з організаційних причин. Серед них можна виділити такі основні: недостатня навченість персоналу; порушення правил влаштування та безпечної експлуатації електроустановок та правил експлуатації електрозахисних засобів; випадковий дотик до неізольованих струмоведучих частин електроустановки; помилкове подання напруги в установку, де працюють люди; неправильне розташування пускової апаратури та розподільчих пристроїв, захаращеність підходів до них; порушення правил виконання робіт у охоронних електричних зонах; несправність ізоляції, що призводить до подачі струму на металеві невідповідні частини обладнання; обрив заземлюючого провідника; порушення правил експлуатації електрозахисних засобів чи виконання робіт без індивідуальних засобів електрозахисту; виконання електромонтажних та ремонтних робіт під напругою; застосування проводів та кабелів, що не відповідають умовам виробництва та використовуваної напруги; низька якість електроз'єднань у процесі монтажу та ремонту; недооцінка небезпеки при обриві та падінні дроту на землю в ситуації, коли працівник перебуває

близько до місця витоку струму (крокова напруга); живлення кількох споживачів від загального пускового пристрою із захистом запобіжниками, розрахованими на відключення найбільш потужного з них або від однієї групи розподільної шафи; невиконання вимог щодо проведення періодичних випробувань, перевірок опору заземлювальних пристроїв та ізоляції; відсутність попереджувальних плакатів, блокувань, огорож у місці проведення електротехнічних робіт;

Також ризик ураження струмом може зростати залежно та умовами виробництва. Зокрема, підвищену небезпеку становлять приміщення, де: відносна вологість повітря тримається лише на рівні від 75 відсотків; під час робочих процесів утворюється багато технологічного пилу; струмопровідна підлога - металева, цегляна, залізобетонна і т.д.; температура постійно або кілька разів на зміну підвищується до $+35^{\circ}\text{C}$.

Способи захисту від електротравм: електрична ізоляція; захисне заземлення, занулення, вимкнення; застосування малої напруги; контроль та профілактика пошкодження ізоляції; захист від небезпеки під час переходу з вищої сторони на нижчу; електричний поділ мереж; застосування засобів захисту.

Небезпечні струмопровідні частини електроустановки повинні бути недоступними для випадкового прямого дотику, а доступні для дотику відкриті та сторонні провідні частини мають бути безпечними як за нормальних умов (експлуатація електроустановки за призначенням та без пошкодження), так і за одиничного пошкодження.

Електричний струм невидимий для людини, не має запаху та кольору. Тому значна потенційна небезпека від ураження електрострумом полягає в нездатності органів чуття людини виявити на відстані наявність електричної напруги. Проходячи через організм людини, електричний струм має на нього термічну, електролітичну, механічну та біологічну дію. Негативний вплив електроструму призводить до електротравм, які поділяють на два види: місцеві електротравми – локальне пошкодження організму та загальні, де

уражається весь організм унаслідок порушення нормальної діяльності життєво важливих органів. Орієнтовний розподіл нещасних випадків внаслідок дії електричного струму у промисловості за вказаними видами травм: місцеві електротравми – 20%; електричні удари – 25%; змішані травми, тобто одночасно і місцеві електротравми та електричні удари – 55%.

Найбільш небезпечним видом електротравм є електричний удар – раптове збудження живих тканин організму внаслідок дії електроструму, що супроводжується судомним скороченням м'язів. Найпростіші прийоми надання долікарської допомоги збільшують шанси на порятунок потерпілого на 30%, якщо їх буде виконано протягом перших чотирьох хвилин. Чекати на те, що медичні працівники швидко прибудуть на місце події, не варто. Тому вміння працівників надавати долікарську допомогу суттєво збільшує шанси на порятунок.

Засоби захисту від ураження електричним струмом дуже потрібні і повинні бути на виробництві. Захисні засоби – це прилади, апарати та переносні пристрої, що використовуються для захисту персоналу, що працює поблизу електроустановок, від ураження електричним струмом, електричною дугою тощо. Відповідно до пункту 1.7.55 глави 1.7 розділу 1 ПВЕ для запобігання ураженню електричним струмом за відсутності пошкодження слід застосовувати окремо або у поєднанні такі заходи захисту, такі як: ізоляція струмопровідних частин; огороження та оболонки; бар'єри; розміщення поза зоною досяжності; обмеження сили струму.

