

Хмельницький національний університет

Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра: Технології машинобудування

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА


до дипломної роботи

ОКР- бакалавр

Галузь знань: 13

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

на тему: Технологія виготовлення деталі «Шнек екструдера 137.450-016» з використанням верстатів з ЧПК

Виконав студент групи ПМТм-20-1  (В.Шеремета)

Керівник магістерської роботи:  (С.А.Костюк)

До захисту допускаю:

Зав. кафедри  (В.П.Ткачук)

27 06 2023 р.

Хмельницький – 2023 року

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Шеремета Владислав Ігорович на захист дипломного проєкту (роботи)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Шнек екструдера 137.450-016" з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету



**ВІКТОР
ОЛЕКСАНДРОВИЧ
КО**
(п.п.с. Кошман)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Шеремета В. І. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2020 по 2023 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 31,25 %, добре 53,12 %, задовільно 15,62 %, шкалою ЄКТС: А 27,03 %, В 21,62 %, С 32,43 %, D 13,51 %, E 5,41 %.

Методист факультету

[Signature]
(п.п.с. Кошман)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Шеремета В.І. власно приступив до виконання дипломної роботи та проявив високий рівень інтелектуальних зусиль. Робота виконана згідно до вимог, що пред'являються текстових документів.
Робота виконана в повному обсязі та заслуговує на оцінку "Добре".

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Керівник дипломного проєкту

[Signature]
(п.п.с.)

[Signature]
(п.п.с. Кошман)

27 . 06

2023 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

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

Завідувач кафедри

(п.п.с.)

2023 р.

(п.п.с. Кошман)

Анотація

Тема проекту: Технологія виготовлення деталі «Шнек екструдера 137.450-016» з використанням верстатів з ЧПК.

Автор В. І. Шеремета Керівник проекту: С.А Костюк

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

В загальному розділі виконано аналіз технологічності деталі, вибрано тип виробництва.

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

В конструкторському розділі виконано розрахунки пристроїв для обробки отвору та фрезерування паза, контрольно-вимірювального пристрою.

В розділі охорони праці приведено дані по безпечній експлуатації дільниці.

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

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 Загальний розділ	7
1.1. Стан питання та задач дипломного проектування.	8
1.2. Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі	9
1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі	12
1.3.1.Оцінка технологічності конструкції деталі	12
1.3.2 Кількісна оцінка технологічності	14
1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва	15
2 Технологічний розділ	17
2.1. Аналіз існуючого технологічного процесу	18
2.2.1 Техніко-економічний розрахунок технологічної собівартості заготовок, отримуваної із прокату	18
2.2. Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання	18
2.3. Вибір технологічних баз	20
2.4 Вибір варіанта технологічного маршруту	22
2.4.1 Вибір методів обробки окремих поверхонь деталі	22
2.4.2 Розроблення варіанту технологічного маршруту	23
2.5.Розробка технологічних операцій	25
2.6. Вибір обладнання, технологічної оснастки, різального та вимірювального інструменту	25
2.6.1 Технологічне оснащення	25
2.7. Аналітичний розрахунок та вибір припусків	28
2.7.1 Аналітичний розрахунок припуску на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 125 h7_{-0,063}$ мм	28
2.7.2 Аналітичний розрахунок припуску на обробку торців у розмір $100h12_{(-0,25)}$ мм	33
2.7.3 Вибір припусків табличним методом	37
2.8 Аналітичний розрахунок та вибір режимів різання	37

2.8.1	Визначення режимів різання для точіння канавок і торця Coro Plus Tool Guide	40
2.8.2	Чорнове точіння контуру	41
2.8.3	Чистове точіння контуру	42
2.8.4	Формування профілю криволінійної поверхні деталі	43
2.8.5	Аналітичний розрахунок режимів різання при фрезеруванні пазів	44
2.8.6	Аналітичний розрахунок режимів різання на свердлування отвору $\varnothing 12,5$	46
2.8.7	Визначення режимів різання для всіх переходів обробки деталі «Шнек»	49
2.9	Створення програми токарного оброблення деталі «Шнек» у програмному середовищі Esprit	50
2.10.	Розрахунок норм часу на обробку деталі «Шнек»	55
2.8.1.	Розрахунок норм часу на операцію «020 – Токарна з ЧПК»	55
2.11	Оформлення технологічної документації	57
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ		58
3.1	Проектування верстатного пристрою для центрування, обробки квадрату 75*75 мм та свердлування отв. $\varnothing 12,5$ мм(M14x1,5)	58
3.1.1	Вибір схеми базування та установчих елементів	58
3.1.2.	Розрахунок пристрою на точність	59
3.1.3.	Розрахунок сили затиску	60
3.1.4	Розрахунок елементів пристрою на міцність	63
3.1.5	Опис конструкції та принцип роботи пристрою	63
3.2	Проектування контрольно-вимірювального пристрою	64
3.2.1	Вибір схеми вимірювання	64
3.2.2	Розрахунок пристрою на точність	65
3.2.3	Опис роботи пристрою	65
4 ОХОРОНА ПРАЦІ		66
4.1	Методика по зменшенню рівня небезпеки в запропонованому технологічному процесі обробки	66
4.2.	Електробезпека	66
4.3.	Пожежна безпека	68
4.4.	Захист при надзвичайних ситуаціях	69

4.5. Правові та організаційні питання забезпечення безпеки праці	70
Висновки	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	73

ВСТУП

В наш час все більшого значення набуває удосконалення технологічних методів виготовлення машин так як, якість машини їх надійність та довговічність, а також економічність при експлуатації залежать не тільки від досконалості конструкції, а на пряму від технології виготовлення.

Застосування прогресивних технологій та високопродуктивних методів обробки, сучасних верстатів з числовим програмним керуванням, прогресивних форм організації виробничих процесів – все це спрямовано на вирішення головних завдань машинобудування: підвищення ефективності виробництва і якості продукції.

Рівень розвитку машинобудування – один з головних факторів технічного прогресу, який відображає рівень розвитку країни в цілому. Підвищити рівень розвитку машинобудування можливо завдяки вихованню технологів-машинобудівників високого рівня, які б могли впроваджувати нові технології. Так як без впровадження нових досконалих технологій не можливо створювати машини майбутнього.

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Стан питання та задачі дипломного проектування

Розвиток технічного прогресу привів до появи нових технологій, які дозволяють виготовляти вироби з покращеними експлуатаційними характеристиками. До таких технологій належить екструзія. По суті це технологічний процес переробки пластмас, з яких виготовляють різноманітні деталі. Екструдер готує сплав з полімерних матеріалів і продавлює його через спеціальну насадку (фільтеру), яка надає відповідну форму деталі. Схема екструзійної машини наведена на (рис.1.1)..

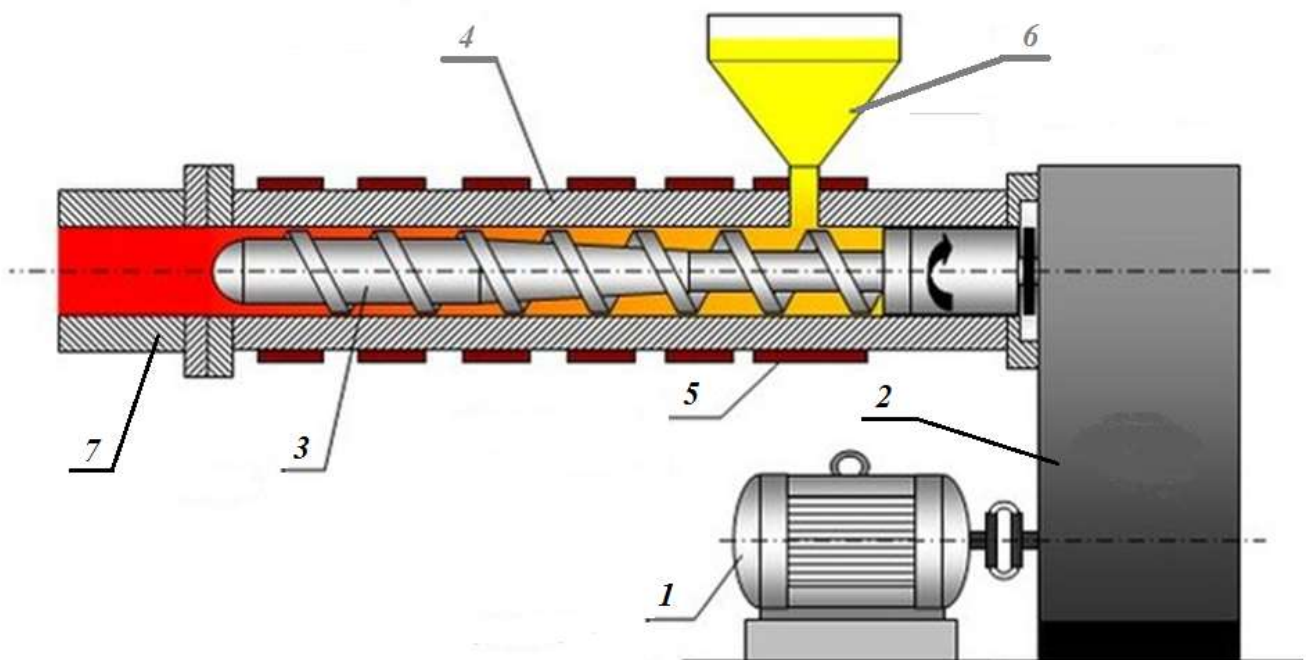


Рис.1.1-Принципова схема екструзійної машини

- 1 – двигун; 2– привід; 3– шнек; 4– циліндр; 5– нагрівальний елемент;
6–бункер; 7– формуюча головка

В якості первинного матеріалу використовують гранули або порошок, які загрузають в бункер обладнання. Під дією робочого органа (шнека) сировина переміщується і переміщується в робочу зону корпусу. Під дією тиску, сили тертя та температури сировина нагрівається, переміщується до стану однорідної гомогенізованої маси і в умовах високого тиску продавлюється через формуючу головку. В результаті забезпечується формування заданого профілю матеріалу. Після чого матеріал охолоджується, полімеризується та отримує задані фізико-механічні властивості.

