

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра комп'ютерної механіки імені Володимира Марцинковського

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Андрій ЗАГОРУЛЬКО
(підпис)

_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 131 Прикладна механіка, освітньо-професійної програми «Комп'ютерний інжиніринг в механіці», на тему: «Використання комп'ютерних технологій при розробці та виготовленні деталей планетарного редуктора».

Здобувача групи КМ-01-2 СЕМЕНЮТИ Андрія Ігоровича.

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Андрій СЕМЕНЮТА
(підпис)

Керівник: доцент, к.т.н., доцент Євген САВЧЕНКО _____
(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра: 95 с., 7 рис., 29 табл., 15 джерел.

Мета роботи: підтвердження ефективності використання комп'ютерних технологій при розробці та виготовленні деталей планетарного редуктора.

Об'єкт дослідження: технологічний процес виготовлення деталей планетарного редуктора.

Предмет дослідження – застосування верстатів з ЧПК в техпроцесі виготовлення деталей планетарного редуктора.

Методи дослідження – технологічна підготовка виробництва, програмування техпроцесу обробки деталей на верстатах з ЧПК, економічний аналіз.

Розроблено сучасний технологічний процес з прогресивними методами обробки на верстаті з ЧПК з застосуванням спеціальних ріжучих та вимірювальних інструментів. Також змінений спосіб отримання заготовки. В базовому техпроцесі отримання заготовки йде через поковку, в пропонованому - через гарячу штамповку. Це дозволило зменшити собівартість заготовки і дає можливість отримувати заготовку максимально наближену за своїми розмірами до розмірів деталі. Базовий технологічний процес був змінений таким чином, що токарно-гвинторізна операція (обробка за два установи) замінюється на дві токарні на верстаті з ЧПК і свердлувальну, де обробка ведеться за один установ, а також токарна на більш старому верстаті з ЧПК замінюється на дві токарні на новому верстаті з ЧПК.

Всі нововведення які були введені в технологічний процес виготовлення деталі «Кришка», спрямовані на зниження собівартості деталі та підвищення конкурентоспроможності виробу в цілому. Отримані результати підтверджені економічними розрахунками, що дозволяє зробити висновок про економічну ефективність розробленого технологічного процесу.

ПЛАНЕТАРНИЙ РЕДУКТОР, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВЕРСТАТИ З ЧПК, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАНЕТАРНОГО РЕДУКТОРА	8
1.1 Опис виробу. Призначення та конструкція редуктора.	8
1.2 Опис деталі.	11
1.3 Характеристика типу виробництва	15
1.4 Вибір і техніко-економічне обґрунтування методу виготовлення заготовки.	17
1.5 Розрахунок припусків аналітичним способом	19
1.6 Розробка технологічного процесу обробки деталі	22
1.7 Розробка операційного технологічного процесу.	31
1.8 Проєктування спеціального оснащення.	41
2 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА	60
1.9 Розрахунок річного приведеного обсягу деталей. Розрахунок норм штучно калькуляційного часу і розцінок.	60
1.10 Розрахунок кількості верстатів та коефіцієнта їх використання.	63
1.11 Розрахунок чисельності персоналу дільниці.	65
1.12 Організація постачання робочих місць на дільниці матеріалами, інструментом.	68
1.13 Організація налагодження обладнання з ЧПК по керуючій програмі.	71
1.14 Обґрунтування прийнятих методів розробки керуючих програм в технологічному процесі, що проєктується.	73
1.15 Організація технічного контролю деталей на дільниці, що проєктується.	78
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	80
3.1 Визначення вартості основних матеріалів.	80
3.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничих робітників і	

	5
розміру їх середньомісячного заробітку.	80
3.3 Розрахунок накладних витрат	83
3.4 Розрахунок повної собівартості і ціни деталі	84
4 РЕЗУЛЬТУЮЧА ЧАСТИНА	86
4.1 Розрахунок економічної ефективності запропонованого технологічного процесу	86
4.2 Техніко-економічні показники діляниці.	92
ВИСНОВКИ	93
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	94

ВСТУП

У сучасному машинобудуванні особливу роль відводять створенню і впровадженню нової техніки в усіх галузях, прискоренню науково-технічного прогресу країни. З переходом України на ринкові відносини різко зросла потреба народного господарства в якісній надійній конкурентоспроможній продукції, виготовленої машинобудуванням та іншими галузями промисловості. Для отримання якісної, конкурентоспроможної продукції на підприємстві впроваджуються передові технології і високопродуктивне прогресивне обладнання.

У зв'язку з гнучким використанням та створенням виробничих комплексів механічної обробки різанням особливого значення набувають верстати з ЧПК. Застосування верстатів з ЧПК, заміна універсального обладнання має особливості і створює певні переваги:

- продуктивність верстата підвищується в 1,5-5 разів у порівнянні з аналогічними верстатами, але з ручним керуванням;
- поєднується гнучкість універсального обладнання з точністю і продуктивністю верстата-автомата, що дозволяє вирішувати питання комплексної автоматизації одиничного і серійного виробництва;
- якісно переозброюється машинобудування на базі сучасної електроніки і обчислювальної техніки;
- знижується потреба у кваліфікованих робітничих кадрах, а підготовка виробництва переноситься в сферу інженерної праці;
- скорочується час пригоночних робіт у процесі складання, так як деталі, виготовлені в одній програмі, є взаємозамінними;
- скорочуються терміни підготовки і переходу на виготовлення нових деталей, завдяки централізованому запису програм і простішій універсальній технологічній оснастці;
- знижується тривалість циклу виготовлення деталей і зменшується запас незавершеного виробництва.

Також новий технологічний процес повинен бути більш прогресивним, ніж старий, і забезпечувати виконання всіх вимог креслення і технічних умов, підвищення продуктивності праці і якості виробу, скорочення трудових і матеріальних витрат на його реалізацію технологічний процес повинен відповідати вимогам техніки безпеки і промислової санітарії, викладеним в системі стандартів безпеки праці. Також розробці нового технологічного процесу в центрі уваги повинні бути питання екології.

Мета даної роботи: підтвердження ефективності використання комп'ютерних технологій при розробці та виготовленні деталей планетарного редуктора.

Основні поставлені задачі:

- виконати аналіз технологічного процесу виготовлення деталей планетарного редуктора;
- розробити сучасний технологічний процес з прогресивними методами обробки на верстатах з ЧПК з застосуванням спеціальних ріжучих та вимірювальних інструментів;
- виконати економічні розрахунки для підтвердження економічної ефективності розробленого технологічного процесу

1 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАНЕТАРНОГО РЕДУКТОРА

1.1 Опис виробу. Призначення та конструкція редуктора

Редуктор служить для забезпечення зниження передачі і підвищення крутного моменту. Для забезпечення роботи цього механізму вал, що обертається, приєднується до його веденого елемента. Цей пристрій у класичному виконанні складається з черв'ячних або зубчастих пар, підшипників, різних ущільнень, сальників і т. д. Прикладом планетарного редуктора є кульковий підшипник. Корпус пристрою складається із двох елементів: кришка і основа.

Змащення всіх складових елементів цього пристрою проводиться шляхом розбризкування масла, але в деяких особливих пристроях це здійснюється за допомогою масляного насоса в примусовому порядку.

Порівняно з традиційними редукторами можна виділити наступні переваги, які має цей пристрій: вони можуть створювати величезні передавальні відношення швидкостей за невисокої кількості шестерень. Шестерні механізму мають невеликий розмір завдяки їх кількості. Так, одне масивніше колесо розподіляє рівномірно навантаження по кількох сателітах. З цього випливає, що пристрій виходить невеликим і громіздким. Однак, розрахунок та практика показують, що при високих передавальних числах працездатність та коефіцієнт корисної дії сильно знижуються. І як висновок всього вищесказаного, основними перевагами є:

- великі передавальні числа;
- невисока маса;
- відносна компактність;
- його можна лагодити та збирати своїми руками.

Такі переваги вимагають відповідного виготовлення. Починаючи з розрахунку, проектування та закінчуючи виготовленням – все має бути точним.

Хто і коли першим вигадав можливість з'єднувати за рахунок зубців кілька коліс і обертати їх одне за рахунок одного — невідомо, але ця людина створила невелику революцію. Так з'явилася перша шестерня. Принцип шестерної передачі енергії руху можна вважати революційним у розвитку промисловості.



Рисунок 1 - Планетарний редуктор

Конструкція двоступінчастого планетарного редуктора складається з наступних елементів:

- корпус редуктора, виготовлений з чавуну;
- вінець другого ступеня, виконаний із сталі. Встановлюється усередину корпусу редуктора;
- водило другого ступеня;
- сателіти;
- підшипники, що встановлюються в сателіти, які монтуються у зібраному вигляді в корпус водила другого ступеня;
- осі сателітів;

- верхні стопорні кільця, що встановлюються на осях, сателіти фіксуються осями у корпусі водила;
- на осі сателітів встановлюються нижні стопорні кільця;
- підшипник, який закріплюється зсередини задньої частини корпусу, у ньому розташований вал водила другого ступеня.

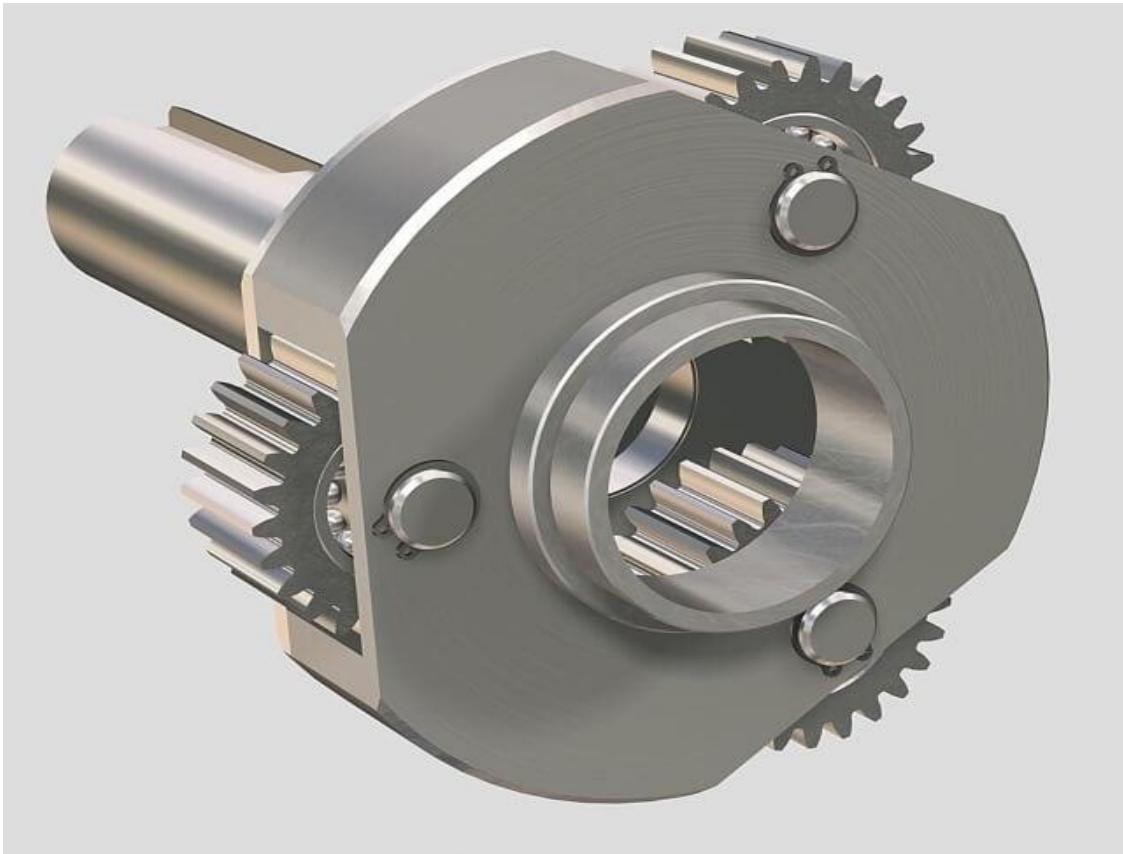


Рисунок 2 - Вал водила другого ступеня

На валі водила другого ступеня закріплюються такі деталі:

- дистанційна втулка;
- підшипник;
- стопорне кільце;
- упорне кільце;
- сальник;
- прокладання;
- кришка наскрізна, що фіксується болтами.

1.2 Опис деталі

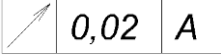
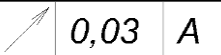
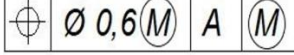
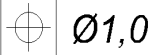
1.2.1 Аналіз поверхонь деталі

Деталь “Кришка“ являє собою тіло обертання з відношенням $\frac{l}{d} = \frac{45}{262} = 0,17$. Маса деталі становить 4,85 кг, деталь виготовлена з Сталі 35.

Найбільш точною поверхнею є зовнішня торцева поверхня js6.

Найбільш якісними поверхнями є Ra 1,6, зовнішня торцева поверхня d 15, внутрішня торцева поверхня d 25, Внутрішня торцева поверхня d 230, зовнішня циліндрична поверхня l 4,6, отвір d 7, R 0,6, d 2. Результати аналізу зведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Аналіз поверхонь деталі

Характер поверхонь	К-сть поверхонь	Розмір	Точність	Якість	Інші вимоги
Зовнішні торц. пов.					
l 45	1	45	h 14	Ra 3,2	
l 30	1	30	h 14	Ra 3,2	
l 15	1	15	h 14	Ra 1,6	
l 4,6	1	4,6	H 14	Ra 3,2	
Внутрішня торц. пов.	1	l 25	h 14	Ra 1,6	
Зовнішні цил. пов.					
d 16	1	16	H 14	Ra 1,6	
d 126	1	126	H 14	Ra 3,2	
d 100	1	100	i 7	Ra 3,2	
d 262	1	262	H 14	Ra 3,2	
d 230	1	230	js 6	Ra 1,6	
Фаски					
1x45°	5	1	H 14	Ra 3,2	
0,5x45°	1	0,5	H 14	Ra 3,2	
Галтель	1	R 5	H 14	Ra 3,2	
Отвори					
Отвір	12	d 9, d 245	h 14	Ra 3,2	
отвір М8-7Н	2	d8, l3, 30°±1°, 90°+3°	7Н	Ra 3,2	

Продовження таблиці 1.1

Характер поверхонь	К-сть поверхонь	Розмір	Точність	Якість	Інші вимоги
Отвір	2	d 14, l 10	h 14	Ra 3,2	
отвір	1	d 10, d 12	H 16	Ra 3,2	
отвір	1	d 10, d 6, 110, 30°±1°	h14, h 14, h 14	Ra 6,3, Ra 6,3, Ra 3,2	
отвір М6-7Н	6	M6, l 112	7H	Ra 3,2	
Торцева проточка		l218, l110, d23(15°±1°), R5 R3	H14, H14, h14, H14, H14	Ra 3,2	
Торцева проточка		l218, l110, d23(15°±1°), R5, R3	H14, H14, h14, H14, H14	Ra 3,2	
Різьба	1	12	H 16	Ra 3,2	Різьба
Канавка	1	d3, 90°	h 14	Ra 3,2	Канавка
Канавка	1	17, R0, 6, l2	H 14	Ra 1,6	Канавка

1.2.2 Аналіз технологічності

Матеріал деталі – конструкційна вуглецева сталь 35 ГОСТ 1050-2013. Її хімічний склад, механічні та фізичні властивості наведено в табл. 1.2, 1.3 і 1.4..

Таблиця 1.2 - Хімічний склад сталі 35 ГОСТ 1050-2013 , у відсотках

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.32-0.40	0.17-0.37	0.50-0.80	≤0.30	≤0.035	≤0.030	≤0.25	≤0.30	≤0.08

Таблиця 1.3 - Механічні властивості сталі 35 ГОСТ 1050-2013

Стандарт	Межа плинності, МПа	Тимчасовий опір розриванню, МПа	Відносне подовження, %	Відносне звуження, %
ГОСТ 1050	315	530	20	45

Таблиця 1.4 – Фізичні властивості сталі 35 ГОСТ 1050-2013

T	E 10 ⁻⁵	α 10 ⁶	λ	ρ	C	R 10 ⁹
град	МПа	1/град	Вт/(м*град)	(кг/м ³)	(Дж/(кг*град))	(ОМ*м)
20	2.06			7826		
100	1.97	12	49	7804	469	251
200	1.87	12.9	49	7771	490	321
300	1.56	13.6	47	7737	511	408
400	1.68	14.2	44	7700	532	511
500		14.6	41	7662	553	629
600		15	38	7623	578	759
700		15.2	35	7583	611	922
800		12.7	29	7600	708	1112
900		13.9	28	7549	699	1156

1.2.3 Базування та закріплення

Деталь має зручні поверхні для закріплення та базування деталі, це внутрішні та зовнішні циліндри. Деталь можна закріпити в кулачковому патроні для обробки на токарному верстаті, або в тисках для обробки на свердлильному верстаті. Це робить деталь технологічною, щодо закріплення та базування.

1.2.4 Простановка розмірів

Таблиця 1.5

Вимірювальний інструмент	Поверхня
Шаблон	R5; R3; R0,6
Мікрометр	D146
Нутрометр	L 25 , D262 , D112 D245
Контрольний гвинт	M6-7H , M8-7H

Кутомір	$15^{\circ} \pm 1^{\circ}, 30^{\circ} \pm 1^{\circ}$
Штангенциркуль	інші поверхні

Деталь є технологічною через зручність контролю розмірів.

1.2.5 Методи отримання заготовки

Заготовку краще виготовляти методом штампованої поковки, це не технологічно, якщо деталь має малу серійність виробництва (через велику вартість виготовлення форми для цієї заготовки)

1.2.6 Нетехнологічні конструктивні елементи

Деталь має нетехнологічні конструктивні елементи такі як: торцеві проточки, глухі отвори, різьбові отвори, конусні поверхні, ступінь діаметром 14 в отворі та галтелі.

Торцева проточка, глухі отвори та різьбові отвори є нетехнологічним конструктивним елементом, тому що потребують високої точності під час обробки. Метод зняття нетехнологічності: придбання верстату з ЧПК.

Кількісна оцінка

$$K_T = 1 - \left(\frac{1}{A_{cp}}\right) \geq 0,7 \text{ де } A_{cp} - \text{середній параметр точності} \quad (1.1)$$

$$K_u = \frac{1}{B_{cp}} \leq 0,32 \text{ де } B_{cp} - \text{середній параметр шорсткості} \quad (1.2)$$

$$A_{cp} = \frac{\Sigma_{IT}}{\Sigma_n} = \frac{(14*23)+(7*3)+(16*3)+(6*1)+(9*1)}{31} = 13,09 \quad (1.3)$$

$$B_{cp} = \frac{(22*3,2)+(1,6*5)+6,3}{31} = 2,73 \quad (1.4)$$

$$K_T = 1 - \left(\frac{1}{13,09}\right) = 0,92 \geq 0,7 \quad (1.5)$$

$$K_u = \frac{1}{2,73} = 0,36 \geq 0,32 \quad (1.6)$$

1.3 Характеристика типу виробництва

Тип виробництва визначається в залежності від маси деталі, і кількості деталей, що випускаються на протязі року.

Виходячи з програми випуску деталей на рік $N_p=35000$ шт/рік визначаємо тип виробництва деталі - середньосерійний.

Середньосерійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються або ремонтуються, періодично повторюваними партіями і порівняно великим обсягом випуску і є основним типом сучасного машинобудівного виробництва. Підприємствами цього типу випускається в даний час 75-80% всієї продукції машинобудування України. За технологічним та виробничим характеристикам середнє серійне виробництво займає проміжне місце між одиничним і масовим виробництвом.

У середньосерійному типі виробництва використовуються універсальні і спеціалізовані, частково спеціальні верстати, які розташовуються в послідовності технологічного процесу для однієї або декількох деталей, що вимагають однакового порядку обробки, в тій же послідовності утворюється і рух деталей.

Виробництво йде партіями, причому деталі кожної партії можуть дещо відрізнятися одна від одної розмірами або конструкцією, допускають обробку на одному і тому ж обладнанні. Тому часто для перевірки точності деталі використовують штангельциркуль, нутромір, калібр-скобу. Виробничий процес ведеться таким чином, що після виконання обробки заготовок на одній операції проводиться обробка цієї ж партії на наступній операції.