Ізолювальні електрозахисні засоби діляться на основні та додаткові. В електроустановках напругою до 1000 В, до основних електрозахисних засобів відносяться: ізолюючі штанги; ізолюючі кліщі; електровимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавички інструмент з ізолюючим покриттям. До додаткових засобів електрозахисту належать: діелектричне взуття; діелектричні килими; ізолюючі підставки; ізолюючі накладки; ізолюючі ковпаки; сигналізатори напруги; захисні огороження (щити, ширми); переносні заземлення; плакати та знаки безпеки; інші засоби

захисту. Додаткові електрозахисні засоби застосовуються разом із основними.

Також слід вжити таких додаткових заходів для електробезпеки, як: забезпечення захисного заземлення. Це обов'язкова вимога для електроустаткування, що експлуатується у вибухонебезпечних зонах; встановлення ручних, автоматичних або електромагнітних блокторів безпеки; проведення захисного розмежування електричних зон; застосування розділових трансформаторів.

Належний рівень навчання працівників дотримання правил електробезпеки, регулярне оновлення матеріальної та нормативної бази, проведення практичних занять та днів охорони праці забезпечать мінімізацію нещасних випадків на виробництві.

ВИСНОВОК

При розробці дипломного проекту з виконанням розробки технологічного процесу створення деталі валу в умовах середньосерійного виробництва, з річною програмою виготовлення деталей 3000 шт., я використав сучасний технологічний підхід, який тримається на принципах забезпечення виготовлення деталей певної якості за оптимальних показників собівартості.

Щоб досягти необхідного рівня технологічності розробки, у кожному етапі її створення прописано і обґрунтовано використання ефективних технічних рішень. Так у процесі проектування були розглянуті два види та способи отримання заготовки, а саме прокатом та методом обробки матеріалу тиском, де за розрахунками та певними обґрунтуваннями вибір був зроблений у бік гарячого штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП). Завдяки вибору заготівлі з високим показником коефіцієнта використання металу та маленькими припусками, пояснив можливість впровадити прогресивний маршрут її обробки на верстатах систем ЧПК, що мають обладнання. Все це дозволило зменшити витрати на купівлю сировини, а також дуже важливо, що допомогло скоротити кількість операцій механічної обробки деталі валу, і знизило необхідну кваліфікацію для робочого персоналу, що обслуговує металообробні верстати, так і забезпечується зниження витрат всього виробництва.

Було розроблено карту заготовки, карту маршруту, операційні карти та карти ескізів. Розраховано всі режими різання та зроблено нормування технологічних операцій. Щоб скоротити допоміжний час на базування та закріплення деталі для механічної обробки валу, було впроваджено робочий пристрій з пневмоприводом, який був вибраний після результатів техніко-економічного роздуму. За допомогою комп'ютерного забезпечення у вигляді

програм, була розроблена програма управління для токарної операції на верстаті з ЧПК, а також було проведено розрахунок деталі на міцність. Було розглянуто основні моменти та вимоги охорони праці, а саме з електробезпеки на виробництві.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання/ Укл.: Гончар Н.В., Тумарченко Л.О. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 61 с.

2. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» та спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітніх програм «Металорізальні верстати та системи» і «Колісні та гусеничні транспортні засоби» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 3-є). Під ред. Гончар Н.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019 – 61 с.

3. <https://studfile.net/preview/7762219/>

4. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. 4-е изд., перераб. и доп. Мн.: Выш. школа, 1983. – 255 с.

5. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика-машиностроителя. В 4 т. Том 2. Техническое нормирование станочных работ. М.: Машгиз, 1961. – 892 с.

6. Богуслаев В.А., Леховицер В.А., Смирнов А.С. Станочные приспособления. Запорожье: ОАО „Мотор-Сич“, 2004 г. – 461 с.

7. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей

«Технологія машинобудування» (8.090202) та «Двигуни та енергетичні установки літальних апаратів» (7.100102) усіх форм навчання. / Склали: Яценко В.К., Ципак В.І., Коренєвський Е.Я., Хорошков В.Д., Кононов В.В., Смирнов О.С., Санхо О.Г., Зінкевич К.В., Гончар Н.В., Рубель О.В., Пухальська Г.В., Олексієнко О.В., Каліуш В.І., Савчук Н.О. – Запоріжжя, ЗДТУ, 2000. 245 с.

8. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська – Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2023 - 43 с.

