

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 поршневого компресора».

Здобувача групи КМ-01-2 НІКОЛАЄНКА Богдана Андрійовича.

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

_____ Богдан НІКОЛАЄНКО
(підпис)

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

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра: 87 с., 6 рис., 24 табл., 15 джерел.

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

Об'єкт дослідження: технологічний процес виготовлення деталей поршневого компресора.

Предмет дослідження – застосування верстатів з ЧПК в техпроцесі виготовлення деталей поршневого компресора.

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 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 токарна операція замінюється на токарну з ЧПК, на якій проводиться напівчистова обробка. На токарній операції було замінено верстат, вертикально фрезерна операція з ЧПК була замінена на радіальну свердлильну, яка зменшила час операції.

Всі нововведення які були введені в технологічний процес виготовлення деталі «Втулка», 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.

ПОРШНЕВИЙ КОМПРЕСОР, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВЕРСТАТИ З ЧПК,
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕСОРА	8
1.1 Стислий опис виробу: призначення, умови роботи і вимоги до нього.	8
1.2 Опис деталі: призначення, матеріал, аналіз технологічності, технічні умови, яким вона має відповідати.	10
1.3 Характеристика заданого типу виробництва	14
1.4 Вибір і техніко-економічне обґрунтування методу виготовлення заготовки, порівняння із заводським варіантом, призначення табличних даних значень припусків.	15
1.5 Розрахунок припусків аналітичним способом на одну поверхню і порівняння з табличним значенням припусків на цю поверхню	16
1.6 Розробка технологічного процесу обробки деталі	19
1.7 Розробка операційного технологічного процесу.	27
1.8 Проєктування спеціального оснащення.	30
2. ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА	48
2.1 Визначення приведенного випуску деталей на рік, об'єму випуску деталі – представника на рік і кількості найменувань деталей (однорідних технологічних), які обробляються на дільниці.	48
2.2 Визначення необхідної кількості верстатів і коефіцієнтів їх використання.	51
2.3 Визначення чисельності виробничих і допоміжних робітників.	53
2.4 Організація постачання робочих місць на дільниці матеріалами, інструментом.	57
2.5 Організація налагодження обладнання з ЧПК по керуючій програмі.	60
2.6 Обґрунтування прийнятих методів розробки керуючих програм в	

технологічному процесі, що проектується.	62
2.7 Організація технічного контролю деталей на дільниці, що проектується.	67
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	71
3.1 Визначення витрат на рік і вартості основних матеріалів.	71
3.2 Розрахунок фонду заробітної платні на рік виробничих робітників і розміру їх середньомісячного заробітку.	72
3.3 Визначення витрат по утриманню та експлуатації обладнання. Визначення цехових затрат.	74
4. РЕЗУЛЬТУЮЧА ЧАСТИНА	77
4.1 Визначення економічної ефективності розробленого технологічного процесу (з використанням верстатів з ЧПК).	77
4.2 Основні техніко-економічні показники дільниці.	83
4.3 Обґрунтування економічної ефективності розробленого технологічного процесу.	83
ВИСНОВКИ	85
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	86

ВСТУП

Машинобудування, як найважливіша галузь промисловості, зберігає свою провідну роль, і на найближчі роки визначатиме темпи переозброєння новою технікою усі галузі народного господарства та промисловості. Провідну роль у машинобудуванні відіграє верстатобудівна промисловість, що виробляє засоби виробництва для машинобудівних заводів.

Удосконалення технологічних методів виготовлення машин має при цьому першорядне значення. Якість машини, надійність, довговічність та економічність в експлуатації залежать не тільки від досконалості конструкції, але і від технології виробництва. Застосування прогресивних, високопродуктивних методів обробки, що забезпечують високу точність і якість поверхонь, що підвищують ресурс роботи деталей та машини в цілому, ефективне використання сучасних автоматичних ліній та потокових форм організації та економіки виробничих процесів – все це спрямоване на вирішення головних завдань, підвищення ефективності виробництва та якості продукції.

Необхідність безперервного підвищення продуктивності праці з урахуванням сучасних засобів виробництва висуває перед машинобудуванням нові відповідальні завдання. Одне з головних завдань полягає у підвищенні якості машин, надійності та довговічності. Її вирішення забезпечить скорочення витрат за обслуговування, простої, ремонт машин, що є у експлуатації.

Важливе значення у сучасних умовах також має вирішення завдання щодо економії сировини, енергетичних ресурсів, матеріалів.

Ці завдання вирішуються за рахунок застосування прогресивних методів отримання заготовок з мінімальними припусками, широкого освоєння передових технологічних процесів, оснащення та обладнання, засобів механізації та автоматизації, запуску у виробництво виробів, відпрацьованих на технологічність, запровадження ЕСТП. Необхідно на основі комплексної

механізації та автоматизації докорінно змінити характер праці. Відомо що один верстат із ЧПК дозволяє вивільнити 3-4 робітники.

Використання досягнень науково-технічного прогресу дозволяє підвищити продуктивність праці, збільшити обсяг продукції, що знімається з одиниці обладнання, знизити собівартість продукції, витрати матеріально-технічних, людських та енергетичних ресурсів.

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

Поставлені задачі:

- виконати аналіз технологічного процесу виготовлення деталей поршневого компресора;
- 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 ПОРШНЕВОГО КОМПРЕСОРА

1.1 Стислий опис виробу: призначення, умови роботи і вимоги до нього

Поршневий компресор - тип компресора, енергетична машина для стиснення та подачі повітря або газу під тиском. Компресори зворотно-поступального впливу вважаються найдавнішим і найпоширенішим типом. Ефект компресії створюється за допомогою зменшення обсягу газу під час руху поршня в циліндрі. Всмоктувальні і нагнітальні клапани підтиснуті пружиною і працюють автоматично під дією перепаду тиску, що виникає між циліндром компресора і тиском у трубопроводі при русі поршня.

В наш час галузь застосування та робота поршневих компресорів дуже широка, вони необхідні на всіх підприємствах, де як джерело енергії використовують стиснене повітря. Компресор можна зустріти на заводах, газозаправних станціях, автосервісах, медичних установах та ін.

На сьогоднішній день найбільш поширеними типами пристроїв є поршневі та гвинтові компресори. Оскільки гвинтові компресори мають вищу вартість, то на невеликих підприємствах широко застосовують у роботі поршневі компресори, схема якого показана на рис.1.

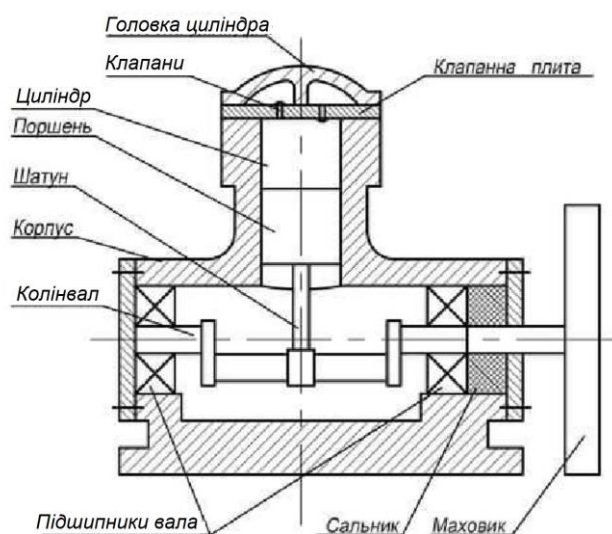


Рисунок 1.1 – Схема одноступінчастого поршневого компресора

Основним елементом пристрою поршневого компресора є компресорна головка (поршневий вузол). Її конструкція нагадує двигун внутрішнього згоряння. Вона складається з циліндра, поршня, поршневих кілець, шатуна, колінчастого валу, а також впускного та нагнітального клапанів. На відміну від ДВЗ, клапани в компресорі є пластинкою з пружиною і при роботі поршневого компресора приводяться в дію не примусово, а від перепаду тисків.

Для змащування пристрою поршневого компресора, зокрема деталей, що труться, в компресорну головку заливають масло.

Якщо необхідно отримати стиснене повітря високої чистоти і без домішок олії (наприклад, в медичних установах) застосовують безмасляні компресори. У такому пристрої поршневого компресора кільця виконані з полімерних матеріалів, а для надійної роботи поршневого компресора застосовують графітове мастило.

Для досягнення більш високої продуктивності поршневого компресора компресорні головки виготовляють з декількома циліндрами, які можуть мати рядний, V-подібний або опозитний вид.

У рух колінчастий вал приводиться від електродвигуна, що забезпечує роботу поршневого компресора. Залежно від способу з'єднання з електродвигуном розрізняють поршневі компресори з ремінним і прямим приводом.

При прямому приводі головка та двигун розташовані на одній осі та їх вали у пристрої поршневого компресора з'єднані безпосередньо.

У компресорах поршневих ремінного типу привід головки і двигун розташовані паралельно один одному, а рух здійснюється через ремінну передачу. На шківі приводу головки встановлені лопаті, що забезпечують охолодження поршневого вузла.

Одним з недоліків пристроїв одноступеневих поршневих компресорів є обмежений робочий тиск. Робота поршневого компресора даного типу можлива з підвищенням тиску до 1.0 МПа. Це пояснюється тим, що при великих тисках

сильно зростає температура в циліндрі і може спалахнути масло, яке використовується для змащування деталей.

Для досягнення більш високих тисків у роботі поршневих компресорів застосовують багатоступінчастий принцип, в якому повітря стискається в кожному ступені до певного значення, після чого охолоджується в холодильнику і подається в циліндр наступного ступеня, де стискається до більш високого тиску. Як холодильник у пристрої поршневого компресора використовують мідну трубку з ребрами охолодження.

Робота поршневих компресорів на невеликих підприємствах найчастіше ґрунтується на двоступінчастій установці із двома циліндрами. Циліндр першого ступеня, як правило, має більший діаметр ніж другий.

1.2 Опис деталі

Сучасні машини та механізми мають безліч конструктивних елементів, вузлів та агрегатів. Від точності їх налаштування та продуманого складання залежить ефективність та безпека експлуатації всього агрегату. Найважливішим елементом, який впливає і на монтаж, і роботу всієї конструкції є втулки. На перший погляд, вони непомітні, але ці елементи – дуже важливі.

Втулка перехідна – інструмент, який використовується на металообробному устаткуванні для встановлення інструменту з різними конусами Морзе. Втулка призначена для закріплення на валу підшипника ротора. Посадочними поверхнями під обойму підшипника служать поверхня $d135\text{мм}$ (забезпечує обоймі двійчасту опорну базу, позбавляє 2 мір свободи). У ній є циліндричний отвір, в який і входить деталь, яку потрібно зчленувати. Служить втулка для зменшення тертя.

Втулки монтуються в механізм та стають його частиною. Вони оберігають інші вузли та деталі від надмірних навантажень, приймаючи більшу їхню частину на себе. Таким чином, істотно знижується знос критичних для забезпечення роботи або дорогих елементів. Якби втулок не було,

використання цілого ряду машин та механізмів було б недоцільним або навіть неможливим. Виробляються втулки за ДСТУ або кресленнями замовника.

В результаті технологічного контролю креслення втулки виявлено:

- на кресленні вказані всі розміри, необхідні для виготовлення деталі; шорсткість усіх поверхонь деталі вказана відповідно до ДСТУ;
- допуски і відхилення розмірів наведені відповідно до ДСТУ.

Деталь «втулка перехідна» являє собою тіло обертання, габаритні розміри якого становлять 135x45 мм. Втулка складається із двох циліндричних поверхонь. На лівому торці деталі виконано 3 отвори: 2 різьбові (М5), 1 глухий (діаметром 5). На зовнішній циліндричній поверхні є 2 проточки (кут нахилу дорівнює $90^{\circ} \pm 3'$) глибиною 0,5. На циліндричній поверхні деталі на відстані 10 мм просвердлено наскрізний отвір М8.

Втулка виготовляється з матеріалу СЧ 20, маса 0,93 кг. Креслення виконане в масштабі, має достатню і необхідну кількість видів і перерізів, які позначені і розміщені згідно з існуючих стандартів Єдиної системи конструкторської документації.