При середньосерійному типі виробництва широко використовуються верстати з числовим програмним керуванням, обробні центри, а так само знаходять застосування гнучкі автоматичні системи верстатів з ЧПК. Планування має відповідати питанням здійснення технологічних процесів, організації виробництва і економіки, техніки безпеки, вибору транспортних засобів, механізації та автоматизації виробництва, наукової організації праці та виробничої естетики. У плануванні враховують такі основні вимоги: устаткування в цеху розміщене відповідно до прийнятої організаційною формою

технологічних процесів. При цьому розташоване виробниче обладнання в порядку послідовності виконання технологічних операцій обробки, контролю і здачі деталей або виробів.

Розташування обладнання, проходів та проїздів гарантує зручність і безпеку роботи; можливість монтажу, демонтажу та ремонту обладнання; зручність подачі заготовок і інструментів; зручність прибирання відходів.

Планування обладнання ув'язане з підйомно-транспортними засобами. У плануванні обладнання передбачені найкоротші шляхи переміщення заготовок, деталей, вузлів в процесі виробництва, що виключають поворотні рухи.

Вантажопотоки не повинні перетинатися між собою, а також не перетинати і не перекривати основні проїзди, проходи і дороги, призначені для руху людей. Також передбачено можливість перестановки обладнання при зміні технологічних процесів. На плануванні передбачено робочі місця для керівного інженерно-технічного персоналу. При плануванні на ділянці раціонально використана площа, весь обсяг цеху і корпусу. Висота будівлі використана для розміщення підвісних транспортних пристроїв, для розміщення прохідних складів деталей і вузлів, інженерних комунікацій і т. п.

Переналагодження верстатів, пристосувань і інструментів, а також перебудова виробничого процесу при переході на обробку інших різновидів подібних деталей забезпечуються попередньою технологічною підготовкою.

Середня кваліфікація робітників при середньому типі виробництва вище, ніж в масовому виробництві, але нижче, ніж в одиничному. Поряд з робітниками високої кваліфікації, які працюють на складних універсальних верстатах і налагоджують їх використовуються робочі - оператори невисокої кваліфікації, що працюють на настроєних верстатах.

Технологічна документація та технічне нормування докладно розробляються для найбільш складних і відповідальних заготовок при одночасному застосуванні спрощеної документації та дослідно-статистичного нормування найпростіших заготовок.

1.4 Вибір і техніко-економічне обґрунтування методу виготовлення заготовки

Базовий спосіб отримання заготовки – поковка штампована на молотах IVгр. ГОСТ 25054-81

Використовуючи ГОСТ 7505-89, визначаємо:

Клас точності – Т2 (табл.19)

Група сталі – М1 (табл. 1)

Ступень складності – С – (додаток 2) визначається в залежності від чисельності значення відношення M_{Π}/M_{Φ} .

де: M_{Π} - розрахункова маса поковки

$$G_{\Pi} = M_d \cdot K_p$$

G_d - маса деталі $M_d = 4,85$ кг.

K_p - розрахунковий коефіцієнт $K_p = 1,5$ (табл. 20).

$$G_{\Pi} = 4,85 \cdot 1,5 = 7,27(\text{кг}).$$

G_{Φ} - маса фігури, що описує деталь

Маса геометричної фігури (циліндра) визначається за формулою:

$$G_{\Phi} = \rho \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H \quad (1.7)$$

де D - діаметр циліндра (найбільший діаметр деталі), $D=0,262$ Н

- висота циліндра (довжина деталі), $H=0,45$ м

$$G_{\Phi} = 7826 \times \frac{3,14 \times (0,262 \times 1,05)^2}{4} \times (0,45 \times 1,05)^2 = 103,79 \text{ кг}$$

Тоді відношення фігур $G_{\Pi}/G_{\Phi}=7,27/103,79=0,07$ Ступінь

складності – С4 (с.30, додаток 2) Вихідний індекс – 13 (с.10, таблиця 2)

Основні припуски на розміри (на сторону), мм:

2,5 – діаметр 262 мм і шорсткість поверхні $R_a = 3,2$ мкм;

2,0 – діаметр 100 мм і шорсткість поверхні $R_a = 3,2$ мкм;

1,8 – довжина 45 і шорсткість поверхні $R_a = 3,2$ мкм;

2,0 – діаметр 126 мм і шорсткість поверхні $R_a = 3,2$ мкм;

1,8 – довжина 23 і шорсткість поверхні $Ra = 3,2$ мкм;

2,0 – діаметр 218 мм і шорсткість поверхні $Ra = 1,6$ мкм;

2,0 – діаметр 230 мм і шорсткість поверхні $Ra = 1,6$ мкм;

1,8 – довжина 25 і шорсткість поверхні $Ra = 1,6$ мкм;

Додаткові припуски, що враховують:

- зсув по поверхні рознімання штампа - 0,3 мм (с.14, таблиця 4);

- зігнутість, відхилення від площинності і прямолінійності – 0,4 мм (с.14, таблиця 5).

Розміри поковки, мм:

діаметр $262+(2,5+0,3)*2=267,6$ мм приймається 268 мм;

діаметр $100-(2,0+0,3)*2=95,4$ мм приймається 95 мм;

діаметр $126+(2,0+0,3)*2=130,6$ мм приймається 131 мм;

діаметр $218-(2,0+0,3)*2=212,6$ мм приймається 213 мм;

діаметр $230-(2,0+0,3)*2=224,6$ мм приймається 225 мм;

довжина $45+(1,8+0,3)+(1,8+0,3+0,4)=50,25$ мм приймається 50 мм;

довжина $15+(1,8+0,3)+(1,8+0,3+0,4)=20,25$ мм приймається 20 мм;

довжина $25+(1,8+0,3)+(1,8+0,3+0,4)=29,6$ мм приймається 30 мм;

Результати розрахунків припусків і допуски з граничними відхиленнями розмірів зведені в таблицю 1.6.

Таблиця 1.6

Розмір поверхні	Ra	Основний припуск	Додатковий припуск	Допуск	Розрахунковий розмір	Прийнятий розмір	Фактичний припуск
d=262	3,2	2,5	0,3	$3,6^{+2,4}_{-1,2}$	267,8	$268^{+2,4}_{-1,2}$	3
D=100	3,2	2,0	0,3	$2,8^{+1,8}_{-1,0}$	95,4	$95^{+1,8}_{-1,0}$	2,5
d=126	3,2	2,0	0,3	$3,2^{+2,1}_{-1,1}$	130,6	$131^{+2,1}_{-1,1}$	2,5
d=218	1,6	2,0	0,3	$3,2^{+2,1}_{-1,1}$	212,6	$213^{+2,1}_{-1,1}$	2,5
d=230	1,6	2,0	0,3	$3,2^{+2,1}_{-1,1}$	224,6	$225^{+2,1}_{-1,1}$	2,5
L=45	3,2	1,8+1,8	0,3	$3,6^{+2,4}_{-1,2}$	50,25	$50^{+2,4}_{-1,2}$	3,5
L=15	3,2	1,8+1,8	0,3	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	20,25	$20^{+1,6}_{-0,9}$	3,5
L=25	1,6	1,8+1,8	0,3	$2,2^{+1,4}_{-0,8}$	29,6	$30^{+1,4}_{-0,8}$	3,5

1.5 Розрахунок припусків аналітичним способом

Згідно завдання ведеться розрахунок припусків для поверхні d230 js6

Призначаємо маршрут обробки поверхні:

1. Заготівельна IT15^{+1,2}_{-1,6}
2. Чорнове точіння h14⁰_{-1,15}
3. Напівчистове точіння h9⁰_{-0,115}
4. Чистове точіння h7⁰_{-0,046}
5. Оздоблювальне точіння js6^{+0,0145}_{-0,0145}

Величина мінімального припуску при обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь (двосторонній припуск) визначається за формулою:

$$2Z_{\text{mini}} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \quad (1.8)$$

де Rz_{i-1} - висота мікронерівностей профілю на попередньому переході (операції), мкм;

h_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході (операції) (обезуглероженний або виділений шар), мкм;

ρ_{i-1} - сумарні значення просторових відхилень форми на попередньому переході (операції), мкм;

ε_{yi} - похибка установки заготовки на виконуваному переході (операції), мкм.

Таблиця 1.7

Стадія	Rz	h	ρ	ε
Заготівельна	250	250	1250	—
Чорнова	120	120	700	370
Напівчистова	70	70	120	125
Чистова	35	35	40	80
Оздоблювальна	16	16	100	8

Виведення розрахункових формул:

Оздоблювальна стадія:

$$d_{\min \text{озд.}} = d_{\text{номозд.}} - e_i \quad (1.9)$$

$$d_{\min \text{озд.}} = 230 - 0,0145 = 229,9855 \text{ мм}$$

$$d_{\text{номозд.}} = 230 \text{ мм}$$

$$d_{\max \text{озд.}} = d_{\text{номозд.}} + e_s \quad (1.10)$$

$$d_{\max \text{озд.}} = 230 + 0,0145 = 230,0145 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min \text{озд.}} = 2 * (35 + 35 + \sqrt{40^2 + 8^2}) = 221 = 0,221$$

Чистова стадія:

$$d_{\min \text{чист}} = d_{\max \text{озд.}} + 2Z_{\min \text{озд.}} \quad (1.11)$$

$$d_{\min \text{чист}} = 230,0145 + 0,221 = 230,2355$$

$$d_{\text{номчист}} = d_{\max \text{чист}} = d_{\min \text{чист}} + e_i \quad (1.12)$$

$$d_{\text{номчист}} = 230,2355 + 0,046 = 230,2815 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min \text{чист}} = 2 * (70 + 70 + \sqrt{120^2 + 80^2}) = 568 \text{ мкм} = 0,568 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max \text{чист}} = 2Z_{\min \text{чист}} + Td_{\text{чист}} + Td_{\text{н/ч}} \quad (1.13)$$

$$2Z_{\max \text{чист}} = 0,568 + 0,046 + 0,115 = 0,729 \text{ мм}$$

Напівчистова:

$$d_{\min \text{н/ч}} = d_{\max \text{чист}} + 2Z_{\min \text{чист}} \quad (1.14)$$

$$d_{\min \text{н/ч}} = 230,2815 + 0,568 = 230,8495 \text{ мм}$$

$$d_{\text{номн/ч}} = d_{\max \text{н/ч}} = d_{\min \text{н/ч}} + e_{i\text{н/ч}} \quad (1.15)$$

$$d_{\max \text{н/ч}} = 230,8495 + 0,115 = 230,9645 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min \text{н/ч}} = 2 * (120 + 120 + \sqrt{700^2 + 125^2}) = 1902 \text{ мкм} = 1,902 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max \text{н/ч}} = 2Z_{\min \text{н/ч}} + Td_{\text{н/ч}} + Td_{\text{чорн}} \quad (1.16)$$

$$2Z_{\max \text{н/ч}} = 1,902 + 0,115 + 1,15 = 3,167 \text{ мм}$$

Чорнова:

$$d_{\max \text{чорн}} = d_{\min \text{н/ч}} + 2Z_{\min \text{н/ч}} \quad (1.17)$$

$$d_{\min \text{чорн}} = 230,9645 + 1,902 = 232,8665 \text{ мм}$$

$$d_{\text{номчорн}} = d_{\max \text{чорн}} = d_{\min \text{чорн}} + e_{i\text{чорн}} \quad (1.18)$$

$$d_{\max \text{чорн}} = 232,8665 + 1,15 = 234,0165 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min \text{чорн}} = 2 * (250 + 250 + \sqrt{1250^2 + 370^2}) = 3607 \text{ мкм} = 3,607 \text{ мм}$$

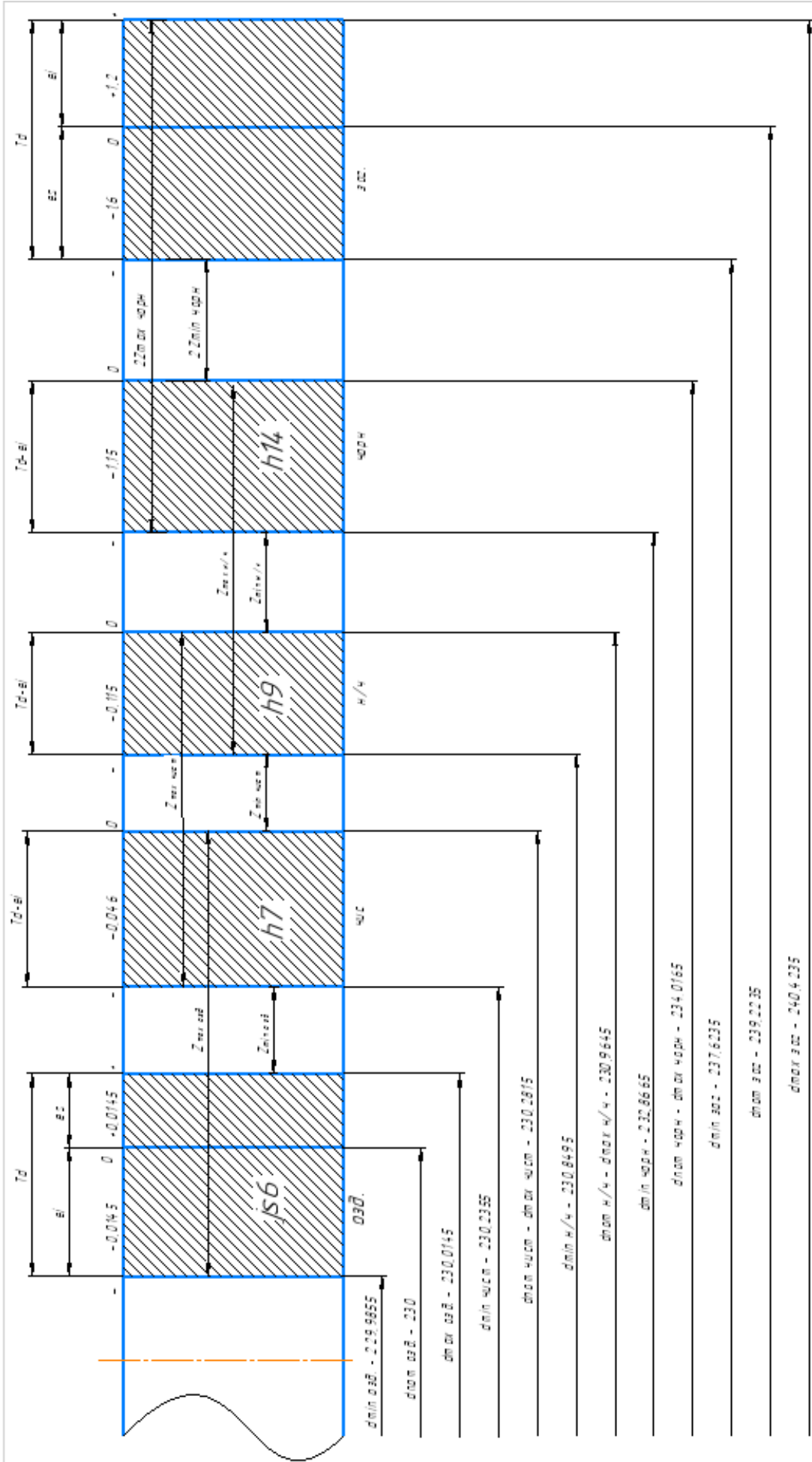


Рисунок 3 - Схема розташування полів допусків, міжопераційних припусків та розмірів на поверхню $\varnothing 585H7$

$$2Z_{\max \text{ чорн}} = 2Z_{\min \text{ чорн}} + Td_{\text{чорн}} + Td_{\text{заг}} \quad (1.19)$$

$$2Z_{\max \text{ чорн}} = 3,607 + 1,15 + 8,000 = 12,757 \text{ мм}$$

$$\text{Заготовка: } d_{\min \text{ заг}} = d_{\max \text{ чорн}} + 2Z_{\min \text{ чорн}} \quad (1.20)$$

$$d_{\min \text{ заг}} = 234,0165 + 3,607 = 237,6235 \text{ мм}$$

$$d_{\text{ном заг}} = d_{\min \text{ заг}} + ei_{\text{заг}} \quad (1.30)$$

$$d_{\text{ном заг}} = 237,6235 + 1,6 = 239,2235 \text{ мм}$$

$$d_{\max \text{ заг}} = d_{\text{ном заг}} + es_{\text{заг}} \quad (1.31)$$

$$d_{\max \text{ заг}} = 239,2235 + 1,2 = 240,4235 \text{ мм}$$

1.6 Розробка технологічного процесу обробки деталі

Виходячи з того, що дипломний проект орієнтований на обробку деталей в умовах серійного виробництва, бажано використовувати як принципи диференціації техпроцесу, де операції чорнової, напівчистої і чистої обробки розділяються і виконуються на різному устаткуванні відповідної точності, так і принцип концентрації операцій свердлильно-фрезерної груп на багатоцільовому устаткуванні, по можливості, з одного установу, що забезпечить точне взаєморозташування поверхонь, при їх обробці, від вимірювальних баз.

Крім цього, механічна обробка може багаторазово перериватися операціями термообробки і контролю. Тому, на початку проектування за допомогою довідкової літератури необхідно визначити послідовність методів обробки кожної поверхні, необхідних для досягнення заданих розмірів, фізико-механічних параметрів поверхонь.

Для забезпечення високої якості і продуктивності виробництва, зниження собівартості, технологічний процес рекомендується розділяти на стадії обробки: чорнова, напівчистова, чистова і виконувати обробку в зазначеній послідовності, з огляду на наступні вимоги:

- в першу чергу обробляються поверхні, які на другій операції виконують роль чистових баз;

- потім обробляються поверхні з максимальним припуском і напуском, оскільки при цьому використовуються значні сили закріплення і підвищені режими різання;

- далі обробляються поверхні, при формуванні яких можуть виявитися дефекти заготовки, а так само присутня велика ймовірність появи браку завдяки важким умовам механічної обробки;

- останніми обробляються найбільш точні поверхні;

- після термічної обробки обов'язково планується чистова обробка точних поверхонь.

Після операцій механічної обробки потрібно передбачити контрольні операції, що виконуються на цьому ж робочому місці виконавцем.

Після кожної групи однотипних операцій доцільно запропонувати контрольну операцію, виконувану контролером ВТК.

Після того, як визначена послідовність операцій маршрутного технологічного процесу, складається порівняльна таблиця 1.8, яка дає можливість наглядно побачити відмінності базового та пропонованого

Таблиця 1.8 - Порівняння базового і пропонованого технологічних процесів

Базовий технологічний процес			Пропонований технологічний процес		
№ операції	Назва операції	Обладнання	№ операції	Назва операції	Обладнання
1	2	3	4	5	6
005	Ковальська		005	Заготівельна	Стіл ВТК
010	Термічна	Термопіч	010	Термічна	Термопіч
015	Токарна	ARIX NCL 30	015	Токарно-гвинторізна	HAAS ST 15
020	Токарна	ARIX NCL 30	020к	Контроль ВТК	Стіл ВТК
025	Розмітна		025	Токарна ЧПК	HAAS ST 15
030	Свердлильна	2Г125	030	Токарна ЧПК	HAAS ST 15
035	Маркувальна		035к	Контроль ВТК	Стіл ВТК
040	Контроль ВТК	Стіл ВТК	035	Свердлування ЧПК	DT-1
045	Слюсарна		045	Слюсарна	
			050	Контроль ВТК	Стіл ВТК

1.6.1 Методи забезпечення технічних умов виготовлення деталі

Забезпечення точності:

Класифікуємо поверхні деталі на наступні категорії:

- 1) Точні поверхні (6-7 квалітет)
- 2) Грубі поверхні (10-16 квалітет)

Таблиця 1.9 - Методи досягнення точності

Категорія поверхні	Метод досягнення
Точні поверхні d230 js6 d100 js7	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове
Різьбові отвори M8-7H M6-7H	Різьбонарізання
Грубі поверхні Отвір D6 D9 D8	Свердлування
Решта поверхонь	Чорнове точіння, або розточування

Дотримання вимог шорсткості:

Дотримання вимог шорсткості поверхонь забезпечується в першу чергу вибором оптимальних режимів різання (глибина різання, подача), правильним підбором геометрії ріжучого інструменту (радіус при вершині, кути в плані), жорсткістю технологічної системи ВПД, наявністю змащувально-охолоджувальної рідини.