Машинобудівне підприємство Бердичівський агрегатний завод «Прогрес», що знаходиться у м. Бердичів Житомирської обл., виробляє різноманітну продукцію та обладнання, а також товари народного споживання.

При виготовленні продукції підприємство має застосовувати різноманітні гнучкі технологічні процеси, що дають змогу швидко змінювати та удосконалювати процеси виробництва.

Тема дипломного проекту – Технологія виготовлення деталі «Шнек екструдера 137.450-016» з використанням верстатів з ЧПК.

В дипломному проекті потрібно поліпшити технологічний процес оброблення деталі «Шнек екструдера 137.450-016» із застосуванням металорізальних верстатів з ЧПК; встановити порядок ефективного виконання технологічних переходів; спроектувати окремі операції обробки із застосуванням верстатів з ЧПК.

Вихідними даними для проектування є:

- Робоче креслення деталі «Шнек екструдера 137.450-016»
- Технічні умови на деталь.
- Річна програма випуску деталей – 1000 шт.;
- Річний фонд часу праці основного обладнання – 4015 год.;
- Фонд часу праці робітників – 1860 год.

1.2 Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі

Серед гамми екструзійного обладнання найбільш поширеним є шнекове так як повністю задовольняє вимогам, які висуваються до екструзійного процесу. В цих агрегатах в якості основного робочого органа використовується робоча пара « Шнек-циліндр» (рис.1.2).

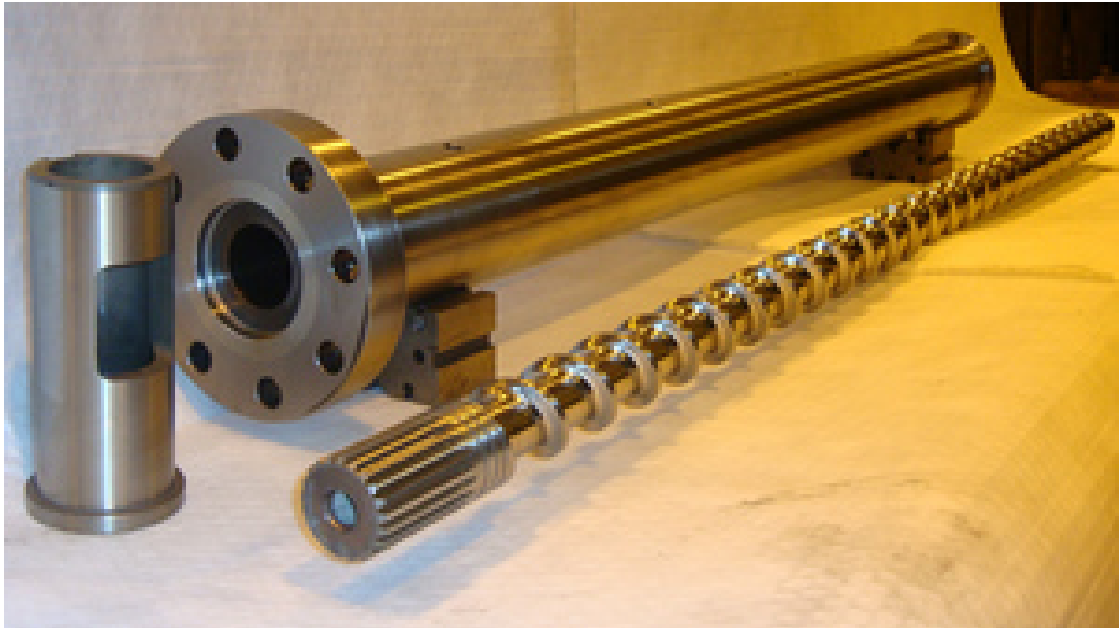


Рис.1.2– Шнек та циліндр екструзійної машини

При використанні екструдера для виробництва деталей з пластмас шнек захоплює сировину в зоні загрузки і переміщує по всій довжині циліндра (корпуса) від зони нагріву через зону гомогенізації і формовки.

В залежності від особливостей технологічного обладнання та виду початкової сировини шнеки можуть мати декілька варіантів виконання (конічні, циліндричні, з змінним кроком, нормальні бистрохідні).

За формою, конструкцією та технологічними ознаками деталь «Шнек екструдера 137.450-016» належить до деталей класу «Вали» (гвинт Архімеда) [1] – вали ступінчасті з канавками і точними поверхнями.

Матеріал деталі – сталь 40ХН, відноситься до категорії високо вуглецевих легованих сплавів, класу: сталь корозійно – стійка жароміцна.

Основні характеристики сталі 40ХН:

Питома вага: 7650 кг/ м³; термообробка: гартування 980 - 1020⁰С, відпуск 680 - 700⁰С.

Температура кування, ° С: початок 1200°, кінець 850°.

Температура критичних точок: $A_{c1} = 800^\circ$, $A_{r1} = 780^\circ$.

Зварюваність матеріалу: не застосовується для зварних конструкцій.

Жаростійкість: сталь стійка до температури 600 – 650° С

Твердість матеріалу: $HV = 217 - 229$ МПа, Температура критичних точок: $A_{c1} = 800^\circ$, $A_{c3} (A_{cm}) = 830^\circ$, $A_{r3} (A_{rcm}) = 700^\circ$.

Хімічний склад сталі 40ХН ДСТУ 7806: 2015 приведено в табл.1.1, а механічні показники – в табл. 1.2 [2].

Таблиця 1.1

Хімічний склад сталі 40ХН ДСТУ 7806: 2015

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ti
			Не більше				
0,35...0,44	0,6		0,03	0,025	до 1	до 1	0,1

Таблиця 1.2

Механічні властивості сталі 40ХН ДСТУ5949-75

σ_T	σ_B	δ_5 ,	ψ ,	a_n ,	HV
МПа	МПа	%	%	кДж/см ²	
940	1165	13	42	70	217...229

Вид поставки: сортовий прокат, в тому числі фасонний: калібрований пруток ДСТУ 7806: 2015.

Застосування в промисловості. Сталь 40ХН використовується для виготовлення відповідальних деталей машин (для роботи при температурах до 400-450° в агресивному середовищі). Виготовляють з сталі 40ХН вали, шнеки, втулки, пальці, диски, фланці, кріпильні деталі, кулькові підшипники.

Ескіз оброблюваної деталі із вказаними поверхнями, що обробляються приведено на рис. 1.3.

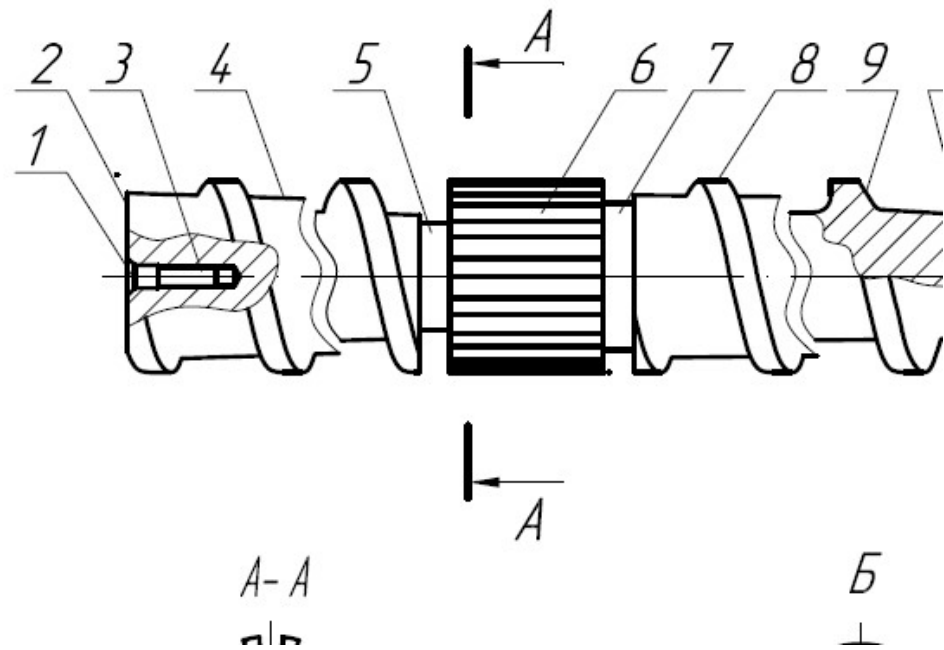


Рис. 1.3 – Оброблювані поверхні деталі

Деталь "Шнек" – складається із сукупності зовнішніх циліндричних поверхонь, гелікоїдної (спіральної) частини, внутрішнього квадрата, центрувальних отворів, обмежених торцевими поверхнями. Вали подібної форми і конструкції використовуються як виконавчі органи в екструзійних машинах і знаходяться під дією крутного моменту, що передається від привода машини.