Вказана вся необхідна інформація про поверхні деталі (розміри, їх точність і шорсткість), яка легко і зручно читається. Шорсткість позначена згідно зі стандартами, які діють на момент створення креслення.

Втулки, шестірні, обойми, гільзи, диски, плунжери, важелі та інші деталі, що цементуються, це деталі, до яких пред'являються вимоги високої поверхневої твердості при невисокій міцності серцевини, деталі, що працюють в умовах зносу при терті.

На токарному верстаті втулка перехідна використовується для установки інструменту або нерухомого центру в задню бабку. Для фрезерного верстата втулка перехідна – основний перехідний елемент дозволяє значно зменшити витрати на технологічну підготовку виробництва.

Конструкція деталі є тілом обертання і складається з стандартних і уніфікованих поверхонь і повністю задовольняє вимогам до деталі при її роботі в складальному вузлі.

Деталь є технологічною та не вимагає застосування спеціального ріжучого інструменту. Дозволяє отримати заготовку найбільш раціональним способом - литтям. Розміри на кресленні проставлені з урахуванням суміщення технологічних та конструкторських баз, що дозволяє застосовувати при обробці стандартні та уніфіковані засоби, активного та пасивного контролю виконавчих розмірів.

Матеріал, термообробка деталі повністю задовольняє експлуатаційним режимам роботи деталі та вимогам до деталі виходячи з умов її роботи.

Вимоги щодо точності та шорсткості поверхонь повністю задовольняють з геометричними похибками застосовуваного в технологічному процесі обладнання.

Деталь втулка виготовляється з сірого чавуну. Це відносно дешевий конструкційний матеріал. Він отримав широке розповсюдження майже у всіх сферах машинобудування завдяки цінним ливарним та технологічним властивостям. Використання високоміцних та ковких чавунів дозволяє замінити сталеве лиття. Твердість СЧ 20 складає $HV = 143 - 255$ МПа. Хімічні, фізичні, механічні, ливарно-технологічні властивості СЧ 20 наведено у таблицях 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 відповідно.

Таблиця 1.1 - Хімічні властивості в % матеріалу сірого чавуну СЧ 20

C	Si	Mn	S	P	Fe
3,3 – 3.5	1,4 – 2,4	0,7 - 1	до 0,15	до 0,2	~93

Таблиця 1.2 - Фізичні властивості сірого чавуну СЧ 20

Фізичні властивості сірого чавуну СЧ 20						
T (Град)	E 10^{-5} (МПа)	a 10^6 (1/Град)	l (Вт/(м·град))	r (кг/м ³)	C (Дж/(кг·град))	R 10^9 (Ом·м)
20	1		54	7100		
100		9.5			480	

Таблиця 1.3 - Механічні властивості сірого чавуну СЧ 20

Механічні властивості чавуну СЧ 20 при T=20°C							
Сортам.	Розмір	Напр.	σ_B(МПа)	σ_T (МПа)	δ_5 (%)	ψ %	КСУ (кДж / м²)
Відливки			200				

Таблиця 1.4 - Ливарно-технологічні властивості сірого чавуну СЧ 20

Лінійна усадка	1.2 %
-----------------------	-------

Таблиця 1.5 - Аналоги сірого чавуну СЧ 20

США	1020, 1023, 1024, G10200, G10230, H10200, M1020, M1023
Японія	S20C, S20CK, S22C, STB410, STKM12A, STKM12A-S, STKM13B, STKM13B-W
Євросоюз	1.1151, 2C22, C20E2C, C22, C22E
Китай	20, 20G, 20R, 20Z
Швеція	1450
Австралія	1020, M1020
Швейцарія	Ck22
Південна Корея	SM20C, SM20CK, SM22C

Технічні вимоги на виготовлення деталі надані і несуть в собі необхідну інформацію. Пункт 1 технічних вимог написаний згідно з існуючих стандартів ЕСКД за формою: «Невказані граничні відхилення розмірів H14; h14», $\pm IT14/2$ ».

1.3. Характеристика заданого типу виробництва

Деталь:	«Втулка»
Марка матеріалу:	СЧ 20 ДСТУ 8833:2019
Маса заготовки:	1.4 кг
Маса деталі:	0,93 кг
Режим роботи:	Двозмінний

Таблиця 1.6 - Технологічний процес виготовлення деталі

№ операції	Найменування операції	Модель верстата	Норма часу, хв				Розряд роботи
			ТО	ТД	ТШТ	ТПЗ	
020	Токарна з ЧПК	HAAS TL1	0.9	1.16	2.75	28	2
025	Токарна з ЧПК	HAAS TL1	0.86	1.4	2.48	24	2
035	Вертикально-свердлувальна	HAAS Mini Mill	2.47	1.17	4	29	3
045	Вертикально-фрезерна	HAAS Mini Mill	1.13	1.93	3.36	25.6	3
Разом			5.36	5.66	11.5	106.6	

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:

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

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_{um}^{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 $\alpha = 0,08 \div 0,1$).

$$N_{\text{пр}} = (4015 \times 0.8 \times 60) / 3.36 \times (1 + 0.05) = 546264 \text{ шт.}$$

Приймаємо $N_{\text{пр}} = 55000$ шт.

Річний обсяг випуску деталі розраховується в інтервалі:

$$N_p = \frac{N_{\text{пр}}}{K_{30}^{\text{max}}} \div \frac{N_{\text{пр}}}{K_{30}^{\text{min}}}, \text{ шт. } N_p = \frac{N_{\text{пр}}}{K_{30}^{\text{max}}} \div \frac{N_{\text{пр}}}{K_{30}^{\text{min}}}, \text{ шт.}$$

$$N_p \text{ max} = 55000 / 11 = 5000 \text{ шт.}$$

$$N_p \text{ min} = 55000 / 20 = 2750 \text{ шт}$$

Приймаємо $N_p = 4000$ шт.

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:

$$m_d = \frac{F_d^0 \cdot K_s \cdot 60}{T_{\text{шт}}^{\text{пр}} \cdot (1 + \alpha) \cdot N_p}, \text{ шт. } m_d = \frac{F_d^0 \cdot K_s \cdot 60}{T_{\text{шт}}^{\text{пр}} \cdot (1 + \alpha) \cdot N_p}, \text{ шт.}$$

$$m_d = (4015 \times 0.8 \times 60) / (3.36 \times (1 + 0.05) \times 4000) = 14 \text{ шт.}$$

Отримане значення m_d рівне 14 шт. і лежить в інтервалі $K_{30} = 11 \div 20$, відповідає середньосерійному типу виробництва.

1.4. Вибір і техніко-економічне обґрунтування методу виготовлення заготовки

Метод отримання заготовок для деталей машин визначається призначенням та конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, масштабом та серійністю випуску, а також економічністю виготовлення. Вибрати заготовку – це встановити спосіб її отримання, намітити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри та вказати допуски на неточність виготовлення. Вибір заготовки впливає на трудомісткість та собівартість технологічного процесу. При виборі способу отримання заготовки

враховуємо креслення готової деталі та технічні умови на її виготовлення. Для раціонального вибору заготовки необхідно одночасно враховувати всі перераховані вище вихідні дані, оскільки між ними існує тісний взаємозв'язок. Остаточне рішення можна ухвалити тільки після економічного комплексного розрахунку собівартості заготовки та механічної обробки в цілому.

Масштаб виробництва впливає на вибір способу отримання заготовки. При одиничному або дрібносерійному виробництві заготовка може бути отримана литтям у піщані форми (ручним формуванням за дерев'яною моделлю). Інші способи отримання заготовок (штамбування в закріплених штампах, машинне формування за металічною моделлю) не раціональні через високу вартість оснастки (штампів, металічних моделей).

У масовому виробництві заготовки «втулка» слід віддавати перевагу таким прогресивним методам отримання заготовок, як лиття в оболонкові форми, лиття за витоплюваними моделями, лиття в кокіль, лиття під тиском тощо.

На підставі всебічного аналізу вищеназваних чинників, виходячи з фізико-механічних властивостей сірого чавуну (з пластичності матеріалу і його ливарних властивостей) вважаємо, що єдино можливим методом отримання заготовки «втулка» з сірого чавуну СЧ20 є лиття. Зокрема, заготовку доцільно отримувати відцентровим литтям або литтям у кокіль при машинному формуванні в опоках за дерев'яними або металевими моделями. Ці методи отримання заготовок застосовують у середньосерійному виробництві.

1.5 Розрахунок припусків аналітичним способом на одну поверхню і порівняння з табличним значенням припуску на цю поверхню

При проєктуванні вихідної заготовки (у нашому випадку вилівка) на основі креслення деталі, необхідно знати загальні нормативні припуски на усі поверхні, які обробляються, а також допуски на відхилення розмірів вказаної заготовки. Припуск на обробку – це шар металу, що видаляється з поверхні

заготовки в процесі її обробки для забезпечення заданої якості деталі. Величина припуску впливає на собівартість виготовлення деталі. При збільшенні припуску збільшується затрати праці, витрата матеріалу і т. п. Для оптимізації величини припуску виконують розрахунок припусків аналітичним способом.

Оброблюваною поверхнею на яку буде проводитись розрахунок припусків є внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 135d11$. Обробка буде складатися з 3-ох стадій: чорнового, чистового та тонкого розточування.

1) Вибір елементів припусків по переходам:

Висота мікронерівностей (R_z) та глибина дефектного шару (T)

вибирається по [4] табл. 1.7:

Для заготовок отриманих виливкою: $R_z = 160$, $T = 250$.

Розточування чорнове: $R_z = 63$, $T = 60$.

Розточування чистове: $R_z = 10$, $T = 30$.

Таблиця 1.7 - Послідовність обробки, точність, відхилення, шорсткість поверхні та глибина дефектного шару для $\varnothing 135d11$

Перехід	Квалітет досяг.	Шорсткість, Ra	Параметр R_z , мкм	Дефектний шар T, мкм
Заготівельна	$\frac{+2.5}{-1.6}$	25	160	250
Розточ. чорнове	H14 _{-0,93}	12,5	63	60
Розточ. чистове	d11 $\frac{+0,395}{-0,145}$	32	10	30

2) Значення просторових відхилень форми для заготовок методом виливки за формулою:

$$\rho_{заг.} = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{екс}^2}$$

Де $\rho_{см}$ - допустима похибка по зміщенню фігур, мм

$\rho_{екс}$ - ексцентричність отворів, мм

$$\rho_{заг.} = \sqrt{500_{см}^2 + 390_{екс}^2} = 634$$

3) Похибка установки $\sum y$ визначається по [6] с.68 табл. 3.26 для заготовки $\sum y = 300$ мкм;

Для чорнової обробки $\sum y = 0$ мкм, так як чорнове та напівчистове розточування виконуються на одній операції;

Для чистової обробки $\sum y = 70$ мкм;

Результати розрахунку зведені в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 - Вихідні та розрахункові дані

Технологічні операції	Елементи припуску, (мкм)				Розрахунок припусків, (мкм)			Розрахунок розмірів, (мм)		
	$R_{z(i-1)}$	$T_{(i-1)}$	$\rho_{(i-1)}$	$\sum y_i$	2Zmin	2Znom	2Zmax	dmin	dnom	dmax
Заготовка	-	-	-	-	-	-	-	137,451	139,051	141,551
Розточування чорнове	160	250	634	300	1420	3390	4306	136,275	136,275	137,205
Розточування напівчистове	63	60	-	-	246	742	1137	134,605	135,000	135,395

Розрахунок припусків та проміжних розмірів по операціям технологічного процесу обробки отвору $\varnothing 135h11$

Розрахунок мінімального припуску:

$$2Z \min = 2(R_{z(i-1)} + T_{(i-1)} + \sqrt{\rho_{(i-1)}^2 + \sum y_i})$$

Чорнове розточування: $2Z \min = 1420$ мкм

Чистове розточування: $2Z \min = 246$ мкм

Розрахунок припусків та проміжних розмірів:

Напівчистове розточування:

$$D \max \text{ чист.} = D \min \text{ тонк.} - 2Z \min \text{ тонк.} = 135 - 0,145 = 134,855 \text{ мм}$$

$$D \min \text{ чист.} = D \text{ ном. чист.} = D \max \text{ чист.} - T_{d_i} = 135 - 0,395 = 134,605 \text{ мм}$$

$$2Z \text{ max чист.} = 2Z \text{ min чист.} + Td_i + Td_{i-1} = 0,142 + 0,395 + 0,6 = 1.137 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{ном.чист.}} = 2Z \text{ min чист.} + Td_{i-1} = 0,142 + 0,6 = 0,742 \text{ мм}$$

Чорнове розточування:

$$D \text{ max чорн.} = D \text{ min чист.} - 2Z \text{ min чист.} = 136,275 + 0,93 = 137,205 \text{ мм}$$

$$D \text{ min чорн.} = D \text{ max чорн.} - Td_i = 134,855 + 1,42 = 136,275 \text{ мм}$$

$$2Z \text{ max чорн.} = 2Z \text{ min чорн.} + Td_i + Td_{i-1} = 2,46 + 0,246 + 1,6 = 4.306 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{ном.чорн}} = 2Z \text{ min загот.} + ES_i = 2.46 + 0.93 = 339 \text{ мм}$$

Розміри заготовки:

$$D \text{ max загот.} = D \text{ min чорн.} - 2Z \text{ min чорн.} = 139,051 + 2,5 = 141,551 \text{ мм}$$

$$D_{\text{ном.загот}} = D \text{ min чорн.} - 2Z_{\text{ном.чорн}} = 137,451 + 1,6 = 139,051 \text{ мм}$$

$$D \text{ min загот.} = D_{\text{ном.загот.}} - EI_{\text{загот.}} = 137,205 - 0,246 = 137,451 \text{ мм}$$

$$2Z_3 = \sum 2Z_{\text{м.о.ном.}}$$

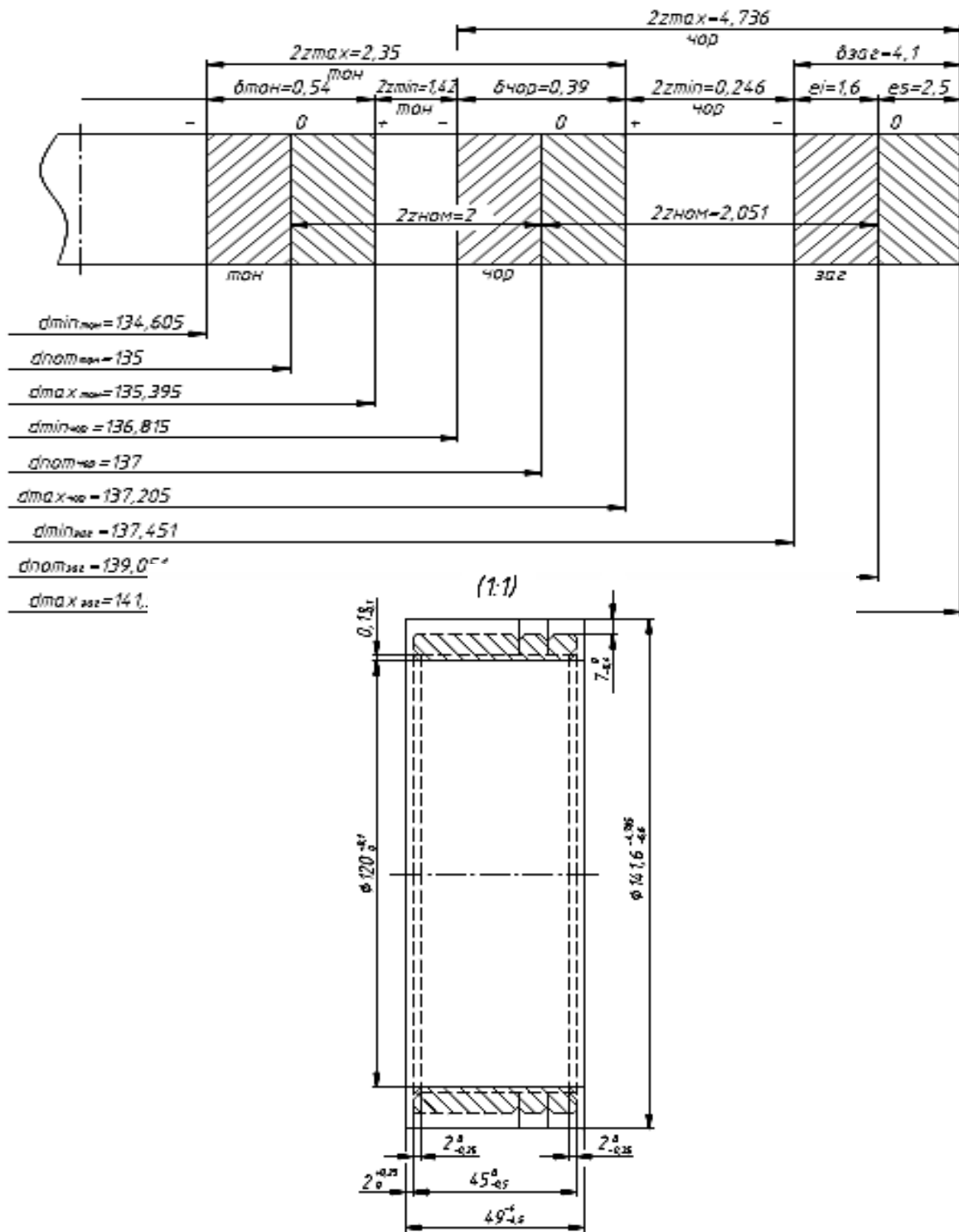
Де, $\sum 2Z_{\text{м.о.ном.}}$ - сума номінальних міжопераційних припусків.

$$\sum 2Z_3 = 0,364 + 0,646 + 2,42 = 3,43 \text{ мм}$$

1.6. Розробка технологічного процесу обробки деталі

Технологічні процеси розробляються для того, щоб дати точний та ясний опис робочих процесів, які потрібно здійснити при виготовленні виробів необхідної якості та службового призначення із заданою продуктивністю та найменшою собівартістю. До технологічних процесів пред'являються 2 види вимог: технічні та економічні.

Відповідно до технічних вимог розроблений технологічний процес має повністю забезпечити виконання всіх вимог робочих креслень.



1 Точність відливки 14-0-0-11 ГОСТ 26645-85. Решта технічних вимог згідно ТУ 26-3300-001-92.

2. Невказані граничні відхилення розмірів: H14, h14, ±IT14/2.

Рисунок 1.2 - Заготовка

Відповідно до економічних вимог спроектований технологічний процес повинен забезпечити виготовлення виробу з мінімальними витратами праці та витратами виробництва.

Відповідно до ДСТУ існує три види опису технологічного процесу: маршрутний, операційний, маршрутно-операційний.

Маршрутний технологічний процес передбачає скорочений опис всіх технологічних операцій в маршрутній карті в послідовності їх виконання без переходів та технологічних режимів. Такий опис є основним в одиничному та дрібносерійному виробництвах та супроводжуваним в інших типах виробництва.

У базовому технологічному процесі для виготовлення деталі «втулка» застосовується заготовка, що отримується методом виливки в кокіль. При серійному виробництві даний метод отримання заготовки є раціональним, виходячи з коефіцієнта використання матеріалу при даному типі виробництва.

У конструкції деталі «втулка» передбачені поверхні, які не підлягають механічній обробці різанням і даний спосіб отримання заготовки повністю задовольняє вимогам щодо точності оброблюваних поверхонь.

Реальна заготовка повністю відповідає розмірам, зазначеним на кресленні з виконанням усіх вимог щодо точності та дотримання припусків встановлених кресленням.

Основними базовими поверхнями (поверхні за якими деталь встановлюється при проведенні механічної обробки) є зовнішня поверхня. Креслення заготовки деталі виконано таким чином, що дотримується принцип сталості технологічних та конструкторських базових поверхонь.

Оскільки втулка відноситься до класу деталей типу порожнисті циліндри, то типовий технологічний процес складається з етапів, представлених в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 - Таблиця базового технологічного процесу.

Заводський варіант		
№ операції	Назва операції	Обладнання
005	Заготівельна	
010	Контрольна	
020	Токарна з ЧПУ	HAAS TL1
025	Токарна з ЧПУ	HAAS TL1
030	Контрольна	
035	Вертикально-свердлувальна	HAAS Mini Mill
040	Контрольна	
045	Вертикально-фрезерна	HAAS Mini Mill
050	Контрольна	

Таблиця 1.10 - Таблиця технологічного процесу, що пропонується

№ операції	Назва операції	Обладнання
005	Заготівельна	
010	Контрольна	
020	Токарна з ЧПУ	HAAS TL1
025	Токарна з ЧПУ	HAAS TL1
030	Контрольна	
035	Вертикально-свердлувальна	HAAS Mini Mill
040	Контрольна	
045	Вертикально-фрезерна	HAAS Mini Mill
050	Контрольна	

1.6.1 Запропоновані методи забезпечення технічних вимог на деталь в процесі обробки

Точність обробки – це відповідність оброблених поверхонь вимогам креслення. Аналізуючи ці вимоги, можна помітити, що вони обмежуються чотирма факторами:

- 1) Твердість;
- 2) Точність шорсткості;
- 3) Допуски форми та розташування;
- 4) Точність розмірів.

В даній деталі відповідальними поверхнями є $\varnothing 135d11$ та $\varnothing 120H9$.

Точність посадкових поверхонь забезпечується достатньою кількістю стадій обробки. Чорнова та напівчистова обробка виконуються на окремій операції на верстаті з ЧПК, чистова – на окремому верстаті. На чистовій операції обробляються тільки посадкові поверхні з підвищеними вимогами та прилягаючі до них поверхні з підвищеними вимогами до взаємного розташування зі зняттям мінімального припуску.

Точність обробки на останній операції досягається також постійністю баз на всіх операціях механічної обробки.

1.6.2. Аналіз заводського технологічного процесу

005 Заготівельна

На операції отримується заготовка методом виливки в кокіль і являє собою циліндр $\varnothing 143,5d11 \times 49$ мм.

010 Контрольна

На даній операції перевіряються розміри згідно з операцією 005.

020 Токарна з ЧПК

На операції виконується чорнова обробка точіння контуру деталі.

Верстат HAAS TL1.

Заготовка закріплюється в трикулачковому патроні за зовнішній діаметр що являється чорновою базою. Підрізається торець до розміру 47 мм.

025 Токарна з ЧПК

Верстат HAAS TL1.

На операції виконується напівчистова та чистова обробка деталі.
Вимірювальний інструмент – штангельциркуль ШЦ-II.

Установ А. Деталь закріплюється в 3-х кулачковому патроні за зовнішній діаметр з упором в торець. Оброблюються поверхні до Ø120H9.

Установ Б. Деталь закріплюється в 3-х кулачковому патроні за внутрішній діаметр з упором в торець. Оброблюються поверхні до Ø135d11.

030 Контрольна

Перевіряються розміри та вимоги відносно операції 025.

035 Вертикально-свердлувальна

Верстат HAAS Mini Mill

Свердління глухих отворів Ø5 мм та M5 (два отвори).

Свердління наскрізного отвору M8.

040 Контрольна

Перевіряються розміри та вимоги відносно операції 035.

045 Вертикально-фрезерна

Верстат HAAS Mini Mill

Фрезування поверхні до Ø45 мм.

050 Контрольна

Перевіряються розміри та вимоги згідно з операцією 045.

1.6.3 Скорочений опис пропонованого маршрутного технологічного процесу за операціями (верстат, пристрій, базування, добір інструментальних матеріалів і засоби контролю розмірів).

Провівши аналіз базового технологічного процесу, для вдосконалення існуючого варіанта технологічного процесу, пропонуються такі заходи:

1. Змінити вихідну заготовку (виготовлення вилівки із розрахунком на дві деталі).
2. Максимальне об'єднання операцій для верстата з ЧПК. Це надасть можливість скоротити кількість переустановок та операцій.
3. Застосувати ріжучий інструмент зі змінними ріжучими пластинами (різці з механічним кріпленням). Це дозволить збільшити кількість обробки за рахунок перегляду режимів різання.