Класифікуємо поверхні деталі на наступні категорії:

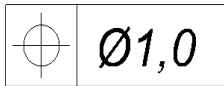
- 1) Точні поверхні (0,8-1,6 квалітет)
- 2) Середні поверхні (3,2-6,3 квалітет)

Таблиця 1.10 – Методи досягнення шорсткості

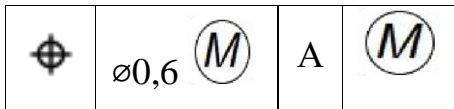
Шорсткість 1	Метод досягнення і інструмент
Точні поверхні	
Зовн.торц.пов. 115 Ra 1,6	Точіння чистове, різець токарний
Внутр.торц.пов. 125 Ra 1,6	Розточування чистове, різець розточний
Зовн.цил.пов. d16 Ra 1,6 d230 Ra 1,6	Точіння чистове, різець токарний
Канавка 17, 12 Ra 1,6	Точіння чистове, канавочний різець
Середні поверхні	
Зовн.торц.пов. 145 Ra 3,2 130 Ra 3,2 14,6 Ra 3,2	Точіння напівчистове, різець токарний
Зовн.цил.пов. d126 Ra 3,2 d100 Ra 3,2 d262 Ra 3,2	Точіння чистове, різець токарний
Різьбові отвори M8-7H Ra 3,2 M6-7H Ra 3,2	Різьбонарізання, мітчик
Торцева проточка 1218 Ra 3,2	Точіння напівчистове, канавочний різець
Канавки d3 Ra 3,2	Точіння напівчистове, канавочний різець
Отвори d10 Ra 6,3 d14 Ra 3,2 D9 Ra 3,2 D8 Ra 3,2 D6 Ra 6,3	Свердлування, свердло спіральне

Допуски форми і розташування:

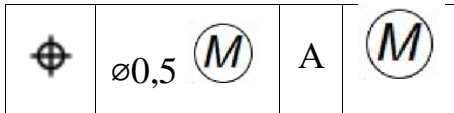
	0,02	A	- допуск радіального биття діаметром 25 відносно бази A що являє собою діаметр 230 і складає 0,02;
	0,05	A	- допуск радіального биття діаметром 25 відносно бази A що являє собою діаметр 230 і складає 0,05;
	0,03	A	- допуск радіального биття діаметром 7 відносно бази A що являє собою діаметр 230 і складає 0,03;



- позиційний допуск поверхні отвору М8-7Н , що складає d1;



-позиційний допуск поверхні отвору діаметром 9 , відносно бази А , що складає d=0,6;



- позиційний допуск поверхні отвору м6-7Н , відносно бази А , що складає d=0,5.

На даній деталі потрібно строго витримувати жорсткі допуски форми та взаємного розташування поверхонь. Допуски радіального биття складають 0,02, 0,03 та 0,05 мм і проставлені від однієї бази.

Забезпечити ці допуски можна використавши принципи постійності та сумісності баз: так як база А є вимірювальною та технологічною базою, то обробку поверхонь, до яких проставлені допуски радіального биття потрібно проводити одночасно з обробкою бази А, а якщо це не можливо, то чистову обробку точних поверхонь проводити від бази А, або від однієї з точних поверхонь, що була отримано разом з нею використовуючи розточені сирі кулачки, що мінімізують биття.

Позиційний допуск не грубий. Витримати цей допуск можна при виборі правильного оснащення для базування та жорсткій системі ВПД.

Твердість.

Вид і режим термічної обробки залежать від її призначення, хімічного складу матеріалу поковки, від габаритів і товщини оброблюємої поковки. На кресленні деталі задані такі технічні вимоги:

Го. II НВ 143-179 ГОСТ 8479-70 - запис в технічних вимогах означає, що поковка II групи поковок, згідно ГОСТу твердість поковки 143 – 179 НВ.

1.6.3 Скорочений опис пропонованого маршрутного технологічного процесу

005 Заготівельна

Спосіб отримання заготовки – поковка штампована на кривошипних гарячештамповочних пресах (КГШП).

Кривошипні гарячештамповочні преси (КГШП) призначені для виконання різних технологічних процесів гарячого штампування з сортового металу: відкритого і закритого штампування, гарячого пресування і т.д., в умовах серійного і масового виробництва.

010 Термічна

За техпроцесом термічних робіт виконати термічне загартовування

015 Токарно-гвинторізна

Обладнання: верстат токарний HAAS ST 15

Оснащення:

Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80;

Встановити, перевірити, закріпити. З переустановкою точити з припуском 2мм на сторону по всім поверхням.

Ріжучий інструмент:

Різець PCLNR4040S16 BK8.

РН№1: Різець токарний з механічним кріпленням піджимом ричагом через отвір твердосплавної неперетачуваної ромбичної пластинки з ріжучою кромкою 16 мм та кутом в плані 95 °, задній кут пластинки 0 °, правий, розріз НхВ=40х40 мм, довжиною 250 мм. Матеріал пластинки - твердий сплав марки BK8.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,05 ГОСТ 166-89

Набір зразків шорсткості (СТАЛЬ) ГОСТ 9378-93

Таблиця 1.12 - Технічна характеристика верстата мод. HAAS ST 15

Станина	
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм	419
Найбільша висота оброблюваної заготовки, мм	305
Шпіндель	
Максимальна частота обертання шпинделя, об/хв	4 000
Максимальний момент, що крутить, на шпинделі, Нм	203
Максимальний діаметр обробленого прутка, мм	63,5
Діаметр трикулачкового гідравлічного патрона, мм	210
Поперечина	
Хід поперечини, мм	300
Швидкість переміщення поперечини, м/хв	0,45
Верхній супорт	
Хід супорта по горизонталі, мм	350
Хід повзуна супорту по вертикалі, мм	120
Найбільше допустиме зусилля різання, кН	16,5
Найбільший кут повороту повзуна, град.	±45
Кількість позицій револьверної головки	5
Привод подач	
Діапазон подач супортів, мм/об	0,03 - 12,5
Кількість подач супортів	18
Швидкість прискорених переміщень супортів мм/хв	2 000
Габаритні розміри верстату, мм	3200x2108x1803
Маса верстату, кг	3700

020К Контроль ВТК

Перевірити розміри та шорсткість оброблених поверхонь згідно ескізу
ВСП.МФКСумДУ.ДП 15.03МТП (операція 015 Токарно-гвинторізна)

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-630-0,1-1 ГОСТ 166-89

Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93;

025 Токарна з ЧПК

Обладнання: верстат токарний HAAS ST 15

Оснащення:

Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80;

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-630-0,1-1 ГОСТ 166-89

Штангенциркуль ШЦЦ-І-125-0,01 ГОСТ 166-89

Міритель для виміру фасок 45град. М5-350.00.00-02;

Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93;

Набір зразків шорсткості (СТАЛЬ) ГОСТ 9378-93;

Встановити за поверхню(кресл. $\varnothing 126$), перевірити, закріпити.

Підрізати торець. Точити поверхні: $\varnothing 262$, $\varnothing 230$ js 6, витримавши розмір 15мм; канавку $\varnothing 7 \times 4,6$, витримавши розмір 2мм. Підрізати торець $\varnothing 110/\varnothing 100$ J7 , витримавши розмір 20мм(кресл. 45-25). Розточити: поверхню $\varnothing 218/\varnothing 110$, витримавши розмір 23мм. кут $15^\circ \pm 1^\circ$, R5, R3; отв. $\varnothing 100$ J7. Точити і розточити фаски, гострі кромки притупити фаскою $0,5 \times 45^\circ$.

030 Токарна з ЧПК

Переустановити в сирі кулачки за поверхню $\varnothing 230$ js 6, виставити по отвору $\varnothing 100$ J7 з точністю до 0,02 мм, закріпити. Підрізати торець, витримавши розміри 45мм, 25мм. Точити поверхню $\varnothing 126$ з підрізанням торця $\varnothing 262/\varnothing 126$ витримавши розмір 30мм і R5. Точити і розточити фаски.

Обладнання: верстат токарний HAAS ST 15

Оснащення:

Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80;

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-630-0,1-1 ГОСТ 166-89

Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,01 ГОСТ 166-89

Міритель для виміру фасок 45град. М5-350.00.00-02;

Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93;

Набір зразків шорсткості (СТАЛЬ) ГОСТ 9378-93;

035К Контроль ВТК

Перевірити розміри та шорсткість оброблених поверхонь згідно ескізу
СумДУМКОДП15.03МТП

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-630-0,1-1 ГОСТ 166-89

Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,01 ГОСТ 166-89

Міритель для виміру фасок 45град. М5-350.00.00-02;

Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93;

040 Свердлувальна з ЧПК

Обладнання: верстат сверлильний ДТ-1

Сверло 2300-0041 $\varnothing 6$ ГОСТ 886-77

Сверло 2300-6958 $\varnothing 4,6$ ГОСТ 886-77

Сверло 2300-2168 $\varnothing 9$ ГОСТ 886-77

Цековка 2350-0693 $\varnothing 10$ ГОСТ 26258-87

Зенковка 2353-0087 $\varnothing 12,5$ ГОСТ 14953-80

Метчик 2621-1145 М6 С. 6 ГОСТ 3266-81

Метчик 2621-1203 М8 С. 8 ГОСТ 3266-81

Встановити, перевірити, закріпити. З переустановкою свердлити:

12 отворів $\varnothing 9$; 2 отвори під М8-7Н; 6 отворів під М6-7Н; 1 отвір $\varnothing 6$. Цекувати: 12 отворів $\varnothing 14 \times 10$; 1 отвір $\varnothing 10 \times 10$. Зенкувати фаски, гострі кромки з обох боків притупити фаскою $0,5 \times 45^\circ$.

045 Слюсарна

Зачистити гострі кромки по всій довжині для забезпечення контролю комплексним калібром.

050К Контроль ВТК

Перевірити розміри та шорсткість оброблених поверхонь відповідно до креслення.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.05-2 ГОСТ 166-89;

Мікрометр МК 100-1 ГОСТ 6507-90;

Штатив ШМ-11Н-8 ГОСТ 10197-70;

Нутромір НМ 75 ДСТУ ГОСТ 10:2009;

Індикатор 2 МІГ ГОСТ 9696-82;

Набір зразків шорсткості (СТАЛЬ) ГОСТ 9378-93

1.7 Розробка операційного технологічного процесу

1.7.1 Стислий опис траєкторій руху ріжучих інструментів на операціях, що виконуються на верстатах з ЧПК: вибір початкового положення інструментів, призначення глибин різання, вибір кількості проходів у залежності від точності і чистоти поверхні.

Використання верстатів з ЧПК замість універсального устаткування має істотні особливості і створює певні переваги, зокрема: скорочення термінів підготовки виробництва на 50 -75%; скорочення загальної тривалості циклу виготовлення продукції на 50 – 60%; економію засобів на проектування і виготовлення технологічного оснащення на 30 – 85%; підвищення продуктивності праці за рахунок скорочення допоміжного і основного часу обробки на верстаті.

У даному пункті розглядається короткий опис траєкторій руху ріжучого інструменту на багатоцільовій операції з ЧПК. Обробка деталі ведеться на багатоцільовому верстаті моделі Haas UMC 1000 з прийнятою системою ЧПК Haas.

Таблиця 1.13 - Технічна характеристика системи ЧПК Haas

Найменування	Технічні характеристики
1	2
Мікропроцесор	Три високошвидкісні 32-розрядні
Швидкість виконання програми	Стандартно 1000 блоків за секунду
Управління осями	3 лінійні осі, 4-а та 5-а осі додатково
Інтерполяція	G01, G02, G03
Мін. вхідне прирощення	0,001 мм
Мін. вихідна дискретність	0,00018 мм
Корекція швидкого переміщення	5%, 25%, 50%, 100%
Корекція швидкості подачі	Від 0 до 999% зі збільшенням 1%
Роздільна здатність маховичка	0,001/0,01/0,1/1,0 мм на один поділ шкали
Значення подачі з маховичка	1,0/10/100/1000 мм/хв
Повернення до нульової точки	Одна клавіша (G28)
Функції шпинделя	
Команда швидкості	S = від 1 до макс. швидкості обертання шпинделя
Ручна корекція	від 0 до 999% зі збільшенням 1%
Програмування	
Сумісність	G-код стандарту ISO
Позиціонування	Абсолютне (G90), відносне (G91)
Фіксовані цикли	22 функції стандартно
Фрезерування круглої кишені	G12, G13
Свердління болтового отвору	G70, G71, G72
Встановлення нульової точки деталі	Автоматичний запис
2D компенсація діаметра фрези	G40, G41, G42
2D компенсація довжини фрези	G43, G44, G49
Пам'ять	
Стандарт	1 МБ; опціонально до 750 МБ
Число програм	500

1.7.2 Вибір режимів різання і нормування операцій технологічного процесу

На токарному верстаті Haas ST-15 проводиться чистове точіння.

Вибір режимів різання по стадіям проводжу по нормативам режимів різання [Л12].

Вибір подач S_0 , мм/об.

1. Вибираю подачу для тонкого розточування S_0 (мм/об) поверхонь з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №1, який обробляє поверхні 1,3 при тонкому розточуванні таблична подача, яка обирається в залежності від оброблюваного діаметру – до 180 мм та глибини різання – до 1,5мм, рівна $S_{0T} = 0,43$ мм/об [Л12, с. 40, карта 4]. Поправочні коефіцієнти на подачу [Л12, с.42-45, карта 5] в залежності від: Поправочні коефіцієнти на подачу [Л5, с.48,49, карта 8] в залежності від:

1. Властивостей оброблюваного матеріалу $K_{SM}=0,8$
2. Виліту різця (оправки) $K_{Sl}=1,0$
3. Радіуса при вершині різця $K_{Sr}=1,0$
4. Квалітету оброблюваної деталі $K_{Sk}=0,85$
5. Кінематичного кута в плані $K_{S\phi}=0,8$
6. Діаметру деталі $K_{SD}=0,8$

$$K = K_{SM} \cdot K_{Sl} \cdot K_{Sr} \cdot K_{Sk} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{SD} \quad (1.32)$$

При цьому $K=0,544$, тоді подача для тонкого розточування по формулі (9) буде рівна $S_0=0,43 \cdot 0,544=0,23$ мм/об.

2. Вибираю подачу для тонкого розточування S_0 (мм/об) поверхні 2 з урахуванням поправочних коефіцієнтів

Таблична подача рівна $S_{0T}=0,38$ мм/об [Л12, с. 46, карта 6]. Поправочні коефіцієнти на подачу [Л5, с.48,49, карта 8] в залежності від:

1. Властивостей оброблюваного матеріалу $K_{SM}=0,8$
2. Виліту різця (оправки) $K_{Sl}=1,0$
3. Радіуса при вершині різця $K_{Sr}=1,0$
4. Квалітету оброблюваної деталі $K_{Sk}=0,8$

5. Кінематичного кута в плані $K_{s\varphi}=1,0$

6. Діаметру деталі $K_{SD}=0,8$

$$K = K_{sm} \cdot K_{sl} \cdot K_{sr} \cdot K_{sk} \cdot K_{s\varphi} \cdot K_{SD} \quad (1.33)$$

При цьому $K=0,512$, тоді подача для тонкого розточування по формулі (9) буде рівна $S_o=0,38 \cdot 0,512=0,19$ мм/об.

Вибираю подачу для чистового точіння S_o (мм/об) поверхонь 4,5,7,8,9,10 з урахуванням поправочних коефіцієнтів

Для різця №2 таблична подача рівна $S_{ot}=0,11$ мм/об [Л12,с.46,карта 6].

Поправочні коефіцієнти на подачу [Л5, с.48,49, карта 8] в залежності від:

1. Властивостей оброблюваного матеріалу $K_{sm}=1,0$
2. Виліту різця (оправки) $K_{sl}=1,0$
3. Радіуса при вершині різця $K_{sr}=1,0$
4. Квалітету оброблюваної деталі $K_{sk}=1,0$
5. Кінематичного кута в плані $K_{s\varphi}=1,0$

$$K = K_{sm} \cdot K_{sl} \cdot K_{sr} \cdot K_{sk} \cdot K_{s\varphi} \quad (1.34)$$

При цьому $K=1,0$, тоді подача для чистового точіння по формулі (9) буде рівна $S_o=0,11 \cdot 1,0=0,11$ мм/об.

Вибір швидкості різання V_p , м/хв..

1. Вибираю швидкість різання V_p (м/хв.) для тонкого розточування з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №1, який обробляє поверхні 1,3 таблична швидкість різання рівна $V_t=185$ м/хв.[Л12, с.73, карта 21]. Поправочні коефіцієнти на швидкість різання [Л12, с.82-84, карта 23] в залежності від:

1. Групи оброблюваного матеріалу $K_{vc}=1,15$
2. Виду обробки $K_{vo}=1,0$
3. Жорсткості верстату $K_{vj}=0,75$
4. Механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{vm}=1,0$
5. Геометричних параметрів різця $K_{v?}=1,0$
6. Періоду стійкості ріжучої частини різця $K_{vt}=1,0$
7. Наявності охолодження $K_{vj}=1,0$

8. Інструментального матеріалу $K_{vi} = 1,0$

9. Способу кріплення пластини $K_{vp} = 1,0$

Розрахункова швидкість різання буде дорівнювати:

$$V_p = V_T \cdot K \quad (1.35)$$

де K – добуток всіх поправочних коефіцієнтів швидкості різання даної стадії обробки, тобто:

$$K = K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vj} \cdot K_{vi} \cdot K_{vp} \quad (1.36)$$

При цьому $K=0,86$, тоді розрахункова швидкість різання для тонкого розточування по формулі (11) буде рівна: $V_p = 348 \cdot 0,75 = 261$ м/хв.

2. Вибираю швидкість різання V_p (м/хв.) для тонкого розточування з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №1, який обробляє поверхню 2 таблична швидкість різання рівна $V_T = 300$ м/хв. [Л12, с.81, карта 22].

Поправочні коефіцієнти на швидкість різання [Л12, с.82-84, карта 23] в залежності від:

1. Групи оброблюваного матеріалу $K_{vc} = 1,15$
2. Виду обробки $K_{vo} = 1,0$
3. Жорсткості верстату $K_{vj} = 0,75$
4. Механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{vm} = 1,0$
5. Геометричних параметрів різця $K_{v\phi} = 1,0$
6. Періоду стійкості ріжучої частини різця $K_{vt} = 1,0$
7. Наявності охолодження $K_{vj} = 1,0$
8. Інструментального матеріалу $K_{vi} = 1,0$
9. Способу кріплення пластини $K_{vp} = 1,0$

По формулі (12) $K=0,86$, тоді швидкість різання для тонкого розточування по формулі (11) буде рівна: $V_p = 300 \cdot 0,86 = 259$ м/хв..

3. Вибираю швидкість різання V_p (м/хв.) для чистового точіння з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №1, який обробляє поверхні 4,5,7,8,9,10 таблична швидкість різання рівна $V_T = 430$ м/хв. [Л12, с.73, карта 21].

Поправочні коефіцієнти на швидкість різання [Л12, с.82-84, карта 23] в залежності від:

1. Групи оброблюваного матеріалу $K_{vc}=1,15$
2. Виду обробки $K_{vo}=1,0$
3. Жорсткості верстату $K_{vj}=1,0$
4. Механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{vm}=0,7$
5. Геометричних параметрів різця $K_{v\phi}=1,0$
6. Періоду стійкості ріжучої частини різця $K_{vt}=1,0$
7. Наявності охолодження $K_{vj}=1,0$
8. Інструментального матеріалу $K_{vi} = 1,0$
9. Способу кріплення пластини $K_{vp} = 1,0$

Розрахункова швидкість різання буде дорівнювати:

$$V_p = V_T \cdot K \quad (1.37)$$

де K – добуток всіх поправочних коефіцієнтів швидкості різання даної стадії обробки, тобто:

$$K = K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vj} \cdot K_{vi} \cdot K_{vp} \quad (1.38)$$

При цьому $K=0,805$, тоді розрахункова швидкість різання для чистового точіння по формулі (11) буде рівна: $V_p=403 \cdot 0,805=346$ м/хв.

