

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНА РОБОТА

Технологія виготовлення деталі "Шестерня ТК129Ш-17" з використанням
Назва теми

верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності

Назва

Освітня програма "технології машинобудування"
Назва

Шифр ДРБ.ФІТА.ПМ.23.02.ПЗ

Виконав студент 4 курсу група ПМГ-19-1
Шифр



Валерій ГАЛКІН
Ім'я, прізвище

Керівник канд. техн. наук, доцент
Науковий ступінь, звання



Сергій БИСЬ
Ім'я, прізвище

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент



Сергій БИСЬ
Ім'я, прізвище

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри технології машинобудування
Назва



Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище

Дата " " 2023

Хмельницький 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Галкін Вадим Володимирович на захист дипломного проєкту (роботи)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Щестерня ТК129Ш-17" з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету

ВІКТОР
ОЛЕСАНДРОВИЧ

ДОЄДКА УСПІШНОСТІ

Галкін В. В. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2019 по 2020 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 30,00 %, задовільно 70,00 %, шкалою ЕКТС: А 0,00 %, В 4,76 %, С 23,81 %, D 28,57%, E 42,86 %.

Методист факультету

М. М. М.

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент

Галкін Вадим Вікторович
дипломний проєкт виконав
добре. При виконанні використані
сучасні обладнання, методи та
методика виконання ДР.

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Керівник дипломного проєкту

Відмінно

О. С. С.

26.06 2023 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Галкін В. В. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

2023 р.

(підпис, ім'я, прізвище)

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну роботу Валіма ГАЛКІНА
Тема роботи: Технологія виготовлення деталі "Шестерня ТК129Ш-17" з використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломної роботи, та її зміст відповідають обраній спеціальності.
Дипломна робота має необхідні розділи згідно завдання.

У дипломній роботі студент проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність та визначив тип виробництва.

Обрав (економічно обґрунтувавши) метод отримання заготовки - поковка, в подальшому був розроблений технологічний процес механічного оброблення шестерні з використанням сучасного м/р устаткування з ЧПК фірми HAAS. Згідно виданого завдання розраховані припуски на обробку, визначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і викопані на високому рівні.

У конструкторському розділі розроблено верстатний пристрій для фрезерної операції та контрольний калібр-пробку.

Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням основних вимог високому рівні.

Все це свідчить про досить високий рівень дипломника як сформованого молодого спеціаліста.

Вагомих недоліків у дипломній роботі не виявлено.

Дипломна робота, виконана згідно завдання, в повному обсязі на достатньому технічному рівні заслуговує оцінки «добре».

Рецензент: Дорошев О.В., к.т.н., доцент кафедри
структурної механіки та металургії
Заслужує оцінки "добре"

«___» «___» 2023 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	6
1.1 Завдання	6
1.2 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі	6
1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	9
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	13
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки	13
2.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні	15
2.3 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі	21
2.4 Розробка маршруту механічної обробки деталі з вибором обладнання та засобів технічного оснащення	25
2.5 Розрахунок режимів різання	30
2.6 Технічне нормування операцій	37
2.7 Розробка карти налагодження та керуючої програми для верстата з ЧПК	40
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	42
3.1 Проектування верстатного пристрою	42
3.2 Проектування калібру–пробки	48
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	54
4.1 Організація охорони праці на підприємстві	54
ВИСНОВКИ	57
ЛІТЕРАТУРА	58
Додаток А. Комплект технологічної документації	60

ВСТУП

Стійкий, поступальний розвиток промисловості багато в чому визначається технічним прогресом приладобудування. Для промисловості необхідно збільшення випуску продукції приладобудування та підвищення її якості. Це зростання здійснюється переважно за рахунок інтенсифікації виробництва з урахуванням широкого використання науки і техніки, застосування прогресивних технологій. Підвищення ефективності виробництва можливе шляхом впровадження верстатів із ЧПК.

Технічний прогрес у приладобудуванні характеризується як поліпшенням конструкції машин, так і безперервним удосконаленням технології їх виробництва. Важливо якісно, економічно та в задані терміни з мінімальними витратами праці виготовити машину.

Розвиток нових прогресивних технологічних процесів обробки матеріалів сприяє конструюванню більш сучасних машин та зниженню їх собівартості. Актуальна задача підвищення якості машин і, в першу чергу, їх точності. У приладобудуванні точність має особливо важливе значення підвищення експлуатаційної якості машин. Забезпечення заданої точності – відповідальне завдання конструкторів, а її технологічне забезпечення при найменших витратах – основне завдання технологів.

Дипломне проектування є складовою курсу технології приладобудування. Курсове проектування є комплексною роботою, що включає розробку технологічного процесу обробки деталі машини з ЧПК, проектування верстатного обладнання, проектування верстатного пристосування та допоміжного інструменту. Виконання необхідних технічних та економічних розрахунків, а також вирішення низки інших завдань.

Метою проектування є не тільки закріплення, поглиблення та узагальнення знань, отриманих на попередніх етапах вивчення предметів, але головним чином набуття практичних навичок вирішення різних технологічних завдань підготовки виробництва деталей машин та розробки технічної документації.

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Завдання

Завданням дипломної роботи є розробити технології виготовлення деталі “Шестерня ТК129Ш-17” з використанням верстатів з ЧПК. Обсяг партії – 5 тис. штук.

1.2 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі

Шестерня ТК129Ш-17 відноситься до класу тіл обертання, входить до групи “зубчасті колеса” і має ступінь точності 10-9-9-Нд.

Основне призначення деталі – передача крутного моменту з одного валу на інший. Дана деталь є одним із складових елементів коробки передач, призначеної для зміни передавальних чисел трансмісії, отримання різних швидкостей та тягових зусиль під час руху трактора переднім та заднім ходом. Коробка передач призначена для зміни передавальних чисел трансмісії та забезпечення реверсу і тим самим отримання швидкості руху трактора переднім та заднім ходом. Крім того, конструкція коробки передач забезпечує привід переднього провідного мосту трактора, синхронного заднього та бокового валів відбору потужності, а також передбачає можливість отримання знижених швидкостей при встановленні ходозменшувача.

У процесі експлуатації зубчасте колесо піддається дії крутних і згинальних моментів, його зубці працюють на зріз, на зминання, сприймають ударні навантаження. Тому шестерня виготовлена з легованої сталі марки 25ХГТ. Наявність таких легуючих елементів як хром, марганець і титан надають деталі підвищеної твердості, зносостійкості, міцності, стійкості при ударних навантаженнях і корозійної стійкості – властивостей, необхідних деталям типу “зубчасте колесо”. Це повністю виправдовує порівняно високу вартість матеріалу.

Основні технічні вимоги до деталі “Шестерня ТК129Ш-17”:

– забезпечити торцеве биття маточини з одного боку в межах 0,05 мм

щодо внутрішньої поверхні посадкового отвору;

– забезпечити радіальне биття ділильного діаметра зубчастого вінця під муфту в межах 0,1 мм щодо внутрішньої поверхні отвору;

– забезпечити параметр шорсткості $R_a = 2,5$ мкм на торці маточини, на внутрішній поверхні посадкового отвору, на поверхні зубів у місці їх контакту з зубами іншої шестерні, тобто по ділильному діаметру;

– забезпечити точність внутрішнього посадкового отвору номінальним діаметром 50 мм за 7-м кваліфікацією та відхилення розмірів у межах поля допуску F ($ES = +0,05$ мм; $EI = +0,025$ мм);

– забезпечити твердість поверхні зубів 57...64 HRC_e; серцевини зубів 32...46,5 HRC_s; решту поверхонь не менше 46,5 HRC_s;

– в якості хіміко-термічної обробки вибрати нітроцементацию на глибину $h = 0,7...1,1$ мм.

В якості конструкторських баз використовується вісь деталі, правий зовнішній торець маточини і внутрішня поверхня посадкового отвору.

Хімічний склад та механічні властивості легованої сталі марки 25ХГТ наведені в таблицях 1 та 2 нижче.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі марки 25ХГТ (ДСТУ 7806:2015)

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ti, %	P, %	S, %	Cu, %	Ni, %
0,22...0,29	0,17...0,37	0,8...1,1	1,0...1,23	0,03...0,09	0,035	0,035	0,3	0,3

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі марки 25ХГТ (ДСТУ 7806:2015)

σ_t , МПа	σ_b , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ
981	1275	10	50	68,7	156...207

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{m.ч.} = 1 - \frac{1}{A_{cp}}, \quad (1.1)$$

де A_{cp} – середній квалітет точності обробки за формулою (1.1):

$$A_{cp} = \frac{A_1 \cdot n_1 + A_2 \cdot n_2 + \dots + A_n \cdot n_n}{n}, \quad (1.2)$$

де A_n – квалітет точності обробки поверхні;

n_n – кількість поверхонь з цим квалітетом точності обробки поверхні;

n – загальна кількість поверхонь.

$$A_{cp} = \frac{14 \cdot 9 + 12 \cdot 5 + 10 \cdot 1 + 7 \cdot 1}{16} = 13,$$

$$K_{m.ч.} = 1 - \frac{1}{13} = 0,923.$$

Деталь технологічна, оскільки $K_{m.ч.} = 0,923 > 0,8$.

Коефіцієнт шорсткості обробки поверхонь:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{cp}}, \quad (1.3)$$

де B_{cp} – середній параметр шорсткості R_a оброблюваних поверхонь за формулою (9):

$$B_{cp} = \frac{B_1 \cdot n_1 + B_2 \cdot n_2 + \dots + B_n \cdot n_n}{n}, \quad (1.4)$$

де B_n – параметр шорсткості поверхні R_a ;

n_n – кількість поверхонь з цим параметром шорсткості поверхні;

n – загальна кількість поверхонь.

$$B_{cp} = \frac{12,5 \cdot 10 + 6,3 \cdot 2 + 3,2 \cdot 2 + 1,6 \cdot 2}{16} = 9,2.$$

$$K_{m.ч.} = 1 - \frac{1}{9,2} = 0,891.$$

Деталь технологічна, оскільки $K_{m.ч.} = 0,891 > 0,05$.

За сукупністю всіх якісних та кількісних критеріїв оцінки технологічності деталь “шестерня ТК129Ш-17” слід вважати частково технологічною.

1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва за ДСТУ 3.1128:2014 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій: $1 < K_{30} < 10$ – масове та багатосерійне, $10 < K_{30} < 20$ – середньосерійне, $20 < K_{30} < 40$ – дрібносерійне виробництво. В одиничному виробництві K_{30} не регламентується.

Вибір типу та організаційної форми виробництва виконують за методикою [2, С. 52–55].

Місячна програма випуску заданої деталі під час роботи на одну зміну N_m розраховується із [2, С. 53]

$$N_m = \frac{N_r}{24}, \quad (1.5)$$

де $N_r = 5000$ шт. (імовірно, тому що виробництво середньо серійне) – річний обсяг випуску заданої деталі;

$$N_m = \frac{5000}{24} = 208,33, \text{ приймаємо } N_m = 208,33 \text{ шт.}$$

Загальна кількість операцій, що виконуються на ділянці протягом одного місяця:

$$\sum P_{oi} = P_{o1} + P_{o2} + P_{o3} + P_{o4} + P_{o5} + P_{o6}, \quad (1.6)$$

де $P_{o1}; P_{o2}; \dots$ – число операцій, що виконуються на одному верстаті

$$\sum P_{oi} = 7,74 + 61,08 + 7,41 + 36,74 + 18,24 + 36,21 = 167,41.$$

Число робітників, які обслуговують кожен верстат окремо при роботі у дві зміни:

$$P_i = 2 \cdot 0,96 \cdot \eta_n \quad (1.7)$$

$$P_i = 2 \cdot 0,96 \cdot 0,8 = 1,54 \text{ чол.}$$

Присутня кількість робітників на ділянці:

$$\sum P_{oi} = P_{o1} + P_{o2} + \dots + P_{on}, \quad (17)$$

де $P_{o1}; P_{o2}; \dots$ – число робочих, зайнятих на одній операції.

$$\sum P_{oi} = 1,54 + 1,54 + 1,54 + 1,54 + 1,54 + 1,54 = 9,24 \text{ чол.}$$

Коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о.}$ розраховується за [2, С. 52]

$$K_{з.о.} = \frac{167,41}{9,24} = 18,12, \quad (1.8)$$

де $\sum P_{oi} = 167,41$ – сумарна кількість різних операцій за місяць по ділянці з розрахунку на одного змінного майстра;

$\sum P_{oi} = 9,24$ чол. – явочне число робочих ділянки, що виконують різні операції, при роботі в одну зміну.

$$K_{з.о.} = \frac{167,41}{9,24} = 18,12.$$

З цих даних робимо висновок, що виробництво середньо серійне, так як умова $10 \leq 18,12 \leq 20$ згідно з ДСТУ 3.1128:2014 виконується.