Враховуючи нововведення та методи забезпечення технічних вимог новий технологічний процес має наступний вигляд.

005 Заготівельна

В пропонуємому технологічному процесі заготовка отримується шляхом вилівки в кокіль. Матеріал СЧ 20 ДСТУ 8833:2019.

020 Токарна з ЧПК

Обладнання: Токарний станок з ЧПК HAAS TL1.

Пристосування: патрон трикулачковий 7108-0023 ГОСТ 1654-86.

Деталь в пристосуванні позбавляється п'яти ступенів свободи. Мають місце дві технологічні бази: установча (позбавляє деталь трьох ступенів свободи), та подвійна опорна (позбавляє деталь двох ступенів свободи).

Ріжучий інструмент: різець прохідний напайний з твердосплавною напайкою ВК8.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-II.

025 Токарна з ЧПК

Обладнання: токарний верстат з ЧПК HAAS TL1.

Пристосування: патрон трикулачковий 7108-0023.

Деталь в пристосуванні позбавляється 5-ти ступенів свободи: установча (позбавляє деталь трьох ступенів свободи), подвійна опорна (позбавляє деталь двох ступенів свободи).

Ріжучий інструмент: різець прохідний напайний з твёрдосплавною напайкою ВК8.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-II.

035 Вертикально-свердлувальна

Обладнання: станок HAAS Mini Mill.

Пристосування: спеціальне.

Деталь в пристосуванні позбавляється шести ступенів свободи. Мають місце дві технологічні бази: установча (позбавляє деталь трьох ступенів свободи), подвійна опорна (позбавляє деталь двох ступенів свободи), опорна (позбавляє деталь одного ступеня свободи – обертання навколо своєї осі).

Ріжучий інструмент: свердло Ø5; Ø4,1; Ø6,7.

Вимірювальний інструмент: калібр-пробка прохідна та непрохідна.

045 Вертикально-фрезерна

Обладнання: станок HAAS Mini Mill.

Пристосування: спеціальне.

Ріжучий інструмент, допоміжний інструмент:

Фреза Ø10 – матеріал P6M5.

Деталь в пристосуванні позбавляється шести ступенів свободи. Мають місце три технологічні бази: установча (позбавляє деталь трьох ступенів свободи), подвійна опорна (позбавляє деталь двох ступенів свободи), опорна (позбавляє деталь одного ступеня свободи – обертання навколо своєї осі).

Вимірювальний інструмент: калібр-пробка прохідна та непрохідна.

1.7 Розробка операційного технологічного процесу

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

Деталі, що обробляються на верстаті з ЧПК, можна розглядати як геометричні тіла, які складаються з простих (елементарних) геометричних фігур (циліндр, конус, сфера тощо).

У процесі оброблення деталь (заготовку) та інструмент на верстаті переміщуються одне відносно одного.

Керуюча програма задає траєкторію руху робочого органу (РО), тобто певної точки інструмента, так званого центра інструмента, або траєкторію руху стола. Однак умовно завжди вважається, що рухається саме інструмент. Для різця центром служить вершина різця або центр дуги (заокруглення) при вершині. Для прорізного (канавкового) різця центром вважається ліва вершина. Для свердла, зенкера, зенківки, цековки, мітчика центром є центр їх робочого торця.

Схема траєкторії руху центра інструмента називається циклограмою. Під час контурного оброблення центр інструмента повинен переміщуватися по еквідистанті контуру деталі.

Опорна або вузлова точка - це точка, в якій інструмент (центр інструмента) переходить з одного елемента на інший, де відбувається зміна режиму обробки або технологічна зупинка.

Для токарних верстатів із ЧПК розрізняють систему координат верстата і систему координат деталі.

Початок системи координат верстата O_v знаходиться в центрі дзеркала токарного патрона, тобто в центрі перерізу шпинделя перед посадковим

конусом, на якому центрується патрон. Початок координат позначається символом.

Основні переваги верстатів з ЧПК:

Вживання 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.

На токарних операціях з ЧПК використовується пристрій числового програмного управління WL4.

Система WL4 - це адаптивна контурна система управління другого покоління сімейства WL, яка використовується для керування фрезерними та токарними верстатами, оснащеними регульованими та кроковими приводами подач.

Основні характеристики системи:

- способи інтерполяції - лінійна та кругова (спіральна),
- точність інтерполяції - 0,001 мм,
- максимальний радіус дуги - 9999,999 мм,
- швидкість робочої подачі - 0 - 65000 мм/хв,
- величина корекції довжини та радіуса інструмента - від - 999,999 до +999,999 мм,
- система дозволяє автоматичний розгін та гальмування з урахуванням кривизни та виломів траєкторії.

Опис траєкторії: операція 020 токарна з ЧПУ.

Різальний інструмент 1.

З вихідної точки з координатами x 200 мм, z 100 мм(які були вибрані з міркувань техніки безпеки) ріжучий інструмент на прискореній подачі

переміщається в точку 1, звідки по циклу на робочій подачі починає підрізати торець з L40мм до L-1мм і завдовжки 0 мм (точки 1-2).

Потім на робочій подачі йде відхід Р.І. від деталі т. 2-3-4 і з точки 4 до точки 5 відбувається підрізання фаски.

З точки 5 в точку 6 відбувається точіння зовнішнього циліндру d25,5мм, з точки 6 в точку 7 відбувається підрізування ступені деталі, з точок 7-8 відбувається підрізання фаски.

З точки 8 в точку 9 відбувається точіння зовнішнього циліндру d29,8 мм, з точки 9-10 відбувається підрізання фаски.

З точки 10 в точку 11 відбувається точіння зовнішнього циліндру d30,5 мм, з точки 11 на прискореній подачі Р.І. підіймається в точку 12, з 12 точки в точку 13 відбувається точіння зовнішнього циліндру d48, з точки 13 на прискореній подачі Р.І. підіймається в точку 14, з точки 14 в точку 15 відбувається точіння зовнішнього циліндру d98, з точки 15 на прискореній подачі Р.І. підіймається в точку 16-17.

З точки 17 в точку 18 відбувається підрізання фаски.

З точки 18 в точку 19 точити торець з L98 до L48 мм, з точки 19 в точку 20 точиться зовнішній циліндр d98. З точки 20 на прискореній подачі Р.І. відходить в точки 21-22, з точки 22 в точку 23 підрізається фаска.

З точки 23 в точку 24 точиться торець з L47мм до L42 мм. З точки 24 в точку 25 точиться зовнішній циліндр d42, з точки 25 в точку 26 точиться торець з L42мм до L30,5 мм.

З точки 26 в точку 27 точиться зовнішній циліндр d30,5мм. З точки лінійно на прискореній подачі відходить від деталі, звідки повертається до вихідної точки.

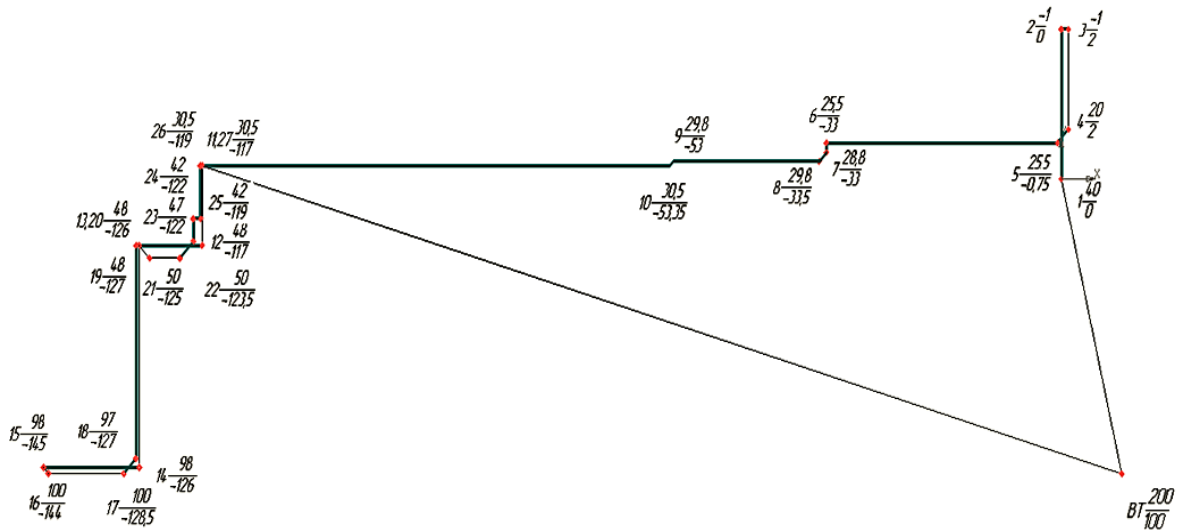


Рисунок 1.3 - Траєкторія руху РІ операції токарної з ЧПК 020

1.8 Проектування спецоснащення

1.8.1 Проектування верстатного пристрою

Призначення пристосування: розроблюване пристосування використовується для зажиму деталі «Втулка».

Згідно із завданням необхідно спроектувати верстатне пристосування для установки та закріплення заготовки для обробки 2 отворів М5, 1 отвору Ø5 і отвору М8 на операції 035 Свердлувальна з ЧПК, забезпечивши висунуту до отворів точність.

Обладнання – фрезерний верстат мод. Haas Mini Mill; система ЧПУ - Haas. Основні технічні характеристики наведені у таблиці 1.11:

Таблиця 1.11 - Технічні характеристики верстата мод. Haas Mini Mill

Хід по осі X	406 мм
Хід по осі Y	305 мм
Хід по осі Z	254 мм
Максимальна потужність	5.6 КВт.
Максимальна швидкість	6000 мин-1
Максимальний крутний момент	45 Н м
Розмір столу, мм: довжина (робоча частина) ширина	914(730) мм 305 мм
Відстань по центру T-образних пазів	110 мм
Максимальна вага на столі (рівномірно розподілена)	227 кг.
Швидке переміщення по осям X, Y, Z	15.2 м/хв
Максимальне осьове зусилля по осям X, Y, Z	8896 Н.
Максимальний діаметр інструменту (повний)	89 мм
Потужність, що передається шпинделем	5.6 КВт.

Для обробки отворів використовується такий ріжучий інструмент:

1. Свердло центрувальне комбіноване типу А, діаметром $d=2,5$ мм, виконання 2. Позначення: Свердло 2317-0007 P6M5 ГОСТ 14952-75.

2. Свердло спіральне з циліндричним хвостовиком короткої серії нормальної точності діаметром $d=4,1$ мм, праве, виконання 1, класу точності В. Позначення: Свердло 2300-0034 P6M5 ГОСТ 4010-77.

3. Свердло спіральне з циліндричним хвостовиком короткої серії нормальної точності діаметром $d=5,0$ мм, праве, виконання 1, класу точності В. Позначення: Свердло 2300-0041 P6M5 ГОСТ 4010-77*.

4. Свердло спіральне з циліндричним хвостовиком короткої серії нормальної точності діаметром $d=6,7$ мм, праве, виконання 1, класу точності В. Позначення: Свердло 2300-0063 P6M5 ГОСТ 4010-77*.

5. Мітчик машинний з укороченою канавкою номінальним діаметром різі $d=5$ мм, кроком $S=1$ мм, ступенем точності H2, правий. Позначення: Мітчик 2620-0766 H2 P6M5 ГОСТ 17931-72*.

6. Мітчик машинний з укороченою канавкою номінальним діаметром різі $d=8$ мм, кроком $S=1,25$ мм, ступенем точності H2, правий. Позначення: Мітчик 2620-0762 H2 P6M5 ГОСТ 17931-72*.

Оскільки до отворів висунуті вимоги по точності то контроль їх розміру вакинується наступним вимірювальним інструментом:

1. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89*.
2. Контрольно-вимірювальний 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 та 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 настановних поверхонь.