Визначаю розрахункові частоти обертання шпинделя n_p на всі стадії обробки для кожної поверхні по формулі:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв.} \quad (1.39)$$

1. Тонке розточування поверхонь 1, 3:

$$n_p = (1000 \cdot 261) / (3,14 \cdot 112) = 742 \text{ об/хв.}$$

2. Тонке розточування поверхні 2:

$$n_p = (1000 \cdot 259) / (3,14 \cdot 100) = 825 \text{ об/хв.}$$

3. Чистове точіння поверхонь 6: $n_p = (1000 \cdot 346) / (3,14 \cdot 240) = 459 \text{ об/хв.}$

Розрахункові частоти обертання шпинделя корегую по паспорту верстату і приймаю фактичні частоти обертання шпинделя n_f . Так як верстат 16A20Ф3 має безступінчасту коробку частот обертання шпинделя, тому розрахункові

частоти обертання шпинделя просто округлюємо до цілих значень з найменшою похибкою для зручності складання керуючої програми:

1. Тонке розточування поверхонь 1,3: $n_{\phi}=742$ об/хв.
2. Тонке розточування поверхні 2: $n_{\phi}=825$ об/хв.
3. Чистове точіння поверхонь 6: $n_{\phi}=459$ об/хв.

Визначаю фактичні швидкості різання V_{ϕ} по формулі:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_p}{1000}, \text{ м/хв.} \quad (1.40)$$

1. Тонке розточування поверхонь 1,3:
 $V_{\phi} = (3,14 \cdot 112 \cdot 742) / 1000 = 261$ м/хв.
2. Тонке розточування поверхні 2:
 $V_{\phi} = (3,14 \cdot 100 \cdot 825) / 1000 = 259$ м/хв.
3. Чистове точіння поверхонь 6: $V_{\phi} = (3,14 \cdot 240 \cdot 459) / 1000 = 346$ м/хв.

Визначаю хвилинну подачу S_m (мм/хв.) по стадіям користуючись формулою:

$$S_m = S_o \cdot n_{\phi} \text{ (мм/хв)} \quad (1.41)$$

де S_o – подача на оберт, мм/об.

n_{ϕ} – фактична частота обертання шпинделя, об/хв..

1. Тонке розточування поверхонь 1,3:
 $S_m = 0,23 \cdot 742 = 170,66$ мм/хв.
2. Тонке розточування поверхні 2:
 $S_m = 0,19 \cdot 825 = 156,75$ мм/хв.
3. Чистове точіння поверхонь 6:
 $S_m = 0,11 \cdot 459 = 50,49$ мм/хв.

Всі вибрані по нормативам режими різання заносу в таблицю 1.14.

Таблиця 1.14 Режими різання токарної з ЧПК операції №025.

Елементи режимів різання	Стадія обробки		
	Розточування	Точіння	
	Тонке	Чистове	Тонке
	Номери поверхонь		
	1,2,3	4,5	6
Глибина різання t , мм	0,15	0,3	0,15
Таблична подача $S_{от}$, мм/об	0,43	0,38	0,11
Прийнята подача S_o , мм/об	0,23	0,19	0,11
Таблична швидкість різання V_T , м/хв.	348	300	430
Розрахункова швидкість різання V_p , м/хв.	261	259	346
Розрахункові оберти шпинделя n_p , об/хв.	742	825	459
Фактичні оберти шпинделя n_f , об/хв.	742	825	459
Фактична швидкість різання V_f , м/хв.	261	259	346
Хвилинна подача S_m , мм/хв.	170,66	156,75	50,49

Нормування токарної з ЧПК операції 030

Технічне нормування праці – це сукупність методів та прийомів по виявленню резервів робочого часу та встановленню необхідної мірки праці.

Визначаю норми штучного часу $T_{шт}$:

$T_{шт}$ – норма штучного часу – це час на виконання об'єму праці, що дорівнює одиниці нормування.

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_v \cdot K_{тв}) (1 + (a_{тех} + a_{орг} + a_{отл}) / 100) \quad (1.42)$$

де $T_{ца}$ – це час циклу автоматичної роботи верстату по заданій програмі.

$$T_{ца} = T_o + T_{мв} \quad (1.43)$$

T_o – норма основного часу

$$T_o = \pi \cdot (L_{px} / S_{mrx}) \quad (1.44)$$

π – кількість проходів,

L_{px} – довжина робочого ходу інструменту,

S_{mrx} – хвилинна подача робочого ходу інструменту.

T_{mv} – норма машинно-допоміжного часу

$$T_{mv} = T_{mvi} + T_{mvxx} \quad (1.45)$$

T_{mvi} – норма машинно-допоміжного часу, пов'язана з автоматичною зміною інструменту (визначається за паспортом верстату)

- час фіксації і розфіксації револьверної головки $T_{if} = 2$ с.

- час повороту револьверної головки на одну позицію $T_{ip} = 2$ с.

Тобто для різця №1 T_{mvi} буде дорівнювати: $T_{mvi} = (2 \cdot 2 + 2) / 60 = 0,1$ хв.

T_{mvxx} – норма машинно-допоміжного часу, пов'язана з холостим ходом інструменту.

$$T_{mvxx} = L_{xx} / S_{mxx} \quad (1.46)$$

L_{xx} – довжина холостого ходу,

S_{mxx} – хвилинна подача холостого ходу.

Після розрахунків часу автоматичної роботи на кожній ділянці траєкторії окремо бачимо, що формула (44) набуває іншого вигляду:

$$T_{ца} = \sum T_o + \sum T_{mv} \quad (1.47)$$

$\sum T_o = 6,0$ хв., $\sum T_{mv} = 0,546$ хв.

По формулі (22) $T_{ца} = 6,0 + 0,546 = 6,546$ хв.

T_v – норма допоміжного часу – це час на дії, які дають можливість виконувати основну роботу.

$$T_v = T_{vуст} + T_{воп} + T_{визм} \quad (1.48)$$

де $T_{vуст}$ – норма допоміжного часу на установку та зняття заготовки.

$T_{воп}$ – норма допоміжного часу, пов'язана з виконанням технологічної операції.

$T_{визм}$ – норма допоміжного часу на виконання контрольних вимірювань.

$T_{vуст} = 1,5$ хв.

$T_{воп} = 0,31$ хв.

$$T_{\text{визм}} = 0,89 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{в}} = 1,4 + 0,35 + 0,79 = 2,7 \text{ хв.}$$

$K_{\text{тв}} = 0,76$ - коефіцієнт на виконання ручної допоміжної роботи залежно від об'єму партії

$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{отл}}$ – норма часу на організаційно-технічне обслуговування, відпочинок та особисті потреби (визначається за нормативами та у формулу підставляється у відсотках).

Цей час складає 7% від оперативного часу $T_{\text{оп}}$ – це час, що витрачається на виконання однієї технологічної операції.

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{ца}} + T_{\text{в}} \quad (1.49)$$

З цієї формули $T_{\text{оп}} = 6,546 + 2,7 = 9,246 \text{ хв.}$

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{отл}} = 0,07 \cdot 5,866 = 4,106 \text{ хв.}$$

Визначаю норми штучного часу $T_{\text{шт}}$ за формулою (1.7.2.11):

$$T_{\text{шт}} = (6,546 + 2,7 \cdot 0,76)(1 + 7/100) = 9,19 \text{ хв.}$$

Визначаю норму штучно-калькуляційного часу $T_{\text{штк}}$ за формулою:

$$T_{\text{штк}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{пз}}/n \quad (1.50)$$

де n – кількість деталей за одну зміну, визначається за формулою:

$$n = (T_{\text{зм}} - T_{\text{пз}}) / T_{\text{оп}} \quad (1.51)$$

$T_{\text{пз}}$ – підготовчо-завершальний час – це час на підготовку робітників та засобів виробництва до виконання технологічної операції та приведення їх у первинний стан після її закінчення (одержання матеріалу, інструменту, ознайомлення з кресленням, інструктаж з техніки безпеки, наладка обладнання, установка та зняття інструменту, пристосування, здача готової продукції).

$$T_{\text{пз}} = 4 + 9 + 2 + 2 + 2,5 + 1 + 0,2 = 36 \text{ хв.}$$

$$n = (8 \cdot 60 - 20,7) / 5,866 = 78,3 \text{ шт.}$$

Таблиця 1.15 Норми часу на механічних операціях, хв.

№ опер.	Найменування операції	Модель верстата	Норма часу, хв				Розряд роботи
			T _о	T _в	T _{шт}	T _{пз}	
015	Токарно-гвинторізна	HAAS ST 15	2,5	1,2	4,46	27	2
025	Токарна з ЧПК	HAAS ST 15	4,53	1,40	8,17	23	2
030	Токарна з ЧПК	HAAS ST 15	6,0	2,7	9,19	36	3
040	Свердлувальна з ЧПК	DT-1	12,3	4,5	18,92	30	2
Разом			25,33	9,8	37,75		

1.8 Проектування спеціального оснащення

1.8.1 Проектування верстатного пристрою

Інтенсифікація виробництва в машинобудуванні нерозривно пов'язана з технічним переозброєнням і модернізацією засобів виробництва на базі застосування новітніх досягнень науки і техніки. Технічне переозброєння, підготовка виробництва нових видів продукції машинобудування та модернізація засобів виробництва неминуче включає в себе проектування засобів технологічного оснащення і їх виготовлення.

В загальному обсязі коштів технологічного оснащення приблизно 50% складають верстатні пристосування. Застосування верстатних пристосувань дозволяє:

1. Надійно базувати і закріплювати оброблювану деталі із збереженням її жорсткості у процесі обробки.
2. Стабільно забезпечувати високу якість оброблюваних деталей незалежно від кваліфікації робітника.
3. Підвищити продуктивність праці.

Верстатним пристосуванням пред'являють наступні вимоги:

1. Простота конструкції та дешевизна у виготовленні.
2. Зручність і безпека в роботі.
3. Достатня жорсткість для забезпечення необхідної точності.
4. Швидкодія і висока продуктивність.
5. Зручність для установки на верстат
6. Доступність для ремонту і заміни зношених деталей.

В дипломному проекті розроблено верстатне пристосування для обробки 12 отворів $\varnothing 14$, 12 отворів $\varnothing 9$, 2 отворів М8-7Н, отвору $\varnothing 10$ і отвору $\varnothing 6$ на деталі «Кришка». Дипломний проект містить загальні відомості про пристосування, відомості про складання і експлуатації пристосування, розрахунок похибки базування заготовки, сил закріплення заготовки, силового приводу, точнісні розрахунки.

Призначення пристосування

Розроблюване пристосування використовується для затискання деталі «Кришка».

Згідно завдання необхідно спроектувати верстатне пристосування для установки та закріплення заготовки для обробки 12 отворів $\varnothing 14$, 12 отворів $\varnothing 9$, 2 отворів М8-7Н, отвору $\varnothing 10$ і отвору $\varnothing 6$ на операції 030 Свердлильна з ЧПК, забезпечивши висунуту до отворів точність.

Обладнання – свердлильний верстат мод. Haas DT-1; система ЧПУ-Haas.

Основні технічні характеристики наведені у таблиці 1.16.

Для обробки отворів використовується такий ріжучий інструмент:

1. Свердло центрувальне комбіноване типу А, діаметром $d=4,6$ мм виконання 1, класу точності В.
Позначення: Свердло 2300-6958 Р6М5 ГОСТ 886-77.
2. Свердло спіральне з циліндричним хвостовиком короткої серії нормально точності діаметром $d=6$ мм, виконання 1, класу точності В.
Позначення: Свердло 2300-0041 Р6М5 ГОСТ 886-77
3. Свердло спіральне з циліндричним хвостовиком короткої серії нормально точності діаметром $d=9$ мм, виконання 1, класу точності В.

Позначення: Свердло 2300-2168 Р6М5 ГОСТ 886-77

4. Цековка діаметром $d=14$ мм.

Позначення: цековка 2350-0678 ГОСТ 26258-87

5. Цековка діаметром $d=10$ мм.

Позначення: цековка 2350-0693 ГОСТ 26258-87

6. Зенковка діаметром $d=12,5$.

Позначення: зенковка 2353-0087 ГОСТ 14953-80

7. Мітчик машинний з укороченою канавкою номінальним діаметром різі $d=8$ мм, кроком $S=1,25$ мм, ступенем точності Н2, правий.

Позначення: мітчик 2621-1203 ГОСТ 3266-81

8. Мітчик машинний з укороченою канавкою номінальним діаметром різі $d=6$ мм, кроком $S=1,25$ мм, ступенем точності Н2, правий.

Позначення: мітчик 2621-1145 ГОСТ 3266-81

Таблиця 1.16 – Технічні характеристики верстата мод. Naas DT-1

Хід по осі x	508 мм
Хід по осі y	406 мм
Хід по осі z	394 мм
Максимальна потужність	11,2 КВт
Максимальна швидкість	10000 м/хв
Максимальний крутний момент	46 Н*м
Розмір столу, мм:	
- довжина (робоча частина)	660 мм
- ширина	381 мм
Відстань по центру T-образних пазів	125 мм
Максимальна вага на столі(рівномірно розподілена)	113 кг
Швидке переміщення по осям	61 м/хв
Максимальний діаметр інструменту (повний)	51 мм
Потужність, що передається шпинделем	11.2 КВт

Оскільки до отворів висунуті вимоги точності, то контроль їх розміру виконується наступним вимірювальним інструментом:

1. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89*
2. Контрольно-вимірвальний пристрій для контролю позиційного допуску

Для середньосерійного типу виробництва рекомендується застосовувати пристосування з механізованим приводом.

Застосування спеціального пристосування з механізованим приводом дозволить знизити трудомісткість обробки, збільшити точність виготовлення, продуктивність праці, час виготовлення дозволить зменшити кваліфікацію робітника, що виконує обробку. Орієнтовно в заданих умовах слід визнати найбільш раціональну систему універсальних безналадочних пристосувань.

Дані пристосування застосовуються для установки і закріплення групи деталей, близьких по конструктивно-технологічним розмірам, способам обробки і за спільністю настовних поверхонь.

2. Аналіз схеми базування заготовки

На даній операції здійснюється свердлильна обробка деталі. Використання багатоцільового верстата передбачає встановлення заготовки у вертикальному положенні.

Найбільшої точності обробки деталі можна досягнути у випадку, коли увесь процес обробки ведеться від однієї бази і з однієї установки, оскільки можливі зміщення при кожній новій установці вносять погрешності у взаємне розташування осей і поверхонь.

Так як у багатьох випадках повна обробка деталі з одного установка неможлива, а також якщо необхідна обробка на інших верстатах, то з метою досягнення необхідної точності усі наступні установки деталі необхідно виконувати на одних і тих же базах.

Принцип постійності бази полягає у тому, що для виконання усіх операцій обробки деталі використовується одна і та ж база. Якщо по характеру обробки це не можливо – то у якості нової бази вибирають оброблену поверхню, яка

визначається найбільш точними розмірами до основних, виконавчих поверхонь деталі.

При виборі баз для підвищення точності необхідно використовувати одну і ту ж поверхню у якості різних баз. Так завжди доцільно у якості вимірювальної приймати і установочну базу. Ще більшої точності досягають у випадку, коли складальна база являється одночасно і установочною і вимірювальною. В цьому заключний принцип суміщення баз.

Відповідно для досягнення найбільшої точності оброблюваних отворів необхідно дотримуватись принцип сумісності баз.

До отворів висунуті вимоги по точності позиціонування. Досягти відповідну точність можна за рахунок встановлення деталі на оправку та вивірки перед обробкою.

Найдоцільніше встановлювати деталь на проточку, базуючи по найточнішій поверхні – внутрішньому діаметрі $\varnothing 100$. Дана схема базування забезпечуватиме точне базування деталі. Для унеможливлення зсування деталі її необхідно притиснути прихватом. Враховуючи це, можна використати наступну схему базування. Деталь позбавляється 5-ти ступенів волі. Установча база – торець деталі $\varnothing 136/\varnothing 196$ мм, позбавляє деталь 3-х ступенів волі (переміщення по осі z та обертання по осях x та y). Подвійна опорна база – внутрішня циліндрична поверхня деталі $\varnothing 100$, позбавляє деталь 2-ох ступенів волі (переміщення по осях x та y). Схема базування деталі наведена на рисунку 1.4.

Таблиця 1.17 – Зв'язки, забезпечувані базами

База	Забезпечені зв'язки	Позбавлені ступені волі
УБ	1,2,3	I, V, VI
ПОБ	4,5	II, III

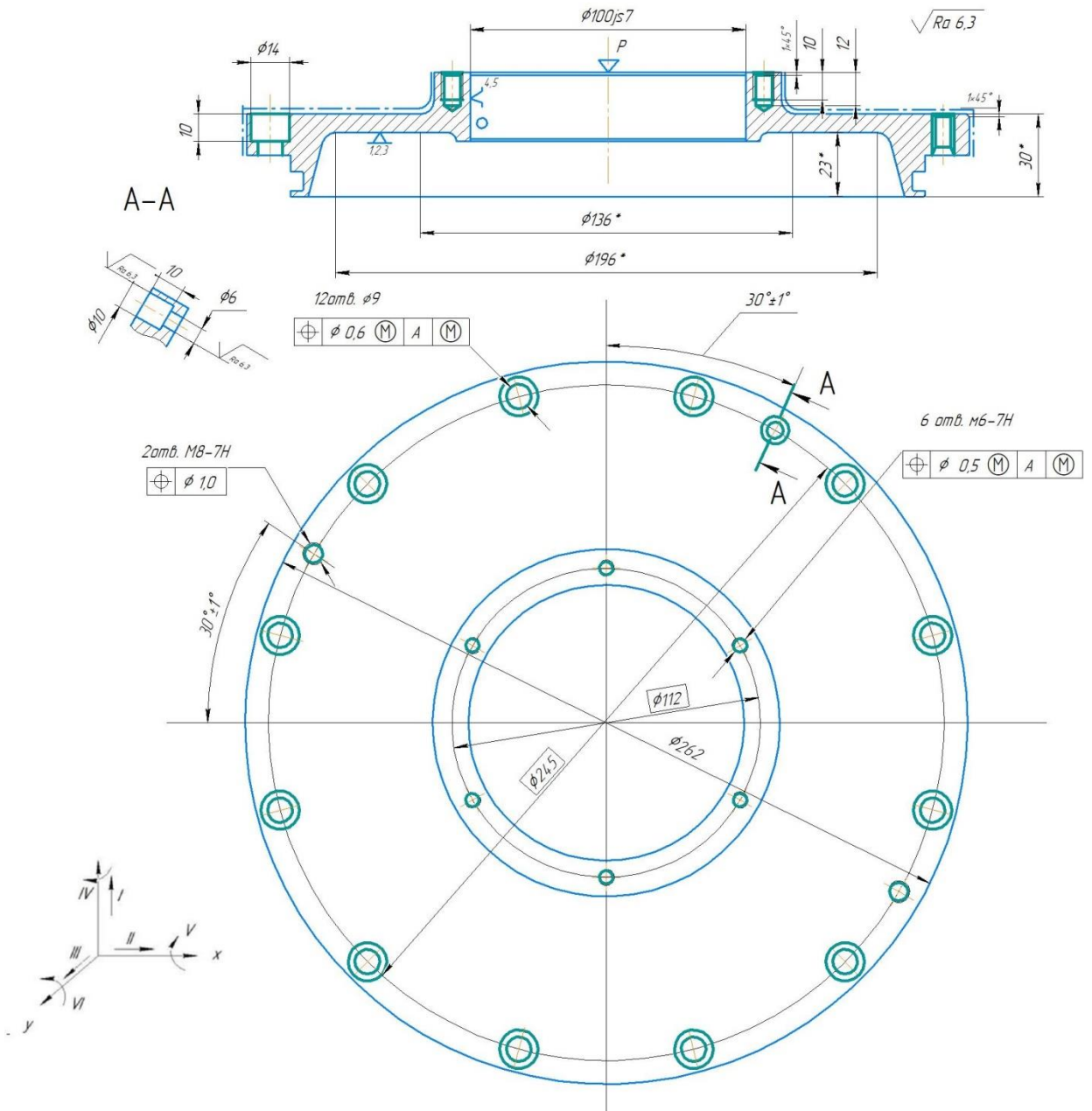


Рисунок 4 - Схема базування деталі

Таблиця 1.18 – Матриця зв'язків. Установ А

	X	Y	Z	
УБ	0	0	1	↔
	1	1	0	○
ПОБ	1	1	0	↔
	0	0	0	○

Визначення похибки базування

Дійсна похибка базування визначається за формулою:

$$\epsilon_B = \frac{\delta_D + \delta_{ЭП}}{2}, \quad (1.53)$$

де δ_D - допуск поверхні $\square 100js7 \begin{pmatrix} +0,02 \\ -0,015 \end{pmatrix}$ $\delta_D=0,035$ мм;

$\delta_{ЭП}$ - допуск поверхні $\square 100h7 (-0,022)$ $\delta_{ЭП}=0,022$ мм.

$$\epsilon_B = \frac{0,035 + 0,022}{2} = 0,0285 \text{ мм}$$

Допустима похибка базування визначається за формулою:

$$\epsilon_{\text{доп}} = \delta - \omega \quad (1.54)$$

де δ - допуск на розмір деталі: $\square \square \square \square 0,05$ мм;

ω - точність обробки деталі, що досягається при виконанні даної операції по [1] с.16, таблиці 7 і 8 $\square \square \square 0,1$ мм.

$$\epsilon_{\text{доп}} = 0,5 - 0,1 = 0,4 \text{ мм.}$$

Умова (2.1) виконується ($0,0285 < 0,4$), отже, обробка на даній операції можлива і буде досягнута необхідна точність.