Додаток А

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.						
				Документація		
			НУЗП 292212.013	Складальне креслення		
Спроб. №				Складальні одиниці		
				Деталі		
		1		Корпус	1	
		2		Диск спіральний	1	
		3		Кулачки патрона	3	
		4		Втулка	1	
		5		Фланець	1	
		6		Втулка	1	
		7		Втулка	1	
		8		Тяга	1	
		9		Муфта	1	
		10		Клин	1	
		11		Втулка	1	
		12		Клин	1	
		13		Кулька	6	
		14		Обертвий циліндр	1	
	15		Поршень	1		
	16		Гвинт притискний	1		
Підп. і дата						
Взам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НУЗП 292212.013
	Разраб.	Илья АМАЕВ				
Итого	Пров.	Сергей ВИНЕТОЛЬСКИЙ				Токарний пристрій
	Нконтр.	Сергей ДЯДЯ				
Итого	Утв.	Сергей ДЯДЯ				Лит. 1 Лист 2 НУ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Група М-12/сн

Копіював Формат А4

Рисунок А1 Аркуш 1 – Специфікація робочого пристосування

[illegible]

Рисунок А1 Аркуш 2 – Специфікація робочого пристосування

Додаток Б

*Міністерство освіти та науки України
Національний університет "Запорізька політехніка"*

*АЛЬБОМ
технологічної документації
деталь НУЗП 715514.013
"Вал"*

Виконав студент групи М-121сп

Ілля АМАЄВ

Перевірив, к.т.н., доцент

Евген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ

Нормоконтроль, к.т.н., доцент

Сергій ДЯДЯ

2024

ГОСТ 3.1118-82															Форма 1					
Дудл.																				
Взам.																				
Лістк.																				
										НУЗП 2114.1.24.013		4	1							
Розроб.	Ілля АМАЕВ					НУЗП		НУЗП 715514.013				М-121сн.1014.1.001								
Перевір.	Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ																			
Н. контр.	Сергій ДЯДЯ							Вал												
М 01	Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015																			
М 02	Код	ЕВ	МД	ОН	Н. расх.	КВМ	Код заготовки	Профіль та розміри		КД	МЗ									
	к2	2,6	1	4,8	0,68	штамповка	φ30×557		1	3,8										
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код найменування операції				Позначення документа											
Б					Код найменування обладнання				СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тлз	Тшт.	
А 03				005	2170 Заготівельна				ЮП №0001											
Б 04	382101 Кривошипний гарячештампувальний прес				3	13229	5	2	1	1	1	36	1							
05																				
А 06				010	5030 Термічна обробка				ЮП №0002											
Б 07	XXXXXX Піч				3	19100	5	2	1	1	1	36	1	25						
08																				
А 09				015	4269 Фрезерно-центрувальна				ЮП №0003											
Б 10	381800 Фрезерно-центрувальний верстат МР73М				3	19479	4	1	1	1	1	36	1	16	1,07					
11																				
А 12				020	4233 Токарна з ЧПК				ЮП №0004											
Б 13	381021 Токарний з ЧПК 16К20ФЗ				2	16045	5	1	1	1	1	36	1	19	2,91					
14																				
А 15				025	4233 Токарна з ЧПК				ЮП №0004											
Б 16	381021 Токарний з ЧПК 16К20ФЗ				2	16045	5	1	1	1	1	36	1	25	5,22					
МК																				

										Гост 3.118-82						Форм 18	
Дубль																	
Взам.																	
Підп.																	
НЧЗП 2114.124.013											4		2				
											НЧЗП 715514.013		М-121сн.1014.1.001				
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код найменування операції					Позначення документа							
Б	Код найменування обладнання					ІМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тп.з	Тшт.	
К/М	Найменування деталі, сб. одиниці або матеріалу					Позначення код					ОНП	ЕВ	ОН	КІ	Крощ.		
А 01				030	4233 Токарна з ЧПК					ІОП №0004							
Б 02	381021 Токарний з ЧПК 16К20ФЗ					2	16045	5	1	1	1	1	36	1	19	1,67	
03																	
А 04				035	4233 Токарна з ЧПК					ІОП №0004							
Б 05	381021 Токарний з ЧПК 16К20ФЗ					2	16045	5	1	1	1	1	36	1	25	2,98	
06																	
А 07				040	4165 Фрезерна					ІОП №0003							
Б 08	381573 Горизонтальний шліцефрезерний напівавтомат 5350А					3	19479	5	1	1	1	1	36	1	24	11,6	
09																	
А 10				045	4261 Фрезерна					ІОП №0003							
Б 11	381612 Вертикально-фрезерний 6540					3	19479	5	1	1	1	1	36	1	25	1,37	
12																	
А 13				050	4232 Свердильна з ЧПК					ІОП №0005							
Б 14	381022 Вертикально-свердильний з ЧПК 2Р135ФЗ					2	16045	5	1	1	1	1	36	1	14	1,42	
15																	
А 16				055	0125 Мийна					ІОП №0006							
Б 17	514230 Мийна машина ММ-10					3	18446	4	1	1	1	1	36	1	18		
МК																	

[illegible]

[illegible]