Розраховуємо гранично допустимі параметри партії:

$$n_{\min} = \frac{F_{e.м.} \cdot n_o \cdot K_{\epsilon}}{K_{з.о.} \cdot \sum T_i}, \quad (1.9)$$

$$n_{\max} = \frac{F_{e.м.} \cdot n_o \cdot K_{\epsilon}}{K_{м.о.} \cdot \sum T_i}, \quad (1.10)$$

де $F_{e.м.} = 22120$ хв [2, С. 56] – ефективний місячний фонд часу ділянки у дві зміни;

$n_o = 6$ шт. – число операцій механічної обробки з технологічного процесу;

$K_{\epsilon} = 1,3$ [2, С. 56] – середній коефіцієнт виконання норм щодо ділянки;

$T_i = 19,63$ хв – сумарна трудомісткість технологічного процесу на ділянці, хв;

$K_{м.о.} = 1,5$ [2, С. 56] – коефіцієнт, що враховує витрати між операційного часу.

$$n_{\min} = \frac{22120 \cdot 6 \cdot 1,3}{18,12 \cdot 19,63} = 463 \text{ шт.}$$

$$n_{\max} = \frac{22120 \cdot 1,3}{1,5 \cdot 19,63} = 932 \text{ шт.}$$

Розрахункова періодичність повторення партій деталей

$$I_p = \frac{22 \cdot n_{\min}}{N_i}, \quad (1.11)$$

де $n_{\min} = 463$ шт. – мінімально допустимий розмір партії;

$N_M = 208$ шт. – місячна програма випуску виробів (з попередніх розрахунків).

$$I_p = \frac{22 \cdot 463}{208} = 49 \text{ днів.}$$

Приймаємо розрахункову періодичність $I_p = 66$ днів [2, С. 57].

Визначаємо розмір партії

$$n = \frac{I_p \cdot N_i}{22}, \quad (1.12)$$

де $I_p = 66$ днів – розрахункова періодичність;

$N_M = 208$ шт. – місячна програма випуску виробів (з попередніх розрахунків)

$$n = \frac{66 \cdot 208}{22} = 624 \text{ шт.}$$

Оскільки умова $n_{\min} \leq n \leq n_{\max}$ ($463 \leq 624 \leq 932$) виконується, то розмір партії визначений правильно.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

Аналізуючи деталь “Шестерня ТК129Ш-17”, враховуючи її призначення та технічні вимоги на виготовлення, об’єм і серійність випуску, форму поверхонь і розміри деталі, приходимо до висновку, що заготовка отримана на кривошипному гарячостампувальному пресі закритим штампуванням. Переваги даного методу полягають у тому, що є можливість прошивки отвору з мінімальними ухилами за рахунок виштовхувачів, передбачених у конструкції штампу, із забезпеченням мінімальних припусків та отриманням стабільної висоти поковки. Розрахунок заготовки проводиться за класом точності Т3, цей клас досягається в закритому штампі, який вимагає точного дозування металу. Це дає можливість скорочення витрати металу та кількості відходів, що впливає в кращу сторону на вартість заготівлі.

Для наочного сприйняття переваг даного методу порівнюємо два альтернативні варіанти виготовлення заготовки для запропонованої деталі з економічної точки зору: штампування (використовуваний варіант) і поковку (як альтернативний варіант).

Розраховуємо вартість заготовки отриманим штампуванням по 5 класу точності з [4, С. 31]

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_g \cdot K_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (2.1)$$

де $C_i = 2040000$ грн – ціна 1 т легованої сталі марки 25ХГТ;

$Q = 2,8$ кг (із техпроцесу) – маса заготовки;

$K_m = 1$ [4, С. 37] – коефіцієнт, залежить від точності виготовлення штамповок по ДСТУ 3.1128:2014;

$K_c = 0,88$ [4, С. 88] – коефіцієнт, що залежить від групи складності штампування;

$K_g = 1$ [4, С. 87] – коефіцієнт, що залежить від маси штампування;

$K_m = 1,21$ [4, С. 87] – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу штампування ;

$K_n = 1$ [4, С. 87] – коефіцієнт, що залежить від обсягу випуску деталей;

$q = 1,45$ кг (із техпроцесу) – маса готової деталі;

$S_{від} = 218000$ грн – ціна 1 т зворотних відходів.

Підставляємо знайдені значення у формулу (2.1) і знаходимо вартість заготовки, виготовленої штампуванням $S_{штамп}$, грн:

$$S_{штамп} = \left(\frac{2040000}{1000} \cdot 2,8 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 1 \cdot 1,21 \cdot 1 \right) - (2,8 - 1,45) \cdot \frac{218000}{1000} = 5787,8 \text{ грн.}$$

Розраховуємо вартість заготовки отриманим вільним куванням за формулою (2.1) з [4, С. 31]

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{від}}{1000}, \quad (2.2)$$

де $C_i = 2040000$ грн – ціна 1 т легованої сталі марки 25ХГТ;

$Q = 3,1$ кг – маса заготовки;

$K_T = 1$ [4, С. 37] – коефіцієнт, що залежить від точності виготовлення поковки;

$K_c = 0,88$ [4, С. 88] – коефіцієнт, що залежить від групи складності поковки;

$K_v = 1$ [4, С. 87] – коефіцієнт, що залежить від маси поковки;

$K_m = 1,21$ [4, С. 87] – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу поковки;

$K_n = 1$ [4, С. 87] – коефіцієнт, що залежить від обсягу випуску деталей;

$Q = 1,45$ кг (із техпроцесу) – маса готової деталі;

$S_{від} = 218000$ грн – ціна 1 т зворотних відходів.

Підставляємо знайдені значення у формулу (2.2) і знаходимо вартість заготовки, виготовленої вільним куванням $S_{пок}$, грн:

$$S_{заг} = \left(\frac{2040000}{1000} \cdot 3,1 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 1 \cdot 1,21 \cdot 1 \right) - (3,1 - 1,45) \cdot \frac{218000}{1000} = 6374,1 \text{ грн.}$$

З наведених вище розрахунків можна дійти висновку, що виготовлення заготовки для деталі “шестерня ТК129Ш-17” методом штампування значно доцільніше, ніж методом вільного кування, оскільки штампування має нижчу вартість $S_{штамп} < S_{нок} = 5787,8 \text{ грн} < 6374,1 \text{ грн}$.

2.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні

Розрахунок припусків виконуємо за методикою згідно з [4, С. 95–123] для самої точної поверхні – отвір Ø50F7.

Таблиця 2.1 – Розрахунок припусків та граничних розмірів

Технологічний маршрут обробки	Елемент припуску, мкм			Розрахунковий припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничне значення припуску, мм	
	R_z	h	ρ				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
Заготовка (штамповка) 16 кв.	150	250	1655	–	45,224	1600	43,624	45,224	–	–
Розточування чорнове 13 кв.	50	50	99	2·2055	49,334	390	48,944	49,334	4,11	5,32
Розточування чистове 11 кв.	20	25	66	2·199	49,732	160	49,572	49,732	0,398	0,628
Шліфування попереднє 9 кв.	5	10	33	2·111	49,954	62	49,892	49,954	0,222	0,32
Шліфування кінцеве. 7 кв.	4	6	17	2·48	50,05	25	50,025	50,05	0,096	0,133
									4,796	6,401

Знаходимо значення елементів припуску R_z і h , мкм, характеризують якість поверхні з [4, С. 95].

Заготовка

$$R_{z1} = 150 \text{ мкм}; h_1 = 250 \text{ мкм.}$$

Чорнове розточування

$$R_{z2} = 50 \text{ мкм}; h_2 = 50 \text{ мкм.}$$

Чистове розточування	$R_{z3} = 20 \text{ мкм}; h_3 = 25 \text{ мкм}.$
Попереднє шліфування	$R_{z4} = 5 \text{ мкм}; h_4 = 10 \text{ мкм}.$
Остаточне шліфування	$R_{z5} = 4 \text{ мкм}; h_5 = 6 \text{ мкм}.$

Розраховуємо сумарне просторове відхилення поверхонь ρ , мкм із [4, С. 96]

$$\rho = \sqrt{\rho_{см} + \rho_{ексц}}, \quad (2.3)$$

де $\rho_{см} = 0,7 \text{ мм}$ [4, С. 97] – зміщення заготовки;

$$\rho_{ексц} = 1,5 \text{ мм} [4, С. 98]$$

$$\rho_1 = \sqrt{0,7 + 1,5} = 1655 \text{ мм}.$$

Залишковий просторовий відхилення ρ , мм поверхонь [4, С. 99]

$$\rho_{зал} = \rho_{заг} \cdot K_y, \quad (2.4)$$

де $\rho_{заг} = 1655 \text{ мкм}$ – сумарне просторове відхилення поверхонь заготовки (з попередніх розрахунків);

K_y – коефіцієнт уточнення форми.

Чорнове розточування	$\rho_2 = 1655 \cdot 0,06 = 99 \text{ мкм}.$
----------------------	--

Чистове розточування	$\rho_3 = 1655 \cdot 0,04 = 66 \text{ мкм}.$
----------------------	--

Попереднє шліфування	$\rho_4 = 1655 \cdot 0,02 = 33 \text{ мкм}.$
----------------------	--

Остаточне шліфування	$\rho_5 = 1655 \cdot 0,01 = 17 \text{ мкм}.$
----------------------	--

Похибка $\varepsilon_y = 0$, оскільки її складові $\varepsilon_{\delta} = 0$ (похибка базування) через поєднання конструкторської та технологічної баз; $\varepsilon_{np} = 0$ (похибка пристосування) оскільки важко виявити окремі елементи похибки пристосування, то їх зазвичай враховують закріплення, що входять у похибку $\varepsilon_3 = 0$, оскільки установка заготовки проводиться в 3-х кулачковий самоцентруючий патрон.

Розрахунок мінімальних припусків $2z_{\min}$, мкм проводимо за [4, С. 101]

$$2z_{\min i} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}), \quad (2.5)$$

де R_{zi-1} – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

h_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

ρ_{i-1} – сумарне відхилення розташування поверхні на попередньому переході.

Чорнове розточування $2z_{\min 2} = 2(150 + 250 + 1655) = 2 \cdot 2055$ мкм.

Чистове розточування $2z_{\min 3} = 2(50 + 50 + 99) = 2 \cdot 199$ мкм.

Попереднє шліфування $2z_{\min 4} = 2(20 + 25 + 66) = 2 \cdot 111$ мкм.

Остаточне шліфування $2z_{\min 5} = 2(20 + 25 + 66) = 2 \cdot 48$ мкм.

Знаходимо розрахункові діаметри по d_p , мм [4, С. 102]

$$d_{pi} = d_{pi-1} + 2z_{\min i}, \quad (2.6)$$

де d_{pi-1} – розрахунковий діаметр на попередньому переході;

$2z_{\min}$ — мінімальний припуск на цьому переході.

Попереднє шліфування $d_{p4} = 50,05 - 0,096 = 49,954$ мм.

Чистове розточування $d_{p3} = 49,954 - 0,222 = 49,732$ мм.

Чорнове розточування $d_{p2} = 49,732 - 0,398 = 49,334$ мм.

Заготовка $d_{p1} = 49,334 - 4,11 = 45,224$ мм.