Базування деталі у виробі здійснюється по зовнішньому діаметру гвинтових та циліндричної поверхні 8 і 12. Радіальне биття поверхонь 4, 6 і 8 – не більше 0,03 мм, радіальне биття гвинтової поверхні шнека не більше 0,03 мм. Кут спинки гвинтової поверхні спіралі 30 градусів. Радіуси перехідних ділянок між кінчною поверхнею 4 і гвинтовою поверхнею 8 прийняти не менше 7 мм.

Технологічні характеристики окремих поверхонь деталі (рис.1.3) приведені в табл. 1.3

Технологічні характеристики окремих поверхонь деталі

№ п/п	Назва поверхні	Номінальний розмір, мм	Точність (квалтет), IT	Шорсткість, Ra, мкм	Інші технічні умови
1	Цент. отв.		h14	3,2	База А
2	Торець	Ø125	h14	6,3	
3	Різь	M14x1,5	7H	3,2	
4	Коніч. поверхня		h12	1,6	
5	Канавка	Ø80,5	h8	6,3	
6	Пази 15 шт	Ø125	P9	3,2	
7	Канавка	Ø106	h8	6,3	
8	Зовн поверхня спіралі	Ø125	h7	0.32	
9	Перехідний радіус	R7		3,2	
10	Перехідний радіус	R10		3,2	
11	Спинка спіралі	30°	-0,1	0,8	
12	Циліндрична поверхня	Ø125	h8, ±0,05)	3,2	
13	Торець	Ø125	H14	6,3	
14	Центр. отв	60°		3,2	База А
15	Торець внутрішнього квадрата				
16	Квадрат	75H8x75H8		6,3	

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

1.3.1 Оцінка технологічності конструкції деталі

При правильному виборі варіанта технологічного процесу, верстатів, інструмента, режимів обробки правильній підготовці виробництва кожна деталь буде виготовлятися якісною з мінімальними трудовими та матеріальними витратами.

Деталь «Шнек» можна вважати технологічною так як відноситься до класу валів і має сукупність поверхонь, які можуть бути використані в якості технологічних баз, її обробка не вимагає спеціально розроблених пристосувань.

Конструкція деталі не є жорсткою (відношення довжини до діаметра $l/d = 1800/125 = 14,4$).

Матеріал деталі – сталь 40ХН ДСТУ 7806: 2015 є недефіцитним, оброблюваність матеріалу низька ($K_{\text{в. тв. спл}} = 0,6$, $K_{\text{в. шв. ст}} = 0,4$).

Деталь «Шнек» складається зі стандартних і уніфікованих конструктивних елементів. "Шнек" має циліндричну ступінчасту форму, складену з поверхонь обертання різних діаметрів. Має шліцеву частину і поверхню архімедової спіралі по всій довжині робочої частини.

Більшість оброблюваних поверхонь деталі мають оптимальні ступінь точності і шорсткість;

Для механічної обробки всіх поверхонь (окрім фасонної поверхні шнека) застосовуються стандартні ріжучі інструменти.

Зовнішній контур деталі має циліндричну конфігурацію, що забезпечує вільний доступ ріжучого інструмента при обробці.

Для даної деталі є можливість отримати заготовку з розмірами і конфігураціями, близькими до готової деталі, є можливість при обробці деталі застосовувати верстати з ЧПУ та ефективне технологічне обладнання, використовувати універсальну технологічну оснастку(люнет).

Контроль поверхонь можна проводити прямими і відносними методами вимірювання.

Деталь має поверхні, які використовуються в якості технологічних баз, її механічна обробка не вимагає спеціально розробленого обладнання.

Найвищі вимоги до точності форми і розташування, шорсткості поверхонь висуваються до зовнішніх циліндричних поверхонь 6 та 8 ($\text{Ø}125\text{h}6$), зовнішньої шліцевої поверхні ($\text{Ø}125_{-0,011}$), має бути шорсткість $Ra 0,32$ мкм.

1.3.2 Кількісна оцінка технологічності

Технологічність конструкції деталі оцінюють кількісно за допомогою системних показників, які розраховують за такими формулами:

а). Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_m = \frac{M_d}{M_z},$$

де M_d – маса деталі, $M_d = 102$ кг; $M_z = 186$ кг – маса заготовки:

$$K_m = \frac{101}{186} = 0,55$$

За значенням коефіцієнту використання матеріалу можна вважати деталь і заготовку технологічними.

б). Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}},$$

де T_{cp} - середній коефіцієнт точності обробки деталі,

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_{i_3}},$$

де T_i - квалітет точності обробки i -ї поверхні деталі; n_i - число поверхонь з однаковою точністю.

$$T_{cp} = \frac{14 \times 2 + 12 \times 11 + 10 \times 3 + 8 \times 2 + 6 \times 2}{20} = 9,5;$$

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{9,5} = 0,894.$$

в). коефіцієнт шорсткості:

$$K_u = \frac{1}{Ш_{cp}},$$

де $Ш_{cp}$ - середня шорсткість поверхонь деталі, що обробляються,

$$Ш_{cp} = \frac{\sum R_{ai} \cdot n_i}{\sum n_{i_3}},$$

де R_{ai} - шорсткість i -ї обробленої поверхні деталі, мкм;

n_i - число оброблених поверхонь з однаковою шорсткістю.

$$Ш_{cp} = \frac{0,8 \times 4 + 0,4 \times 3 + 3,2 \times 13}{20} = 2,42$$

$$K_{ш} = \frac{1}{2,42} = 0,413.$$

Якісний та кількісний аналіз технологічності показує, що в цілому деталь «Шнек» є технологічною, має хороші розвинені базові поверхні.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Розроблюваний в дипломному проекті технологічний процес орієнтується на середньо-серійне виробництво.

Тип виробництва визначає вибір технологічного обладнання, степінь механізації та автоматизації технологічних процесів, технологічне оснащення і в цілому весь процес.

Серійне виробництво – найбільш поширений тип виробництва, характеризується сталістю випуску досить великої номенклатури виробів. При цьому річна номенклатура виробів ширше, ніж номенклатура кожного місяця, що дозволяє організувати випуск продукції ритмічно.

Випуск виробів у великих або відносно великих кількостях дозволяє проводити значну уніфікацію виробів, що випускаються та технологічних процесів; виготовляти стандартні або нормалізовані деталі, що входять в конструктивні ряди великими партіями, що зменшує їх собівартість.

Організація праці в серійному виробництві відрізняється високою спеціалізацією, за кожним робочим місцем закріплюється виконання декількох певних операцій.

Технологічне оснащення при серійному виробництві в основному універсальне, велике поширення має універсально-збірне, переналагоджувана і спеціальна технологічна оснастка.

На першому етапі розроблення технологічного процесу тип виробництва може бути визначений за масою деталі і обсягом випуску продукції [1] (табл.1.4).

Таблиця 1.4

Залежність типу виробництва від об'єму випуску та маси деталі [1]

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	Одиничне	Дрібносерійне	Середньoserійне	Крупносерійне	Масове
<1,0	<10	10-2000	1500-100000	75000-200000	200000
1,0-2,5	<10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	<10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10	<10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
>10	<10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

При масі деталі $m = 101$ кг та програмі випуску $N = 1000$ шт. визначаємо, що тип виробництва – середньoserійний.

Для цього типу виробництва приймаємо форму організації робіт – перемінно-поточну, яка характеризується запуском виробництва виробів партіями.

Розмір партії деталей, що одночасно виробляються, розраховується згідно формули:

$$N_n = \frac{N \cdot t}{\Phi},$$

де N – програма випуску виробів у рік, $N = 1000$ шт.; t - число днів, на котрий необхідно мати запас деталей, приймаємо $t = 12$; Φ – число робочих

днів в році, $\Phi = 254$, тоді $N_n = 1000 \cdot \frac{12}{254} = 47,2$ шт., приймаємо $N_n = 50$ шт.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Аналіз існуючого технологічного процесу

Існуючий технологічний маршрут оброблення деталі «Шнек екструдера 137.450-016», що застосовується на підприємстві, приводиться в табл. 2.1.