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 погрішності 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 установи деталі необхідно виконувати на одних і тих же базах.

Принцип постійності бази полягає у тім, 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 дотримуватися 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 торець, базуючи по найточнішій поверхні – внутрішньому діаметру $\varnothing 120H9$. 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 $\varnothing 120/\varnothing 135$ 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 $\varnothing 120$, позбавляє деталь 2-ох ступенів волі (переміщення по осях x та y). Схема базування деталі наведена у таблиці 1.12.

Таблиця 1.12 – Зв'язки, забезпечувані базами

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

Таблиця 1.13 – Матриця зв'язків.

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

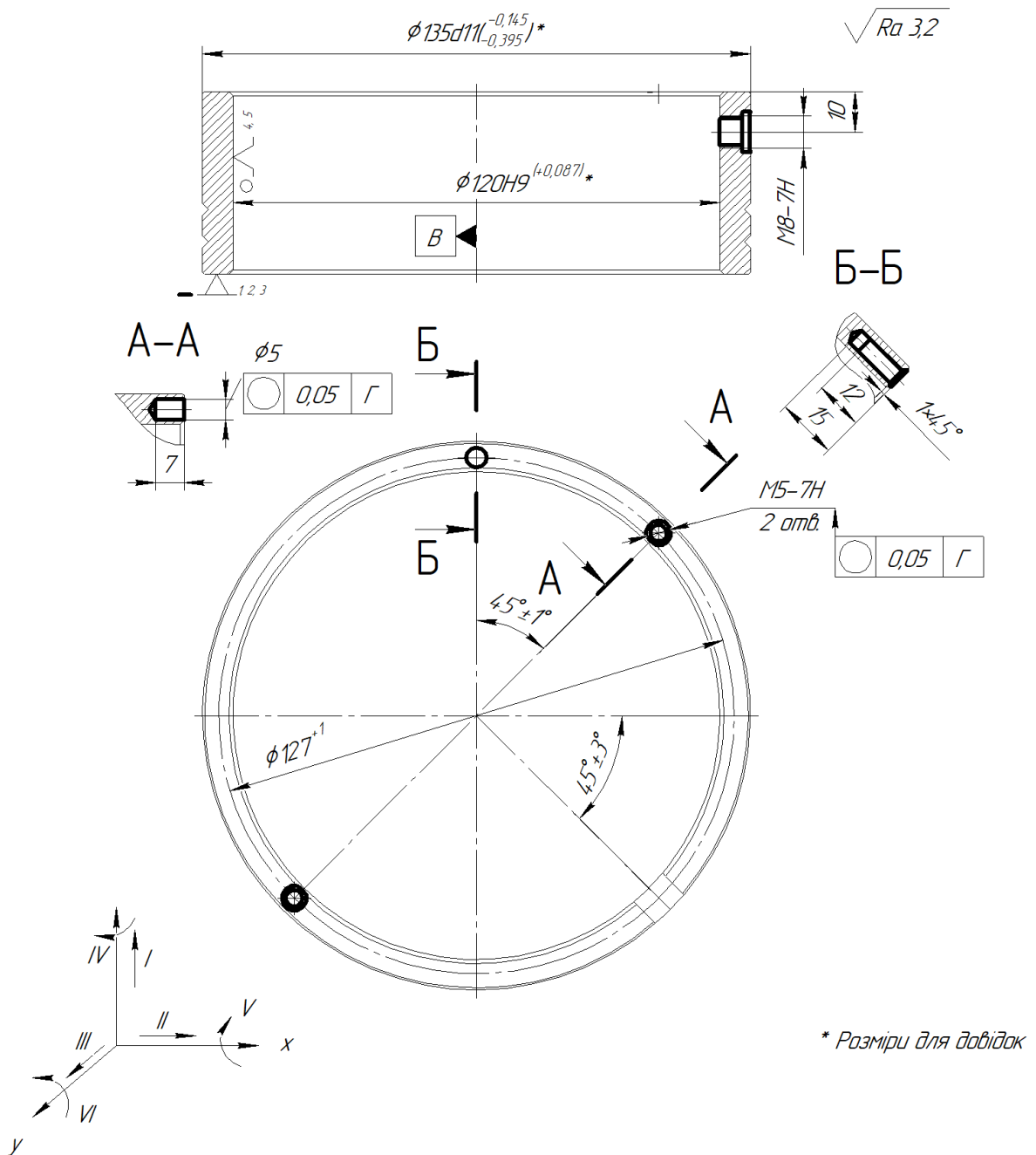


Рисунок 1.4 - Схема базування деталі

Визначення похибки базування

Для отримання необхідної точності оброблюваної деталі потрібно, щоб виконувалася умова:

$$\varepsilon_B \leq \varepsilon_{\text{доп}}, \quad (1.1)$$

де ε_B - дійсна похибка базування, мм;

$\varepsilon_{\text{доп}}$ - допустима похибка базування, мм.

Дійсна похибка базування визначається за формулою:

$$\varepsilon_B = \frac{\delta_D + \delta_{\text{ЭП}}}{2}, \quad (1.2)$$

де δ_D - допуск внутрішнього діаметра деталі $\varnothing 120\text{H}9\left(\begin{smallmatrix} +0.087 \\ 0 \end{smallmatrix}\right)$

$\delta_D = 0,087$ мм;

$\delta_{\text{ЭП}}$ - Допуск зовнішнього діаметра елемента пристосування $\varnothing 120\text{h}8(-0,054)$ $\delta_{\text{ц}} = 0,054$ мм;.

$$\varepsilon_B = \frac{0,087 + 0,054}{2} = 0,0705 \text{ мм.}$$

Допустима похибка базування визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = \delta - \omega, \quad (1.3)$$

де δ - допуск на розмір деталі: $\delta = 1,0$ мм;

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

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 1,0 - 0,1 = 0,9 \text{ мм.}$$

Умова (1.1) виконується ($0,0705 < 0,9$), отже, обробка на даній операції можлива і буде досягнута необхідна точність.

Аналіз схеми закріплення заготовки. Розрахунок сил закріплення заготовки

Силі розрахунки проводимо для операції 035 Свердлильна з ЧПК.

Про обробці отворів виникає сила різання P_0 та крутний момент $M_{кр}$. 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 $M_{тр}$.

Сили закріплення розраховуються з розрахункової схеми, яку показано на рисунку 5.

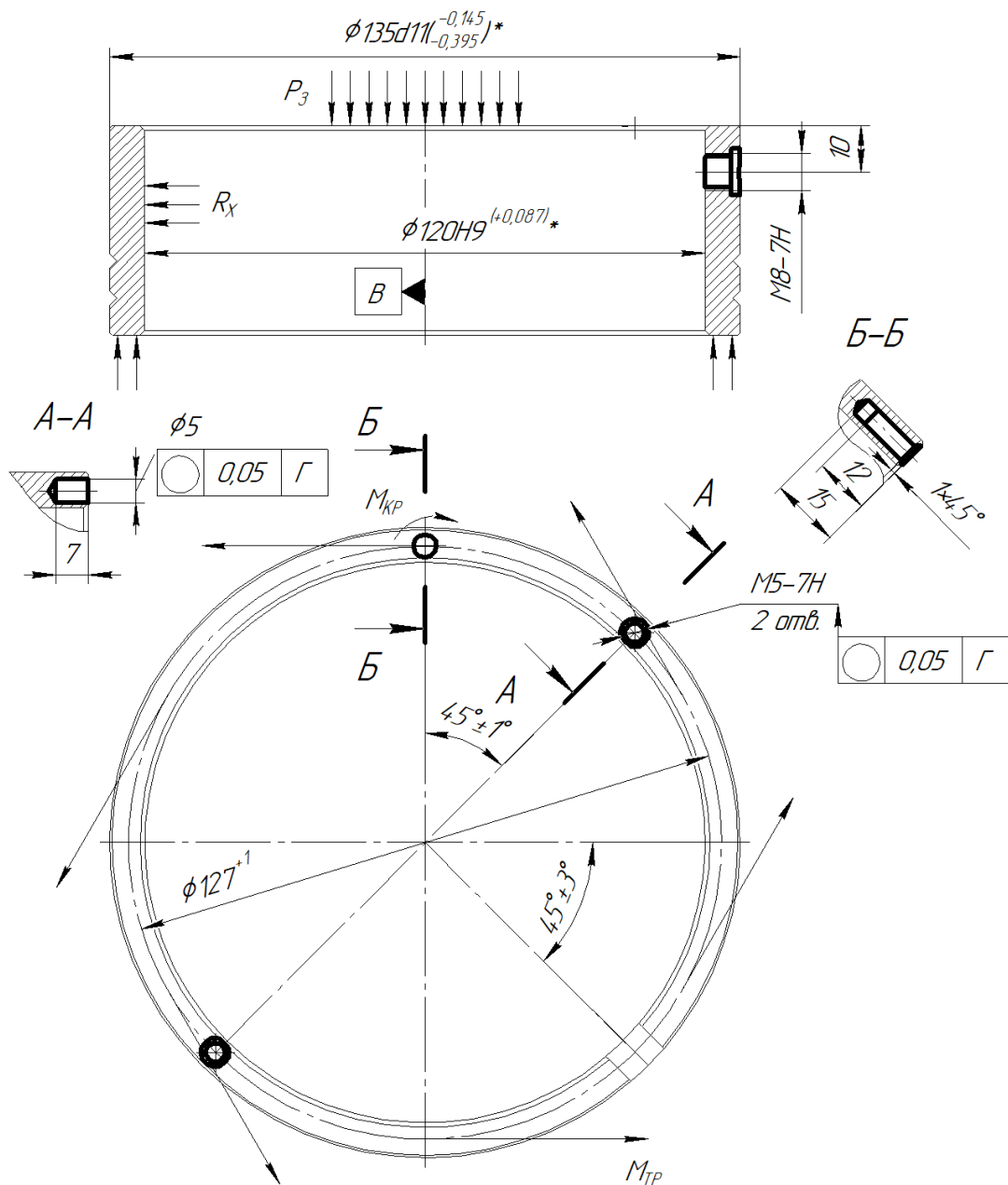


Рисунок 1.5 - Схема розподілення сил, діючих на заготовку

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

$$P_3 = \frac{K \cdot M_{KP}}{R \cdot f} \quad (1.4)$$

де K - коефіцієнт запасу;
 M_{KP} - 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:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (1.5)$$

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 затуплення 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:

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D_{cv}^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad (1.6)$$

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

D - діаметр свердла, $D = 5$ 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: $K_p = K_{MP}$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (1.7)$$

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:

$$M_{KP} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 14^{2,0} \cdot 2,5^{1,2} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1,11 = 15,18 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Приведений радіус точки прикладання сили визначається за формулою:

$$R = \frac{1}{3} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}, \quad (1.8)$$

де D - більший діаметр поверхні заготовки при закріпленні,

$$D = 0,135 \text{ м};$$

d - менший діаметр поверхні заготовки при закріпленні, $d=0,120$ м.

$$R = \frac{1}{3} \cdot \frac{0,135^3 - 0,120^3}{0,135^2 - 0,120^2} = 0,064 \text{ м.}$$

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

$$P_3 = \frac{2,5 \cdot 15,18}{0,064 \cdot 0,16} = 3715,52 \text{ Н.}$$

Отже, необхідна сила затиску $P_3 = 3716$ Н.

Обґрунтування вибору та розрахунок механізованого приводу

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

$$P_d = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{II}^2 - d_{III}^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (1.9)$$

де D_{II} - діаметр пневмоциліндра, мм;

d_{III} - діаметр штоку, приймаємо $d_{III} = 32$ мм;

p - Розрахунковий тиск, $p = 0,4$ МПа;

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

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

$$D_{II} = \sqrt{d_{III}^2 + \frac{4 \cdot P_3}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (1.10)$$

$$\sqrt{32^2 + \frac{4 \cdot 3716}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 119 \text{ мм.}$$

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

Дійсна сила затиску заготовки на штоці пневмоциліндра:

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

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

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.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2} \quad (1.11)$$

Розглянемо більш докладно складові, що входять у дану формулу.