3. Аналіз схеми закріплення заготовки. Розрахунок сил закріплення заготовки

Силі розрахунки проводимо для операції 035 Свердлувальна з ЧПК.

При обробці отворів виникає сила різання P_0 та крутний момент $M_{\text{кр}}$.

Затиск заготовки відбувається за допомогою сили P_3 . Зі сторони пристрою діють сили, що компенсують силу різання та силу затиску, це сила, що складається з двох сил R_x та R_z , та моменту тертя $M_{\text{тр}}$.

Сили закріплення розраховуються з розрахункової схеми, яку показано на рисунку 1.5.

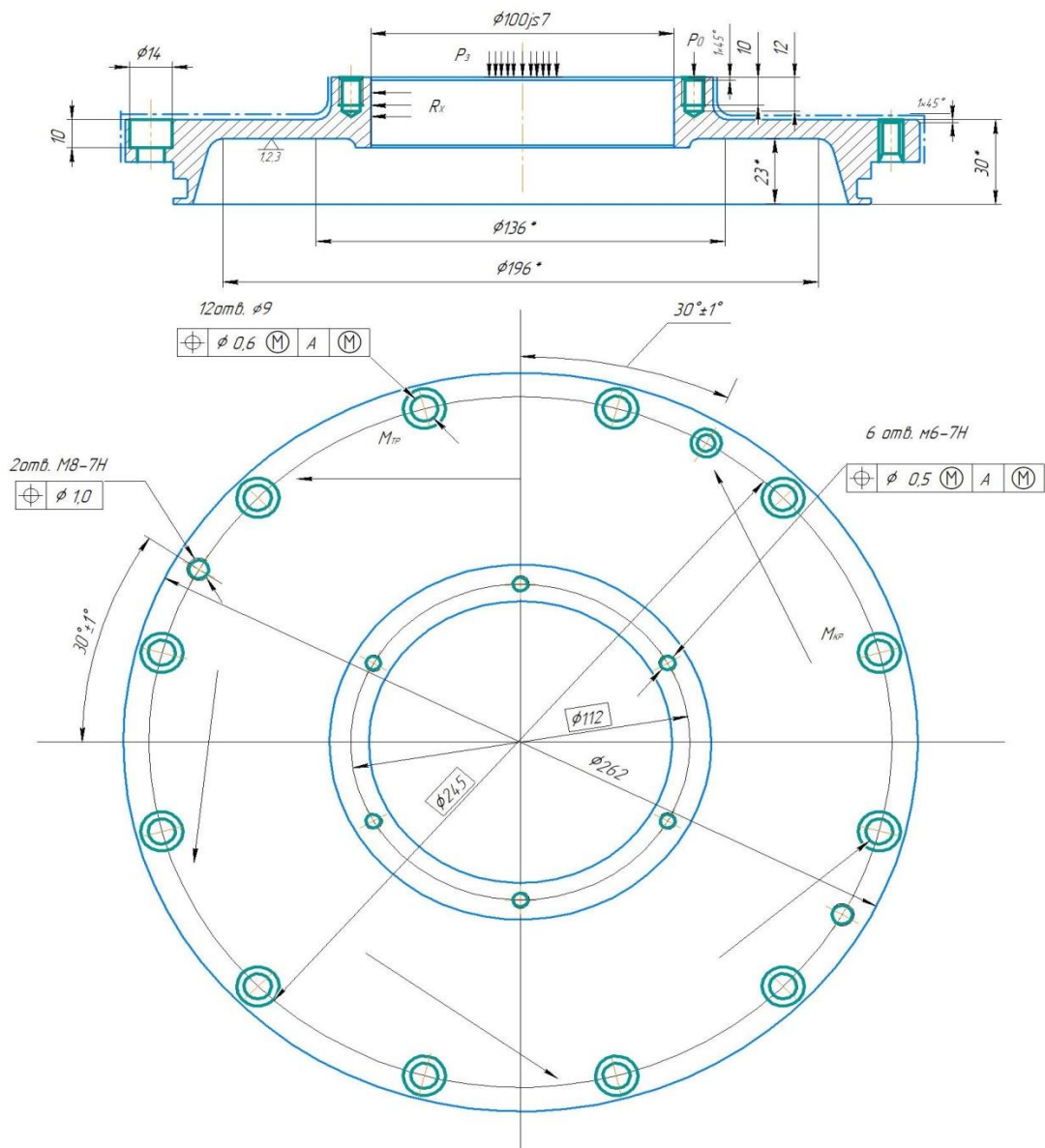


Рисунок 1.5 – Схема розподілення сил, діючих на заготовку

З умови непровороту заготовки [2] с.83 для циліндричної заготовки діаметром бази D встановленої в оправці та навантаженої крупним моментом сила закріплення P_3 визначається за формулою:

$$P_3 = \frac{K \cdot M_{\text{кр}}}{R \cdot f} \quad (1.55)$$

де K – коефіцієнт запасу;

$M_{\text{кр}}$ - крутний момент, діючий на заготовку при свердлінні, Н·м;

R - приведений радіус точки прикладання сили, м;

f - коефіцієнт тертя в місцях контакту заготовки з опорами, по [2] с.85, таблиця 10 при контакту обробленої заготовки з опорами та затискними елементами пристосування $f=0,16$.

Коефіцієнт запасу K вводять в формули при обчисленні сили P_3 для забезпечення надійного закріплення заготовки, по [2] с.85:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (1.56)$$

де K_0 – коефіцієнт гарантованого запасу, $K_0=1,5$

K_1 – коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях, при чистовій обробці $K_1=1,0$;

K_2 - коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок зацуплення різального інструменту, по [2] с.84, таблиця 9 $K_2=1,1$;

K_3 – коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання при свердлінні, $K_3=1,0$;

K_4 - коефіцієнт, що характеризує постійність сили закріплення, при використанні пневмоциліндру подвійної дії $K_4=1,0$;

K_5 - коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних затискних механізмів, $K_5=1,0$;

K_6 – коефіцієнт враховують тільки за наявності моментів, що прагнуть повернути заготовку, $K_6=1,5$.

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 2,48$$

Оскільки розраховане значення коефіцієнта запасу виявилось менше 2,5 приймаємо значення $K=2,5$

Найбільша сила виникає при свердлінні отвору діаметром 14 мм. Крутний момент, діючий на заготовку при свердлінні, визначається за формулою:

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad (1.57)$$

де C_M – коефіцієнт, по [2] с.281, таблиця 32 $C_M=0,0345$;

D – діаметр свердла, $D=14$ мм;

q, y – показники ступеню, по [2] с.281, таблиця 32 $q=0,86$; $y=0,8$;

s – подача, $s=0,15$ мм/об;

K_p – коефіцієнт, враховуючий фактичні умови обробки, в даному випадку залежить лише від якості оброблюваного матеріалу і визначається з виразу:

$$K_p = K_{MP}$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n, \quad (1.58)$$

де σ_B – Тимчасовий опір, $\sigma_B=860$ МПа;

n – показник ступеню, по [13] с.264, таблиця 9, $n=0,75$;

$$K_{MP} = \left(\frac{860}{750}\right)^{0,75} = 1,11$$

Підставивши вибрані і розраховані значення в формулу (3.3), визначаємо крутний момент при свердлінні:

$$M_{KP} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 14^{2,0} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1,11 = 16,45 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Приведений радіус точки прикладання сили визначається за формулою:

$$R = \frac{1}{3} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}, \quad (1.59)$$

де D - більший діаметр поверхні заготівлі при закріпленні,

$D = 0,196$ м;

d – менший діаметр поверхні заготівлі при закріпленні, $d=0,136$ м.

$$R = \frac{1}{3} \cdot \frac{0,196^3 - 0,136^3}{0,196^2 - 0,136^2} = 0,084 \text{ м}.$$

Підставивши вибрані і розраховані значення в формулу (3.1), визначаємо силу закріплення:

$$P_3 = \frac{2,5 \cdot 16,45}{0,084 \cdot 0,16} = 3064 \text{ Н}$$

Отже, необхідна сила затиску $P_3 = 3064$ Н

4. Обґрунтування вибору та розрахунок механізованого приводу

Для швидкого затиску та розтиску доцільно використовувати пневмоциліндр подвійної дії. Дійсна сила на штоці подвійної дії при подачі повітря в штокову порожнину розраховується за формулою:

$$P_d = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\Pi}^2 - d_{\text{Ш}}^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (1.60)$$

де D_{Π} – діаметр пневмоциліндра, мм;

$d_{\text{Ш}}$ – діаметр штоку, приймаємо $d_{\text{Ш}}=32$ мм;

p – Розрахунковий тиск, $p=0,4$ МПа;

η – коефіцієнт корисної дії, $\eta=0,9$.

Діаметр пневмоциліндру, що забезпечує необхідну силу затиску заготовки визначається за формулою:

$$D_{\Pi} = \sqrt{d_{\text{Ш}}^2 + \frac{4 \cdot P_3}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (1.61)$$

Приймаємо стандартний діаметр стаціонарного поршневого пневмоциліндру по [2] с.91, таблиця 17: $D_{\Pi} = 125$ мм

Дійсна сила затиску заготовки на штоці пневмоциліндру:

$$\frac{3,14}{4} (125^2 - 32^2) \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 4126 \text{ Н.}$$

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, відповідно, пристосування забезпечить фіксоване положення деталі при обробці.

5. Розрахунок верстатного пристрою на точність.

Розрахунок точності пристрою ґрунтується на твердженні про те, що будь-яке відхилення в положенні заготовки, пов'язане із пристроєм, як у момент установки, так і в період обробки, визначає сумарну похибку пристрою. При цьому сума можливих похибок, що виникають при обробці заготовки, не повинна перевищувати значення допуску, що установлений на розмір заготовки і що витримується при виконанні даної операції. З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристрою являють собою перетворення інформації про точність обробки поверхонь заготовки на даній операції в точнісні вимоги до пристрою.

Розрахункову похибку пристрою знаходимо за формулою (5.1). Більшість складових, що входять у дану формулу, являють собою поля розсіювання

випадкових величин, тому їх підсумовуємо у загальному випадку за правилом геометричного додавання.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2} \quad (1.62)$$

Розглянемо більш докладно складові, що входять у дану формулу.

$T = 500$ мкм – найбільш жорсткий допуск розташування або розміру (з тих, які одержують на даній операції, а саме допуск на розташування отворів М6-7Н);

$K_T = 1,2$ - коефіцієнт що враховує можливий відступ окремих складових від нормального закону розподілу випадкових величин;

$K_{T1} = 0,80$ - коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення помилки базування;

$\varepsilon_6 = 5$ мкм – похибка базування;

$\varepsilon_3 = 0$ мкм – похибка закріплення (табл. 3.3) [4];

$\varepsilon_y = 0$ мкм - похибка встановлення пристрою на станці [4, с. 21];

$\varepsilon_{\text{п}} = 0$ мкм - помилка перекосу інструменту (відсутні постійні або змінні напрямні втулки);

$\varepsilon_{\text{зн}} = 0$ мкм – похибка зношування (при рівномірному зношуванні робочої поверхні оправки) [4];

$K_{T2} = 0,6$ – коефіцієнт що враховує можливість появи помилки обробки (див. п 3.2) [2];

$\omega = 8$ мкм - значення допуску на 6 квалитету середньої економічної точності свердління відвернення (див. табл. 3.7) [4];

$\varepsilon_{\text{поз}} = 1$ мкм – помилка позиціювання (відповідно до паспорта станка).

Тоді розрахункове значення похибки пристрою буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 500 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 28,5)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 8)^2 + 1^2} = 472(\text{мкм})$$

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск [10, с.108] $T = 500$ мкм

6. Будова та принцип дії пристрою

Пристосування в зборці повинно відповідати технічним вимогам креслення загального виду та забезпечувати якісну обробку заготовки за заданими розмірами.

Експлуатація пристосування:

1. Встановити і закріпити пристосування на верстаті з урахуванням нульової точки верстата.
2. Підготувати базові поверхні до установки заготовки.
3. Встановити заготовку на плиту.
4. Поворотом рукоятки пневморозподільника поз. 1 провести закріплення заготовки.
5. Обробити заготовку.
6. Поворотом рукоятки пневморозподільника поз. 1 в зворотну сторону відкріпити заготовку.
7. Пристосування зберігати на дерев'яній основі. Вплив атмосферних опадів і агресивних середовищ неприпустимо.

З пневмомережі повітря під тиском подається в нижню порожнину поршня, переміщаючи поршень вертикально вгору. Таким чином здійснюється переміщення прихвату і розстик заготовки. При подачі тиска в верхню порожнину поршня здійснюється вертикальне переміщення вниз і відбувається зажим заготовки. Герметичність з'єднань забезпечують манжети-ущільнювачі. Оброблювана деталь служить також упором для переміщення пневмоциліндра вертикально вниз. Упором для переміщення поршня вертикально вгору служить корпус, що обмежує хід поршня. Для транспортування пристосування призначені рим-болти, які кріпляться в кришці пристосування.

1.8.2 Проектування ріжучого інструменту.

За формою і конструкцією розрізняють свердла спіральні, з прямими канавками, перові, для глибокого свердління, кільцеві, центрувальні, з канавками для підведення змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР), з багатограними пластинами, з циліндричним, конічним і чотиригранним хвостовиками. Основні

розміри і кути леза сверл стандартизовані. Геометричні елементи робочої частини сверл ($\omega, \gamma, 2\varphi$), залежно від матеріалів заготовки і сверла, вибирають для сверл діаметром понад 10 мм з інструментальної сталі. Кут нахилу поперечної ріжучої кромки $\psi - 55^\circ$. Задній кут $\alpha = 12^\circ$. Технічні вимоги до виготовлення спіральних свердел наведені в ГОСТ 4010-77.

Розрахунок і конструювання спірального свердла зі швидкорізальної сталі з конічним хвостовиком для обробки отворів $\varnothing 9$ мм.

Осьова складова сили різання визначається за формулою:

$$P_o = 9,81 \cdot C_p \cdot D^{x_p} \cdot S_o^{y_p} \cdot K_{MP} \quad (1.63)$$

де: C_p - коефіцієнт, що враховує умови обробки,

D - діаметр свердла, $\varnothing = 9$ мм;

S_o - подача на оборот, $S_o = 0,3$;

x_p, y_p - показники ступеня, $x_p = 1,0, y_p = 0,7$

K_{MP} - коефіцієнт, що залежить від властивостей оброблюваного матеріалу, визначається за формулою :

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{75} \right)^{0,75} \quad (1.64)$$

де: σ_B - межа міцності сталі, $\sigma_B = 58$ кгс / мм².

$$K_{MP} = \left(\frac{58}{75} \right)^{0,75} = 0,82;$$

$$P_o = 9,81 \cdot 68 \cdot 9^1 \cdot 0,3^{0,7} \cdot 0,82 = 2119 \text{ Н}$$

Момент сил опору різанню (крутний момент) визначається за формулою:

$$M_C = 9,81 \cdot C_M \cdot D^{z_M} \cdot S_o^{y_M} \cdot K_{MM} \quad (1.65)$$

де: C_M - коефіцієнт, що враховує умови обробки, $C_M = 0,0345$;

z_M, y_M - показники ступеня, $z_M = 2,0; y_M = 0,8$.

K_{MM} - коефіцієнт, що залежить від властивостей оброблюваного матеріалу, визначається за формулою :

$$K_{MM} = \left(\frac{\sigma_B}{75} \right)^{0,75} \quad (1.66)$$

$$K_{Mm} = \left(\frac{58}{75}\right)^{0,75} = 0,82$$

$$M_C = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 9^2 \cdot 0,3^{0,8} \cdot 0,82 = 8,58(\text{Н} \cdot \text{м});$$

Визначення номера конуса Морзе хвостовика (рисунок 1.6).

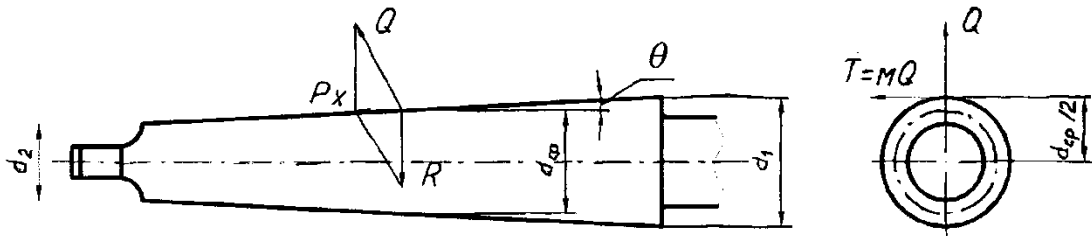


Рисунок 1.6 - Сили, діючі на хвостовик свердла.

Осьову складову сили різання P_x можна розкласти на дві сили: P - діючу в радіальному напрямку до твірної конуса; Q - діє по нормалі до твірної конуса :

$$Q = \frac{P_x}{\sin \theta} \quad (1.67)$$

де: θ - кут конусності хвостовика.

Сила Q створює дотичну складову T сили різання; з урахуванням коефіцієнта тертя поверхні конуса об стінки втулки μ :

$$T = \mu \cdot Q = \frac{\mu \cdot P_x}{\sin \theta} \quad (1.68)$$

де: μ - коефіцієнт тертя поверхні конуса об стінки втулки.

Момент тертя між хвостовиком і втулкою визначається по формулі :

$$M_{TP} = \frac{\mu \cdot P_x \cdot (d_1 + d_2)}{4 \cdot \sin \theta} \cdot (1 - 0,04 \cdot \Delta \theta) \quad (1.69)$$

де: d_1 - більший діаметр конуса хвостовика;

d_2 - менший діаметр конуса хвостовика;

$\Delta \theta$ - відхилення кута конуса.

Момент тертя прирівнюється до максимального моменту сил опору різанню, тобто до моменту, що створюється при роботі пощербленим сверлом, який збільшується до трьох разів у порівнянні з моментом, прийнятим для нормальної роботи сверла.

$$\text{Отже :} \quad 3 \cdot M_C = M_{TP} \quad (1.70)$$

Середній діаметр конуса хвостовика визначається по формулі :

$$d_{CP} = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (1.71)$$

або

$$d_{CP} = \frac{6 \cdot M_C \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_x \cdot (1 - 0,04\Delta\theta)} \quad (1.72)$$

$$d_{CP} = \frac{6 \cdot 51,3 \cdot 0,0262}{0,096 \cdot 2119 \cdot (1 - 0,2)} = 0,050(\text{м}) = 5,0(\text{мм});$$

За ГОСТ 25557 -* Вибирається найближчий більший конус, тобто конус Морзе № 2 з лапкою. Решта конструктивних і геометричних параметрів, а також технічні вимоги вибираються по ГОСТ 2092-77.