Обробка центрувальних отв та внутрішнього квадрату здійснюється з використанням горизонтально-розточного верстату моделі 2А635. Чорнова обробка циліндричних поверхонь відбувається методом поздовжнього точіння на токарно-гвинторізному верстаті мод.16К20. Для формоутворення гвинтової поверхні та поздовжніх пазів використовується поздовжньо-фрезерний верстат мод. 6М612Ф11 з поворотною головкою. Для шліфування поверхні використовується круглошліфувальний верстат мод. 3У12АФ11.

Таблиця 2.1

Технологічний процес обробки деталі «Шнек екструдера 137.450-016»

№ операції	Назва технологічної операції	Модель устаткування
005	Горизонтально-розточна	2А635
010	Токарно-гвинторізна	16К20
015	Термічна (поліпшення)	
020	Токарно-гвинторізна	16К20
025	Продольно-фрезерна	6М612Ф11
030	Термічна (Цементация)	
035	Круглошліфувальна	3У12АФ11
040	Контрольна	

Технологічний процес забезпечує якісні показники обробки деталі, хоча продуктивність праці є низькою.

2.2 Вибір заготовки

Для вибору оптимального варіанта заготовки при проектуванні технологічного процесу механічної обробки деталі важливо врахувати її розміри та конструкцію, технічні вимоги, серійність випуску.

Розміри заготовки із сортового прокату призначаються з врахуванням припуску на обробку ділянки вала найбільшого діаметра й припуску на обробку торців. Для номінального діаметра 125мм рекомендований діаметр гарячекатаного прокату звичайної точності становить 130 мм ДСТУ 7806: 2015, [4].

Довжину заготовки приймаємо 1810 мм, з урахуванням загального припуску на обробку торців – 10 мм.

Для виробництва деталі шнек в якості заготовки можливо використати поковку отриману гарячим об'ємним штампуванням. Тоді форма заготовки була б максимально наближена до форми готової деталі, але при річній програмі випуску 1000 шт. виготовляти штампове устаткування недоцільно. Остаточо приймаємо метод отримання заготовки із прокату.

Вибраний спосіб забезпечить мінімальну собівартість деталі.

2.2.1 Техніко-економічний розрахунок технологічної собівартості заготовок, отримуваної із прокату

Заготовка із круглого прокату ДСТУ 7806: 2015.

Діаметр прокату визначаємо по [4]. Приймаємо:

$$D_{\text{заг.}} = D_{\text{дет}} + 2z_0, \quad D_{\text{заг.}} = 125 + 2 \times 2,5 = 130 \text{ мм,}$$

де z_0 – припуск на механічну обробку зовнішнього діаметра, $z_0 = 2,5$ мм [4].

Довжина заготовки: $L_{\text{заг.}} = L_{\text{дет}} + 2z_0$, де z_0 – припуск на механічну обробку торця, $z_0 = 5,0$ мм.

$$L_{\text{заг.}} = 1800 + 2 \times 5,0 = 1810 \text{ мм}$$

Ескіз заготовки із прокату наведено на рис. 2.1.

Текст	Размеры	Выноски	Таблицы
-------	---------	---------	---------

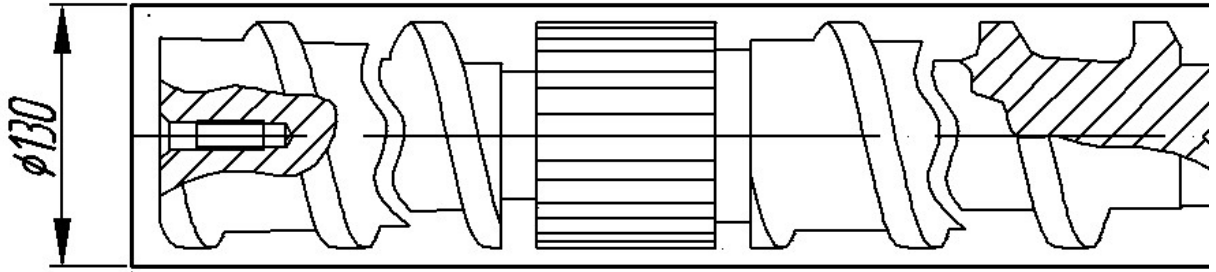


Рис. 2.1 – Ескіз заготовки із круглого прокату

Знаходимо вагу заготовки: $Q = V \cdot \rho$,

де V – об’єм заготовки, $V = \frac{\pi \cdot D_{заг}^2}{4} \cdot L_{заг}$; ρ – питома вага сталі, $\rho = 7,86 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}$;

$$Q = \frac{3,14}{4} \cdot 0,013^2 \cdot 1,810 \cdot 7,86 \cdot 10^3 = 186 \text{ кг};$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_M = \frac{q}{Q},$$

де q – вага деталі, $q = 101$ кг; Q – вага заготовки, $Q = 186$ кг

$$K_M = \frac{101}{186} = 0,55.$$

Собівартість заготовки з прокату визначається за формулою:

$$S_{заг} = M + \sum C_{о.з.},$$

де M – затрати на матеріал заготовки, грн; $\sum C_{о.з.}$ – технологічна собівартість операцій правки, калібрування прутків, розрізання на штучні заготовки, грн.

Затрати на матеріал заготовки [3], с.30:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \frac{S_{омх}}{1000},$$

де Q – маса заготовки, кг; $Q = 186$ кг; S – ціна 1 т матеріалу, $S = 56000$ грн.; q – маса деталі, кг; $q = 101$ кг; $S_{омх}$ – вартість 1 т стружки; $S_{омх} = 2800$ грн./т.

$$M = 186 \cdot 56 \cdot (186 \cdot 101) \cdot 2 \cdot 8 = 10178 \text{ грн.}$$

Собівартість технологічна операцій заготівельних:

$$C_{o.z.} = \frac{C_{n.z.} \cdot T_{шт-к}}{60},$$

де $C_{n.z.}$ – затрати приведені на робочому місці, охоплюють: розрізання заготовки – 400 грн./год.[3].

$T_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час на отримання заготовки,

$$T_{шт-к} = D / S_{xb}, \text{ хв.},$$

де D – діаметр заготовки, $D = 130$ мм, S_{xb} – хвилинна подача $S_{xb} = 26$ мм/хв

$$T_{шт-к} = 130 / 26 = 5 \text{ хв.}$$

$$C_{n.z.} = 400 \text{ грн./год.}, \quad C_{o.z.} = \frac{400 \cdot 5}{60} = 34 \text{ грн.}$$

Собівартість заготовки із прокату

$$S_{заг} = 10178 + 34 = 10212 \text{ грн..}$$

2.3 Вибір технологічних баз

Вихідними даними для призначення баз при механічній обробці деталі «Шнек» є: креслення деталі з технічними вимогами, вид та клас точності заготовки, умови розміщення і роботи деталі в машині.

Основні принципи при виборі технологічних баз:

- принцип суміщення баз – за технологічні бази приймаємо конструкторські, що визначають положення деталі у виробі;

- принцип сталості баз – при механічній обробці на всіх операціях використовуємо одні бази.

- вибрані бази повинні забезпечувати надійність встановлення заготовки.

При призначенні технологічних баз для механічної обробки деталі «Шнек» користуємося рекомендаціями з базування деталей класу «Вали та осі», що наведені у [1], тому що деталь створюється поверхнями обертання.

Вибираємо бази для першої операції. Забезпечуємо правильність

взаємного розташування оброблених поверхонь деталі до необроблених. Здійснюємо підготовку технологічних баз для наступних операцій. Забезпечуємо мінімальні та рівномірні припуски.

Для першої операції обираємо за чорнову базу необроблену зовнішню циліндричну поверхню заготовки.

Схема базування заготовки при чорновій операції наведена на рис. 2.4.

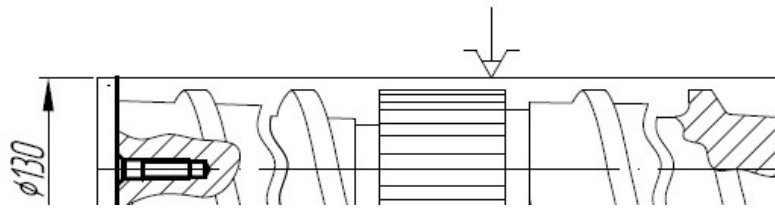


Рис. 2.4 – Схема базування деталі на першій операції

Бази для чистових операцій призначаємо з умови забезпечення максимальної точності кінцевих розмірів та взаємного розміщення поверхонь.

Найбільш точними поверхнями деталі є зовнішні циліндричні поверхні $\phi 125h6(-0,052)$ мм.

При обробці даних поверхонь заготовка базується в центрах. Схема базування показана на рис. 2.5.

Бази для проміжних операцій обираємо з метою забезпечення технічних умов по точності розміщення цих поверхонь та якості їх обробки.