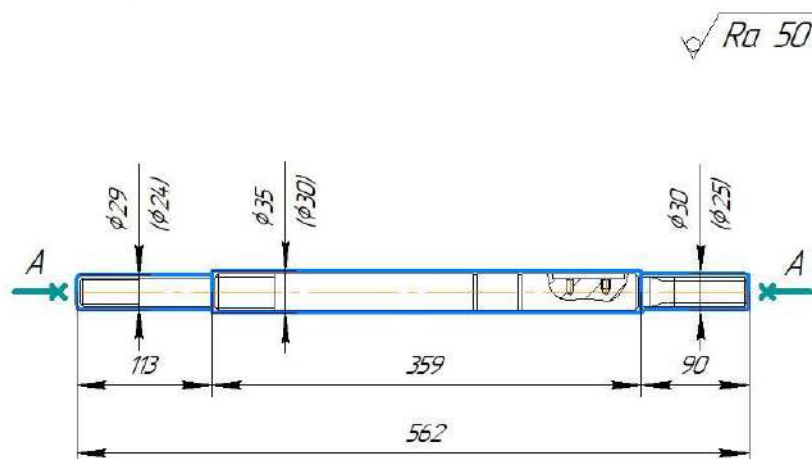
Дубл.			
Зам.			
Ориг.			

Гл. технолог

Нач. БПМ

Форма 170-162

							НУЗП 2114.124.013	1	1
Розроб.	Ілля АМАЄВ			НУЗП	НУЗП 715514.013				
Перевір.	Євген ВИШНІПОЛЬСЬКИЙ								
Н. контр.	Сергій ДЯДЯ			Вал					005



Технічні умови на заготовку				
Матеріал		Заготовка		
Найменування і марка	Код	Код та вид	Профіль та розміри	
Сталь 40Х	-	Штамповка	φ35×562	
Технічні умови		Маркування	Твердість	Маса деталі
ДСТУ 7806:2015			250-259 НВ	2,6
Сортament		Допускаемая кривизна		КВМ
-		-		0,68
Размір вихідного матеріалу	Кол. дет. из заг.	Норма витрат		
		Разм. листа, прутка	Масса	
-	1	-	3,8	

1. Заготовка – штамповка;
2. Невказані зовнішні радіуси 3 мм та внутрішні радіуси 2 мм;
3. Невказані штампувальні нахили 3°

				ГОСТ 3.1105-84				Форма 7			
Дубл.											
Взам.											
Підп.											
								НЧЗП 2114.1.24.013		1	1
Розроб.	Ілля АМАЄВ			НЧЗП		НЧЗП 715514.013		М-121сн.1014.1.020			
Перевір.	Євген ВИШЕНПОЛЬСЬКИЙ										
Н. контр.	Сергій ДЯДЯ					Вал				020	

Ra 12,5

1.* Розміри для довідок

ГОСТ 31404-86										Форма 3	
Діюл											
Взам											
Подп											
								НУЗП 2114.124.013	2	1	
Розроб	Ілля АМАЄВ			НУЗП	НУЗП 715514.013				М-121сп.1014.1.020		
Перевір	Євген ВИШЕНПОЛЬСЬКИЙ										
Н. контр	Сергій ДЯДЯ				Вал					020	
Найменування операції		Матеріал		Твердість		ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОВД
Токарна з ЧПК		Сталь 40Х		179...189 НВ		1	2,6	φ30×557		3,8	1
Устаткування, пристрій з ЧПК		Позначення програми		Т _о	Т _в	Т _{пз}	Т _{шт}	СОЖ			
Токарний з ЧПК 16К20Ф3				1,995	0,72	19	2,91	3-5% УКРИНОЛ-1			
Р		П	Д або В	L	f	i	s	n	v		
001	1. Встановити, закріпити										
102	ПР: Патрон 7100-0059 ГОСТ 2675-80										
03											
004	2. Обробити по програмі, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4										
105	ВІ: XXXXXX Блок інструментальний										
06	РІ: Різець 2102-0071 Т5К10 ГОСТ 18877-73										
Р07		01	31,35	399	1,4	2	0,4	1000	94,2		
08											
009	3. Перевірити розміри 1, 2, 3, 4 згідно норм контролю										
110	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018										
11	Шаблон спеціальний										
12											
13											
OK	Операційна карта										

ГОСТ 31404-86										Форма 2а		
Дібл												
Взам												
Підп												
										НУЗП 2114.124013	2	
										НУЗП 715514.013	М-121сн.1014.1020 020	
Р					П	Д або В	L	t	L	s	n	v
001	4. Покласти деталь у тару											
Т02	XXXXXX Візок											
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												