1.8.3 Проектування вимірювального інструменту

Згідно завдання необхідно спроектувати калібр-пробку для отвору $\varnothing 100js7$.

Область застосування калібрів обмежується розмірами від 0,1 до 3150 мм. В діапазоні розмірів від 500 мм, калібри передбачені для квалітетів від 6-го до 17-го; для розмірів понад 500 мм - для квалітетів від 12-го до 17-го. Із збільшенням розмірів погрішності контролю калібрами збільшується головним чином внаслідок появи значних пружних деформацій вимірювальних інструментів. В точних квалітетах допуски виготовлення та зносу калібрів значно скорочують допуски на виготовлення виробів, що суттєво впливає на технологію виготовлення (на рисунку 22 параметр Z).

Приймання продукції повинне проводитися калібрами, які мають більший знос, ніж калібри робітника. В даний час норми зносу для передачі калібрів

приймальнику повинні встановлюватися підприємством або галуззю в залежності від конкретних умов організації виробництва і вимог до якості виробів. Ці нормативи, у свою чергу, залежать від конструктивних і експлуатаційних характеристик калібрів. Так, вважається, що найбільша стійкість калібрів досягається при порівняно м'якому загартуванні (46 - 64 HRC) і при троостомартенситній структурі. Крім твердості матеріалу на зносостійкість впливають: матеріал виробу, що перевіряється, зазор між калібром і виробом, шорсткість поверхонь калібру і виробу, характер фінішної обробки, наявність або відсутність зносостійкого покриття і його характер, використання калібрів, оснащених твердим сплавом, і ін.

Правила використання калібрів для отворів по [21] с.46:

1 Калібр-пробка гладкий прохідний повинен вільно проходити через отвір під дією власної ваги або зусилля, приблизно рівного йому, але не менше 1 Н. Робоча довжина прохідного калібру-пробки для отворів від 6-го до 9-го квалітетів повинна бути рівною або більшою довжини (глибини) контрольованого отвору.

2 Калібр-пробка гладкий непрохідний, як правило, не повинен входити в отвір під дією власної ваги або зусилля, приблизно рівного йому, але не менше 1 Н.

В крайньому випадку, допускається «закушування» калібру-пробки гладкого непрохідного в контрольованому отворі без качки калібру на величину не більшу половини довжини робочої частини калібру-пробки з одного боку або в сумі з двох сторін. Для отворів, глибиною не менше довжини робочої частини, глибина «закушування» не більше 1,5 мм, рахуючи від фаски. Для отворів в матеріалі товщиною не менше 1,5 мм глибина «закушування» не обумовлюється; калібр-пробка має під дією власної ваги або зусилля, приблизно рівного йому, але не менше 1 Н, «зависнути» в контрольованому отворі.

У спірних випадках для визначення входження калібру доцільно для створення зусилля використовувати індикатор годинникового типу з тарованою пружиною.

Граничні розміри прохідного нового калібру визначаються за формулами:

$$PP_{\max} = D_{\min} + Z + H / 2, \quad (1.75)$$

$$PP_{\max} = 100 + 0,005 + \frac{0,006}{2} = 100,008 \text{ мм}$$

$$PP_{\min} = D_{\min} + Z - H / 2, \quad (1.76)$$

$$PP_{\min} = 100 + 0,005 - \frac{0,006}{2} = 100,002 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір 100,008_{-0,01} мм

Розмір зношеного прохідного калібру визначається за формулою:

$$PP_{\text{зн}} = D_{\min} - Y + \alpha, \quad (1.78)$$

$$PP_{\text{ІВН}} = 100 - 0,004 + 0 = 99,996 \text{ мм.}$$

Граничні розміри непрохідного калібру визначаються за формулами:

$$HE_{\max} = D_{\max} - \alpha + H / 2, \quad (1.79)$$

$$HE_{\max} = 100,36 - 0 + \frac{0,005}{2} = 100,362 \text{ мм}$$

$$HE_{\min} = D_{\max} - \alpha - H / 2, \quad (1.80)$$

$$HE_{\min} = 100,36 - 0 - \frac{0,005}{2} = 100,357 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір 100,357_{-0,01} мм

2 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА.

2.1 Розрахунок річного приведеного обсягу деталей. Розрахунок норм штучно калькуляційного часу і розцінок.

Таблиця-2.1 вихідні данні

№ опер.	Найменування операції	Модель верстата	Норма часу, хв				Розряд роботи
			T _о	T _в	T _{шт}	T _{пз}	
015	Токарно-гвинторізна	HAAS ST 15	2,5	1,2	4,46	27	2
025	Токарна з ЧПК	HAAS ST 15	4,53	1,40	8,17	23	2
030	Токарна з ЧПК	HAAS ST 15	6,0	2,7	9,19	36	3
040	Свердлувальна з ЧПК	DT-1	12,3	4,5	18,92	30	2
Разом			25,33	9,8	37,75		

2.1.1 Річний приведений випуск деталей, тобто умовна кількість типових деталей, трудомісткість обробки яких дорівнює трудомісткості усіх деталей закріплених за дільницею розраховується виходячи з виробничої потужності дільниці і найбільш раціонального використання обладнання за формулою:

$$N_{np} = \frac{F_{\partial}^o \cdot K_z \cdot 60}{T_{шт}^{np} \cdot (1 + \alpha)}, \text{ од.} \quad (2.1)$$

$N_{np}=4015 \cdot 0.8 \cdot 60 / 9,19 \cdot (1+0.06) = 19783$ Приймаємо 20000, де F_{∂}^o - фонд дійсної роботи одного верстата годин, середній F_{∂}^o приймемо у розмірі 4015 годин (при умові двозмінного режиму роботи).

K_z - коефіцієнт завантаження верстата (інтервал $0,8 \div 0,85$).

$T_{шт}^{np}$ - норма штучного часу на провідній операції, хв.

α - це коефіцієнт допустимих витрат на переналагодження верстата (для дрібносерійного типу виробництва $\alpha = 0,03 \div 0,05$; для середньо серійного типу виробництва $\alpha = 0,05 \div 0,08$; для багатосерійного типу виробництва $\alpha = 0,08 \div 0,1$).

Річний обсяг випуску деталі розраховується в інтервалі:

$$N_p = \frac{N_{mp}}{K_{30}^{max}} \div \frac{N_{mp}}{K_{30}^{min}}, \text{ ШТ.} \quad (2.2)$$

$$N_p = 20000/20 \div 20000/11 = 1000/1818 \text{ приймаємо } 1800$$

Де K_{30} – коефіцієнт закріплення операції (для середньо серійного виробництва $K_{30} = 11 \div 20$).

Кількість найменувань деталей, які будуть оброблятися на дільниці розраховуються за формулою:

$$m_d = \frac{F_d^0 * K_3 * 60}{T_{шт}^{mp} * (1 + \alpha) * N_p}, \text{ ШТ.} \quad (2.3)$$

$$m_d = 4015 * 0.8 * 60 / 9,19(1 + 0.06) * 1800 = 11$$

Отримане значення m_d рівне _____ і лежить в інтервалі $K_{30} = 11 \div 20$, відповідає середньо - серійному типу виробництва.

Мінімальна кількість деталей в партії розраховується за формулою:

$$n_d^{min} = \frac{T_{пз}^{mp}}{T_{шт}^{mp} * \alpha}, \text{ ШТ.} \quad (2.4)$$

$$n_d^{min} = 36 / (9,19 * 0.06) = 65$$

$T_{пз}^{mp}$ – підготовчо-заклучний час на провідній операції.

Розрахована кількість деталей в партії корегується таким чином, щоб вона була не меншою півзмінного випуску деталей і кратна річному обсягу випуску цих деталей.

Випуск деталей за половину зміни вираховується за формулою:

$$\frac{1}{2} N_{зм} = \frac{T_{оп}^{зм}}{2T_{оп}^{пр}}, \text{ шт.} \quad (2.5)$$

$$\frac{1}{2} N_{зм} = 300/2 * (6+1,6) = 20$$

$n_d = 100$ приймаємо

$T_{оп}^{зм}$ – оперативний час за зміну. Оперативний час на зміну приймаємо $T_{оп}^{зм} = 300$ год.

$T_{оп}^{пр}$ – оперативний час на провідній операції.

$$T_{оп}^{пр} = T_o + T_d T_{оп}^{пр} = T_o + T_d \quad (2.6)$$

Кількість запусків за рік буде дорівнювати:

$$n_{зап} = \frac{N_p}{n_d}, \text{ запусків.} \quad (2.7)$$

$$n_{зап} = 1800/100 = 18$$

Норма штучно калькуляційного часу на операції визначається за формулою:

$$T_{штк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n_d}, \text{ хв.} \quad (2.8)$$

$$T_{штк} = 9,19 + 36/100 = 9,55 \text{ хв}$$

Результати обчислень по всіх операціях зведені до таблиці 1.1.

Відрядна розцінка на кожну операцію технологічного процесу розраховується за формулою:

$$P_{від} = \frac{C_{год} \cdot T_{штк}}{60}, \text{ грн.} \quad (2.9)$$

$$P_{від} = 53 * 9,55/60 = 8,43 \text{ грн}$$

де $C_{год}$ - годинна тарифна ставка відповідного розряду робіт, грн. (за даними базового підприємства).

Результати обчислень по інших операціях зведені в таблиці 2.2

2.1.3 Річна трудомісткість приведенного випуску продукції розраховується за формулою:

$$Q = \frac{T_{штк} \cdot N_{пр}}{60}, \text{ н-г.} \quad (2.10)$$

$$Q = 9,55 \cdot 20000 / 60 = 3183 \text{ н-г}$$

Результати обчислень по інших операціях зведені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - Розрахунок норм часу і розцінок на деталь.

№ операції	Розряд	$C_{год}$, грн.	$P_{від}$, грн.	$N_{пр}$, од.	Q , н-г.
015	2	44,76	3,52	20000	1576
025	2	44,76	6,26	20000	2800
030	3	53,00	8,43	20000	3183
040	2	44,76	14,3	20000	6406
Разом			32,51		15365

2.2 Розрахунок кількості верстатів та коефіцієнта їх використання

2.2.1 Розрахункова кількість верстатів по кожній операції визначається за трудомісткістю річного приведенного випуску деталей за формулою:

$$n_g = \frac{Q}{F_{\partial}^o \cdot K_{вн}}, \text{ шт.} \quad (2.11)$$

де $K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм.

$K_{вн} = 1,0$ – для верстатів з ЧПК, автоматів, напівавтоматів, автоматизованих ліній.

$K_{вн} = 1,05 \div 1,2$ - для універсальних верстатів.

F_{∂}^o - фонд дійсного часу роботи обладнання за рік розраховується за формулою:

$$F_{\partial}^o = F_n^o \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right), \text{ год.} \quad (2.12)$$

$$F_{\partial} = 3974 \cdot 0,98 = 3895 \text{ год}$$

$$F_{\partial} = 3974 \cdot 0,92 = 3656 \text{ год}$$

F_n^o - фонд номінального часу роботи обладнання в розрахунковому році.

$$F_n^o = (T \cdot v + t \cdot v') \cdot S, \text{ год.} \quad (2.13)$$

$$F_n = (244 \cdot 8 + 5 \cdot 7) \cdot 2 = 3974 \text{ год}$$

T-кількість робочих днів в році з повним робочим днем;

t-кількість робочих днів в році з неповним робочим днем;

v-кількість часів в зміні з повним робочим днем;

S- кількість робочих змін.

α - це втрати часу пов'язані з його плановим ремонтом. $\alpha = 2\%$ при двозмінному режимі роботи для верстатів до 10 тон; $\alpha = 5\%$ для верстатів масою від 10 до 100 тон; $\alpha = 8\%$ - для верстатів масою більше 100 т.

Результати обчислень по інших операціях зведені в таблиці 2.3.

Середній коефіцієнт використання обладнання обчислюється за формулою:

$$K_{\partial}^{сер} = \frac{\sum n_{\partial}^p}{\sum n_{\partial}^{np}} \quad (2.14.)$$

$$n_{\partial} = \frac{Q}{F_{\partial}^o \cdot K_{\partial}^{сер}}$$

$$n = \frac{3183}{3895 \cdot 1} = 0,81$$

Таблиця 2.3 - Розрахунок необхідної кількості верстатів і коефіцієнт їх використання.

№ операції	Тип і модель верстата	F_d^o , год.	$K_{ви}$	Q , н-г.	$Q_{доз}$	$Q_{заг}$	n_{ϵ}^p , шт.	n_{ϵ}^{np}	K_{ϵ}	Габарити верстатів
015	HAAS ST 15	3895	1	1576	1400	2976	0,76	1	0,76	3200x2100
025	HAAS ST 15	3895	1	2800		2800	0,71	1	0,71	3200x2100
030	HAAS ST 15	3895	1	3183		3183	0,81	1	0,81	3200x2100
040	DT-1	3895	1	6406		6406	1,64	2	0,82	2600x1750
Разом				13965			3,92	6	0,77	

2.3 Розрахунок чисельності персоналу дільниці

2.3.1 Розрахунок можливості багатостатного обслуговування.

Можливість використання багатостатного обслуговування аналізується лише на тих операціях які відповідають таким умовам:

1. операція виконується на верстатах з ЧПК;
2. операція виконується на верстатах – дублерах ($n_{\epsilon}^{np} \geq 2$);
3. $T_{ца} > T_{дон}$;
4. $T_{ца} \geq 3хв.$

Кількість верстатів дублерів розраховується за формулою:

$$S_{\epsilon} \leq \frac{T_{ца}}{T_{дон} + T_{пер}} + 1, \text{ шт.} \quad (2.15)$$

$$040 S_{\epsilon} = \frac{12,5}{1,6+0,5} + 1 = 6,95, \text{ приймаємо } 2$$

де $T_{дон}$ - допоміжний час, хв.

$T_{пер}$ - час на перехід оператора від одного верстата до іншого, $T_{пер} = 0,1 \div 0,5$

хв.

Результати обчислень по інших операціях зведені в таблиці 2.3.

2.3.2 Розрахунок чисельності основних робітників.

Чисельність робітників визначається по кожній операції за трудомісткістю робіт:

$$P^p = \frac{Q_{за}}{F_{\partial}^p \cdot K_{вн} \cdot S_{\sigma}}, \text{ чол.} \quad (2.16)$$

F_{∂}^p - фонд дійсної роботи одного робітника протягом року.

$$F_{\partial}^p = F_n^p \left(1 - \frac{B}{100}\right), \text{ год.}$$

$$F_n^p = (T \cdot e + t \cdot e') \quad (2.17)$$

$$F_n = 1987 \text{ год} \quad F_{\partial} = 1788 \text{ год} \quad P^p = \frac{6406}{1788 \cdot 1 \cdot 2} = 1,79$$

F_n^p - фонд номінальної роботи одного робітника в розрахунковому році.

B - втрати часу (відпустки, хвороби). (за даними базового підприємства)

$B = 10-12\%$

Результати обчислень по інших операціях зведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Розрахунок чисельності основних робітників на дільниці.

№ Операції	Професія	Розряд	Q , н-г.	$K_{вн}$	S_{σ} , шт.	P^p , чол.	P^{np} , чол.	n_{σ}^{np} , шт.	кількість робітників за змінами	
									1 зміна	2 зміна
015	Оператор з ЧПК	2	2976	1	1	1,66	2	1	1	1
025	Оператор з ЧПК	2	2800	1	1	1,56	2	1	1	1
030	Оператор з ЧПК	3	3183	1	1	1,78	2	1	1	1
040	Свердлувальник	2	6406	1	2	1,79	2	2	1	1

2.3.3 Розрахунок продуктивності праці виробничих працівників.

Продуктивність праці виробничих робітників визначаємо, як виробіток продукції в норма годинах на одного робітника за формулою:

$$П_n = \frac{\sum Q_{33a}}{\sum P^{np}}, \text{ год.} \quad (2.18)$$

Зростання продуктивності праці планується у розмірі:

$$\Delta П_n = \frac{П_n}{F_{\partial}^p} \cdot 100 - 100, \% \quad (2.19)$$

$$П_n = \frac{15365}{8} = 1920 \text{ н - г}$$

$$\Delta П_n = \frac{1920}{1788} \times 100 - 100 = 7,38\%$$

2.3.4 Розрахунок кількості допоміжних робітників.

Чисельність допоміжних робітників встановлюється в відсотковому відношенню до основних робітників (для механічних цехів серійного типу виробництва 40-50% від чисельності основних робітників).

$$P_{\text{доп}} = \frac{\sum P^{np} \cdot 40}{100}, \text{ чол.} \quad (2.20)$$

$$P_{\text{доп}} = \frac{8 \times 40}{100} = 3,2 \text{ приймаємо } 3$$

2.3.5 Розрахунок кількості керівників, спеціалістів, службовців.

Кількість керівників визначається на дільниці виходячи з кількості змін і норми керованості.

Кількість спеціалістів визначається при наближених розрахунках, в відсотковому відношенні до чисельності основних і допоміжних робітників (спеціалісти - $8 \div 12$ %):

$$Ч_{\text{спец}} = \frac{(\sum P^{np} + P_{\text{доп}}) \cdot 8}{100}, \text{ чол.} \quad (2.21)$$

$$Ч_{\text{спец}} = \frac{(8+3) \times 8}{100} = 0,88$$

Чисельність службовців приймається у відсотковому відношенні до основних і допоміжних робітників (службовці - $3 \div 5$ %):

$$C_{cl} = \frac{(\sum P^{np} + P_{дон}) \cdot 3}{100}, \text{ чол.} \quad (2.22)$$

$$C_{cl} = \frac{(8+3) \times 3}{100} = 0,3 \text{ приймаю } 1$$

Всі попередні розрахунки зведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Зведена відомість чисельності персоналу дільниці

Категорії та професії	Кількість, чоловік
1. Основні виробничі робітники, всього	8
у тому числі, за професіями	
1.1 оператор з ЧПК	6
1.2 свердлувальник	2
2. Допоміжні робітники, всього	3
у тому числі, за професіями	
2.3 електромонтер	1
2.4 кранівник	2
3. Керівники, всього	1
у тому числі, за посадою	
3.1 старший майстер	1
4. Спеціалісти, всього	1
у тому числі, за професіями	
4.1 технік-технолог	1
Всього	13

2.4 Організація постачання робочих місць на дільниці матеріалами, інструментом

Організація інструментального господарства

Цехи основного виробництва є споживачами великої кількості інструменту і пристосовування, тому раціональна організація інструментального господарства має тут велике значення. Від повного і своєчасного забезпечення робочих місць якісним і продуктивним інструментом залежить рівномірне виконання плану, якість продукції, що випускається, зростання продуктивності праці і рівень собівартості продукції.

Завданнями інструментальної служби цеху є: повне і своєчасне забезпечення робочих місць цеху потрібним і якісним інструментом; усунення

простоїв робітників із-за несвоєчасного забезпечення інструментом; звільнення основних робітників від робіт із заточення й ремонту інструменту; своєчасний ремонт і організація робіт з відновлення відпрацьованого інструменту.

Так як спроектована виробнича ділянка механічного цеху не має в своєму розпорядженні самостійних інструментально-роздавальної комори (ІРК) і майстерні з ремонту і заточування інструментів, то описується інструментальне господарство цеху.

Відповідно до встановлених норм витрат визначається потреба цеху в інструменті і складається заявка на потреби інструмент і пристосування.

Після встановлення потреби цеху видається лімітна карта, куди записується потреба цеху в інструменті і пристроях, у тому числі спеціальному. Цех за вимогами одержує необхідний інструмент і пристосування з ЦІСа (Центральний інструментальний склад).

Кращим способом видачі інструменту є його доставка безпосередньо на робоче місце. Це звільняє робітників від втрат часу при одержанні інструменту і сприяє збільшенню їх виробництва.

Для більш продуктивної роботи на проектованій ділянці застосовується наступний метод видачі інструменту: на самому початку зміни ІРК цеху закриті і, отже, ніякої видачі інструменту не проводиться. Це стало можливим після того, як встановився порядок подачі інструменту безпосередньо на робоче місце за 15-20 хв. до початку зміни. ІРК відкривається через 1-2 год., коли потрібно буде міняти затуплений інструмент. Такий порядок дає можливість робітникам весь час віддавати виробничій роботі.