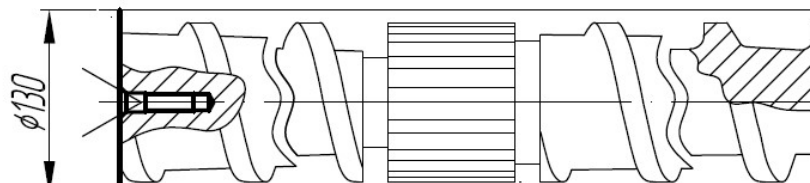


Рис. 2.5 – Схема базування заготовки на завершальних операціях

На проміжних операціях обробки поверхонь шнека (обробка зовнішньої циліндричної поверхні ($\varnothing 125 h6$, обробка 15-ти пазів, обробка канавок та криволінійної поверхні профілю шнека) для базування приймаємо центрувальні отвори та зовнішні оброблені начисто циліндричні поверхні ($\varnothing 125 h6$), зокрема для підтримання в лонеті.

2.4 Вибір варіанта технологічного маршруту

2.4.1 Вибір методів обробки окремих поверхонь деталі

Перед розробленням технологічного процесу механічного оброблення деталі "Шнек" розробляємо маршрут технологічного процесу.

Після чорнової обробки поверхні отримують 12-14 квалітет точності і параметри шорсткості $Ra_{12,5} - Ra_{6,3}$ мкм.

Після чистової обробки поверхні отримують 8-9 квалітети точності і параметри шорсткості $Ra_{3,2} - Ra_{1,6}$ мкм. При чорновому шліфуванні досягається 7-8 квалітети точності і параметр шорсткості $Ra_{1,6}$ мкм.

Чистове шліфування дає 6-7 квалітети точності і параметр шорсткості $Ra_{0,4}$ мкм. Виходячи з цих умов поверхні $\varnothing 125h6$, та профіль криволінійної поверхні спіралі шнека з параметрами шорсткості $Ra_{0.63}$ мкм отримуємо чистовим шліфуванням.

Вибір методів обробки поверхонь залежить від форми деталі, її габаритів, точності і якості оброблюваних поверхонь, виду прийнятої заготовки. Вибір конкретного методу обробки поверхонь провидимо за допомогою таблиць середньої економічної точності різних методів обробки [3, 8].

Обробку поверхонь можна виконувати в один або кілька переходів, на кожному з яких використовують свій метод обробки.

Ціль розробки – подати загальний план обробки заготовки, намітити зміст операції технологічного процесу, підібрати тип обладнання.

Рішення про вибір того чи іншого варіанту технологічного процесу, приймають після їх техніко-економічного обґрунтування, яке проводиться по відмінній операції.

2.4.2 Розроблення варіанту технологічного маршруту

Технологічний маршрут проектуємо на основі (базового) технологічного маршруту.

При зміні і доповненні існуючого технологічного маршруту розділяємо технологічний процес на етапи, що виконуються в порядку зростання точності етапу, тобто від чорнових до чистових.

При розробці технологічного процесу керуємося наступними принципами [10]:

- в першу чергу обробляють базові поверхні, які будуть використовуватись для базування заготовки при подальшій обробці;
- в другу чергу обробляють поверхні з найбільшим припуском;
- після цього обробляють поверхні, зняття металу з яких не чинить впливу на жорсткість заготовки;
- далі обробляють поверхні, обробка яких пов'язана з точністю і допусками відносного розташування поверхонь;

В процесі чорнової обробки знімаємо основну масу металу і забезпечуємо взаємне розташування поверхонь.

Метою чистової обробки є досягнення заданої точності поверхонь деталі і точності їх взаємного розташування.

Основне призначення оздоблювальної обробки – забезпечення необхідної точності і шорсткості особливо точних поверхонь.

При розробці технологічного маршруту необхідно також враховувати вимоги до взаємного розташування поверхонь.

Вибираємо методи обробки поверхонь шнека та заносимо результати в табл. 2.3.

Маршрут обробки деталі «Шнек екструдера 137.450-016»

№ опер.	Назва операції	Модель верстата	Короткий зміст	Базові поверхні
1	2	3	4	5
005	Горизонтально-розточна	2A635	Фрезерувати торець 2 Центрувати отвір 1, виконати отвір 3 Повернути пов. стіл на 180. Фрезерувати торець 13, квадрат 15, отв. 14, начисто	
010	Токарно-гвинторізна	16K20	Точити попередньо поверхню 8 Точити попередньо канавки поверхні 5, 7, 11.	База А
015	Термічна (поліпшення)			
020	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК CNC 620X1500 2000 Cormak	Точити поверхні 8, 9, 10,11, канавки 5, 7, начисто.	А
025	Продольно-фрезерна	M612Ф11	Фрезерувати 15 пазів 6 начисто	А
030	Хіміко-термічна		Азотувати поверхню	
035	Шліфувальна	Reinecker	Шліфувати поверхні 8, 9, 10,11, начисто.	А
040	Контрольна			

2.5. Розробка технологічних операцій

При проектуванні технологічної операції вирішується комплекс питань: уточнюється зміст операції, тобто послідовність і зміст переходів; вибираються засоби технологічного оснащення, а також режими різання; визначаються налагоджувальні розміри, норми часу, точність обробки і розряд роботи; підбирається склад МОР; розробляються операційні ескізи і схеми налагоджень.

Окрема технологічна операція проектується на основі прийнятого технологічного маршруту, схеми базування і закріплення деталі на операції, відомостей про точність і шорсткості поверхонь до і після обробки на даній операції, припусків на обробку

При уточненні змісту операції остаточно встановлюється, які поверхні деталі будуть оброблятися на даній операції.

При розробленні послідовності та змісту переходів необхідно прагнути до скорочення часу обробки за рахунок раціонального вибору засобів технологічного оснащення, числа переходів, поєднання основного і допоміжного часу.

Розробляємо детально операції технологічного процесу та заносимо інформацію у операційні технологічні карти.

2.6 Вибір обладнання, технологічної оснастки, різального та вимірювального інструменту

2.6.1 Технологічне оснащення

Відомості про характеристики оброблюваної поверхні і методах її обробки, про деталі в цілому дають можливість намітити тип верстата, вид інструменту, засоби і методи контролю. Моделі верстатів вибираємо із умов забезпечення виконання необхідних технічних умов та для забезпечення принципу концентрації оброблення максимальної кількості поверхонь на одному верстаті.

Характеристики технологічного спорядження заносимо у табл.2.4.

Фрезерування 15-ти пазів на циліндричній поверхні $\varnothing 125$ виконуємо на поздовжньо-фрезерному верстаті М612Ф11 з поворотною головкою.

Формоутворення канавок та криволінійної спіральної поверхні здійснюється на токарному верстаті з ЧПК мод. Compak 2000.

Фінішну шліфувальну обробку поверхонь проводимо на багатоцільовому шліфувальному верстаті з ЧПК мод. Reinecker.

При розробці технологічного процесу механічної обробки заготовки необхідно правильно вибрати пристрої, які повинні реалізовувати вибрану схему базування із заданою точністю. Застосування верстатних пристроїв і допоміжних інструментів при обробці заготовок дає ряд переваг: підвищує якість і точність обробки деталей; скорочує трудомісткість обробки заготовок за рахунок різкого зменшення часу, що витрачається на установку, вивірку і закріплення; розширює технологічні можливості верстатів. При виборі технологічного оснащення в першу чергу враховуємо можливість надійного базування та закріплення деталі на верстаті з дотриманням вимог охорони праці та зменшення допоміжних затрат часу на кожну з технологічних операцій.

При виборі ріжучого інструменту враховуємо види обробки, матеріал та габаритні розміри деталі, технічну характеристику обладнання, досягнення в галузі інструментального виробництва та можливості використання сучасних прогресивних технологій.

Вибираємо ріжучий інструмент, що забезпечує досягнення максимальної продуктивності, необхідних точності і шорсткості обробленої поверхні.

Ріжучий інструмент вибираємо за стандартами та довідковою літературою в залежності від методів обробки деталі.

Вимірювальний інструмент приймаємо в залежності від типу виробництва в даному випадку – серійне, метод контролю поверхонь – суцільний. З метою мінімальних затрат часу на проведення контролю поверхонь в більшості випадків використовуємо без шкальні інструменти – калібри. Для налагодження верстатів та встановлення дійсних розмірів поверхонь деталі використовуємо

універсальні вимірювальні засоби відповідної точності (штангенциркулі, мікрометри).

Таблиця 2.4

Верстатні пристрої

Номер і назва операції	Назва пристрою	Установочні елементи	Вид затиску	Стандарт внутрішній	Код пристрою
005 горизонтально-розточна	Призми цехові прихват		Механічний	– –	396180 392841
010 Токарно-винторізна	Центр звичайний	Центри	Механічний		
020 Токарна з ЧПК	Центр звичайний	Задній центр	Пневматичний	14904-80	396131
025 Поздовжньо-фрезерна	Поворотна головка, опора з центром		Механічний	17504-2010	17258
030 Хіміко-термічна					
035 Кругло-шліфувальна	Патрон поводковий Центр жорсткий	Центри	Механічний	13219-65	3784141

Для деталі «Шнек екструдера 137.450-016» після кожної операції виконуємо 100% контроль, користуємося засобами вимірювання: штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ДСТУ 166-80; мікрометр МК25-1 ДСТУ 6507-90, калібр – скоби.