$T = 1000$ мкм – найбільш жорсткий допуск розташування або розміру (з тих, які одержують на даній операції, а саме допуск на розташування отворів М5-7Н);

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

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

$\varepsilon_6 = 705$ мкм - похибка базування;

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

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

$\varepsilon_{\pi} = 0$ мкм - похибка перекосу інструмента (відсутні постійні або змінні напрямні втулки);

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

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

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

$\varepsilon_{\text{поз}} = 1$ мкм - похибка позиціювання (відповідно до паспорта верстата).

Тоді розрахункове значення похибки пристрою буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 1000 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 705)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 8)^2 + 1^2} = 423 \text{ (мкм)}.$$

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск [10, с.108]

$T = 360$ мкм.

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 розтиск 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

Вибір ріжучого інструменту проводиться залежно від типу виробництва, матеріалу заготовки, його фізико-механічних властивостей, класу точності та методів обробки, конструкції та розмірів заготовки, шорсткості поверхонь деталі, собівартості обробки, підвищення продуктивності за рахунок режимів різання.

Найпоширенішим інструментом у металообробній промисловості є різець. Він застосовується під час роботи на токарних, револьверних, розточувальних,

стругальних, добажних верстатах, токарних автоматах, напівавтоматах та багатьох інших верстатах спеціального призначення. Для виготовлення деталі «втулка» використовуємо токарний різець прохідний.

Матеріал різця – сталь 20 ДСТУ 7809:2015.

Матеріал пластини – сплав ВКЗ ГОСТ 3882-74.

Матеріал припою – латунь (158 згідно з ГОСТ 155527-10). Товщина слою припою 0,1 мм. Розрив не більше 20% загальної довжини.

Для того, щоб розрахувати цю фрезу розглянемо усі сили що діють на неї в процесі обробки. На рисунку представлена схема фрезерування.

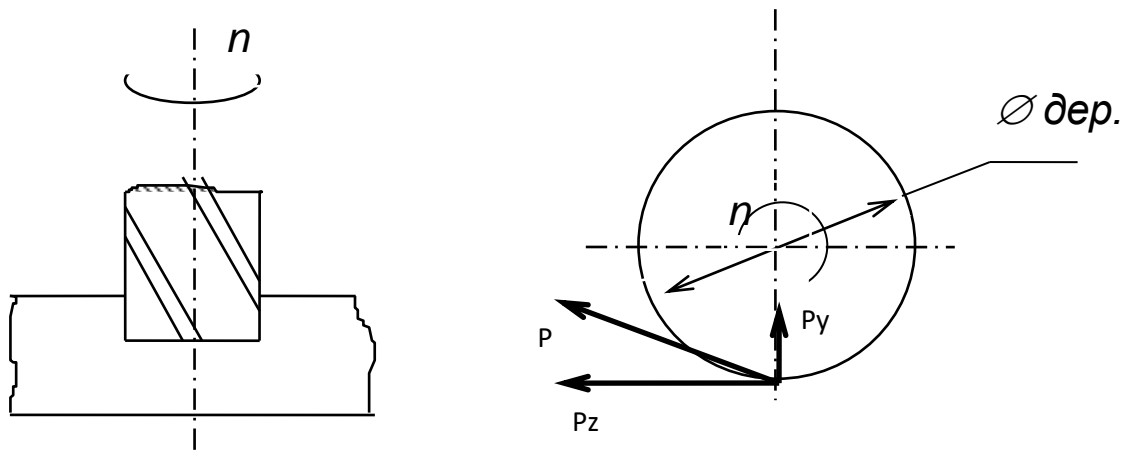


Рисунок 1.6 – Сили, діючі на фрезу

Вибираємо по ГОСТ основні розміри: $L=63\text{мм}$; $l=19\text{мм}$; $D=8\text{ мм}$ і число зубів фрези : $z=4$.

Режими різання: $t=2\text{ мм}$; $B=8\text{ мм}$; $S_z=0,02\text{мм/зуб}$; $V=32\text{ м/хв}$.

Діаметр державки фрези розраховується по формулі:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{сум}}}{0,1\sigma_{\text{и.д}}}}, \quad (1.12)$$

де $M_{\text{сум}}$ - сумарний момент, що діє на державку фрези;

$\sigma_{\text{и.д}}$ - допустима напруга на вигин матеріалу державки ($\sigma_{\text{и.д}}=250\text{ МПа}$).

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{M_{\text{изг}}^2 + M_{\text{кр}}^2} \quad (1.13)$$

де $M_{изг}$ - момент, що вигинає, визначається по формулі;

$$M_{изг} = \frac{3}{16} Pl \quad (1.14)$$

де P - рівнодійна сила, визначається по формулі;

l - плече дії сили P .

$$P = \sqrt{P_z^2 + P_y^2}, \quad (1.15)$$

$M_{кр}$ - момент, що крутить, визначається по формулі;

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2} \quad (1.16)$$

де P_z - головна складова сили різання при фрезеруванні визначається по формулі;

D - діаметр фрези.

$$P_z = \frac{9,81 C_p t^{xp} S_z^{yp} B_z}{D^{qp}} \quad (1.17)$$

де C_p - коефіцієнт конкретних умов обробки ($C_p=68,2$);

x_p, y_p, q_p - показники міри для конкретних умов обробки ($x_p=0,86$; $y_p=0,72$; $q_p=0,86$).

$$P_z = \frac{9,81 \cdot 68,2 \cdot 2^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 8 \cdot 4}{8^{0,86}} = 3835 (H)$$

$$P_y = 0,35 P_z = 0,35 (3835) = 1342 \text{ Н}$$

Рівнодійна сила

$$P = \sqrt{3835^2 + 1342^2} = 4063 (H)$$

Сумарний момент рівний

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{\left(\frac{3}{16} Pl\right)^2 + \left(\frac{P_z D}{2}\right)^2} \quad (1.18)$$

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{\left(\frac{3}{16} \cdot 4063 \cdot 38\right)^2 + \left(\frac{3835 \cdot 8}{2}\right)^2} = 15361 \text{ (Н(мм))} = 15,3 \text{ (Н(м))}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{15,3}{0,1 \cdot 250 \cdot 10^6}} = 0,08 \text{ м} = 8 \text{ мм.}$$

Набуваємо стандартного значення діаметру державки $d=8$ мм.

1.8.3 Проєктування вимірювального інструменту

Для контролю гладких циліндричних отворів застосовують граничні калібри-пробки. З метою контролю розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь отворів застосовуємо калібр-пробку прохідну (ПР) та непрохідну (НЕ). Деталь вважають придатною, якщо прохідний бік проходить, а непрохідний не проходить через контрольовану поверхню.

Калібр-пробка прохідна 8140-0107 Н9 ГОСТ 14822-69, маса 0,57 кг.

Інструмент складається з таких деталей: насадка (0,4 кг), ручка (0,1 кг) та хвостовик (0,06 кг).

Матеріал хвостовика – сталь 20 ДСТУ 7809:2015.

Матеріал насадок – сталь ШХ ГОСТ 801-78.

Центрові отвори – по ГОСТ 14034-74.

Покриття хімічне оксидоване промалювання (хім. окс. прм) – відповідно до ГОСТ 9.306-85.

Визначаємо розміри калібру-скоби для втулки D70h6.

Визначаємо es і ei :

$$es = 0(\text{мм}), ei = -0,03(\text{мм}).$$

По ГОСТ 24853-81 знаходжу(у мкм) :

- $H_1 = 5$ - допуск на виготовлення калібрів для втулки;

- $Z_1 = 4$ - відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для втулки відносно найбільшого граничного розміру виробу;

- $Y_1 = 3$ - допустимий вихід розміру зношеного калібру для втулки за межі поля допуску виробу.

Знаходжу d_{\max} і d_{\min} :

$$d_{\max} = 75 (\text{мм}); d_{\min} = 74,97(\text{мм}).$$

Будуємо схему полів допусків :

Обчислюємо найменший розмір похідного нового калібру-пробки:

$$PP_{\min} = d_{\max} - Z_1 - H_1 / 2 = 75 - 0,004 - 0,0025 = 74,9935(\text{мм}).$$

Визначаємо виконавчий розмір прохідної сторони калібр-пробки :

$$PP_{\text{исп}} = 74,9935^{+0,005} (\text{мм}).$$

Обчислюємо граничний розмір зношеного калібру-пробки:

$$PP_{\text{изн}} = d_{\max} + Y_1 = 75 + 0,003 = 75,003 (\text{мм}).$$

Обчислюємо найменший граничний розмір непрохідного калібру-пробки:

$$HE_{\min} = d_{\min} - H_1 / 2 = 74,97 - 0,0025 = 74,9675(\text{мм}).$$

Визначаємо виконавчий розмір непрохідної калібр-пробки:

$$HE_{\text{исп}} = 74,9675^{+0,005} (\text{мм}).$$

Розраховуємо виконавчі розміри контр-калібрів :

Прохідній:

$$K - PP = d_{\max} - Z_1 + H_p / 2 = 75 - 0,004 + 0,001 = 74,997 (\text{мм}); \quad (1.19)$$

$$K - PP_{\text{исп}} = 74,997_{-0,002} (\text{мм});$$

Зношений:

$$K - И = d_{\max} + Y_1 + H_p / 2 = 75 + 0,003 + 0,001 = 75,004 (\text{мм}); \quad (1.20)$$

$$K - И_{\text{исп}} = 75,004_{-0,002} (\text{мм});$$

Непрохідній:

$$K - HE = d_{\min} - H_p / 2 = 74,97 - 0,001 = 74,969 \text{ (мм)}; \quad (1.21)$$

$$K - HE_{\text{усн}} = 74,969_{-0,002} \text{ (мм)}.$$

2 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення приведенного випуску деталей на рік, об'єму випуску деталі

Деталь:	«Втулка »
Марка матеріалу:	СЧ 20 ДСТУ 8833:2019
Маса заготовки:	1.4 кг
Маса деталі:	0,93кг
Режим роботи:	двозмінний

Таблиця 2.1 - Технологічний процес виготовлення деталі

№ операції	Найменування операції	Модель верстата	Норма часу, хв				Розряд роботи
			ТО	ТД	ТШТ	ТПЗ	
020	Токарна з ЧПК	HAAS TL1	0,9	1,16	2,75	28	2
025	Токарна з ЧПК	HAAS TL1	0,86	1,14	2,48	24	2
035	Вертикально-свердлувальна	HAAS Mini Mill	2,47	1,17	4	29	2
045	Вертикально-фрезерна	HAAS Mini Mill	1,13	1,93	3,36	25,6	3
Разом			5,36	5,66	11,5	106,6	

Провідна операція приймається 045

Річний приведенний 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:

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

де F_{∂}^o - фонд дійсної роботи одного верстата годин, середній F_{∂}^o приймемо у розмірі 4015 годин (при умові двозмінного режиму роботи).

K_3 - 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 $\alpha = 0,08 \div 0,1$).

$$N_{пр} = (4015 \times 0,8 \times 60) / 3,36 \times (1 + 0,05) = 546264 \text{ шт.}$$

Приймаємо $N_{пр} = 55000$ шт.

Річний обсяг випуску деталі розраховується в інтервалі:

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

$$N_p \text{ max} = 55000 / 11 = 5000 \text{ шт.}$$

$$N_p \text{ min} = 55000 / 20 = 2750 \text{ шт}$$

Приймаємо $N_p = 4000$ шт.

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

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

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

$$m_d = (4015 \times 0,8 \times 60) / (3,36 \times (1 + 0,05) \times 4000) = 14 \text{ шт.}$$

Отримане значення m_d рівне 14 шт. і лежить в інтервалі $K_{30} = 11 \div 20$, відповідає середньо - серійному типу виробництва.

Мінімальна кількість деталей в партії розраховується за формулою:

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

$$n_d \text{ min} = 25,6 / (3,36 \times 0,05) = 152 \text{ шт.}$$

приймаємо $n_d = 200$ шт.