Майстер на проектованій ділянці перед закінченням зміни заповнює заявку на споживаний інструмент для робітників своєї ділянки на наступний день.

Для обліку наявності інструменту до ІРК використовуються облікові картки, які відкриваються на кожний вид і розмір інструменту. Облік надходження ведеться на основі вимог по всім інструментам, що надійшли в цех. Облік витрат інструменту проводиться за актами, де реєструються поломки і на підставі яких складаються відомості на списання відпрацьованого інструменту.

Інструментально-роздавальні комори виробляють передачу інструменту в заточку і ремонт.

В комірчині знаходиться рухливий роздавальний стелаж для доставки інструменту на робоче місце.

Організація складського господарства

Правильна організація складського господарства - один із чинників поліпшення матеріально-технічного постачання підприємства. Склади служать для приймання, зберігання, обліку та видачі сировини, матеріалів, напівфабрикатів, оснащення та палива. Матеріали, напівфабрикати і оснащення надходять на постачаючі склади підприємства, звідки їх отримують відповідні споживачі - цехи та служби.

Залежно від масштабів обслуговування розрізняють склади загальнозаводські, прицехові, а так само цехові комори, що входять до складу цеху.

Кожен зі складів відповідно до особливостей збережених матеріалів, напівфабрикатів і палива повинен бути обладнаний необхідними підйомно-транспортними засобами, стелажми, шафами, ящиками та іншими пристосуваннями, що дозволяють ефективно здійснювати операції складування матеріалів.

На проєктованій ділянці передбачено:

- склад заготовок;
- склад готової продукції.

У склад заготовок надходить продукція з заготівельного цеху. З складу заготовок. Деталі партіями відправляються на механічну обробку, де деталі знаходяться на місцях складування. Після останньої операції технологічного процесу партія деталей потрапляє на склад готової продукції.

Організація транспортного господарства

У процесі виробництва в цехах підприємства регулярно переміщається велику кількість сировини, матеріалів, палива, напівфабрикатів, інструментів і готової продукції. Доставка цих вантажів на склади підприємства, переміщення їх усередині підприємства, а так само вивезення готової продукції та відходів з підприємства є функціями промислового транспорту, який ділиться на зовнішньозаводський і внутрішньозаводський.

Внутрішньозаводський транспорт зосереджується в транспортному цеху підприємства, який підпорядковується заступнику директора з загальних питань. Здійснюючи виробничий зв'язок між складами, цехами, ділянками і робочими місцями. Внутрішньозаводський транспорт є частиною матеріально-технічної бази виробництва.

Внутрішньозаводський транспорт за своїм призначенням поділяється на міжцехових, що здійснює різні перевезення між цехами і складами, і внутрішньоцехових, призначений для виконання транспортних операцій в межах окремих цехів і складів.

На проєктованій ділянці використовується підлогові транспортні засоби (ручні візки, електрокари) крім того, для переміщення важких вантажів по цеху - крани поворотні, кран-балки.

2.5 Організація налагодження обладнання з ЧПК по керуючій програмі

Налаштування інструментів для металорізального обладнання з числовим програмним управлінням є невід'ємною частиною технологічної підготовки виробництва при організації гнучких автоматизованих виробництв. Розмірна налаштування інструментів дозволяє організувати регламентоване забезпечення інструментами робочих місць. Регламентоване забезпечення інструментами на увазі виконання двох видів робіт: примусову (регламентовану) заміну інструментів; позапланову (екстрену) заміну інструментів.

Регламентоване забезпечення інструментами скорочує час простою дорогого обладнання при налагодженні, скорочує втрати від браку з огляду на неприпустимого зносу, знижує витрату інструментів. Необхідний коефіцієнт використання високопродуктивних верстатів в значній мірі залежить від підготовки, зберігання і доставки інструменту.

Для централізованого забезпечення верстатів з ЧПК інструментами організують ділянку розмірного налаштування інструментів. Ділянка підпорядкована заступнику начальника цеху з технологічної підготовки.

Ділянка розмірного налаштування інструментів для верстатів з ЧПК містить зони забезпечення інструментами верстатів з ЧПК і розмірної настройки інструменту.

У зоні забезпечення інструментами верстатів з ЧПУ здійснюється зберігання мінімальних запасів всієї номенклатури ріжучого, вимірювального і допоміжного інструментів і технологічної документації, комплекція технічної документації і всіх видів інструментів; передача скомплектованим інструментів і технічної документації в зону розмірної настроювання інструментів.

Для налаштування ріжучих інструментів до верстатів токарної групи використовується прилад мод. БВ-2026 горизонтального використання. На приладі виконують розмірне налаштування інструментів за двома координатами з точністю 0,001 мм.

Для настроювання інструментів для верстатів свердлильно-фрезерно-розточний групи застосовують прилад мод. БВ-2027 вертикального використання.

Комплектацію інструментів здійснює комплектувальник відповідно зі змінним завданням на підготовку інструментів. Майстер з інструментом підбирає для даної технологічної операції комплектуючу карту, схему установки та іншу необхідну технологічну документацію. На підставі технологічної документації комплектувальник підбирає з стелажів ріжучий і допоміжний інструменти. Зборку і розмірне налаштування інструментів здійснює слюсар інструментальник по налаштуванню інструменту згідно картами і схемами

настройки інструменту. Отримавши із зони забезпечення інструментами вибраний ріжучий і допоміжний інструменти, слюсар-інструментальник збирає їх, закріплює на приладі і налаштовує відповідні координати вильоту ріжучих кромок.

Налаштовані технологічні комплекти інструментів повертають у зону забезпечення інструментами. Отримавши комплекти налаштованих інструментів, комплектувальник доукомплектовує їх вимірювальними засобами, технологічною документацією і передає їх до транспортно-накопичувальну систему ГВС для відправки до робочих місць, де інструменти виставляються і прив'язуються.

2.6 Обґрунтування прийнятих методів розробки керуючих програм в технологічному процесі, що проектується

Відділ розробки керуючих програм (ВРКП) забезпечує технологічну готовність механообробного виробництва до виготовлення деталей на верстатах з числовим програмним управлінням (ЧПУ) відповідно до технічних вимог та мінімальними трудовими і матеріальними витратами.

Очолює ВРКП, організовує всю роботу і несе повну відповідальність за діяльність відділу начальник ВРКП.

Планування роботи ВРКП здійснює начальник відділу на підставі затверджених головою правління АТ або його першим заступником графіків технічної підготовки виробництва, планів підвищення ефективності виробництва і соціального розвитку колективу, річних, квартальних і місячних виробничих планів, інших директивних документів, а також заявок від цехів і відділів на розробку керуючих програм (КП).

Підставою для розробки КП механічної обробки деталей на верстатах з ЧПК є доведення до виконавця план-завдання.

Вихідною документацією для розробки КП та технологічних процесів обробки деталей на верстатах з ЧПК є:

- робоче креслення деталі;
- технологічний процес обробки (виписка з технологічного процесу);
- технічні характеристики та технологічні можливості верстатів і пристроїв з ЧПК;

- відомості про використовувані пристосування і засоби технологічного оснащення, ріжучим і вимірювальним інструментом.

Технолог-програміст робить аналіз вихідних даних, вибір устаткування з ЧПК і оснащення, намічає зміни в базовому технологічному процесі, які в необхідних випадках узгоджуються з розробником технологічного процесу.

Технолог-програміст в відповідно до вихідних даних намічає план операцій, схеми установок, складає по перехідну технологію, яка записується в операційну карту або виконується графічно на бланку ескізів відповідно до ГОСТ 3.1105-84, форми 7 і 8.

На карті ескізів зазначаються:

- ескіз деталі з розмірами і контурами заготовки;
- технічні вимоги;
- застосовувана оснащення;
- вихідна (нульова) точка програми;
- траєкторія руху ріжучого інструменту;
- режими обробки;
- елементи оснащення;
- умовні позначення опор, баз і затискних елементів;
- вимоги з техніки безпеки;
- особливі технологічні вимоги і вказівки.

У процесі розробки карти ескізів технолог-програміст заповнює відомість оснащення, яка складається в необхідних випадках додаткові заявки на проектування й виготовлення оснащення і спеціального інструменту і на складання універсального переналагоджуваного оснащення.

На підставі карти ескізів і операційного технологічного процесу технолог-програмістом складається КП обробки деталі. Залежно від

складності деталі, типу вживаного верстата, наявності засобів автоматизації програмування розрахунок КП здійснюється двома основними методами:

- ручним програмуванням;
- з використанням автоматизованих робочих місць.

При ручному програмуванні технолог-програміст виробляє:

- розрахунок координат опорних точок;
- кодування геометричній та технологічної інформації (формування КП);
- сформована КП наноситься на програмний носій.

При використанні систем автоматизованого програмування технолог-програміст підготовляє початкові дані і безпосередньо вводить їх в міні-ЕОМ, яка робить обробку даних і видачу КП у вигляді її роздруку і перфострічки.

Технолог-програміст проставляє в журналі відділу розробки програм УГТ реєстраційний номер розроблюваної КП. Цей же реєстраційний номер проставляється в карті ескізів і їй відповідним відомостях засобів технічного оснащення ріжучого і вимірювального інструменту.

Після впровадження обробки деталі в цеху і коректування КП технолог-програміст здає в архів відділу розробки програм комплектно наступну технічну документацію:

- робочий креслення деталі;
- виписку з технологічного процесу;
- відомості засобів технологічного оснащення;
- карту ескізів;
- вихідні дані для розрахунку на ЕОМ;
- роздруківку КП;
- КП (керуюча програма).

Технік-оператор архіву відділу розробки програм УГТ стежить за збереженням приймається до-кімнатці, своєчасним її дублюванням і видачею дублікатів в цеху.

За заявкою цеху технік-оператор архіву видає копії наступній документації:

- карти ескізів;
- відомості засобів технологічного оснащення;
- керуючої програми;
- роздруківки керуючої програми.

Пропозиції для розгляду та прийняття рішення про доцільність механічної обробки деталей на верстатах з ЧПК надаються технологами УГТ і технологічними службами цехів об'єднання за погодженням з провідним технологом у відділі розробки програм УГТ.

Розгляд пропозицій здійснюється фахівцями відділу розробки програм спільно з провідним технологом УГТ.

Для розгляду пропозиції провідний технолог надає:

- креслення деталей, включених до пропозиції;
- перелік замовленої технологічного оснащення, ріжучого і вимірювального інструмента;
- відомості про трудомісткість та обсяги виробництва;
- відомості про існуючий технологічному процесі і його особливості.

За результатами аналізу поданих матеріалів приймається відповідне рішення. При цьому в графі " Примітка " проводиться одна з двох записів:

- прийняти до розробки (із зазначенням строку або черговості);
- відхилити через ...

Розглянуте пропозицію підписується фахівцями, що беруть участь в обговоренні, проходить реєстрацію у відділі розробки програм і, в подальшому, є підставою для планування робіт з розробки УП.

Доцільність обробки деталі на верстатах з ЧПУ в загальному випадку визначається техніко-економічним розрахунком або зіставленням деталі, пропонованої до обробки, з робочою деталями на верстатах з ЧПУ. При цьому вирішальними чинниками є:

- трудомісткість обробки;
- складність конструкції деталі та її технологічність;

- величина запускається у виробництво партії деталей і її повторюваність протягом року;

- розрахункові дані щодо завантаження обладнання (КЗ);
- трудомісткість розробки КП та технологічного оснащення;
- спосіб отримання і матеріал заготовки;
- технічні умови і вимоги до точності і шорсткості поверхонь деталі.

Кожна розроблена УП механічної обробки деталі на верстаті з ЧПУ повинна проходити перевірку при обробці дослідної деталі (зразка) або партії деталей в реальних умовах.

Відпрацювання КП провадиться за наявності на робочому місці передбачених по технологічному процесу технологічного оснащення.

Обробка дослідної деталі (зразка) або партії деталей проводиться оператором цеху в присутності технолога-програміста.

У процесі дослідної обробки технолог-програміст виробляє коригування УП або її переробки (при необхідності).

Оброблена деталь перевіряється працівником БТК цеху або особою яка їх заміняє, на відповідність розмірам і технічним вимогам креслення або операційного ескізу. Придатна деталь приймається БТК цеху в установленому порядку. При наявності відступів від вимог креслення, працівник БТК або особа, його що заміняє, складає перелік зауважень і передає розробнику керуючих програм для прийняття відповідних технічних рішень та внесення змін до УП.

Після обробки другий деталі або партії деталей і отримання позитивного висновку робітника БТК технолог-програміст визначає цикл обробки, час обробки програми в автоматичному режимі і оформляє акт впровадження програми.

Акт впровадження програми підписується в наступній послідовності:

- технологом-програмістом з встановленням циклу обробки;
- майстром дільниці верстатів з ЧПК;
- працівником БТК цеху або особою яка їх заміняє;

- провідним технологом з встановленням норми часу та розцінки по операціях.

Акт впровадження програми є основним документом, на підставі якого закріплюється Звернення деталі за певною одиницею або групою обладнання з ЧПК, видається повідомлення провідним технологом про зміни до діючої технологічної документації, розцеховці і маршрут технологічного процесу.

Акт впровадження програми зберігається у відділі розробки програм. Копії акту по одному примірнику розсилаються провідному технологові і майстерні, якому впроваджена КП.

Після впровадження КП механічної обробки на верстатах з ЧПК цех-виробник несе відповідальності за дотриманням технологічної дисципліни, наявності і збереження оснащення та технологічної документації відповідно до порядку та вимог, установлених в об'єднанні.

2.7 Організація технічного контролю деталі на ділянці, що проектується

Основними завданнями відділу технологічного контролю (ВТК) є запобігання випуску неякісної продукції, зміцнення виробничої дисципліни і підвищення відповідальності всіх ланок виробництва за якість продукції, що випускається.

У пропонованому технологічному процесі після механічних обробок застосовують операцію контроль ВТК. Для контролю якості продукції на механічному ділянці призначається контрольний майстер.

Контрольний майстер механічного ділянки призначається і звільняється від займаної посади наказом голови правління АТ. Контрольний майстер підпорядковується безпосередньо начальнику дільниці технічного контролю.

Основним завданням контрольного майстра механічного ділянки є забезпечення виготовлення і випуску продукції, суворо відповідної НТД, і

організація технічного контролю на дорученій йому ділянці, згідно вимог. Положення про УТК.

У своїй діяльності контрольний майстер механічного ділянки повинен знати і керуватися: Правилами внутрішнього трудового розпорядку на підприємстві, Положенням про УТК, вимогам НТД, що стосуються його виробничої діяльності.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.

3.1 Визначення вартості основних матеріалів

Вартість основних матеріалів визначаємо виходячи з вартості заготовки за вирахування сум реалізованих відходів за формулою:

$$M = B_3 - B_6, \text{ грн.} \quad (3.1)$$

$$M = 257,06 - 37,03 = 220,03 \text{ грн}$$

B_3 - вартість заготовки

B_6 - вартість відходів які реалізуються

Вартість заготовки обчислюється за формулою:

$$B_3 = m_3 \cdot C_3 \cdot K_{m3}, \text{ грн.} \quad (3.2)$$

$$B_3 = 7,27 \cdot 34 \cdot 1,04 = 257,06 \text{ грн}$$

Вартість відходів обчислюється за формулою:

$$B_6 = m_6 \cdot C_6, \text{ грн.} \quad (3.3)$$

$$B_6 = 2,42 \cdot 15,3 = 37,02 \text{ грн}$$

K_{m3} - коефіцієнт який враховує транспортно – заготівельні витрати (за даними базового підприємства).

Маса відходів обчислюється за формулою:

$$m_6 = m_3 - m_0, \text{ кг.} \quad (3.4)$$

$$m_6 = 7,27 - 4,85 = 2,42 \text{ кг}$$

Розраховані дані перенесені в таблицю 3.1.

3.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничим робітникам і розміру їх середньомісячного заробітку

Річний фонд заробітної плати виробничих робітників складається з основної і додаткової заробітної плати за рік і обчислюється за формулою:

$$Z_p = Z_{op} + Z_{дод.р}, \text{ грн.} \quad (3.5)$$

Таблиця 3.1 - Розрахунок вартості основних матеріалів.

Показник	Величина
1. Марка матеріалу	Сталь 35
2. Маса заготовки, кг	7,27
3. Ціна за 1 кг матеріалу, грн.	34
4. Вартість заготовки, грн.	257,06
5. Маса деталі, кг	4,85
6. Маса відходів, кг	2,42
7. Ціна за 1 кг відходів, грн.	15,3
8. Вартість відходів, грн.	37,02
9. Вартість матеріалів за вирахуванням відходів, грн.	220,03
10. Вартість витрат на основні матеріали у розрахунку на річну програму за вирахуванням відходів, грн.	6.336.864

$$Z_p = 624\,200 + 157\,298 = 781\,498 \text{ грн.}$$

Z_{op} - річний фонд заробітної плати.

$Z_{дод.р}$ - річний фонд додаткової заробітної плати.

Річний фонд заробітної плати виробничих робітників обчислюється за формулою:

$$Z_{op} = Z_o \cdot N_{np} + \sum(Q_{доz} * C_{год}), \text{ грн.} \quad (3.6)$$

$$Z_{op} = 27,5 * 20000 + 53 * 1400 = 624\,200 \text{ грн}$$

Основна заробітна плата основних робітників на деталь розраховується за формулою:

$$Z_o = \sum_{i=1}^n (P_{від} \cdot K_{б}), \text{ грн.} \quad (3.7)$$

$$Z_o = 3,52 * 1 + 6,26 * 1 + 8,43 * 1 + 14,3 * 0,65 = 27,5 \text{ грн}$$

$P_{від}$ - відрядна розцінка на операцію

$K_{б}$ - коефіцієнт який враховує багатостатне обслуговування.

Якщо $S_{б} = 2$ верстата, то $K_{б} = 0,65$;

Sб=3 верстата, Кб=0,48;

Sб=4 верстата Кб=0,39;

Розрахунок основної заробітної плати на деталь зведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Розрахунок заробітної плати на деталь.

№ Операції	$P_{від}$	$K_{б}$	$З_o$
015	3,52	1	3,52
025	6,26	1	6,26
030	8,43	1	8,43
040	14,3	0,65	9,29
Всього	32,51		27,5

Річний фонд додаткової заробітної плати включає оплату відпустки, часу виконання державних обов'язків, доплату за надурочну роботу, роботу в нічну зміну, у вихідні та святкові дні визначається за формулою:

$$З_{дод.р} = З_{ор} \cdot K_{дод}, \text{ грн.} \quad (3.8)$$

$$З_{дод.р} = 624200 \cdot 0,252 = 157\,298 \text{ грн}$$

$K_{дод}$ - це коефіцієнт який враховує додаткову заробітну плату (за даними базового підприємства).

Додаткова заробітна плата в розрахунку на деталь обчислюється за формулою:

$$З_{дод} = З_o \cdot K_{дод}, \text{ грн.} \quad (3.9)$$

$$З_{дод} = З_o \cdot K_{дод} = 27,5 \cdot 0,252 = 6,93 \text{ грн}$$

Середньомісячна заробітна плата основних робітників обчислюється за формулою:

$$З_{с.м} = \frac{З_p}{\sum P^{np} \cdot 12}, \text{ грн.} \quad (3.10)$$

$$З_{с.м} = З_p = 781\,498 / 8 \cdot 12 = 8140 \text{ грн}$$

Відрахування в фонд соціального призначення розраховується за ставками згідно з законодавством про оподаткування від фонду споживання.

$$B_{\text{соц}} = \frac{(Z_o + Z_{\text{доод}}) \cdot C_a}{100}, \text{ грн.} \quad (3.11)$$

$$B_{\text{соц}} = (27,5 + 6,93) \cdot 22 / 100 = 7,57 \text{ грн.}$$

де C_a - ставки відрахувань у фонди соціального призначення (за даними базового підприємства), %.

3.3 Розрахунок накладних витрат

3.3.1 Розрахунок основних витрат.