Допуски з переходів визначаємо за таблицями.

Остаточне шліфування (7 кв.) $\delta_1 = 0,025$ мм.

Попереднє шліфування (9 кв.) $\delta_2 = 0,062$ мм.

Чистове розточування (11 кв.) $\delta_3 = 0,16$ мм.

Чорнове розточування (13 кв.) $\delta_4 = 0,39$ мм.

Заготовка (16 кв.) $\delta_5 = 1,6$ мм.

Знаходимо мінімальні граничні розміри по d_{\min} , мм з [4, С. 106]

$$d_{\min i} = d_{\max i} - \delta_i, \quad (2.7)$$

де $d_{\max i}$ – максимальний розмір на даному переході;

δ_i – допуск на даному переході.

Заготовка $d_{\min 1} = 45,224 - 1,6 = 43,624$ мм.

Чорнове розточування $d_{\min 2} = 49,334 - 0,39 = 48,944$ мм.

Чистове розточування $d_{\min 3} = 49,732 - 0,16 = 49,572$ мм.

Попереднє шліфування $d_{\min 4} = 49,954 - 0,062 = 49,892$ мм.

Остаточне шліфування $d_{\min 5} = 50,05 - 0,025 = 50,025$ мм.

Визначаємо граничні припуски за формулами [4, С. 108]

$$2z_{\min i}^{np} = d_{\max i} - d_{\max i-1}, \quad (2.8)$$

де $d_{\max i}$ – максимальний розмір на даному переході;

$d_{\max i-1}$ – максимальний розмір на попередньому переході.

Остаточне шліфування $2z_{\min 5}^{np} = 50,05 - 49,954 = 0,096$ мм.

Попереднє шліфування $2z_{\min 4}^{np} = 49,954 - 49,732 = 0,222$ мм.

Чистове розточування $2z_{\min 3}^{np} = 49,732 - 49,334 = 0,398$ мм.

Чорнове розточування $2z_{\min 2}^{np} = 49,334 - 45,224 = 4,11$ мм.

$$2z_{\max i}^{np} = d_{\min i} - d_{\min i-1}, \quad (2.9)$$

де $d_{\min i}$ – максимальний розмір на даному переході;

$d_{\min i-1}$ – максимальний розмір на попередньому переході.

Остаточне шліфування $2z_{\max 5}^{np} = 50,025 - 49,892 = 0,133$ мм.

Попереднє шліфування $2z_{\max 4}^{np} = 49,892 - 49,572 = 0,32$ мм.

Чистове розточування $2z_{\max 3}^{np} = 49,572 - 48,944 = 0,628$ мм.

Чорнове розточування $2z_{\max 2}^{np} = 48,944 - 43,624 = 5,32$ мм.

Розраховуємо сумарні граничні припуски: максимальний $\sum 2z_{\max}^{np}$, мм і мінімальний $\sum 2z_{\min}^{np}$, мм з [4, С. 110]

$$\sum 2z_{\max}^{np} = \sum 2z_{\max 1}^{np} + \sum 2z_{\max 2}^{np} + \dots + \sum 2z_{\max n}^{np} \quad (2.10)$$

$$\sum 2z_{\min}^{np} = \sum 2z_{\min 1}^{np} + \sum 2z_{\min 2}^{np} + \dots + \sum 2z_{\min n}^{np} \quad (2.11)$$

$$\sum 2z_{\max}^{np} = 0,133 + 0,32 + 0,628 + 5,32 = 6,401 \text{ мм.}$$

$$\sum 2z_{\min}^{np} = 0,096 + 0,222 + 0,398 + 4,11 = 4,796 \text{ мм.}$$

Знаходимо номінальний припуск із [4, С. 111]

$$z_{\text{ном}} = z_{\text{о min}} + H_{\text{о}} - H_{\text{о}}, \quad (2.12)$$

де $z_{\text{о ном}} = 4,796$ мм – мінімальний сумарний припуск;

$H_{\text{о}} = 1,6$ мм – максимальне значення допуску;

$H_{\text{о}} = 0,025$ мм – мінімальне значення допуску

$$z_{\text{о ном}} = 4,796 + 1,6 - 0,025 = 6,371 \text{ мм.}$$

Виконуємо перевірку за [4, С. 112]

$$2z_{\max i}^{np} - 2z_{\min i}^{np} = \delta_i - \delta_{i-1}, \quad (2.13)$$

де $2z_{\max i}^{np}$ – максимальний припуск на даному переході;

$2z_{\min i}^{mp}$ – мінімальний припуск на даному переході;

δ_i – допуск на розмір на даному переході;

δ_{i-1} – допуск на розмір на попередньому переході.

Остаточне шліфування	$0,133 - 0,096 = 0,062 - 0,025 .$
Попереднє шліфування	$0,32 - 0,222 = 0,16 - 0,062 .$
Чистове розточування	$0,628 - 0,398 = 0,39 - 0,16 .$
Чорнове розточування	$5,32 - 4,11 = 1,6 - 0,39 .$



Рисунок 2.1 – Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку отвору $\text{Ø}50\text{F}7$ шестерні

Таблиця 2.2 – Припуски та відхилення на оброблювані поверхні деталі “шестерня”

№ оброблюваної поверхні	Розмір, мм	Припуск, мм		Відхилення, мм
		Табличний	Розрахунковий	
1	42	2,0	–	1,8 –1,0
2	Ø60	2·2,0	–	1,8 –1,0
3	31	1,5	–	+1,6 –0,9
4	17	2,5	–	+1,6 –0,9
5	Ø153	2·2,3	–	+2,1 –1,1
6	17	1,5	–	+1,6 –0,9
7	5,3	1,0	–	+1,6 –0,9
8	64,4	2·2,0	–	+1,8 –1,0
9	42	2,0	–	+1,8 –1,0
10	Ø50	–	6,371	+1,8 –1,0

2.3 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

Жорсткість шестерні недостатня для застосування прогресивних методів обробки, наприклад, пластичного формоутворення зубчастого вінця, проте відповідає технологічним вимогам, що висуваються до даної деталі в процесі експлуатації. За цим показником деталь частково технологічна.

Конфігурація, в цілому, проста, тому що забезпечується вільний доступ

ріжучого та вимірювального інструменту, створені хороші умови для відведення стружки та МОР, відсутні приховані порожнини та високоточні поверхні. Поверхні зубів мають досить складну геометричну форму, проте їхня обробка ведеться на доступному обладнанні. Значить, за цим показником деталь є частково технологічною.

Є поверхні, що взагалі не вимагають обробки різанням. Отже, за цим показником деталь є технологічною.

Вимоги до призначення відхилень від форми та взаємного розташування поверхонь шестерні (торцеве биття маточини щодо внутрішньої поверхні посадкового отвору; радіальне биття розподільного діаметра зубчастого вінця під муфту щодо внутрішньої поверхні посадкового отвору) обґрунтовані. Значить, за цим показником деталь технологічна.

Шорсткість і точність поверхонь деталі повсюдно відповідають, крім поверхні лівого торця маточини. Значить, за цим показником деталь є частково технологічною.

Конструкторські, вимірювальні та технологічні бази здебільшого не суміщені. Отже, за цим показником деталь нетехнологічна.

Заготовку отримують на кривошипному гарячештампувальному пресі відкритим штампуванням. Переваги даного методу полягають у тому, що є можливість прошивки отвору з мінімальними ухилами, забезпечуються мінімальні припуски і виходить стабільна висота поковки. Однак застосування відкритого штампу не дає можливості скорочення витрати металу та кількості відходів. Значить, за цим показником деталь є частково технологічною.

Маса деталі незначна ($m = 1,45$ кг), тому механізація переміщення не є обов'язковою.

Розрахунок кількісної оцінки технологічності конструкції деталі "Шестерня ТК129Ш-17" виконується по [3, С. 33–34].

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів [3, С. 33]:

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e}, \quad (2.14)$$

де $Q_{y.e.} = 5$ (за кресленням деталі) – кількість уніфікованих елементів;
 $Q_e = 20$ (за кресленням деталі) – кількість всіх елементів.

$$K_{y.e.} = \frac{5}{20} = 0,25.$$

Деталь нетехнологічна, оскільки $K_{y.e.} = 0,25 < 0,6$.

При розробці технологічного процесу механічної обробки заготовки, важливим завданням є вибір необхідного технологічного обладнання. Один з найважливіших аспектів у цьому процесі – вибір верстатного устаткування. Вибір конкретної моделі верстата залежить від його можливості задовольнити технічні вимоги, визначені кресленням деталі.

При виборі верстатного устаткування варто враховувати такі фактори:

- 1) Характер виробництва;
- 2) Методи досягнення потрібної точності обробки;
- 3) Потрібну змінну або годинну продуктивність;
- 4) Відповідність верстата розмірам деталі;
- 5) Потужність верстата;
- 6) Зручність управління та обслуговування верстата;
- 7) Габаритні розміри і вартість верстата;
- 8) Можливість оснащення верстата високопродуктивними пристосуваннями і засобами механізації та автоматизації;
- 9) Кінематичні дані верстата (подача, частота обертання і т.д.).

Ці фактори слід враховувати для правильного вибору верстатного устаткування, що задовольнятиме потреби технологічного процесу механічної обробки. Дані по вибору устаткування зведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Верстатне устаткування

Найменування обладнання	Зображення	Технологічні характеристики	Потуж. ел. двигуна, кВт
PMS 130/130 MO пила стрічкова з функцією розпилювання та обрізання		Максимальний діаметр відпилювання становить 127 мм.	0,3
Токарний з ЧПК HAAS ST-20			
Горизонтально-фрезерний моделі 6P82		L×B×H= =2305× 1950×1680; точність – 8; шорсткість – 3,2 мкм; кат. рем. сл. – 8	7,5
Зубофрезерний напівавтомат моделі 5B312		L×B×H= =1790× 1000×2450; точність – 8; шорсткість – 1,6 мкм; кат. рем. сл. – 15,5	5,0

<p>Зубодовбальний напіваавтомат моделі 5110</p>		<p>L×B×H= =1635× 1090×1705; точність – 8; шорсткість – 1,6 мкм; кат. рем. сл. – 16,5</p>	<p>7,5</p>
<p>Зубошевінгувальний напіваавтомат моделі 5702</p>		<p>L×B×H= =1820× 1500×2120; точність – 6; шорсткість – 0,63 мкм; кат. рем. сл. – 15</p>	<p>5,5</p>
<p>Внутрішньошліфу вальний верстат моделі 3К227В;</p>		<p>L×B×H= =2815× 1900×1750; точність – 6, шорсткість – 0,32 мкм, кат. рем. сл. – 12</p>	<p>3,7</p>

2.4 Розробка маршруту механічної обробки деталі з вибором обладнання та засобів технічного оснащення

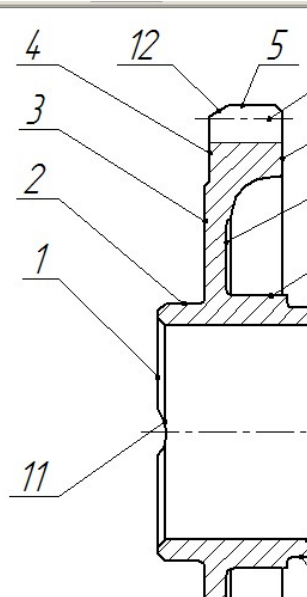


Рисунок 2.2 – Ескіз деталі з нумерацією поверхонь:

Таблиця 2.4 – Плани обробки поверхонь

№ поверхні	Розмір з допуском	Поле допуску і квалітет	Параметр шорсткості	Метод отримання
1	42 _{-0,25}	<i>h12</i>	$R_a = 3,2$ мкм	точіння
2	∅60 _{-0,74}	<i>h14</i>	$R_a = 12,5$ мкм	точіння
3	31 _{-0,62}	<i>h14</i>	$R_a = 12,5$ мкм	точіння
4	17 _{-0,24}	<i>h12</i>	$R_a = 12,5$ мкм	точіння
5	∅153 _{-0,4}	<i>h12</i>	$R_a = 6,3$ мкм	точіння
6	17 _{-0,24}	<i>h14</i>	$R_a = 12,5$ мкм	точіння
7	5,3 _{-0,48}	<i>h14</i>	$R_a = 12,5$ мкм	точіння
8	42 _{-0,25}	<i>h12</i>	$R_a = 3,2$ мкм	точіння
9	∅64,4 _{-0,3}	<i>h12</i>	$R_a = 12,5$ мкм	точіння
10	∅50 ^{+0,05} _{+0,025}	<i>F7</i>	$R_a = 1,6$ мкм	розточування, шліфування
11	40 _{-0,62}	<i>h14</i>	$R_a = 12,5$ мкм	фрезерування
12	4 ^{+0,3} _{-0,03}	<i>Js14</i>	$R_a = 12,5$ мкм	точіння
13	∅144 ^{+0,08} _{-0,08}	<i>Js10</i>	$R_a = 1,6$ мкм	зубофрезерування, зубошевінгування
14	∅63 ^{+0,37} _{-0,37}	<i>Js14</i>	$R_a = 6,3$ мкм	зубодовбання
15	0,6 _{-0,2}	<i>h14</i>	$R_a = 12,5$ мкм	точіння
16	∅59 _{-0,74}	<i>h14</i>	$R_a = 12,5$ мкм	точіння

Таблиця 2.5 – Маршрут обробки поверхонь

Найменування операцій та переходів	Обладнання	Пристосування	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент	Засоби контролю
1	2	3	4	5	6
005 Пилівдрізна Перехід 1: Відрізати заготовку	PMS 130/130 МО D=350 мм, L=6500 мм, точність – 9, шерохова-тосьть – 3,2 мкм; кат. рем. сл. - 22	Пристосування при верстаті $2\alpha=90^\circ$, D=350 мм, L=6,5 м	Дискова сегментна пила 2214-0201 ДСТУ 4047-92 D=1010; d=120; B=8; Z=180, мат. ріж. частини – P6M5		Штангенцир- куль ШЦ-I-160 ДСТУ 166-99; 0,1...160 мм; точність – 0,1 мм
010 Штампуння					
015 Термо- обробка (відпал)					
020 Токарна з ЧПК Установ А Перехід 1: Підрізати торець маточини начорно	Токарний верстат з ЧПК моделі HAAS ST-20 L×B×H=2795× 1350×1810;	Патрон 3-х- кулачковий самоцентруюч ий 7100-0046, система: УБП; пневноприв; D=400; H=105; H ₁ =110; H ₂ =190; L=145	Різець контурний з ромбічної пластиною PDINR2020K15; h×b=20×20; φ=93°; h ₁ =20; l ₁ =140; l=15,5; f=25мм ДСТУ 26476-01	Різецетримува ч з перпендикуляр ним відкритим пазом 191711004. H×B=20×20 d=30, b ₁ =50, b ₂ =85, L=113, l=42,5 ДСТУ ISO 8673:2007.	Мікрометр МК 175-2; ДСТУ 6507-10, 0...50 мм; точність – 0,01 мм
Перехід 2: Підрізати торець маточини напівчисто					
Перехід 3: Підрізати торець вінця і точити фаску					
Перехід 4: Точити маточину начорно					
Перехід 5: Розточити виточку, обточити маточину напівчисто					
			Різець розточний K.01.34.51.004- 04 мат. ріж. части T15K6; φ=95°; h×b=20×20; l=150; f=30; ДСТУ 20874-95	Різецетримува ч з перпендикуляр ним відкритим пазом 191711004. H×B=20×20; d=30, b ₁ =50, b ₂ =85, L=113, l=42,5 ДСТУ ISO 8673:2007.	Мікрометр МК 175-2; ДСТУ 6507-00, 0...50 мм; ціна поділки: 0,01 мм Штангенцир- куль ШЦ-I-160 ДСТУ 166-99; 0,1...160 мм; точність – 0,1 мм

Продовження таблиці 2.5 – Маршрут обробки поверхонь

1	2	3	4	5	6
Перехід 6: Точити канавку	Токарний верстат з ЧПК моделі HAAS ST-20 L×B×H=2795×1350×1810;	Патрон 3-х-кулачковий самоцентруючий 7100-0046, ДСТУ 2675:2008 система: УБП; пневмопривід; D=400; H=105; H ₁ =110; H ₂ =190; L=145	Різець канавочний 025-2126-0179 мат. ріж. части T15K6; h×b=20×20 f=39; a=8; l=125; ДСТУ 26476-85	Різецетримувач з перпендикулярним відкритим пазом 191711004. H×B=20×20, d=30, b ₁ =50, b ₂ =85, L=113, l=42,5 ДСТУ ISO 8673:2007.	Штангенциркуль ШЦ-I-200 ДСТУ ISO 1502:2006 ; 0,1...200 мм; точність – 0,05 мм
Установ Б Перехід 7: Точить торець маточини начорно			Різець контурний з ромбічною пластиною PDINR2020K15 мат. ріж. частини T15K6; h×b=20×20; φ=93°; h ₁ =20; l ₁ =140; l=15,5; f=25мм ДСТУ 26482:2008	Різецетримувач з перпендикулярним відкритим пазом 191711004. H×B=20×20 d=30, b ₁ =50, b ₂ =85, L=113, l=42,5 ДСТУ ISO 8673:2007	Мікрометр МК 175-2; ДСТУ ISO 1502:2006, 0...50 мм; ціна поділки: 0,01 мм
Перехід 8: Точити поверхні по контуру			Різець розточний з трикутною пластиною K014982000-10 мат. ріж. частини T15K6; φ=93°; h×b=25×25; l=150; f=20; ДСТУ 26482:2008	Різецетримувач з паралельним відкритим пазом подовжений 191.711.003 H×B=30×30 b ₁ =60, b ₂ =95, L=130, l=50 ДСТУ ISO 8673:2007	Штангенциркуль ШЦ-I-200 ДСТУ ISO 1502:2006; 0,1...200 мм; точність – 0,05 мм
Перехід 9: Точити вінець напівначисто					
Перехід 10: Розточити отвори начорно					
Перехід 11: Розточити отвір начисто			Калібр-пробка 8102-2109-2 ПР: Ø49,7 НЕ: Ø49,7 ^{+0,16} ДСТУ ISO 1502:2006		

Продовження таблиці 2.5 – Маршрут обробки поверхонь

1	2	3	4	5	6
025 Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний моделі 6P82; L×B×H=2305×1950×1680; точність – 8; шорсткість – 3,2 мкм; кат. рем. сл. – 8	Патрон 3-х-кулачковий самоцентруючий 7100-0046, ДСТУ 2675-80 система: УБП; пневмопривід; D=400; H=105; H ₁ =110; H ₂ =190; L=145	Фреза фасонна випуклого профіля 2262-0026 мат. ріж. частини P6M5 R=8 мм; D=100 мм; d=32 мм; B=16 мм; z=10 ДСТУ 26482:2008	Оправка для фрези 6225-0138; конус 7:24; d=32 L=358; L ₁ =140; L ₂ =36; l=160; d ₁ =23 ДСТУ ISO 8673:2007	Шаблон радіусний 8214-7535 R8±2 ДСТУ ISO 1502:2006 Штангенциркуль ШЦ-I-160 ДСТУ 166-89; 0,1...160 мм; точність – 0,05 мм
030 Зубофрезерна	Зубофрезерний напівавтомат моделі 5B312 L×B×H=1790×1000×2450; точність – 8; шорсткість – 1,6 мкм; кат. рем. сл. – 15,5	Оправка кінцева 6150-0450, система: УБП, гідропривід D=50; D ₁ =44; L=130; L ₁ =60; СТП 770-752-72	Фреза черв'ячна 2584-0354 мат. ріж. частини P6M5 m=4,5; d _{a0} =90; d=32; d ₁ =50; L=90; z ₀ =14 ДСТУ 26482:2008	Оправка для фрези 6225-0138; конус 7:24; d=32; L=358; L ₁ =140; L ₂ =36; l=160; d ₁ =23 ДСТУ ISO 8673:2007	Контрольний прибор МЦ-400У; параметри, що контролюються: F''i; f''i; +Ea''s; -Ea''i. точність – 0,001 мм; ДСТУ ISO 1502:2006
035 Зубодовбальна	Зубодовбальний напівавтомат моделі 5110 L×B×H=1635×1090×1705; точність – 8; шорсткість – 1,6 мкм; кат. рем. сл. – 16,5	Оправка кінцева 6150-0450, система: УБП, гідропривід D=50; D ₁ =44; L=130; L ₁ =60; СТП 770-752-72	Долб'як чашковий 2530-0026 мат. ріж. частини P6M5 D=100; z ₀ =22; d ₀ =99; d _{a0} =111,33; B=20; ДСТУ 26482:2008	Оправка для долб'яка 6240-0206 конус 7:24; d=40; L=120; L ₁ =40; M14; ДСТУ ISO 8673:2007	Контрольний прибор МЦ-400У; параметрт, що контролюються: F''i; f''i; +Ea''s; -Ea''i. точність – 0,001 мм; ДСТУ ISO 1502:2006
040 Хіміко-термічна обробка (нітроцементация)					

Продовження таблиці 2.5 – Маршрут обробки поверхонь

1	2	3	4	5	6
045 Зубошевінгу- вальна	Зубошевінгу- вальний напівавтомат моделі 5702 L×V×H=1820× 1500×2120; точність – 6; шорсткість – 0,63 мкм; кат. рем. сл. – 15	Центрова оправка 7110-0487, D ₁ =50; L=150 L ₁ =50; ДСТУ 16212-70. Центра обертальна 7032-0167, система: УБП, α=60°; L=120; d=22; D=56; l=90; Конус Морзе №2 ДСТУ 8742-75	Шевер 2570-0435; мат. ріж. частини Р6М5 m ₀ =4,5; z=51; d _{a0} =177,36; d _{b0} =150,16; d=63,5; B=20 β=20° ДСТУ 26482:20 08.	Оправка для шевера 7562-0043, L=160; L ₁ =58; D=63,5; D ₁ =50 ДСТУ ISO 8673:2007	Контрольний прибор МЦ-400У; параметри, що контролюються : F''i; f''i;+Ea''s; -Ea''i. точність – 0,001 мм; ДСТУ ISO 1502:2006
050 Внутішньо- шліфувальна	Внутрішньошлі- фувальний верстат моделі 3К227В; L×V×H=2815× 1900×1750; точність – 6, шорсткість – 0,32 мкм, кат. рем. сл. – 12	Патрон 3-х- кулачковий для базування по зубчатому вінцю 7100-0046, ДСТУ 2675-80 система: УБП; пневно- привід; D=200; H=150; H ₁ =130; H ₂ =200; L=210	Круг 1 45□32□16 14А 25-Н С2 7 К1 35 м/с А1кл ДСТУ 21963:2003	Гайка для шліф. круга М12-6Н.5, ДСТУ ISO 8673:2007	Калібр-пробка 8118-0020-2 ПР: Ø50 ^{+0,025} НЕ: Ø50 ^{+0,05} ДСТУ ISO 1502:2006
055 Контрольна	Стіл ОТК				

2.5 Розрахунок режимів різання

020 Токарна з ЧПК

Вихідні дані

Заготовка

Найменування деталі – “Шестерня ТК129Ш-17”.

Матеріал з характеристикою твердості на момент обробки – легована сталь марки 25ХГТ ДСТУ 4543-2016, твердість 156...192 НВ.

Шорсткість обробки поверхонь – Ra 3,2 мкм.

Метод отримання заготовки – штампування.

Стан поверхні – з кіркою.

Маса – $m = 2,8$ кг.

Припуск на обробку поверхонь – $h = 3,2$ мм.

Верстат

Модель верстата – токарний з ЧПК моделі HAAS ST-20.

Діапазон частот обертання шпинделя – $10 \dots 8000$ хв⁻¹.

Діапазон подач – по осі координат X – $0,05 \dots 2800$ мм/хв;

по осі координат Z – $0,1 \dots 5600$ мм/хв.