2.7. Аналітичний розрахунок та вибір припусків

2.7.1 Аналітичний розрахунок припуску на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 125 h7_{-0,063}$ мм

Маршрут обробки поверхні

- точіння чорнове;
- точіння чистове;
- шліфування чорнове;
- шліфування чистове;

Визначаємо мінімальний припуск із формули:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}),$$

де R_{zi-1} , – висота мікронерівностей, що утворилися на попередній операції; h_{i-1} – величина дефектного шару, що утворився на попередній операції; $\Delta_{\Sigma i-1}$ – сумарне відхилення розташування поверхні, що створилося на попередній операції, мкм; ε_{yi} – похибка установлення заготовки на виконуваному переході, мкм.

Для розрахунку припусків використовуємо послідовність дій, приведену в [3].

Знаходимо величини елементів припуску.

1. Параметри заготовки із прокату:

$$R_{z_{заг}} = 80 \text{ мкм}; h_{заг} = 100 \text{ мкм} [5], \text{ табл.1}$$

Сумарне відхилення розташування поверхні визначаємо за формулою:

$$\Delta_{\Sigma заг} = \rho_{\kappa},$$

де ρ_{κ} – викривлення заготовки із-за деформації, $\rho_{\kappa} = \Delta_{\kappa} \cdot L$,

де Δ_{κ} – питома кривизна заготовки, $\Delta_{\kappa} = 1,0$ мкм/мм;

L – максимальний розмір заготовки, $L = 1800$ мм;

$$\rho_{\kappa} = 1800 * 1,0 = 1800 \text{ мкм};$$

Тоді $\Delta_{\Sigma заг} = \rho_{\kappa} = 1,8$ мм

Допуск переходу $T_{загот.} = 700$ мкм

2. Точіння чорнове:

$$R_{\Sigma\text{чорн}} = 63 \text{ мкм}; h_{\text{чорн}} = 60 \text{ мкм} \quad [5], \text{ табл.5};$$

Сумарне відхилення розташування поверхні в межах переходу механічного оброблення розраховується із формули: $\Delta_{\Sigma\text{т.чорн.}} = \Delta_{заг} \cdot K_y$,

де K_y – коефіцієнт, що враховує уточнення, $K_y = 0,06$ [3], табл. 29;

$$\Delta_{\Sigma\text{т.чорн.}} = 1800 \cdot 0,06 = 108 \text{ мкм.}$$

Допуск переходу $T_{\text{т.чорн.}} = 180$ мкм.

3. Точіння чистове

$$R_{\Sigma\text{т.чист}} = 30 \text{ мкм}; h_{\text{т.чист}} = 30 \text{ мкм} \quad [5], \text{ табл. 28};$$

Сумарне відхилення розташування поверхні після виконання переходу механічного оброблення: $\Delta_{\Sigma\text{т.чист.}} = \Delta_{заг} \cdot k_y$,

де k_y – коефіцієнт, що враховує уточнення, $k_y = 0,05$ [6], табл. 29

$$\Delta_{\Sigma\text{т.чист.}} = 30 \cdot 0,05 = 1,5 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення заготовки в центрах :

$$\varepsilon_{\text{у.чист.}} = 0$$

Допуск переходу $T_{\text{т.чист.}} = 43$ мкм.

4. Шліфування чорнове

$$R_{\Sigma\text{шліф.чорн.}} = 10 \text{ мкм.}; h_{\text{шліф.чорн.}} = 20 \text{ мкм} \quad [5], \text{ табл.5};$$

Сумарне відхилення розташування поверхні після відпрацювання переходу механічного оброблення $\Delta_{\Sigma\text{шліф.чорн.}} = \Delta_{\Sigma\text{заг}} \cdot k_y$,

де k_y – коефіцієнт, що враховує уточнення, $k_y = 0,04$ [3], табл. 29;

$$\Delta_{\Sigma\text{шліф.чорн.}} = 3 \cdot 0,04 = 0 \text{ мкм.}$$

Допуск переходу $T_{\text{т.чист.}} = 18$ мкм.

5. Шліфування чистове:

$$R_{\Sigma\text{шліф.чист.}} = 6,3 \text{ мкм.}; h_{\text{шліф.чист.}} = 12 \text{ мкм} \quad [5], \text{ табл.5};$$

Сумарне відхилення розташування поверхні після виконання переходу механічного оброблення $\Delta_{\Sigma_{\text{шліф.чорн.}}} = \Delta_{\Sigma_{\text{за}}} \cdot K_y = 0$

Допуск переходу $T_{\text{шл. чорн.}} = 11$ мкм.

Визначені величини елементів припуску заносимо в табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Розрахунок припусків при обробці поверхні $\varnothing 125h8 (-0,063)$

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$	ε_i				Нм.	Нб.	Нм.	Нб.
Заготовка	80	100	44	-		127,664	0,7	126,96	127,66		
Точіння чорнове	63	60	3	60	2×254	125,866	0,180	125,686	125,866	0,58	1,1
Точіння чистове	30	30	1	4	2×123	125,356	0,043	125,313	125,173	0,249	0,386
Шліфув. чорнове	10	20	0	0	2×61	125,092	0,018	125,074	125,092	0,122	0,144
Шліфув. чистове	6,3	12	0	0	2×30	124,999	0,011	124,937	125	0,06	0,07
Всього										1,011	1,7

Знаходимо мінімальні припуски по переходам:

Точіння чорнове:

$$2Z_{\text{min.чорн.}} = 2(80 + 100 + \sqrt{(44^2 + 60^2)} = 2 \times 254 \text{ мкм.}$$

Точіння чистове:

$$2Z_{\text{min.чист.}} = 2(63 + 50 + \sqrt{3^2 + 4^2}) = 2 \times 123 \text{ мкм.}$$

Шліфування чорнове:

$$2Z_{\text{min.шл.чорн.}} = 2(30 + 30 + 1) = 2 \times 61 \text{ мкм.}$$

Шліфування чистове:

$$2Z_{\text{min.шл.чист.}} = 2(10 + 20) = 2 \times 30 \text{ мкм.}$$

Визначаємо розрахункові розміри і записуємо для кінцевого переходу у графу «розрахунковий розмір» найменший граничний розмір деталі:

$$D_p = 125 - 0,063 = 124,937 \text{ мм}$$

Установлюємо розрахункові розміри для всіх переходів. Для передостаннього переходу знаходимо розрахунковий розмір шляхом додаванням до найменшого граничного розміру із креслення розрахункового припуску:

$$D_{p. \text{цл.чорн.}} = 124,937 + 0,06 = 124,997 \text{ мм}$$

Послідовно знаходимо розрахункові розміри для кожного попереднього переходу шляхом додавання до розрахованого розміру наступного за ним суміжного переходу розрахункового припуску:

$$D_{p. \text{точ.чист.}} = 124,997 + 0,122 = 125,119 \text{ мм};$$

$$D_{p. \text{точ. чорн.}} = 125,119 + 0,246 = 125,365 \text{ мм};$$

$$D_{p. \text{розр. заг.}} = 125,365 + 0,508 = 125,873 \text{ мм}$$

Записуємо найменші граничні розміри по всіх технологічних переходах, округлюючи їх шляхом збільшенням розрахункових розмірів; округлення здійснюємо до того ж знаку десяткового дробу, з яким дається допуск на технологічний розмір для кожного переходу:

$$D_{\text{нм дет.}} = 124,937 \text{ мм};$$

$$D_{\text{нм шл. чорн.}} = 125,074 \text{ мм}$$

$$D_{\text{нм точ.чист.}} = 125,313 \text{ мм};$$

$$D_{\text{нм точ.чорн.}} = 125,686 \text{ мм}$$

$$D_{\text{нм заг.}} = 126,96 \text{ мм}$$

Визначаємо найбільші розміри шляхом додаванням допуску до округленого найменшого граничного розміру:

$$D_{\text{нб дет.}} = D_{\text{нм дет.}} + T_{\text{дет.}} = 124,937 + 0,063 = 125,0 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб цл.чорн.}} = D_{\text{нм шл. чорн.}} + T_{\text{шл. чорн.}} = 125,074 + 0,018 = 125,092 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб точ.чист.}} = D_{\text{нм точ.чист.}} + T_{\text{точ.чист.}} = 125,313 + 0,043 = 125,356 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб точ.чорн.}} = D_{\text{нм точ.чорн.}} + T_{\text{точ.чорн.}} = 125,686 + 0,18 = 125,866 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб заг.}} = D_{\text{нм заг.}} + T_{\text{заг.}} = 126,96 + 0,7 = 127,66 \text{ мм.}$$