Ці витрати складаються з витрат на управління цехами, дільницями, амортизацію основних засобів цеху, витрат на утримання, експлуатацію та ремонт основних засобів, витрат на вдосконалення технології та організації виробництва. Розмір цих витрат при наближених розрахунках можна прийняти за даними базових підприємств (у відсотках до основної заробітної плати основних робітників на деталь).

$$B_z = \frac{Z_o \cdot \%B_{z.б}}{100}, \text{ грн.} \quad (3.12)$$

$$B_{zв} = 27,5 \cdot 207 / 100 = 56,9 \text{ грн}$$

Ці витрати поділяються на змінні та постійні:

- до постійних витрат відносять витрати на обслуговування і управління виробництвом, витрати, що залишаються постійними при зміні обсягу виробництва.

- до змінних витрат належать витрати на обслуговування і управління виробництвом, що змінюються прямопропорційно до зміни обсягів виробництва.

Розмір постійних загально виробничих витрат обчислюється за формулою:

$$B_{zв}^{\text{пост}} = \frac{Z_o \cdot \%B_{zв}^{\text{пост}}}{100}, \text{ грн.} \quad (3.1.3)$$

$$B_{zв}^{\text{пост}} = 27,5 \cdot 130 / 100 = 35,75 \text{ грн}$$

Розмір змінних витрат виробничих витрат обчислюється за формулою:

$$B_{зв}^{зМ} = \frac{З_o \cdot \%B_{зв}^{зМ}}{100}, \text{ грн.} \quad (3.14)$$

$$B_{зв}^{зМ} = 27,5 \cdot 77 / 100 = 21,1 \text{ грн}$$

3.3.2 Розрахунок адміністративних витрат.

До адміністративних витрат відносять такі загальногосподарські витрати: загально корпоративні витрати, витрати на оплату праці робітників заводууправління. Їх розміри визначаються наближеним методом за даними базових підприємств у відсотках від основної заробітної плати основних робітників на одну деталь (або від виробничої собівартості):

$$B_{адм} = \frac{З_o \cdot \%B_{адм}}{100}, \text{ грн.} \quad (3.15)$$

$$B_{адм} = 27,5 \cdot 154 / 100 = 42,35 \text{ грн.}$$

3.3.3 Витрати на збут.

Витрати на збут включають витрати пов'язані з реалізацією продукцією. Їх розмір при наближених розрахунках можна прийняти у відсотках від основної заробітної плати основних робітників на деталь (за даними базового підприємства):

$$B_{зб} = \frac{З_o \cdot \%B_{зб}}{100}, \text{ грн.} \quad (3.16)$$

$$B_{зб} = 27,5 \cdot 11 / 100 = 3 \text{ грн}$$

3.4 Розрахунок повної собівартості і ціни деталі

Повна собівартість деталі обчислюється за формулою:

$$C = M + З_o + З_{дод} + B_{соц} + B_{зв} + B_{адм} + B_{зб}, \text{ грн.} \quad (3.17)$$

$$C = 220,03 + 27,5 + 6,93 + 7,57 + 21,1 + 42,35 + 3 = 328,48 \text{ грн}$$

Ціна деталі розраховується за формулою:

$$Ц = C + П, \text{ грн.} \quad (3.18)$$

$$Ц = 328,48 + 131,392 = 459,872 \text{ грн}$$

$П$ - прибуток який розраховується з нормативного рівня рентабельності

$$П = \frac{C \cdot P}{100}, \text{ грн.} \quad (3.19)$$

$$П = 328,48 \cdot 40 / 100 = 131,392 \text{ грн}$$

P - норматив рентабельності продукції (за даними базового підприємства),
%.

Всі попередні розрахунки зведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Розрахунок повної собівартості і ціни деталі.

Найменування статей	Вартість, грн.
1. Вартість матеріалів за вирахуванням відходів	220,03
2. Основна заробітна плата в розрахунку на одиницю продукції	27,5
3. Додаткова заробітна плата в розрахунку на одиницю продукції	6,93
4. Відрахування в фонд соціального призначення	7,57
5. Загальновиробничі витрати	21,1
6. Адміністративні витрати	42,35
7. Витрати на збут	3
Собівартість	328,48
Нормативний прибуток	131,392
Ціна	459,872

4 РЕЗУЛЬТУЮЧА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок економічної ефективності запропонованого технологічного процесу

4.1.1 Визначення вихідних даних для економічного порівняння варіантів.

Економічна ефективність запропонованого варіанту технологічного процесу визначається шляхом економічного порівняння з базовим варіантом, або однієї операції, або груп операцій, або всього технологічного процесу.

Вихідні дані для економічного порівняння варіантів зведені в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для економічного порівняння варіантів.

Найменування даних	Буквені позначення	1-й варіант (базовий)	2-й варіант (запропонований)
		Порівнювані операції	Порівнювані операції
		Модель обладнання	Модель обладнання
Річний приведений обсяг випуску, шт.	N_{np}	20000	20000
Тип та модель верстата		ARIX NCL 30	HAAS ST 15
Норма штучно-калькуляційного часу	$T_{шк}$	18.78	9,55
Кількість верстатів, шт.	n_{np}	2	1
Коефіцієнт використання	K_e	0,80	0,81
Площа верстата за габаритами, м. кв.	S	3,5	5,3
Оптова ціна верстата	C_e	1.330.000	1.548.049
Чисельність робітників верстатників	P_{np}	4	2
Розряд робітників верстатників		3	3
Коефіцієнт багатостатності	K_b	1	1

Вихідні дані для базового варіанта визначаються таким чином:

а) річний приведений випуск N_{np} буде однаковим з запропонованим варіантом

б) тип, модель верстата (верстатів), кваліфікацію робітників та $T_{шк}$ треба брати згідно з базовим технологічним процесом.

в) кількість верстатів та коефіцієнт їх використання визначити за формулами 2.11 та 2.14.

г) чисельність робітників-верстатників визначається за формулою 2.16.

4.1.2 Визначення капітальних вкладень по порівнюваним варіантам

Капітальні вкладення, які враховуються під час визначення ефективності верстатів з ЧПК складаються з наступних витрат:

$$K = K_{бал} + K_{пл} + K_{сл}, \text{ грн.} \quad (4.1)$$

$$K_{бал1} = 3.059.000 + 47250 + 42000 = 4.701.375 \text{ грн.}$$

$$K_{бал2} = 1.780.256 + 31800 + 47250 = 1.859.306 \text{ грн.}$$

де $K_{бал}$ - балансова вартість верстата, грн.;

$K_{пл}$ - вартість виробничої площі, грн.;

$K_{сл}$ - вартість службово побутових приміщень, грн..

Балансова вартість устаткування визначається за формулою:

$$K_{бал} = \sum_1^M (C_v \cdot n_{np}) \cdot K_{дм}, \text{ грн.} \quad (4.2)$$

$$K1 = 1.330.000 * 2 * 1,15 = 3.059.000$$

$$K2 = 1.548.049 * 1 * 1,15 = 1.780.256$$

де M - кількість типорозмірів верстатів за операціями, що враховуються в розрахунку ефективності, шт.;

C_v - оптова вартість верстата, грн.; (інтернет);

K_{dm} - коефіцієнт, враховуючий витрати на транспортування, встановлення верстата, пуско-налагоджувальні роботи (дорівнює 1,15).

Вартість виробничої площі визначається за формулою:

$$K_{nl} = C_{nl} \sum_1^M (S + S_y) \cdot n_{np} \cdot \gamma, \text{ грн.} \quad (4.3)$$

$$K_{nl1} = 1500 \times 3.5 \times 2 \times 4.5 = 47250 \text{ грн.}$$

$$K_{nl2} = 1500 \times 5.3 \times 1 \times 4.0 = 31800 \text{ грн.}$$

де C_{nl} - вартість 1 м. кв. площі механічного цеху (для верстатів нормальної та підвищеної точності дорівнює 1200-1500; для верстатів високої та особливо високої точності, важких та унікальних дорівнює 2200 грн.);

S - площа, яку займає станок за габаритами, м.кв.;

S_y - площа, яку займають виносні та допоміжні прилади ЧПК, електрошафа, гідростанція, елеватор для прибирання стружки та ін. (дорівнює 1-3 м. кв.);

γ - коефіцієнт, який враховуючий додаткову площу; його значення наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Коефіцієнт, який враховуючий додаткову площу

Площа станка за габаритами	2,5	2,6-5	5,1-9	9,1-14	14,1-20	20,1-40	40,1-75	>75
Коефіцієнт, враховуючий додаткову площу,	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5

Вартість службово-побутових приміщень визначається за формулою:

$$K_{cl} = C_{nl.cl} \cdot S_{cl} \cdot \left(\sum_1^M P_{np} + \sum_1^M P_{дод} \right), \text{ грн.} \quad (4.4)$$

$$K_{cl1} = 1500 \times 7 \times 4 = 42000 \text{ грн.}$$

$$K_{cl2} = 1500 \times 2 \times 4.5 = 13500 \text{ грн.}$$

де $C_{nl.cl}$ - вартість службово-побутових приміщень, грн. (1 м. кв. приймається 1500 грн.);

S_{cl} - питома площа на одного виробничого робітника ($S_{cl}=7$ м. кв.);

P_{np} - кількість виробничих робітників на даній операції, чол.;

$P_{доd}$ - додаткова робоча сила для одного верстата з ЧПК та витрачаєма на підготовку ПК, настройку інструменту поза станком, виготовлення ріжучого інструменту поверх звичайних нормативів, технічне обслуговування та ремонт приладів ЧПК, чол. (за укрупнених розрахунків можна прийняти $P_{доd} = 0,5$), чол. на кожний верстат з ЧПК.

4.1.3. Визначення технологічної собівартості річного випуску деталей за порівнюваними варіантами.

До технологічної собівартості (собівартість механічної обробки) включаються витрати, що залежать від використовуваної техніки та технології, розмір яких є різним для порівнюваних варіантів.

Розмір технологічної собівартості річного випуску деталей розраховується за формулою:

$$C = Z_{в.р.} + A_{nl} + A_{cl} + A_v, \text{ грн.} \quad (4.5)$$

$$C1=506774+940.684 +6300+5600=1.459.358 \text{ грн.}$$

$$C2=257704+371.861 +4240+6300=640105 \text{ грн.}$$

де $Z_{в.р.}$ - річна заробітна плата верстатників (основна та додаткова), враховуючи відрахування до фонду соціального страхування, грн.

A_{cm} - річні амортизаційні відрахування на повне відновлення верстатів, грн.;

A_{nl} - річні витрати на амортизацію та утримання приміщень, що відведені під верстати, грн.;

A_{cl} - річні витрати на амортизацію та утримання службово-побутових приміщень, грн.

4.1.3.1 Річна заробітна плата виробничих робітників з відрахуванням у фонд соціального призначення визначається за формулою:

$$Z_{npp} = \sum (C_{zod} \cdot T_{шк} / 60) \cdot N_{np} \cdot (1 + K_{zod}) \cdot (1 + \frac{C_{\sigma}}{100}) \cdot K_{\sigma} \quad (4.6)$$

$$Z_{вр1} = (53 \times 18.78) / 60 \times 20000 \times (1 + 0.252) \times (1 + 0.22) \times 1 = 506774 \text{ грн.}$$

$$Z_{вр2} = (53 \times 9.55) / 60 \times 20000 \times (1 + 0.252) \times (1 + 0.22) \times 1 = 257704 \text{ грн.}$$

де C_{zod} - годинна тарифна ставка, грн.;

K_{zod} - коефіцієнт, який враховує додаткову ЗП;

C_{σ} - ставка відрахувань у фонди соціального призначення.

4.1.3.2 Річні амортизаційні відрахування на повне відновлення станків визначаються за формулою:

$$A_{\sigma} = \sum_1^M K_{\sigma} \cdot \alpha_B / 100, \text{ грн.} \quad (4.7)$$

$$A_{в1} = 4.701.375 \times 20 / 100 = 940.684 \text{ грн.}$$

$$A_{в2} = 1.859.306 \times 20 / 100 = 371.861 \text{ грн.}$$

(4.1.7)

де α_B - норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення верстата, % ($\alpha_B = 20\%$).

4.1.3.3 Річні витрати на амортизацію та утримання приміщень, що займають верстати визначаються за формулою:

$$A_{nl} = H_{nl} \sum_1^M (S + S_y) \cdot n_{np} \cdot \gamma, \text{ грн.} \quad (4.8)$$

$$A_{пл1} = 200 \times 3.5 \times 2 \times 4.5 = 6300 \text{ грн.}$$

$$A_{пл2} = 200 \times 5.3 \times 1 \times 4.0 = 4240 \text{ грн.}$$

де H_{nl} - вартість амортизації та утримання м. кв. Площі механічного цеху, грн. (для верстатів нормальної та підвищеної точності дорівнює 200-250 грн., для

станків високої та особливо високої точності, важких та унікальних дорівнює 250-300 грн.).

4.1.3.4 Річні витрати на амортизацію та утримання службово-побутових приміщень розраховуються за формулою:

$$A_{cl} = H_{nl} \cdot S_{cl} \cdot \left(\sum_1^M P_{np} + \sum_1^M P_{одд} \right), \text{ грн.} \quad (4.9)$$

$$A_{cl1} = 200 \times 7 \times 4 = 5600 \text{ грн.}$$

$$A_{cl2} = 200 \times 2 \times 4.5 = 6300 \text{ грн.}$$

4.1.4 Визначення річного економічного ефекту та строку окупності капітальних вкладень

Визначив капітальні вкладення та технологічну собівартість обробки річної продукції за порівнюваними варіантами, розраховуємо розмір приведених витрат (3) за варіантами:

$$3 = C + E_n \cdot K, \text{ грн.} \quad (4.10)$$

$$31 = 1.459.358 + 0.15 \times 3.059.000 = 1.918.208 \text{ грн.}$$

$$32 = 640105 + 0.15 \times 1.780.256 = 907.143 \text{ грн.}$$

де C - технологічна собівартість річного випуску продукції за даним варіантом, грн.;

K - капітальні вкладення за цим же варіантом;

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, дорівнює 0,15.

Розраховуємо річний економічний ефект (E_p) як різницю приведених витрат двох варіантів:

$$E_p = 3_1 - 3_2 = (C_1 + E_n \cdot K_1) - (C_2 + E_n \cdot K_2), \text{ грн.} \quad (4.11)$$

$$E_p = 1.918.208 - 907.143 = 1.011.065 \text{ грн.}$$

Отримані результати зводимо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. – Розрахунок величин приведених витрат, річного економічного ефекту та строку окупності додаткових капітальних вкладень.

Найменування витрат	Буквені позначення	Сума, грн..	
		1-й варіант (базовий)	2-й варіант (проектний)
Капітальні вкладення	К	3.059.000	1.780.256
Технологічна собівартість	С	1.459.358	640.105
Приведені витрати	З	1.918.208	907.143
Річний економічний ефект	Е _р	1.011.065	

4.2 Техніко-економічні показники дільниці

Таблиця 4.3 - Техніко-економічні показники дільниці.

Найменування показника	Величина
1. Річний приведений обсяг продукції	
1.1 В натуральному виразі, шт. (N_{np})	20000
1.2 По трудомісткості, н-г.	15365
1.3 За повною собівартістю, грн.	6.368.400
2. Річний обсяг випуску деталі, шт.	1800
3. Кількість обладнання, шт.	6
4. Середній коефіцієнт використання обладнання	0,68
5. Виробнича площа, м ²	375
6. Загальна площа дільниці у розрахунку на одиницю обладнання, м ²	720
7. Чисельність працюючих, чол.	13
7.1 Основні виробничі працівники	8
7.2 Допоміжні працівники	3
7.3 Керівники	1
7.4 Спеціалісти	1
7.5 Службовці	
8. Продуктивність праці	
8.1 В натуральному виразі в розрахунку на одного основного робітника, шт.	2857
8.2 За трудомісткістю, н-г.	1995
8.3 За собівартістю, грн.	909.771
9. Середньомісячна заробітна плата основних виробничих працівників, грн.	7431
10. Собівартість деталі, грн.	318,42
11. Ціна деталі, грн.	445,788
12. Матеріальні витрати на 1 грн. собівартості деталі	0,71

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу технологічного процесу виготовлення основних деталей планетарного редуктора розроблено сучасний технологічний процес з прогресивними методами обробки на верстаті з ЧПК з застосуванням спеціальних ріжучих та вимірювальних інструментів для однієї з найважливіших деталей - «Кришка».

2. Базовий технологічний процес був змінений таким чином, що токарно-гвинторізна операція (обробка за два установи) замінюється на дві токарні на верстаті з ЧПК і свердлувальну, де обробка ведеться за один установ, а також токарна на більш старому верстаті з ЧПК замінюється на дві токарні на новому верстаті з ЧПК.

3. Проведені економічні розрахунки дозволяють зробити висновок про економічну ефективність розробленого технологічного процесу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аніщенко М.В. Системи числового програмного керування.- Х.: НТУ ХП, 2012. – 312 с.
2. Бочков В.М., Сілін Р.І. Обладнання автоматизованого виробництва. Навчальний посібник / За ред. Сіліна Р.І. Львів: Виробництво Державного університету “Львівська політехніка”, 2000. – 380 с.
3. Вакуленко І.О. Технологія механічної обробки металевих матеріалів: навчальний посібник / І. О. Вакуленко, Т. М. Кадильникова, С. В. Проїдак. — Дніпропетровськ : Дніпропетр. нац. ун-т, 2014. — 176 с.
4. Взаємозамінність, основи стандартизації та технічних вимірювань: підручник / Г. О. Іванов, В. С. Шебанін, Д. В. Бабенко, П. М. Полянський ; за ред. Г.О. Іванова, В.С. Шебаніна. — вид. перероб. і доп. — Миколаїв : Миколаївський нац. аграрний ун-т, 2016. — 412 с.
5. Гайворонський В. А. Програмування автоматизованого обладнання. Технологічні основи обробки корпусних деталей : навчальний посібник // В. А. Гайворонський. – К. : Кондор, 2007. – 290с.
6. Григурко І.О. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування): навч. посіб. / І. О. Григурко, М. Ф. Брендюля, С. М. Доценко. — Львів : Новий Світ-2000, 2006. — 576 с.
7. Григурко, І.О. Брендюля М. Ф. Технологія обробки типових деталей та складання машин: Практикум / І. О. Брендюля М. Ф. Григурко, С. М. Доценко. — Львів : Новий Світ-2000, 2019. — 472с.
8. Єременко О.І. Інженерна механіка. Ч. 2. Теорія механізмів і машин. Вінниця: Нова Книга, 2009,
9. Карпусь В.Є. Ефективне використання верстатів з ЧПК у авіаційному агрегатобудуванні / В. Є. Карпусь, В. О. Границя. — Х. : ДП ХМЗ "ФЕД", 2009. — 228 с.
10. Кузнєцов Ю. М., Саленко О. Ф., Харченко О. О., Щетинін В. Т. Технологічне обладнання з ЧПК: механізми і оснащення: Навч. посібник для студентів

- вищих навчальних закладів / Ю. М. Кузнєцов, О. Ф. Саленко, О. О. Харченко, В. Т. Щетинін. – Київ – Кременчук - Севастополь: Вид-во «Точка», 2014. — 500 с.
11. Кушніров П. В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу "Технологічна оснастка": для студ. за напрямом підготовки 6.050502 - «Інженерна механіка» (спец. "Технологія машинобудування", "Металорізальні верстати та системи", "Інструментальне виробництво") денної та заочної форм навчання. Ч.1 / П. В. Кушніров. – Суми : СумДУ, 2009. — 52 с.
12. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Кульпін Р.А. Динаміка й оптимізація машин. — К.: ЦП «Компринт», 2018. — 310 с.
13. Онофрейчук Н. В. Основи обробки та програмування на верстатах з числовим програмним керуванням : підруч. / Н.В. Онофрейчук. — Львів : Світ, 2019. — 352 с.
14. Основи обробки матеріалів різанням та інструмент: Навчальний посібник для підготовки молодших спеціалістів та бакалаврів машинобудівних спеціальностей / Ю. Ф. Лебеденко, С. Є. Сліпченко. Харків: Факт, 2020. — 344 с.
15. Сєдінкін Л.М. Збірник тестових завдань з програмування обробки деталей на верстатах з ЧПК: навч. посіб. / Л. М. Сєдінкін. — Суми : СумДУ, 2007. — 119 с.