Потужність приводу головного руху – 11 кВт.

Операція

Схема базування – у трикулачковому патроні по зовнішньому діаметру маточини та торця.

Перелік оброблюваних поверхонь із зазначенням розмірних характеристик – поверхня №8 ($\varnothing 49,7^{+0,16}$ мм).

Вибираємо кількість стадій обробки за таблицею [4]:

– для отвору – 2 (чорнова і чистова).

Призначаємо глибину різання t , мм за таблицею з [4]:

– чорнове розточування $t = 2,0$ мм;

– чистове розточування $t = 0,4$ мм.

Інструмент – розточна оправка A32T-SSKCR 12.

Ріжуча пластина CoroTurn® 107 для точіння з кодом SCMT 12 04 12-PR 4425 є однією з варіацій пластин, що входять до серії CoroTurn® 107 від виробника Sandvik Coromant.

Опис коду ріжучої пластини:

SCMT: вказує на форму пластини, в даному випадку, це ромбічна форма.

12: визначає розмір пластини, в даному випадку, розмір 12.

04: вказує на тип ріжучого кута та геометрію пластини.

12: визначає товщину пластини.

PR 4425: вказує на покриття пластини, в даному випадку, це покриття з нітридом титану (TiN) для покращеної тривалості інструменту.

Ця ріжуча пластина CoroTurn® 107 призначена для точіння і може бути

використана в різних матеріалах і умовах обробки. Для отримання детальної інформації про властивості і можливості застосування цієї пластини рекомендую звернутися до каталогу або сайту виробника.

VC (m/min)	314
FN (mm)	0.373
NOPAP (NOPap)	1
AP (mm)	2
DMS (mm)	45
DME (mm)	49
RPMX (1/min)	2040
PPCX (kW)	7.67
MMCX (Nm)	35.9

Швидкість різання (VC) – 314 м/хв.

Подача на оборот (FN) – 0.373 мм.

Кількість проходів у напрямку AP (NOPAP) – 1.

Глибина різання (AP) – 2 мм.

Оброблюваний діаметр (DMS) – 45 мм.

Оброблений діаметр (DME) – 49 мм.

Максимальна швидкість обертання (RPMX) – 2040 об/хв.

Максимальна потужність різання (PPCX) – 7.67 кВт.

Максимальний крутний момент (MMCX) – 35.9 Нм.

Таблиця 2.6 – Час автоматичної роботи верстата за програмою

Ділянка траєкторії або номера позиції інструментів попереднього та робочого положень	Приріст по осі X ΔX , мм	Приріст по осі Z ΔZ , мм	Довжина і-ї ділянки траєкторії L_i , мм	Хвилинна подача на і-му ділянці S_{mi} , мм/хв	Основний час автоматичної роботи верстата за програмою T_o , хв	Маш.-допом. час $T_{м.в.}$, хв
1	2	3	4	5	6	7
Інстр. №4 –	–	–	–	–	–	0,3

інстр. №1						
0-1	-156,5	-165,5	229,6	2000	–	0,115
1-2	–	–2	2	2000	–	0,001
2-3	9,5	–	9,5	170,4	0,057	–
3-4	–	2	2	2000	–	0,001
4-5	-9,5	–	9,5	2000	–	0,005
5-6	–	-4	4	2000	–	0,002
6-7	7,5	–	7,5	99,4	0,075	–
7-8	4,1	-0,5	4,11	99,4	0,041	–
8-9	34	-12	36,1	2000	-	0,018
9-10	16,4	–	16,4	207,5	0,079	–
10-11	8	-8	11,3	207,5	0,055	–
11-12	86,5	192,5	211	2000	–	0,106
Інстр. №1 – інстр. №2	–	–	–	–	–	0,1
12-13	-183,5	-79	199,6	2000	–	0,01
13-14	-4	–	4	295	0,014	–
14-15	–	26	26	295	0,088	–
15-16	17	-24	29,4	2000	-	0,015
16-17	–	-3	3	295	0,01	–
17-18	-17,8	-	17,8	295	0,06	–
18-19	–	27,5	27,5	295	0,093	–
19-20	188,3	52,5	195,5	2000	–	0,098
Інстр. №2 – інстр. №3	–	–	–	–	–	0,1
20-21	-145,8	-181,5	232,8	2000	–	0,116
21-22	-4,7	–	4,7	345,8	0,014	–
Пауза	–	–	–	–	0,05	–
22-23	4,7	–	4,7	345,8	0,014	–
23-24	145,8	181,5	232,8	2000	–	0,116
Інстр. №3 – інстр. №1	–	–	–	–	–	0,2
24-25	-157,75	-164	227,6	2000	–	0,113
25-26	–	-4,5	4,5	170,4	0,026	–
26-27	9,75	–	9,75	170,4	0,057	–
27-28	–	2	2	2000	–	0,001
28-29	-9,75	–	9,75	2000	–	0,005
29-30	–	-3,5	3,5	99,4	0,035	–
30-31	8,15	–	8,15	99,4	0,082	–
31-32	1,6	-1,6	2,26	99,4	0,023	–
32-33	–	-9,4	9,4	207,5	0,045	–
33-34	27,5	–	27,5	207,5	0,133	–
34-35	1,5	-1,5	2,12	207,5	0,01	–
35-36	20	–	20	207,5	0,1	–
36-37	–	-17	17	207,5	0,082	–
37-38	2	–	2	2000	–	0,001
38-39	–	19	19	2000	–	0,01

39-40	-3,5	–	3,5	2000	–	0,002
40-41	3	-6	6,71	93,6	0,072	–
41-42	–	-13	13	93,6	0,139	–
42-43	97,5	199,5	222,1	2000	–	0,111
Інстр. №1 – Інстр. №4	–	–	–	–	–	0,3
43-44	-175,35	-53	183,2	2000	–	0,092
44-45	–	-47,4	47,4	369,2	0,128	–
45-46	-2	–	2	2000	–	0,001
46-47	–	47,4	47,4	2000	–	0,024
47-48	4	–	4	2000	–	0,002
48-49	-3,6	-3,6	5,09	333,7	0,015	–
49-50	–	-43,4	43,4	333,7	0,13	–
50-51	-2	–	2	2000	–	0,001
51-52	–	47,4	47,4	2000	–	0,024
52-53	178,95	52,6	186,5	2000	–	0,093
					$\Sigma T_o = 1,718$	$\Sigma T_{MB} = 2,08$ 3

025 Горизонтально-фрезерна

Розрахунок проводиться за [16, С. 261–292].

Вихідні дані

Заготовка

Найменування деталі – “Шестерня ТК129Ш-17”.

Матеріал з характеристикою твердості на момент обробки – легована сталь марки 25ХГТ, твердість 156...192 НВ.

Шорсткість обробки поверхонь – Ra 12,5 мкм.

Метод отримання заготовки – штампування.

Стан поверхні – без корки.

Маса – $m = 2,8$ кг.

Припуск на обробку поверхонь – $h = 2,0$ мм.

Верстат

Модель верстата – горизонтально-фрезерний моделі 6Р82.

Діапазон частот обертання шпинделя – 31,5...1000 хв^{-1} .

Діапазон подач – поздовжня – 25...1250 мм/хв;

вертикальна – 8,3...416,6 мм/хв.

Потужність приводу головного руху – 7,5 кВт.

Операція

Схема базування – у трикулачковому патроні по зовнішньому діаметру вінця та торця.

Перелік оброблюваних поверхонь із зазначенням розмірних характеристик – поверхня №11 ($40_{-0,62}$ мм).

Визначаємо довжину робочого ходу $L_{p.x.}$ згідно з [16, С. 44]

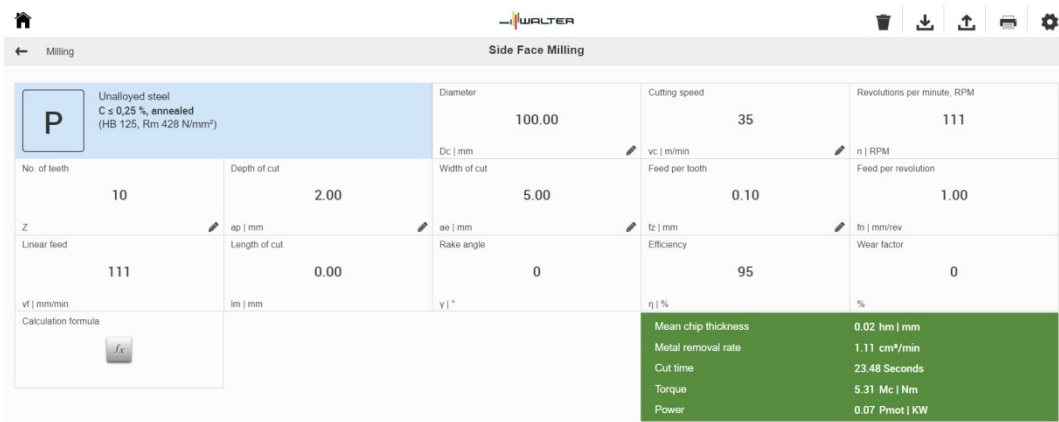
$$L_{p.x.} = L_p + y + L_{\delta on} \quad (2.15)$$

де $L_p = 60$ мм (за кресленням деталі) – довжина різання;

$y = 18$ мм [1, с. 304] – довжина підведення, врізання та перебігу;

$L_{\delta on} = 0$ мм – тому що відсутні додаткові прийоми;

$$L_{p.x.} = 60 + 18 + 0 = 78 \text{ мм.}$$



Material		Diameter		Cutting speed		Revolutions per minute, RPM	
Unalloyed steel C s 0,25 %, annealed (HB 125, Rm 428 N/mm²)		100.00		35		111	
No. of teeth	Depth of cut	Dc mm	Width of cut	vc m/min	n RPM	Feed per tooth	Feed per revolution
10	2.00	5.00	5.00	0.10	111	0.10	1.00
Z	ap mm	ap mm	Rake angle	fz mm	fn mm/rev	Efficiency	Wear factor
111	0.00	0	0	95	0	95	0
Linear feed	Length of cut	γ °		η %			
111	0.00						
Calculation formula				Mean chip thickness	0.02 mm mm	Metal removal rate	1.11 cm³/min
				Cut time	23.48 Seconds	Torque	5.31 Mc Nm
				Power	0.07 Pmot KW		

Таблиця 2.7 – Зведені дані щодо режимів різання

Найменування операції, переходу	t , мм	D , мм	$L_{рез}$	T_m	$S_{розрах}$	$v_{розрах}$	$n_{розрах}$	$S_{м.розрах}$	T_o , хв	$N_{різ}$
			$L_{p.x.}$, мм	T_p , хв	$S_{насп.}$, мм/об	$v_{насп.}$, м/хв	$n_{насп.}$, хв ⁻¹	$S_{м.насп.}$, мм/хв		$N_{ун.}$, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
020 Токарна з ЧПК Установ 1 Перехід 1 Підрізати торець маточини на	1,5	–	9,5 15,5	60	0,47	108,3 80,7	416,5 355	195,8 166,9	0,059	3,3 9

чорно										
Перехід 2 Підрізати торець маточини напівчисто і точити фаску	1,0	–	9,7 16,7	60	0,28	100,2 70,6	443,3 355	124,1 99,4	0,116	3,1 9
Перехід 3 Підрізати торець вінця і точити фаску	1,0	–	24,8 29,4	60	0,83	166,9 175	338,6 355	281 294,7	0,134	5,6 9
Перехід 4 Точити маточину на чорно	2x1,3	66,4	24 30	45	0,59	116,5 103,6	562,3 500	331,8 295	0,102	6,1 9
Перехід 5 Точити маточину напівчисто і виточення	2x1,0	64,4	60,6 64,6	45	0,47	108,3 101,1	535,7 500	251,8 235	0,163	5,8 9
Перехід 6 Точити канавку	2x2,7	59	4,7 6,7	45	0,69	112,5 101,9	556,3 500	383,8 345	0,078	7,2 9
Установ Б Перехід 7 Підрізати торець маточини начорно	1,5	–	6,75 12,75	60	0,47	115,3 84,9	611,9 500	287,6 235	0,083	3,5 9
Перехід 8 Точити поверхні по контуру	2	–	89,5 95,5	60	0,45	116,5 120,9	239,4 250	107,7 112,5	0,39	7,7 9
Перехід 9 Точити вінець напівчисто	2x1,0	153	17,5 22,7	60	0,28	121,2 121,7	249 250	69,7 34,1	0,211	5,6 9
Перехід 10 Розточити отвір начорно	2x2,0	49,3	40,4 47,4	45	0,52	108,3 109,9	699,8 710	363,9 369,2	0,128	7,3 9
Перехід 11 Розточити отвір начисто	2x0,2	49,7	43 50	45	0,47	116,5 110,8	746,6 710	350,9 333,7	0,145	4,7 9