Знаходимо найбільші значення припусків як різницю найбільших розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$2Z_{нб\ шл.\ чист.} = D_{нб\ шл.\ чорн.} - D_{нб\ шл.\ чист.} = 125,092 - 125 = 0,092 \text{ мм};$$

$$2Z_{нб\ шл.\ чорн.} = D_{нб\ точ.\ чист.} - D_{нб\ шл.\ чорн.} = 125,356 - 125,092 = 0,264 \text{ мм};$$

$$2Z_{нб\ т.\ чист.} = D_{нб.\ точ.\ чорн.} - D_{нб\ точ.\ чист.} = 125,866 - 125,356 = 0,51 \text{ мм};$$

$$2Z_{нб.\ точ.\ чорн.} = D_{нб.\ заг.} - D_{нб\ точ.\ чорн.} = 127,66 - 125,866 = 1,2 \text{ мм}.$$

Знаходимо найменші припуски як різницю найменших розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$2Z_{нм\ шл.\ чист.} = D_{нм\ шл.\ чорн.} - D_{нм\ шл.\ чист.} = 125,074 - 124,937 = 0,137 \text{ мм}$$

$$2Z_{нм\ шл.\ чорн.} = D_{нм\ точ.\ чист.} - D_{нм\ шл.\ чорн.} = 125,313 - 125,074 = 0,039 \text{ мм};$$

$$2Z_{нм\ т.\ чист.} = D_{нм.\ точ.\ чорн.} - D_{нм\ точ.\ чист.} = 125,686 - 125,313 = 0,373 \text{ мм};$$

$$2Z_{нм.\ т.\ чорн.} = D_{нм.\ заг.} - D_{нм\ точ.\ чорн.} = 126,96 - 125,686 = 1,274 \text{ мм}.$$

Визначаємо загальні найменші та найбільші припуски:

$$2Z_{нб.\ заг.} = 2Z_{нб\ шл.\ чист.} + 2Z_{нб\ шл.\ чорн.} + 2Z_{нб\ точ.\ чист.} + 2Z_{нб\ точ.\ чорн.};$$

$$2Z_{нб.\ заг.} = 0,092 + 0,264 + 0,51 + 1,2 = 2,066 \text{ мм}$$

$$2Z_{нм.\ заг.} = 2Z_{нм\ шл.\ чист.} + 2Z_{нм\ шл.\ чорн.} + 2Z_{нм\ точ.\ чист.} + 2Z_{нм\ точ.\ чорн.}$$

$$2Z_{нм.\ заг.} = 0,037 + 0,039 + 0,373 + 1,274 = 1,723 \text{ мм}.$$

Визначаємо загальний номінальний припуск:

$$2Z_{ном.} = 2Z_{нм.\ заг.} + H_3 - H_0,$$

де H_3 – нижнє відхилення заготовки, $H_3 = 0,5$ мм;

H_0 – нижнє відхилення деталі, $H_0 = 0,063$ мм.

$$2Z_{ном.} = 1,723 + 0,5 - 0,063 = 2,16 \text{ мм}$$

Номінальний розмір заготовки:

$$D_{ном.\ заг.} = D_{ном.\ дет.} + 2Z_{ном.} = 125 + 2,16 = 127,16 \text{ мм}$$

На базі розрахунку будуємо схему (рис.2.7) розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при обробці поверхні $\varnothing 125_{-0,063}$ мм.

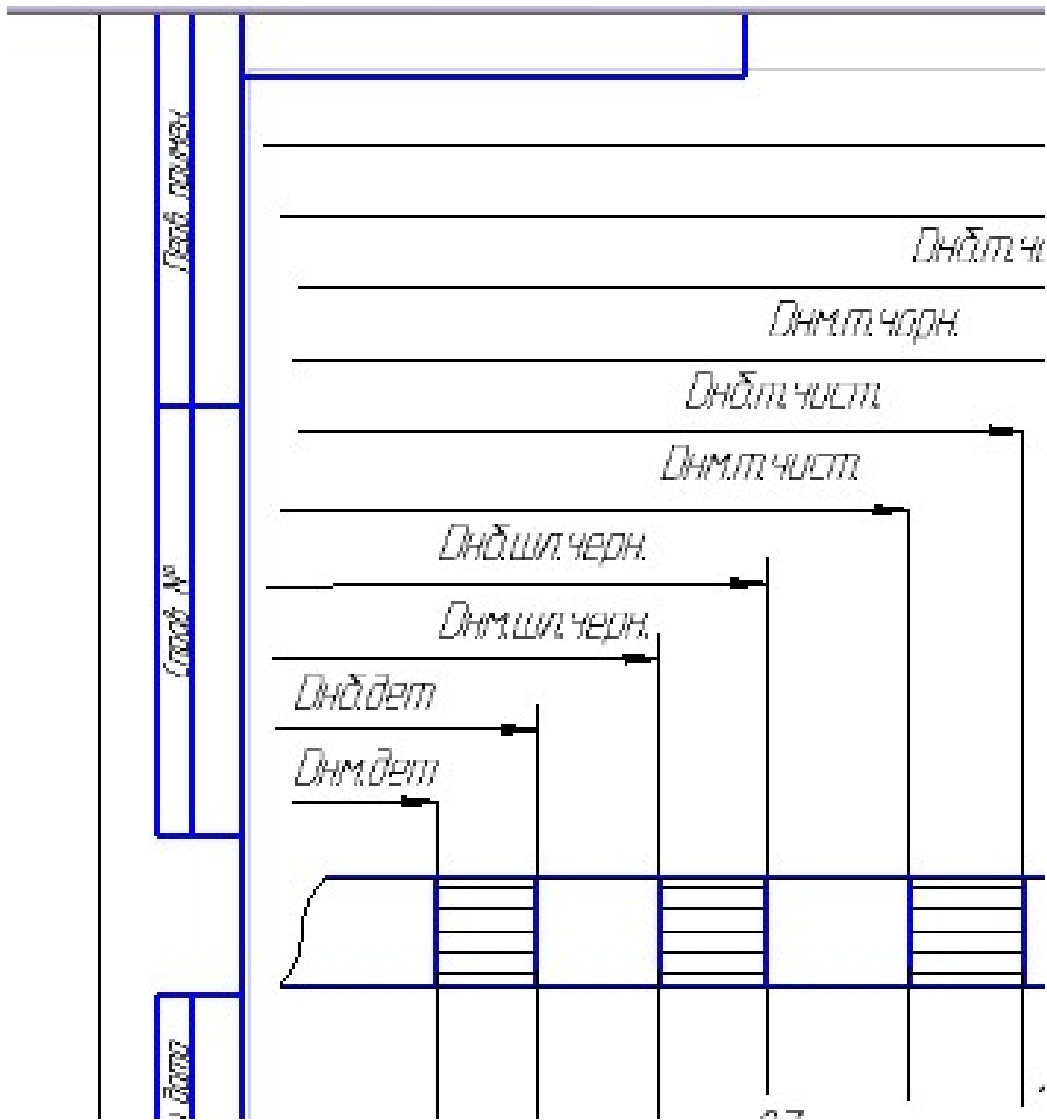


Рис. 2. 7 – Схема розміщення припусків, допусків і граничних розмірів при обробці поверхні $\varnothing 125_{-0,063}$ мм.

2.7.2 Аналітичний розрахунок припуску на обробку торців у розмір $100h12_{(-0,25)}$ мм

Маршрут обробки поверхні

- Підрізання правого торця.
- Підрізання лівого торця

Мінімальний припуск визначаємо за формулою

$$2Z_{\min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_{yi}),$$

де R_{zi-1} , – висота мікронерівностей, що утворилися на попередній опер;

$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$ – сумарне відхилення розташування поверхні, що виникло на попередній операції, мкм; ε_{yi} – похибка установаження заготовки на виконуваному переході, мкм.

Для розрахунку припусків використовуємо послідовність дій, приведену в [3].

Знаходимо величини елементів припуску.

1. Параметри заготовки із прокату:

$$R_{z_{заг}} = 80 \text{ мкм}, h_{z_{заг}} = 100 \text{ мкм} [5], \text{ табл. 1}$$

визначаємо за формулою: $\Delta_{\Sigma_{заг}} = \rho_k$,

де ρ_k – викривлення заготовки із-за деформації, $\rho_k = \Delta_k \cdot L$,

де Δ_k – питома кривизна заготовки, $\Delta_k = 1,0 \text{ мкм/мм}$; [5], табл. 16

L – максимальний розмір заготовки, $L = 44 \text{ мм}$;

$$\rho_k = 1 \cdot 44 = 44 \text{ мкм}; \Delta_{\Sigma_{заг}} = \rho_k = 44 \text{ мкм}$$

Допуск розміру заготовки $T_{заг} = 1000 \text{ мкм}$.

Точіння:

$$R_{z_{точ.}} = 50 \text{ мкм.}; h_{z_{точ.}} = 50 \text{ мкм} [5], \text{ табл. 3.}$$

Величина просторових відхилень поверхні форми після виконання переходу механічного оброблення $\Delta_{\Sigma_{точ.}} = \Delta_{заг} \cdot K_y$,

де k_y – коефіцієнт, що враховує уточнення, $k_y = 0,06$ [3], табл. 29;

$$\Delta_{\Sigma_{точ.}} = 100 \cdot 0,06 = 6 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення заготовки у центрах $\varepsilon_{yi} = 0 \text{ мкм}$, [5], табл.13.