OK	Операційна карта									
----	------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

				ГОСТ 3.1105-84				Форма 7			
Дубл.											
Взам.											
Підп.											
								НУЗП 2114.1.24.013		1	1
Розроб.	Ілля АМАЄВ			НУЗП		НУЗП 715514.013		М-121сн.1014.1045			
Перевір.	Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ										
Н. контр.	Сергій ДЯДЯ					Вал				045	

$\sqrt{Ra\ 12,5}$

1.* Розміри для довідок

КЗ	Карта ескізів	
----	---------------	--

ГОСТ 31404-86										Форма 3	
Діюл											
Взам											
Подп											
								НУЗП 2114.124.013	2	1	
Розроб	Ілля АМАЄВ			НУЗП	НУЗП 715514.013				М-121сн.1014.1.045		
Перевір	Евген ВИШЕНПОЛЬСЬКИЙ										
Н. контр	Сергій ДЯДЯ				Вал					045	
Найменування операції		Матеріал		Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОВД	
Фрезерна		Сталь 40Х		179...189 НВ	1	2,6	φ30×557		3,8	1	
Устаткування, пристрій з ЧПК		Позначення програми		Т _о	Т _в	Т _{пз}	Т _{шт}	СОЖ			
Вертикально-фрезерний 6540				0,28	1,02	25	1,37	3-5% УКРИНОЛ-1			
Р		П	Д або В	L	f	i	s	n	v		
001	1. Встановити, закріпити										
T02	ПР: Пристрій спеціальний										
03											
004	2. Фрезерувати лиску, витримуючи розміри 1, 2, 3										
T05	ВІ: XXXXXX Призма										
06	РІ: Фреза 56-1-A-1-50-177 T15K6 ГОСТ 32831-2014										
P07		01	4	44,4	60	1	0,3	500	87,92		
08											
009	3. Перевірити розміри 1, 2, 3 згідно норм контролю										
T10	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018										
11	Шаблон спеціальний										
12											
13											
OK	Операційна карта										

ГОСТ 31404-86										Форма 2а		
Дібл												
Взам												
Підп												
										НУЗП 2114.124013	2	
										НУЗП 715514.013	М-121сн.1014.1045 045	
Р					П	Д або В	L	t	L	s	n	v
001	4. Покласти деталь у тару											
Т02	XXXXXX Візок											
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												

OK	Операційна карта									
----	------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

[illegible]

ГОСТ 31404-86										Форма 3	
Діюл											
Взам											
Подп											
								НУЗП 2114.124.013	2	1	
Розроб	Ілля АМІАЄВ			НУЗП	НУЗП 715514.013			М-121сн.1014.1.050			
Перевір	Євген ВИШЕНПОЛЬСЬКИЙ										
Н. контр	Сергій ДЯДЯ				Вал					050	
Найменування операції		Матеріал		Твердість		ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОВД
Свердильна з ЧПК		Сталь 40Х		179...189 НВ		1	2,6	φ30×557		3,8	1
Устаткування, пристрій з ЧПК		Позначення програми		Т _о	Т _в	Т _{пз}	Т _{шт}	СОЖ			
Вертикально-свердильний з ЧПК 2Р135Ф2		-		0,16	1,16	14	1,42	3-5% УКРИНОЛ-1			
Р		П	Д або В	L	f	i	s	n	v		
001	1. Встановити, закріпити										
Т02	ПР: Пристрій спеціальний з пневмосистемою										
03											
004	2. Обробити по програмі, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5, 6										
Т05	ВІ: XXXXXX Блок інструментальний										
06	РІ: Свердло 2300-6193 Р6М5 ГОСТ 10902-77										
07	РІ: Зенковка 2353-0089 Р6М5 ГОСТ 14953-80										
08	РІ: Мітчик 2621-1223 Р6М5 ГОСТ 3266-81										
Р09		01	5,8	16	2,9	2	0,14	1000	18,21		
10		02	7,8	5	1	2	0,8	355	8,7		
11		03	8	11,75	4	1	1,25	355	8,92		
12											
13											
OK Операційна карта											

ГОСТ 31404-86										Форма 2а	
Дібл											
Взам											
Підп											
										НУЗП 2114.124013	2
										НУЗП 715514.013	М-121сн.1014.1050 050
Р										П	Д або В
										L	t
										L	s
										n	v
001	3. Перевірити розміри 1, 2, 3, 4, 5, 6 згідно норм контролю										
002	Набір спеціальних шаблонів										
003											
004	4. Покласти деталь у тару										
005	XXXXXX Візок										
006											
007											
008											
009											
010											
011											
012											
013											
014											
015											
016											
017											
OK											