Продовження таблиці 2.7 – Зведені дані щодо режимів різання

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
025 Горизонтально- фрезерна Перехід 1 Фрезерувати канавку	2,0	–	60 78	180	1,0 1,0	31,75 31,4	101,1 100	100 100	0,78	2,1 7,5
030 Зубофрезерна Перехід 1 Фрезерувати зуби начорно	10,1	144	17 52	120	2,6 2,5	42 39,25	107 100	278,2 250	6,66	6,3 7,5

035 Зубодовбальна Перехід 1 Довбати зуби	2,6	63	5,5 11,5	120	0,21 0,2	22 16,33	956 710	200,8 142	1,59	3,0 4,5
0453убошевінгув альна Перехід 1 Шевінгувати зуби	0,27	144	17 21	150	0,41 0,4	156,5 155	278,3 250	114,1 100	1,07	2,4 3,2

Таблиця 2.8 – Зведені дані щодо режимів різання (шліфування)

Найменування операції, переходу	$v_{кр},$ м/с	$n_{изд},$ хв ⁻¹	$t,$ мм	$S_{прод},$ мм/хв	$S_{нон},$ мм/дв.х.
050 Внутрішньошліфувальна Перехід 1 Шліфувати отвір попередньо	35	250	0,2	6000	0,0025
Перехід 2 Шліфувати отвір остаточно	35	250	0,1	4000	0,002

2.6 Технічне нормування операцій

020 Токарна з ЧПК

Розрахунок ведеться за [4, С. 52–104].

Визначення допоміжного часу:

$$T_e = t_{вуст} + t_{воп} + t_{вим} \quad (2.16)$$

$T_{ч.уст} = 0,17$ хв – час на встановлення та зняття деталі [24, С. 52];

$T_{ч.оп} = 0,32$ хв – допоміжний час, пов'язаний з операцією [24, С. 79];

$T_{ч.вим} = 0,38$ хв – час на контрольні виміри [24, С. 81–85];

$$T_e = 0,17 + 0,32 + 0,38 = 0,87 \text{ хв.}$$

Визначення часу на організаційне та технічне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби:

$$a_{тех} + a_{орг} + a_{відпоч} = 8 \%.$$

Визначаємо коефіцієнт серійності k_{16} , згідно з t для середніх верстатів.
Для цього розраховуємо значення t [24, С. 15]:

$$t = \frac{(T_o + T_a) \cdot N'}{480}, \quad (2.17)$$

де $N' = 208$ шт. (з попередніх розрахунків) – розмір партії деталей, виконуваних протягом місяця

$$t = \frac{(3,8 + 0,87) \cdot 208}{480} = 0,55.$$

Знаходимо значення $k_{16} = 1,15$ за таблицею [1, С. 31].

Визначення норми штучного часу:

$$T_{шт} = \frac{1}{q} (T_o + T_s \cdot k_{16}) \cdot \left(1 + \frac{a_{mex} + a_{орг} + a_{омл}}{100} \right) \quad (2.18)$$

$k_{16} = 1,15$ – коефіцієнт серійності [24, С. 50];

q – кількість оброблюваних деталей;

$$T_{шт} = \frac{1}{1} (3,8 + 0,87 \cdot 1,15) \cdot \left(1 + \frac{8}{100} \right) = 5,18 \text{ хв.}$$

Визначення підготовче–заключного часу:

$$T_{нз} = T_{нз1} + T_{нз2} + T_{пр.обр} \quad (2.19)$$

$T_{нз1} = 4$ хв – час на організаційну підготовку [24, С. 96];

$T_{нз2} = 9$ хв – час на налагодження верстата, інструменту, пристосувань, програмних пристроїв [24, С. 96];

$T_{пр.обр}$ – час на пробну обробку [24, С. 104];

$$T_{пр.обр} = 10,5 + T_{ца}$$

$$T_{пр.обр} = 10,5 + 3,8 = 14,3 \text{ хв}$$

$$T_{нз} = 4 + 9 + 14,3 = 27,3 \text{ хв}$$

Розраховуємо штучно–калькуляційний час $T_{шт-к}$, хв [24, С. 31]

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{нз}}{N'}$$

$$T_{шт-к} = 5,18 + \frac{27,3}{208} = 5,31 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.9 – Зведені дані технічних норм часу за операціями, хв

Найменування операції	$T_{в}$			$a_{обс}, \%$	$a_{відно}, \%$	$T_{шт}$	$T_{нз}$	$T_{шт-к}$
	$t_{в\ уст}$	$t_{в\ пер}$	$t_{в\ дод}$					
025 Горизонтально-фрезерна	0,25	0,23	0	3,5	4	1,45	18	1,54
030 Зубофрезерна	0,5	0,06	0	4,5	4	7,75	39	7,94
035 Зубодовбальна	0,25	0,06	0	4	4	2,1	26,5	2,23
040 Зубо-шевінгувальна	0,45	0,06	0	4	4	1,79	17	1,87
050 Внутрішньошліфувальна	0,17	0,18	0	5	4	1,82	17	1,92

Таблиця 2.10 – Зведені дані технічних норм часу за операціями для верстатів з ЧПК, хв

Номер та найменування операції	$T_{мв},$ мв	$T_{вим},$ хв	$T_{в},$ хв	$a_{тех} + a_{орг} + a_{відноч},$ %	$T_{шт},$ хв	$T_{нз},$ хв	$T_{шт-к},$ хв
020 Токарна з ЧПК	2,08	3,8	0,87	8	5,18	27,3	5,31

2.7 Розробка карти налагодження та керуючої програми для верстата з ЧПК

Карта налагодження необхідна наладчику верстата для запуску партії

деталей у виробництво.

У даному дипломному проекті наведено карту налагодження верстата на виконання токарної операції 020 з ЧПК.

Модель верстата HAAS ST-20. Деталь “Шестерня ТК129Ш-17” обробляється за два установи. Використовуваний інструмент: Т1 – контурний різець з ромбічної пластиною PDINR2020K15 ДСТУ 26611:2008; Т2 – різець розточувальний К.01.34.51.004-04 ДСТУ 26611:2008; Т3 – різець канавковий 025-2126-1179 ДСТУ ISO 241:2015; Т2 – різець розточувальний К014982000-10 ДСТУ ISO 241:2015.

Пристрій: патрон трикулачковий самоцентруючий 7100-0046 ДСТУ ISO 4250-1:2004.

Оформлена карта налагодження наведена у додатку (ДСТУ 2.001:2006 форма 4).

Для запису програми, що управляє, використовується карта кодування інформації за ДСТУ 2.001:2006 (форма 5, 5а).

Текст програми, що управляє, наведено в додатку.

У цьому курсовому проекті розроблено керуючу програму на токарну операцію 005 з ЧПК. Обробка деталі “Шестерня ТК129Ш-17” проводиться за два установи і включає наступні переходи:

Установ А:

- підрізування торця маточини начорно;
- підрізування торця маточини напівчисто;
- підрізування торця вінця та точіння фаски;
- обточування маточини начорно;
- розточування виточування та обточування маточини напівчисто;
- точіння канавки.

Установ Б:

- підрізування торця маточини на чорно;
- точіння по контуру;
- обточування вінця напівчисто;

- розточування отвору начорно;
- розточування отвору начисто.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою

Під час зубодовбальної операції пропонується використовуватися настільний трикулачковий самоцентруючий патрон, який монтується на столі верстата. Цей пристрій складається з корпусу, в якому розташований діафрагмовий пневматичний привід, який працює у двох напрямках. На обертовій частині патрона знаходяться три кулачки, розташовані під кутом 120° , які активуються за допомогою штока, що з'єднується з опорною шайбою приводу.

Для закріплення деталі, стиснуте повітря надсилається в верхню частину приводу, що призводить до опускання діафрагми в нижню частину. Це спричиняє переміщення опорної шайби разом із штоком, а також рух довшого плеча важеля порівняно з коротшим. Цей рух впливає на кулачки та приводить їх до центру. В результаті деталь закріплюється в патроні.

Після завершення обробки, стиснуте повітря направляється в нижню частину приводу, що призводить до переміщення діафрагми разом із опорною шайбою та штоком вгору у камері. У такому випадку, довша рука важеля піднімається вгору, відводячи кулачки від деталі.

Регулювання кулачків залежно від розміру деталі здійснюється за допомогою спеціальних шпильок.

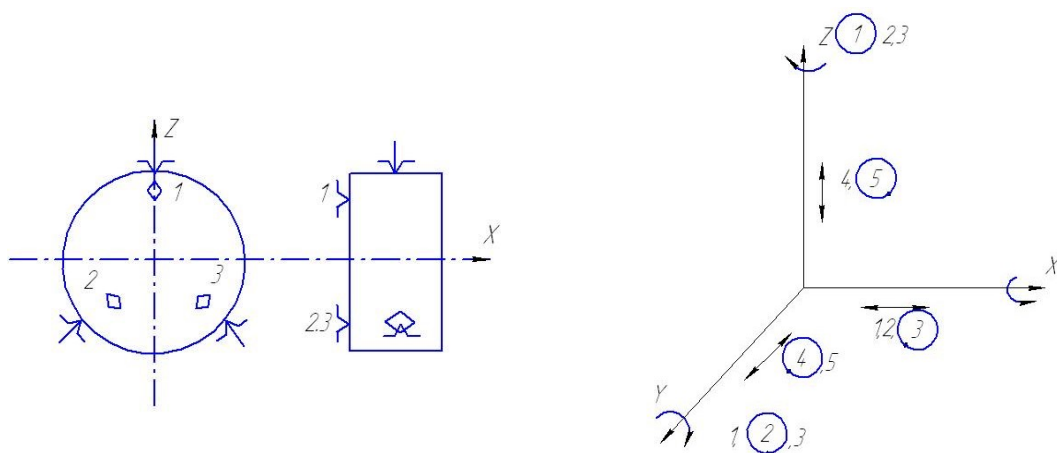


Рисунок 3.1 – Схема базування деталі в пристрої

Давайте розрахуємо похибку установки

$$\xi_y = \sqrt{\xi_a^2 + \xi_\zeta^2 + \xi_{i\delta}^2}. \quad (3.1)$$

Розраховуємо похибку базування

$$\xi_\delta = \frac{\Delta d}{2} + x = \frac{224}{2} + 18 = 130 \text{ мкм.}$$

Похибка закріплення

$$\xi_\zeta = 100 \text{ мкм.}$$

Похибка пристрою

$$\xi_{np} = 50 \text{ мкм.}$$

Визначаємо похибку установки

$$\xi_y = \sqrt{130^2 + 100^2 + 50^2} = 172 \text{ мкм.}$$

Для перевірки точності базування відносно точності розміру можна використовувати метод порівняння нерівностей. Основна ідея полягає в тому, щоб порівняти виміряні значення розмірів з допустимими граничними значеннями. Якщо виміряні значення попадають у задані межі, то можна зробити висновок, що точність базування відповідає вимогам.

$$\xi_y \leq \delta_\delta.$$

Розмір якого слід дотримуватися $-270^{+0,65}$.

Допуск на розмір $\delta = 0,65 \text{ мм} = 650 \text{ мкм}$.

Тоді: $(\xi_y = 172)$ $(\delta_\delta = 650)$.