$T_{пз}^{np}$ – 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:

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

$$\frac{1}{2} N_{зм} = 300/(2 \times 3.06) = 49 \text{ шт.}$$

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

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

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

$$T_{оп}^{пр} = 1.13 + 1.93 = 3.06 \text{ хв.}$$

Кількість запусків за рік буде дорівнювати:

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

$$N_{зап} = 4000/200 = 20 \text{ запусків}$$

Норма штучно калькуляційного часу на операції визначається за формулою:

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

$$T_{штк} 020 = 2.75 + 28/200 = 2.89 \text{ хв.}$$

$$T_{штк} 025 = 2.48 + 24/200 = 2.6 \text{ хв.}$$

$$T_{штк} 035 = 4.00 + 29/200 = 4.14 \text{ хв.}$$

$$T_{штк} 045 = 3.36 + 25.6/200 = 3.5 \text{ хв.}$$

Результати обчислень по всіх операціях зведені до таблиці 13.

Відрядна розцінка на кожну операцію технологічного процесу розраховується за формулою:

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

$$P_{від} 020 = (44.76 \times 2.89) / 60 = 2.15 \text{ грн.}$$

$$P_{від} 025 = (44.76 \times 2.6) / 60 = 2.61 \text{ грн.}$$

Рвід 035 = (53x4.14) /60 = 3.65 грн.

Рвід 045 = (53x3.5) /60 = 3.09 грн.

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

Результати обчислень по інших операціях зведені в таблиці 2.1

Річна трудомісткість приведенного випуску продукції розраховується за формулою:

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

Q 020 = (2.89x55000)/60= 2649.19 н-г.

Q 025 = (2.6x55000)/60= 2383.33 н-г.

Q 035 = (4.14x55000)/60= 3795 н-г.

Q 045 = (3.5x55000)/60= 3208.33н-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	2.15	55000	2649.19
025	2	44.76	2.61	55000	2383.33
035	2	53	3.65	55000	3795
045	3	53	3.09	55000	3208.33
Разом			11.5		12035.85

2.2. Визначення необхідної кількості верстатів і коефіцієнтів їх використання

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

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

пв 020 = (2649.19/(3894.52x1)) = 0.7 приймаємо 1 шт. КВ=0.7/1=0.7

пв 025 = (2383.33/(3894.52x1)) = 0.67 приймаємо 1 шт. КВ=0.67/1=0.67

пв 035 = (3795/(3894.52x1.2)) = 0.81 приймаємо 1 шт. КВ=0.81/1=0.81

пв 045 = (3208.33/(3894.52x1.2)) = 0.7 приймаємо 1 шт. КВ=0.7/1=0.7

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

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

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

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

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

$$F_{\delta}^o = 3974 \times (1 - 2/100) = 3894.52 \text{ год.}$$

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

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

$$F_n^o = (244 \times 8 + 5 \times 7) \times 2 = 3974 \text{ год.}$$

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

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

в-кількість часів в зміні з повним робочим днем;

в` - кількість часів в зміні з неповним 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:

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

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

№ операції	Тип і модель верстата	F_{δ}^o , год	$K_{вн}$	Трудомісткість, н-Г			n_{ϵ}^p , од.	n_{ϵ}^{np} О д.	K_{ϵ}	Габарити верстатів
				Q	Q доз	Q заг				
020	HAAS TL1	3894,52	0.7	2649. 19		2649. 19	0.7	1	0,7	2260x169 0x2110
025	HAAS TL1		0.6 7	2383. 33		2383. 33	0.67	1	0.67	2260x169 0x2110
035	HAAS Mini Mill		0.8 1	3795		3795	0.81	1	0.81	2489x198 1x2034
045	HAAS Mini Mill		0.7	3208. 33		3208. 33	0.7	1	0.7	2489x198 1x2034
Разом				12035.85			2,88	4	0,72	

2.3 Визначення чисельності виробничих і допоміжних робітників

2.3.1 Розрахунок можливості багатOVERстатного обслуговування.

Можливість використання багатOVERстатного 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:

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

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 .

Можливості використання багатостатного обслуговування не передбачається в даному проекті.

2.3.2 Розрахунок чисельності основних робітників

Чисельність робітників визначається по кожній операції за трудомісткістю робіт:

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

$P_{020} = 2649 / (1748.56 \times 0.7) = 2.16$ приймаємо 2чол.

$P_{025} = 2383 / (1748.56 \times 0.67) = 2.03$ приймаємо 2чол.

$P_{035} = 3795 / (1748.56 \times 0.81) = 2.6$ приймаємо 2чол.

$P_{045} = 3208 / (1748.56 \times 0.7) = 2.6$ приймаємо 2чол.

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

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

$F_{\sigma}^p = 1987 / (1 - 12/100) = 1748.56$ год

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

$$F_n^p = 244 \times 8 + 5 \times 7 = 1987$$

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

- втрати часу (відпустки, хвороби). (за даними базового підприємства)
в=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 загн-г.	$K_{ен}$	S_{σ} шт	P^p , чол.	P^{np} чол.	n_e^{np} шт.	кількість робітників за змінами	
									1 зміна	2 зміна
020	оператор з ЧПК	2	2649	0.7	1	2.16	2	1	1	1
025	оператор з ЧПК	2	2383	0.67	1	2.03	2	1	1	1
035	свердлувальник	3	3795	0.81	1	2.6	2	1	1	1
045	фрезерувальник	3	3634	10.7	1	2.6	2	1	1	1
Разом			12461			7.48	8	4	4	4

2.3.3 Розрахунок продуктивності праці виробничих працівників.

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

$$P_n = \frac{\sum Q_{зза}}{\sum P^{np}}, \text{ год.} \quad (2.18)$$

$$P_n = 12035/8 = 1504.37 \text{ год.}$$

Зростання продуктивності праці планується у розмірі:

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

$$\text{Зростання } P_n = 1504.37 / (1748.56 \times 100) - 100 = 86\%$$

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).

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

$$P_{\text{доп.}} = (8 \times 40) / 100 = 3.2 \text{ приймаємо } 2 \text{ чол.}$$

2.3.5 Розрахунок кількості керівників, спеціалістів, службовців

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

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

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

$$Ч_{\text{спец}} = ((8+2) \times 8) / 100 = 0.8 \text{ приймаємо } 1 \text{ чол. - майтера}$$

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

$$Ч_{\text{сл}} = \frac{(\sum P^{np} + P_{\text{доп}}) \cdot 3}{100}, \text{ чол.} \quad (2.22)$$

$$Ч_{\text{сл}} = ((8+2) \times 3) / 100 = 0.3 \text{ приймаємо } 1 \text{ чол.}$$

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	4
1.2 Сердлувальник	2
1.3 Фрезерувальник	2
2. Допоміжні робітники, всього	2
у тому числі, за професіями	
2.1 Електрик	1
2.2 Налагоджувальник	1
3. Керівники, всього	1
у тому числі, за посадою	
3.1 Майстер	1
4. Спеціалісти, всього	1
у тому числі, за професіями	
4.1 Контролер ВТК	1
5. Службовці, всього	1
у тому числі, за професіями	
5.1 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 проєктованій 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 проєктованій 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. 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 налагодки 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. Збірку 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 проєктується

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, кварталних 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;
- Режимы 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 технологом-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 УП 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 УП;
- УП (перфострічки).

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 другої деталі або партії деталей і отримання позитивного висновку робітника ВТК 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, наявність і збереження оснащення та технологічної документації відповідно до порядку та вимог, установлених в об'єднанні.

2.7 Організація технічного контролю деталей на дільниці, що проєктується

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.

Контрольний майстер механічного ділянки зобов'язаний:

1. Забезпечувати своєчасний і якісний контроль продукції за встановленим технологічного процесу, згідно з кресленнями, технічним умовам, еталонам, стандартам на дорученій йому ділянці виробництва.

2. Спільно зі старшими майстрами ділянок систематично працювати над підвищенням якості продукції, добиватися зниження втрат від браку і не допускати випадків пропуску продукції з дефектами.

3. Контролювати що надходять на ділянці матеріали, напівфабрикати, деталі та вузли, вирішувати їх запуск на ділянці у виробництво при відповідності їх вимогам креслення, технічним умовам, еталонам, стандартам, при наявності необхідних супровідних документів, а також клейм працівників ВТК ділянок, які виробляли попередні операції.

4. Контролювати механічну обробку деталей і вузлів.

5. Виробляти контроль правильності застосування, справності, проведення своєчасних метрологічних перевірок засобів контролю та вимірювання на ділянці.

6. Брати участь у перевірці устаткування на технологічну точність.

7. Своєчасно і якісно оформляти оперативну та технічну документацію як на прийняту, струм і на забраковану продукцію.

8. Здійснювати керівництво підлеглими йому працівниками.

9. Представляти начальнику дільниці технічного контролю пропозиції щодо поліпшення технічного контролю на ввіреній йому ділянці.

10. Дотримуватися виробничу і трудову дисципліну.

11. Таврувати особистим клеймом прийняту ним продукцію.

12. Контролювати своєчасність виконання на ділянці заходів, спрямованих на поліпшення якості продукції.

13. Доповідати начальникові дільниці технічного контролю про виявлені в ході виробництва порушення трудової та виробничої дисципліни і випадках великих і масових шлюбів.

14. Представляти начальнику дільниці технічного контролю пропозиції щодо усунення причин випуску продукції низької якості і підвищення продуктивності праці працівників дільниці технічного контролю.

15. Виконувати вказівки начальника дільниці технічного контролю, що стосуються питань виробничої діяльності і функціонально пов'язаних з нею.

16. Пред'являти прийнятну продукцію представнику замовника та іншим контролюючим організаціям.

17. Знати відповідні розділи " Правил ... ", норм та інструкцій з безпеки в атомній енергетиці.

Контрольний майстер механічного ділянки має право:

1. Бракувати на будь-якій ділянці виробництва матеріали, заготовки, деталі та вироби не відповідають кресленням, технічним умовам, еталонам і стандартам.

2. При виявленні браку або дефектів у пред'явленої на контроль продукції повертати її виробничому майстру для повторної перевірки відбракування і виправлення.

3. Не приймати що пред'являються ділянкою, цехом продукцію за відсутності встановленої документації на виконану роботу і при некомплектної здачі продукції.

4. Вимагати від виробничого майстра і старшого майстра своєчасного виконання методів щодо попередження недоліків в організації виробництва, що впливають на якість продукції.

5. Вимагати від виробничого майстра і старшого майстра рівномірного пред'явлення продукції відповідно до затвердженого графіка виробництва.

Контрольний майстер механічного ділянки несе відповідальність за:

1. Не забезпечення своєчасного і якісного контролю продукції згідно з кресленнями, тих-технічних умов та технологічних процесів.

2. Випуск з його ділянки роботи недоброякісної продукції з відступом від вимог креслень, технічних умов, еталонів і стандартів.
3. Випуск з його ділянки некомплектної продукції.
4. Стан та організацію технічного контролю на його ділянці роботи.
5. Несвоєчасне і неправильне оформлення оперативної та технічної документації як на прийняту, так і на забраковану продукцію.
6. Необгрунтовану зупинку робіт, необгрунтовану відмову від приймання продукції.
7. Неправильну оцінку якості виробів і застосування при виконанні робіт несправних контрольних-вимірювальних засобів.
8. Дотримання їм і підлеглими йому працівниками правил техніки безпеки.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.

3.1 Визначення витрат на рік та вартості основних матеріалів

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

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

$$M=29.32-12.69=16.63 \text{ грн.}$$

B_3 - вартість заготовки

B_6 - вартість відходів які реалізуються

Вартість заготовки обчислюється за формулою:

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

$$B_3=1.4 \times 60 \times 1.04=29.32 \text{ грн.}$$

Вартість відходів обчислюється за формулою:

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

$$B_6=0.47 \times 60 \times 0.45=12.69 \text{ грн.}$$

$$C_6=0.47 \times 30= 13,5 \text{ грн}$$

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

Маса відходів обчислюється за формулою:

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

$$m_6=1.4-0.93=0.47 \text{ кг.}$$

Розраховані дані перенесені в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 - Розрахунок вартості основних матеріалів.

Показник	Величина
1. Марка матеріалу	СЧ 20
2. Маса заготовки, кг	1.4
3. Ціна за 1 кг матеріалу, грн.	60,00
4. Вартість заготовки, грн.	29.32
5. Маса деталі, кг	0.93
6. Маса відходів, кг	0.47
7. Ціна за 1 кг відходів, грн.	27
8. Вартість відходів, грн.	12.69
9. Вартість матеріалів за вирахуванням відходів, грн.	16.63

3.2 Розрахунок фонду заробітної плати на рік 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:

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

$$Z_p = 632500 + 159390 = 791890 \text{ грн.}$$

Z_{op} - річний фонд заробітної плати.

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

Річний фонд заробітної плати виробничих робітників обчислюється за формулою:

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

$$Z_{op} = 11.5 \times 55000 = 632500 \text{ грн.}$$

Основна заробітна плата основних робітників на деталь розраховується за формулою:

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

$$Z_o = 11.5$$

$P_{від}$ - відрядна розцінка на операцію

K_{σ} - коефіцієнт який враховує багатостанковий обслуговування.

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

$S_{\sigma} = 3$ верстата, $K_{\sigma} = 0,48$;

$S_{\sigma} = 4$ верстата $K_{\sigma} = 0,39$;

Розрахунок основної заробітної плати на деталь визначається в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Розрахунок заробітної плати на деталь.

№ Операції	$P_{від}$	K_{σ}	Z_o
020	2.15	1	2.15
025	2.61	1	2.61
035	3.65	1	3.65
045	3.08	1	3.08
Всього	11.5		11.5

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:

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

$$Z_{дод.р} = 632500 \times 0.252 = 159390 \text{ грн.}$$

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

Додаткова заробітна плата в розрахунку на деталь обчислюється за формулою:

$$Z_{дод} = Z_o * K_{дод} , \text{ грн.} \quad (3.9)$$

$$З_{\text{дод}} = 11.5 \times 0.225 = 2.58 \text{ грн.}$$

Середньомісячна заробітна плата основних робітників обчислюється за формулою:

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

$$З_{\text{с.м.}} = 791890 / (8 \times 12) = 8248.85 \text{ грн.}$$

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

$$B_{\text{соц}} = \frac{(З_o + З_{\text{дод}}) \cdot C_a}{100}, \text{ грн.} \quad (3.11)$$

$$B_{\text{соц}} = ((11.5 + 2.58) \times 22) / 100 = 3.09 \text{ грн.}$$

де C_a - ставки відрахувань у фонди соціального призначення (за даними базового підприємства), 22%.

3.3 Визначення витрат по утриманню та експлуатації обладнання. Визначення цехових затрат.

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).

$$B_3 = \frac{З_o \cdot \%B_{3.6}}{100}, \text{ грн.} \quad (3.12)$$

$$B_3 = 11.5 \times 207 / 100 = 23.80 \text{ грн.}$$

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:

$$B_{зв}^{noc} = \frac{Z_o \cdot \%B_{зв}^{noc}}{100}, \text{ грн.} \quad (3.13)$$

Вз пос.=11.5x130/100=14.95 грн.

Розмір змінних витрат виробничих витрат обчислюється за формулою:

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

Вз зм=11.5x77/100=8,85 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):

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

Задм=11.5x154/100=17.71 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):

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

$$B_{зб} = 11.5 \times 77 / 100 = 8.85 \text{ грн.}$$

3.4 Розрахунок повної собівартості і ціни деталі.

Повна собівартість деталі обчислюється за формулою:

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

$$C = 16.63 + 11.5 + 2.58 + 3.09 + 23.80 + 17.71 + 1.26 = 76.57 \text{ грн.}$$

Ціна деталі розраховується за формулою:

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

$$Ц = 76.57 + 30.62 = 107.19 \text{ грн.}$$

$П$ - прибуток який розраховується з нормативного рівня рентабельності

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

$$П = 76.57 \times 40 / 100 = 30.62 \text{ грн.}$$

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	16.63
2. Основна заробітна плата в розрахунку на одиницю продукції	11.5
3. Додаткова заробітна плата в розрахунку на одиницю продукції	2.58
4. Відрахування в фонд соціального призначення	3.09
5. Загальновиробничі витрати	23.8
5.1 Загальновиробничі витрати постійні	14.95
5.2 Загальновиробничі витрати змінні	8.85
6. Адміністративні витрати	17.71
7. Витрати на збут	1,26
Собівартість	76.57
Нормативний прибуток	30.62
Ціна	107.19

4 РЕЗУЛЬТУЮЧА ЧАСТИНА

4.1 Визначення економічної ефективності розробленого 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 треба звести 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)
		020 Токарно-гвинторізна	045 Вертикально-фрезерна
		Модель обладнання	Модель обладнання
Річний приведений обсяг випуску, шт.	$N_{пр}$	55000	55000
Тип та модель верстата		HAAS TL1	HAAS Mini Mill
Норма штучно-калькуляційного часу	$T_{шк}$	7.5	3.5
Кількість верстатів, шт.	$n_{пр}$	2	1
Коефіцієнт використання	K_v	0,805	0.7
Площа верстата за габаритами, м. кв.	S	2,22	2,48
Оптова ціна верстата	C_v	620000	657000
Чисельність робітників верстатників	$P_{пр}$	4	2
Розряд робітників верстатників		3	2
Коефіцієнт багатостатності	$K_б$	1	1

Вихідні дані для базового варіанта визначаються таким чином:

а) річний приведений випуск $N_{np}=55000$ буде однаковим з запропонованим варіантом

б) тип, модель верстата (верстатів), кваліфікацію робітників та $T_{шк}=7.5$ треба брати згідно з базовим технологічним процесом.

в) кількість верстатів та коефіцієнт їх використання визначити за формулами 2.2.1 та 2.2.4.

$$P_{від}=(56,7*7,5)/60=7,08$$

$$Q=(7,5*55000)/60=6875$$

$$n=(6875/(3894,52*1,05))=1,68 \text{ приймаємо } 2$$

$$K_{в}=1,61*2=0,805$$

г) чисельність робітників-верстатників визначається за формулою 2.3.2.

$$P_{розр}=6875/1748.56*1,05=4,1 \text{ приймаємо } 4$$

4.1.2 Визначення капітальних вкладень по порівнюваним варіантам.

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

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

$$K1=1426000+63300+47250=1536550 \text{ грн.}$$

$$K2=755550+33600+26250=815400 \text{ грн.}$$

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:

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

$$K_{\text{бал1}} = 620000 \times 2 \times 1.15 = 1426000 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{бал2}} = 657000 \times 1 \times 1.15 = 755550 \text{ грн.}$$

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

$C_{\text{в}}$ - оптова вартість верстата, грн.; (інтернет);

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

Вартість виробничої площі визначається за формулою:

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

$$K_{\text{пл1}} = 1500 \times (2,22 + 2) \times 2 \times 5 = 63300 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{пл2}} = 1500 \times (2,48 + 2) \times 1 \times 5 = 33600 \text{ грн.}$$

де $C_{\text{пл}}$ - 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 враховує додаткову площу; його значення наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Коефіцієнт, який враховує 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	св.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:

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

$$K_{сл1} = 1500 \times 7 \times (4 + 0,5) = 47250 \text{ грн.}$$

$$K_{сл2} = 1500 \times 7 \times (2 + 0,5) = 26250 \text{ грн.}$$

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

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

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

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

$$C = Z_{в.р.} + A_{пл} + A_{сл} + A_{в}, \text{ грн.} \quad (4.5)$$

$$C1 = 595415,2 + 8440 + 6300 + 285200 = 895355 \text{ грн.}$$

$$C2 = 236695,9 + 4480 + 3500 + 151111 = 259786,9 \text{ грн.}$$

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:

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

$$Z_{вр1} = (56,7 \times 7,5) / 60 \times 55000 \times (1 + 0.252) \times (1 + 0.22) \times 1 = 595415,2 \text{ грн.}$$

$$Z_{вр2} = (48,3 \times 3,5) / 60 \times 55000 \times (1 + 0.252) \times (1 + 0.22) \times 1 = 236695,9 \text{ грн.}$$

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

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

C_g - ставка відрахувань у фонди соціального призначення.

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

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

$$A_{в1} = 1426000 \times 20 / 100 = 285200 \text{ грн.}$$

$$A_{в2} = 755550 \times 20 / 100 = 15111 \text{ грн.}$$

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:

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

$$A_{пл1} = 200 \times (2,22 + 2) \times 2 \times 5 = 8440 \text{ грн.}$$

$$A_{пл2} = 200 \times (2,48 + 2) \times 1 \times 5 = 4480 \text{ грн.}$$

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:

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

$$A_{сл1} = 200 \times 7 \times (4 + 0,5) = 6300 \text{ грн.}$$

$$A_{сл2} = 200 \times 7 \times (2 + 0,5) = 3500 \text{ грн.}$$

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 (З) за варіантами:

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

$$Z_1 = 895355 + 0,15 \times 1536550 = 1125837 \text{ грн.}$$

$$Z_2 = 259786,9 + 0,15 \times 755550 = 373119 \text{ грн.}$$

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:

$$E_p = Z_1 - Z_2 = (C_1 + E_n \cdot K_1) - (C_2 + E_n \cdot K_2), \text{ грн.} \quad (4.11)$$

$$E_p = 1125837 - 373119 = 752718 \text{ грн.}$$

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	1536550	755550
Технологічна собівартість	С	895355	259786,9
Приведені витрати	З	11125837	373119
Річний економічний ефект	E_p	752718	

4.2 Основні техніко-економічні показники дільниці

Розрахунок показників за цим розділом наведено в таблиці 4.4.

4.3 Обґрунтування економічної ефективності розробленого технологічного процесу

У розробленому технологічному процесі були застосовані прогресивніші методи обробки:

- вживання спеціальних різальних інструментів призвело до скорочення тривалості обробки деталі;

- використання спеціальних вимірювальних інструментів дало можливість знизити витрати часу на контрольні вимірювання та підвищити точність вимірювань.

Таблиця 4.4 - Техніко-економічні показники дільниці.

Найменування показника	Величина
1. Річний приведений обсяг продукції	
1.1 В натуральному виразі, шт. (N_{np})	55000
1.2 По трудомісткості, н-г.	12035.85
1.3 За повною собівартістю, грн.	4211350
2. Річний обсяг випуску деталі, шт.	4000
3. Кількість обладнання, шт.	4
4. Середній коефіцієнт використання обладнання	0.72
5. Виробнича площа, м ²	216
6. Загальна площа дільниці у розрахунку на одиницю обладнання, м ²	144
7. Чисельність працюючих, чол.	13
7.1 Основні виробничі працівники	8
7.2 Допоміжні працівники	2
7.3 Керівники	1
7.4 Спеціалісти	1
7.5 Службовці	1
8. Продуктивність праці	
8.1 В натуральному виразі в розрахунку на одного основного робітника, шт.	6875
8.2 За трудомісткістю, н-г.	1504.48
8.3 За собівартістю, грн.	526418.75
9. Середньомісячна заробітна плата основних виробничих працівників, грн.	8248.85
10. Собівартість деталі, грн.	76.57
11. Ціна деталі, грн.	107.19
12. Матеріальні витрати на 1 грн. собівартості деталі	0,21

ВИСНОВКИ

В запропонованому техпроцесі, насамперед, змінений спосіб отримання заготовки. В базовому техпроцесі отримання заготовки йде через поковку, в пропонованому через штамповку.

Базовий технологічний процес було змінено таким чином:

- токарна операція замінюється на одну токарну з ЧПК, на якій проводиться напівчистова обробка;
- на токарній операції було замінено верстат, вертикально фрезерну операцію було замінено на радіальну свердлильну, яка зменшила час операції.

Всі нововведення, які були введені в базовий технологічний процес виготовлення деталі «Втулка», спрямована на зниження собівартості деталі

Враховуючи вищезазначене, підтверджене економічними розрахунками, можна зробити висновок, що розроблений технологічний процес є економічно ефективним, оскільки дозволило отримати річний економічний ефект 526418 грн.

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. Кузнецов, 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.