Для визначення точності затискного пристрою можна використовувати різні методи і вимірювальні засоби, залежно від типу пристрою і його особливостей.

$$\sigma_n = \delta_\delta - (K_1 \cdot \xi_a + \xi_\zeta + K_2 \cdot \omega), \quad (3.2)$$

де K_1 – коефіцієнт зменшення похибки базування – $0,6 - 0,8$;

K_2 – коефіцієнт зменшення економічної точності – $0,6 - 1$;

ω – середньо економічна точність обробки на даному верстаті – 90 мкм .

Тоді маємо

$$\sigma_n = 650 - (0,6 \cdot 130 + 100 + 0,6 \cdot 90) = 418 \text{ мкм}.$$

Отже, точність пристрою в межах $0,4 \text{ мкм}$.

Розрахунок необхідних сил закріплення деталі

$$M_{кр} = 10C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.3)$$

де $C_m = 0,0345$; $q = 2$; $y = 0,8$ [10]

$$P_o = 10C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p,$$

де $C = 68$; $q = 1$; $y = 0,7$.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 12 \cdot 0,25^{0,8} = 14,1 \text{ Н/м},$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 12 \cdot 0,25^{0,7} \cdot 0,86 = 2659,2 \text{ Н}.$$

Визначаємо зусилля затиску деталі

$$W = \frac{K \cdot P_0}{f_1 \cdot f_2}, \quad (3.4)$$

де K – коефіцієнт запасу;

f_1, f_2 — коефіцієнт тертя ($f = 0,1 \dots 0,15$)

P_0 – осьове зусилля

$$K = K_0 + K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5, \quad (3.5)$$

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

K_1 – коефіцієнт, враховуючий стан поверхні заготовки $K_1 = 1,2$;

K_2 – коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструмента $K_2 = 1,4$;

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

K_4 – коефіцієнт, враховуючий постійність сили затиску, яка розвивається силовим приводом пристрою

$K_4 = 1$;

K_5 – коефіцієнт, враховується тільки при наявності крутного моменту;

$K_5 = 1$.

$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,52$.

Тоді

$$W = \frac{2,52 \cdot 265,2}{0,1 \cdot 0,15} = 2684,7 \text{ Н} \text{ – на один кулачок.}$$

Для трьох кулачків

$$Q_n = W_k \cdot n_k \cdot K_{mp} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot K}{n_k} \cdot f_\Gamma \right) \cdot \frac{L_1}{L_K} = 26804,7 \cdot 3 \cdot 1,05 \cdot \left(1 + \frac{340 \cdot 40}{30} \cdot 0,1 \right) \cdot \frac{20}{100} = 2364,7 \text{ Н.}$$

Схема дії сил

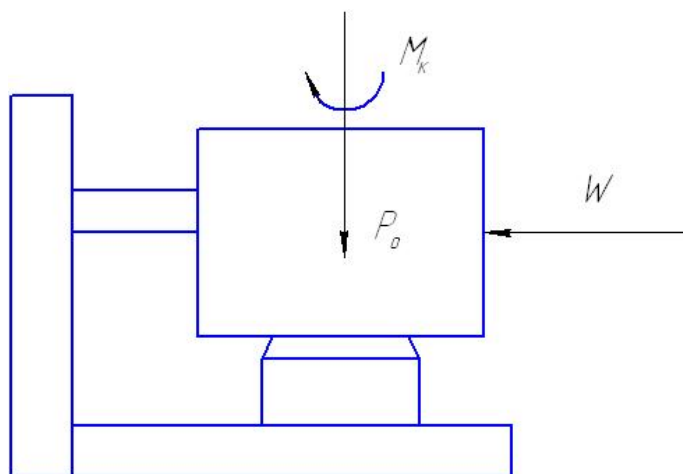


Рисунок 3.2 – Схема дії сил

Обчислюємо силу на штоку пневматичної камери з двостороннім дією.

$$Q_o = 0,25 \cdot (D_n^2 + D_n \cdot d_o + d_o^2) p \eta, \quad (3.6)$$

де D_n – діаметр пневмокамери (внутрішній) мм;

d_o – діаметр диска, мм,

зазвичай $d_o = 0,7 \cdot D_n$ і при такій умові $Q_o = 0,58 D_n^2 p \eta$;

p – тиск повітря $p = 0,4$ МПа;

η – ККД $\eta = 0,8$

$$D_n^2 = \frac{Q_o}{0,58 p \eta}$$

$$D_n^2 = \frac{23641,7}{0,58 \cdot 0,4 \cdot 0,8}$$

$$D_n^2 = 127380$$

$$D_n = 357 \text{ мм.}$$

Приймаємо по ГОСТ 9887–70

$D_n = 400$ мм – гумотканинна діафрагма тарільчата;

d_n – діаметр опорних дисків;

$$d_n = 0,7D_n = 0,7 \cdot 400 = 280 \text{ мм.}$$

Оптимальна довжина хода штока пневмокамери

$$L_x = 0,25 D_n = 0,25 \cdot 400 = 100 \text{ мм;}$$

$$Q_\phi = 0,58 \cdot 100^2 \cdot 0,4 \cdot 0,8 = 1856.$$

Тарільчасті діафрагми виготовляються з чотирьохшарової тканини бельтінг, яка має покриття з обох сторін резиною.

Час реагування діафрагменного пневмоприводу.

$$T_c = \frac{L_x(D_n^2 + D_n d_n + d_n^2)}{3V_b d_0^2}, \quad (3.7)$$

де d_0 – діаметр повітря проводу; $d_0 = 10$ мм;

V_b – швидкість переміщення стислого повітря; $V_b = 1800$ м/с

$$T_c = \frac{100(400^2 + 400 \cdot 280 + 280^2)}{3 \cdot 18000 \cdot 10^2} = \frac{24960000}{540000} = 4,6 \text{ с}$$

Розраховуємо слабку ланку якою є різь М36×2.

Матеріал різьбового з'єднання сталь 45 ДСТУ 7809:2015

$$\sigma_p = \frac{4Q}{\pi d^2} \leq [\sigma_p] \text{ Н/мм,}$$

де Q – розрахункове осьове навантаження, Н;

d – діаметр різі;

$[\sigma_p]$ – допускаєма напруга розтягування в Н/мм;

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 23641,7}{3,14 \cdot 36} = 837 \text{ Н/мм,}$$

$$[\sigma_p] = 1550 \text{ Н/мм.}$$

Порівняємо фактичну напругу з допустимою

$$[\sigma_p] = 1550 \text{ Н/мм} > \sigma_p = 837 \text{ МПа.}$$

На підставі проведеного розрахунку точності затискного пристрою можна зробити висновок, що слабка ланка в цілому задовольняє умовам затиску. Вимірювання та аналіз результатів показали, що точність затискного пристрою не перевищує допустимі границі похибки, встановлені для даного застосування. Це свідчить про те, що затискний пристрій може надійно й ефективно фіксувати деталі під час механічної обробки. Таким чином, можна вважати, що обрана схема базування слабкої ланки є раціональною, оскільки вона задовольняє вимоги точності та забезпечує достатню жорсткість і стабільність при затиску деталей.

3.2 Проектування калібру–пробки

Граничні калібри є засобом контролю розмірів елементів виробу, які відтворюють максимальні та мінімальні геометричні параметри. Вони не визначають точних значень розмірів деталей безпосередньо, а служать для встановлення факту того, чи знаходяться вони у встановлених межах (в межах зносу). Граничні калібри застосовуються для контролю розмірів гладких циліндричних, конічних, різбових і шліцьових деталей, а також висоти виступів, глибини западин, довжин, ширини канавок, уступів, глухих отворів тощо, за умови, що на контрольовані розміри встановлені допуски, які не перевищують шостого квалітету (ІТ6).

Граничні калібри розподіляються на пробки, які призначені для контролю внутрішніх розмірів, і скоби, які використовуються для контролю зовнішніх розмірів, в залежності від їх конструктивних ознак.

Також калібри можуть бути елементними або комплексними, залежно від того, чи контролюються одночасно декілька елементів деталі чи лише один.

За граничними розмірами деталей, які контролюються калібром, вони можуть бути прохідними або непрохідними. Прохідні калібри використовуються для контролю найменших граничних значень внутрішніх розмірів та найбільших граничних значень зовнішніх розмірів, тоді як непрохідні калібри контролюють найбільші граничні значення внутрішніх розмірів та найменші граничні значення зовнішніх розмірів.

За призначенням, калібри можуть бути робочими, приймальними або контрольними. Робочі калібри використовуються для контролювання деталей під час їх обробки працівниками на робочих місцях та заводськими контролерами. Приймальні калібри використовуються для контролю готових виробів замовниками та контролерами відділу технічного контролю заводу. Контрольні калібри застосовуються для перевірки робочих і приймальних калібрів під час їх виготовлення і використання.

Таким чином, робочі калібри використовуються під час виробництва для контролювання деталей, приймальні калібри служать для остаточного контролю готових виробів перед відправкою, а контрольні калібри використовуються для перевірки інших калібрів під час їх виготовлення та використання.

Контрольні калібри мають такі умовні позначення:

– К – ПР: контркалібр, призначений для перевірки найменшого граничного розміру прохідної сторони робочої скоби (позначеного як Р – ПР). Цей контркалібр є прохідним;

– К – И (К – З): контркалібр, призначений для перевірки спрацювання прохідної сторони робочих калібрів–скоб (позначених як Р – ПР), з метою вилучення їх з експлуатації у разі перевищення допустимих значень спрацювання, а також для налагодження регульовальних калібрів–скоб. Цей контркалібр є непрохідним.

Контрольні калібри (контркалібри) мають додаткові позначення, які вказують на їхнє призначення і характеристики:

– К – НЕ: контркалібр, призначений для контролювання непрохідних сторін робочих калібрів (позначених як З – НЕ) і приймальних калібрів (позначених як П – НЕ);

– К – П: контркалібр, призначений для контролювання прохідних сторін приймальних калібрів (позначених як П – ПР).

Контрольні калібри зазвичай виготовляються у вигляді гладких калібрів-пробок.

Для визначення номінальних розмірів калібрів-пробок для отворів можна скористатися наступними кроками:

1) Встановити граничні розміри отвору для вибраного з'єднання (наприклад, D_{\max} і D_{\min}) у міліметрах.

2) Обрати значення допусків та відхилень відповідно до ДСТУ 3008-95 для калібрів-пробок для отворів.

3) Розрахувати номінальний розмір калібрів-пробок для отворів за допомогою наступної формули:

$$\text{Номінальний розмір} = (D_{\max} + D_{\min}) / 2;$$

4) Вказати вигинання (позитивне або негативне) при виготовленні нового калібру, що вказує на його відхилення від номінального розміру. Зазвичай цю величину позначають як "в металі".

5) Застосувати вигинання до номінального розміру, щоб отримати розмір калібру-пробки для отворів. Наприклад, якщо вигинання позитивне, додайте його до номінального розміру; якщо вигинання негативне, відніміть його від номінального розміру.

6) Отриманий розмір є номінальним розміром калібру-пробки для отворів, який можна використовувати для контролювання внутрішніх розмірів деталей.

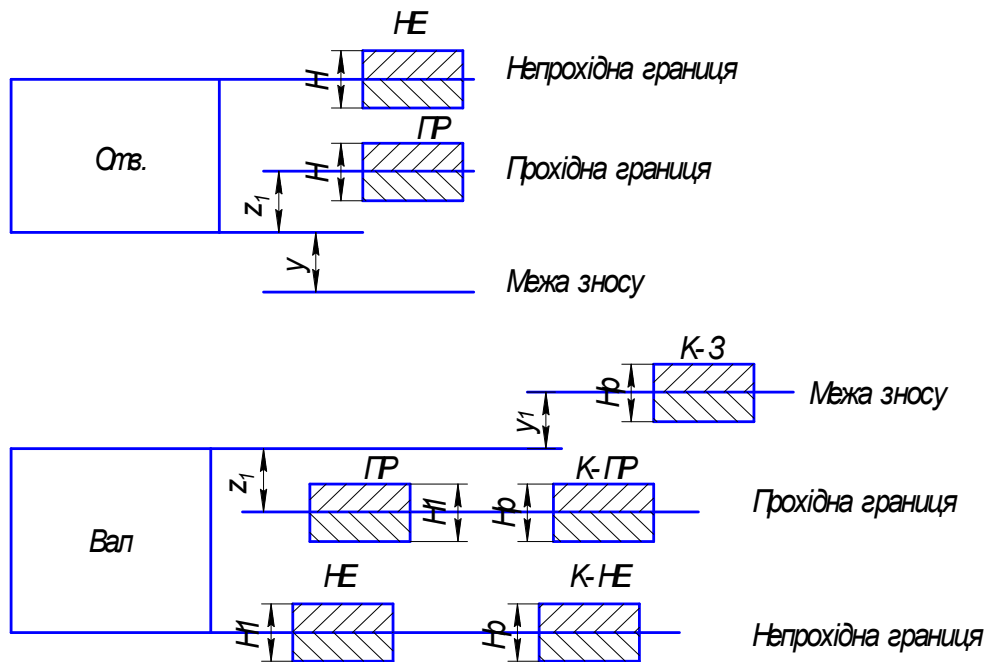


Рисунок 3.3 – Схема розташування полів допусків калібрів для номінальних розмірів до 180 мм, квалітетів 6, 7 та 8

$$ПР = D_{\min} + Z,$$

$$HE = D_{\max}.$$

Розрахунок виконавчих розмірів гладких калібрів для контролю поверхні Ø50F7.

Визначаємо граничні розміри контрольованого отвору

$$\text{Ø}50\text{F}7 \left(\begin{matrix} +0,05 \\ +0,025 \end{matrix} \right) \text{ мм};$$

$$D_{\max} = D_{\text{н}} + ES;$$

де D_{\max} – найбільший граничний розмір, мм;

$D_{\text{н}}$ – номінальний розмір, мм;

ES – верхнє граничне відхилення, мм;

$$D_{\max} = 50 + 0,05 = 50,050 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D_{\text{н}} + EI;$$

де D_{\min} – найменший граничний розмір, мм;

EI – нижнє граничне відхилення, мм;

$$D_{\min} = 50 + 0,025 = 50,025 \text{ мм}.$$

Визначаємо допуски калібру – пробки

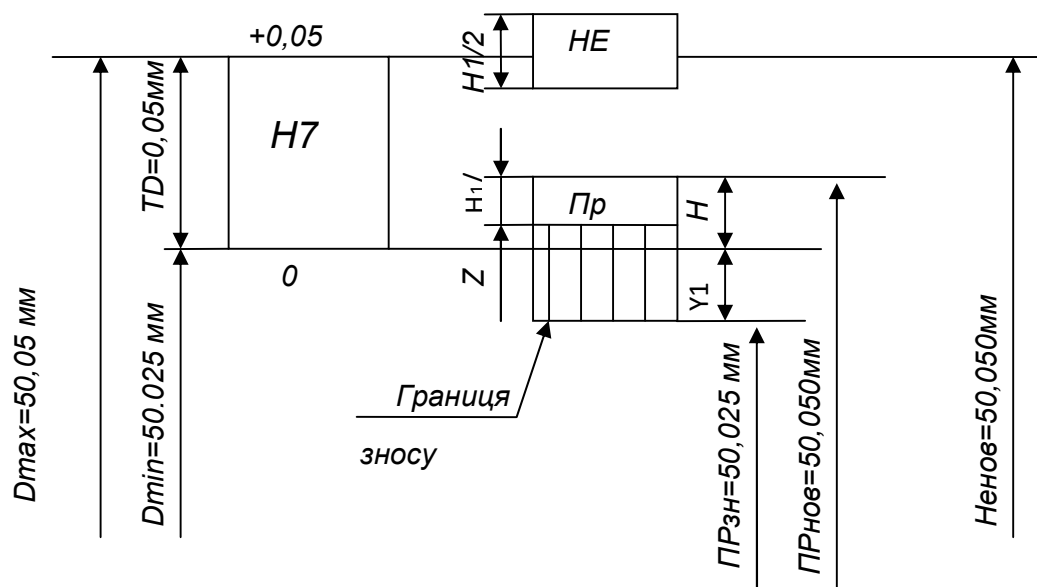


Рисунок 3.4 – Схема розташування полів допусків калібру–пробки

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Організація охорони праці на підприємстві

Організація охорони праці на підприємстві є одним із найважливіших завдань і обов'язків адміністрації. Для забезпечення безпеки та здоров'я працівників на робочих місцях необхідно вживати наступні заходи:

1. Встановлення відповідних правил і норм охорони праці. Підприємство повинно мати документи, які регламентують правила поведінки працівників на робочому місці, використання захисного спорядження, порядок проведення навчання з питань охорони праці.

2. Проведення обстеження робочих місць та оцінка ризиків. Адміністрація повинна проводити регулярні перевірки робочих місць з метою виявлення потенційних небезпек та оцінки ризиків, пов'язаних з виробничою діяльністю.

3. Забезпечення належного технічного оснащення робочих місць. Підприємство має забезпечити наявність необхідного обладнання, машин та інструментів, які відповідають нормам безпеки.

4. Здійснення профілактичних заходів та організація медичного обслуговування. Проведення профілактичних оглядів працівників, надання першої медичної допомоги у разі потреби, організація медичного обслуговування на підприємстві.

5. Проведення навчання та підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці. Регулярне навчання працівників щодо правил безпеки, використання захисного спорядження, умов роботи з метою запобігання нещасних випадків.

Організація охорони праці на підприємствах є одним із найважливіших завдань і обов'язків адміністрації. Адміністрація підприємств, установ, організацій зобов'язана забезпечувати належне технічне обладнання всіх робочих місць та створювати на них умови роботи, що відповідають правилам з охорони праці.

Чинне трудове законодавство встановлює, що відповідальність за організацію праці в цілому на підприємстві несуть його директор і головний інженер. За окремими підрозділами така відповідальність покладена на відповідних керівників цих підрозділів (начальників цехів, дільниць, майстрів і т. д.). Безпосереднє керівництво з організації охорони праці здійснює головний інженер підприємства.

На підприємствах і в організаціях у колективних договорах, які щорічно укладаються профспілками з адміністрацією, повинна передбачатися конкретна робота у сфері охорони праці.

Крім того, проведення поточних заходів з охорони праці відображається у угодах з охорони праці, які є офіційним додатком, складовою частиною колективних договорів, а також в єдиній комплексних планах оздоровчих заходів. Щорічні угоди з охорони праці є важливою правовою формою планування заходів з охорони праці. У угодах з охорони праці уточнюються та доповнюються заходи з охорони

Організація охорони праці в машинобудуванні має важливі фактори полегшення і оздоровлення умов праці та підвищення продуктивності:

1. Механізація та автоматизація робіт і технологічних процесів є ефективними засобами зниження травматизму, усунення важкої фізичної праці та зменшення чисельності персоналу.

2. Механізація подачі заготовок в робочу зону під час обробки має особливе значення з точки зору охорони праці. Різні види технологічного обладнання використовують різні схеми механічної подачі, такі як ротаційна на верстатах, кліщова і ланцюгова на пресах, пневматична та крючкова на штампах. Широко застосовується також подача матеріалу та заготовок разом з робочим столом, на якому вони закріплюються. Для подачі радіоактивних речовин використовують маніпулятори.

3. При комплексній автоматизації технологічні процеси виконуються послідовно за автоматичною системою без втручання людини. Завдяки таким системам оператор звільняється від важкої фізичної праці, але його праця

втомлююча, оскільки йому доводиться здійснювати тисячі рухів керуючими ручками, що призводить до значного нервового напруження.

4. Використання електронних керуючих машин зменшує зусилля працівника, прискорює операції і значно полегшує працю, навіть порівняно з автоматизованими пристроями. Керування виробничим процесом за допомогою керуючих машин усуває помилки, які завжди можливі.

ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі змінено базовий технологічний процес деталі “Шестерня ТК129Ш-17”, тобто певним чином змінено спосіб її подальшої обробки. Як метод отримання заготовки для вихідної деталі стояв перед вибором між поковкою на молотах і штампуванням на ГШКП. З точки зору економічного ефекту та досягнення найкращих показників я зупинився на штампуванні на ГШКП, тим самим підтвердив доцільність методу отримання заготовок для даної деталі, що використовується на заводі-виробнику. Причинами послужили такі важливі фактори, як досягнення порівняно високого значення коефіцієнта використання матеріалу, кращої якості отриманих поверхонь, які після штампування краще піддаються обробці, порівняно з поковкою на молотах. Так само вибором цього методу ми забезпечуємо порівняно швидке отримання заготовок із попередньо пробитим отвором, що дозволяє не витратити додатковий час на додаткову обробку цієї деталі та економимо підприємству кошти.

Також важливий факт застосування в новому технологічному процесі обладнання з ЧПК, що відповідає сучасним тенденціям розвитку машинобудування. Обладнання було підібрано таким чином, що вибрані верстати чітко виконують свої функції, не відбувається перевантажень верстата за потужністю та іншими показниками, а максимальні можливості верстата дозволяють нам виконувати саме ті операції, на цих верстатах, які нам і потрібні.

Завдяки всім цим та іншим змінам ми досягли великого економічного ефекту у виробництві деталі типу “Шестерня”. Скоротили час отримання готової деталі, чисельність робочих, кількості використовуваного інструменту, оснащення, кількість верстатів та операцій у технологічному процесі механічної обробки. І все це при незмінному якості одержуваної деталі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сапон С. П. Технологічні основи машинобудування. [Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.050502 “Інженерна механіка” всіх форм навчання] / С. П. Сапон, П. Л. Ігнатенко – Чернігів : ЧДТУ, 2009. – 109 с.

2. Сапон С. П. Технологічні основи машинобудування. [Методичні рекомендації до виконання розрахунково–графічної роботи для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 – Прикладна механіка всіх форм навчання.] / С. П. Сапон. – Чернігів : НУ “Чернігівська політехніка”, 2023. – 48 с.

3. Сапон С. П. Технологічні основи машинобудування. [Методичні вказівки до виконання розрахунково–графічної роботи для студентів напрямів підготовки 131 Прикладна механіка, 133 Галузеве машинобудування всіх форм навчання] / С. П. Сапон – Чернігів : НУЧП, 2020. – 39 с.

4. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навч. посібник для студ. вищих техн. навч. закладів / С. Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія, 2009. – 567 с.

5. Захаркін О. У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та сучасні Т–системи для їх реалізації): навчальний посібник. / О. У. Захаркін. – Суми : Вид-во СумДУ, 2009. – 137 с.

6. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні : Навчальний посібник. / П. О. Руденко. – Київ : Вища школа, 1993. – 414 с.

7. Технологія конструкційних матеріалів : підручник для студ. мех. спец. вищ. навч. закл. / [М. А. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз, та ін.] під ред. М. А. Сологуба, 2-е вид., перероб. і доп. – Київ : Вища школа, 2002. – 374 с.

8. Сандвік коромант [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/pages/default.aspx>.

9. Технологічне оснащення. Методичний посібник до виконання індивідуального конструкторського проекту при проектуванні затискних верстатних пристроїв для студентів напряму підготовки 6.050502 Інженерна механіка / Т. В. Біркіна, В. В. Зіль, В. І. Холоша. – Д. : Національний гірничий університет, 2012. – 73 с.

10. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Курс лекцій: навчальний посібник / Дичковський М. Г. – Херсон : Олді-плюс, 2008. – 328 с.

11. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.

12. Контрольно–вимірювальні пристрої технологічних машин : навчальний посібник / За ред. проф. З. А. Стецька. – Львів : Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2008. – 321 с.

13. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник. / А. І.Боровик – К. :”Кондор”, 2008. – 726 с.

14. Охорона праці в галузі машинобудування Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. навчальний посібник Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів

15. Охорона праці в галузі машинобудування : навчальний посібник / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. – Суми : Університетська книга, 2023. – 556 с.