Допуск переходу $T_{точ.} = 250 \text{ мкм}$.

Визначені величини елементів припуску заносимо в табл. 2.6.

Знаходимо мінімальний припуск на точіння торця:

$$2Z_{i \min} = 2(80 + 100 + 44 + 0) = 2 \times 224 \text{ мкм.}$$

Установлюємо розрахункові розміри для всіх переходів. Для переходу, що передує останьому, знаходимо розрахунковий розмір шляхом додаванням до найменшого граничного розміру із креслення розрахункового припуску

$$L_{розр.} = 100 - 0,250 = 99,75 \text{ мм.}$$

Для переходу, що передує кінцевому, розраховуємо розмір шляхом додавання до найменшого розрахункового розміру розрахункового припуску:

$$L_{розр. заг.} = 99,75 + 0,224 = 99,974 \text{ мм}$$

Визначаємо найменші граничні розміри по всім технологічним переходам, округлюючи їх шляхом збільшенням розрахункових розмірів.

$$L_{нм дет.} = 99,75 \text{ мм;}$$

$$L_{нм заг.} = 100,422 \text{ мм;}$$

Таблиця 2.6

Розрахунок припусків на точіння торця в розмір $100_{-0,25}$ мм

Технолог. переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$	ε_i				Нм.	Нб.	Нм.	Нб.
Заготовка	80	100	44	-		100,42	1,00	100,5	101,5		
Точіння	50	50	3	60	2×224	99,750	0,25	99,75	100,0	0,75	1,5

Визначаємо найбільші граничні розміри шляхом додавання допуску до заокругленого найменшого граничного розміру:

$$L_{нб точ.} = L_{нм дет.} + T_{дет.} = 99,75 + 0,25 = 100 \text{ мм}$$

$$L_{нб заг.} = L_{нм заг.} + T_{заг.} = 100,5 + 1,0 = 101,5 \text{ мм}$$

Визначаємо найбільші припуски як різницю найбільших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$2Z_{нб} = L_{нб заг.} - L_{нб дет.} = 101,5 - 100 = 1,5 \text{ мм}$$

Визначаємо найменші припуски як різницю найменших граничних розмірів попереднього та виконуваного переходів:

$$2Z_{нм} = L_{нм заг.} - L_{нм дет.} = 100,0 - 99,75 = 0,25 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку правильності розрахунку за формулою:

$$T_{заг.} - T_{дет.} = 2Z_{нб. заг.} - 2Z_{нм. заг.}$$

$1,0 - 0,25 = 1,5 - 0,75$ – розрахунок зроблено вірно.

Визначаємо загальний номінальний припуск:

$$2Z_{ном.} = 2Z_{нм} + H_3 - H_0,$$

де H_3 – нижнє відхилення заготовки, $H_3 = 0,50$ мм; H_0 – нижнє відхилення деталі, $H_0 = 0,25$ мм.

$$2Z_{ном.} = 1,25 + 0,50 - 0,25 = 1,5 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальний номінальний розмір заготовки:

$$L_{ном. заг.} = L_{ном. дет.} + 2Z_{ном.} = 100,0 + 1,5 = 101,5 \text{ мм}$$

На основі розрахунку будуємо схему розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при точінні торця заготовки у розмір $100_{-0,25}$ мм. (рис. 2.8).

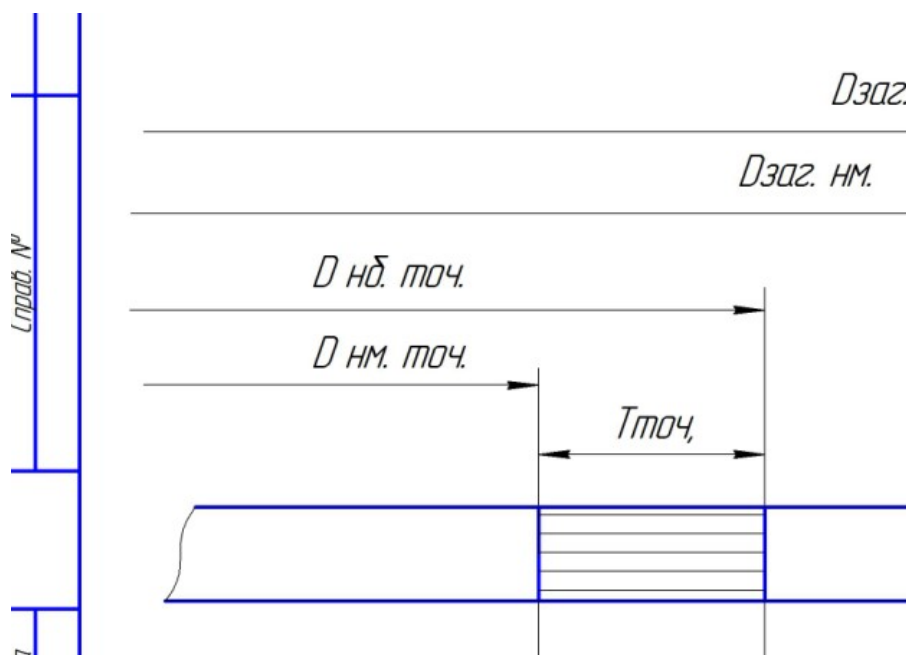


Рис. 2.8 – Схема розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при точінні торців циліндричної поверхні $\varnothing 125_{-0,063}$ мм деталі в розмір $100_{-0,25}$ мм.

2.7.3 Вибір припусків табличним методом

Припуски на оброблювані поверхні деталі «Шнек» вибираємо за рекомендаціями [5]. Результати наведено у табл. 2.7.

Розрахункові та табличні припуски на поверхні заготовки

Поверхня	Розмір	Припуск		Допуск
		табличний	Припуск розрахунковий	
1	2	3	4	5
Торець	1800	2×2,0	2×1,6	±0,5
Зовнішня циліндрична поверхня	Ø125	2× 1,5	2×2,5	+0,2 -0,5

2.8 Аналітичний розрахунок та вибір режимів різання

Обробка деталі здійснюється як на універсальному обладнанні так і з числовою системою керування. Обробка торців, центрувальних отворів, фрезерування квадрату на одному із торців здійснюється на горизонтально-розточному верстаті. Чорнова обробка циліндричних поверхонь здійснюється на універсальному обладнанні. Фрезерування 15 пазів здійснюється на поздовжньо-фрезерному верстаті з використанням поворотної головки з окремим приводом. Режими різання розраховуємо за загальноприйнятою методикою [6].

Основну обробку гвинтової поверхні виконуємо на токарному верстаті з ЧПК моделі Cormak CNC 620x1500 2000, рис. 2.9.

Використовуються інструменти, що оснащені пластинками Sandvik Coromant.

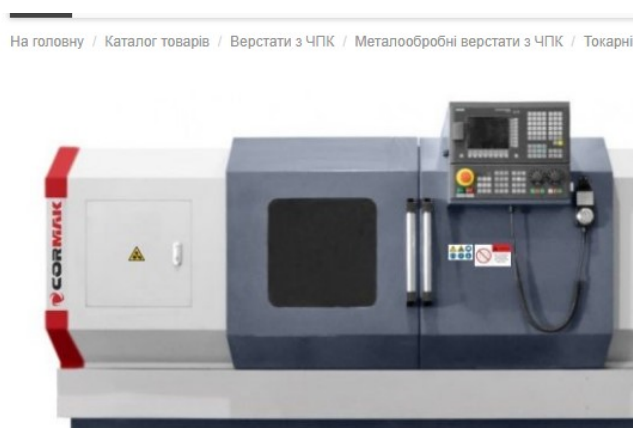


Рис. 2.9 – Токарний верстат мод. Cormak CNC 620x1500 2000.

Характеристики верстата приведені у табл. 2.8

Характеристики верстата мод. Cormak CNC 620x1500 2000

Найменування параметра	Одиниця вим.	Величина
Максимальний діаметр точіння над станиною	мм	620
Максимальний діаметр точіння над супортом	мм	320
Максимальна довжина обробки зовнішніх поверхонь	мм	2000
Діаметр отвору в шпинделі	мм	115
Максимальний діаметр прутка в головному шпинделі	мм	80
Величина робочого переміщення по осі X	мм	356
Величина робочого переміщення по осі	мм	1900
Максимальна швидкість холостого переміщень	м / хв.	8...10
Максимально допустиме зусилля по осі X	кН	14,68
Максимально допустиме зусилля по осі	кН	14,68
Тип інструментального револьвера		VDI
Кількість позицій в револьвері		12
Перетин державки різців	мм	25x25
Час зміни інструменту	сек.	0,5
Точність позиціонування супорта	мм	± 0,005
Повторюваність позиціонування супорта	мм	± 0,0025
Частота обертання шпинделя	об / хв	6000
Максимальна потужність приводу обертання головного шпинделя	кВт	11,0
Габаритні розміри верстата (довжина × ширина × висота)	мм	2950x1520x 1750
Маса верстата	кг	3850

Режими різання визначаємо в середовищі програмного продукту, розробленого фірмою Sandvik Coromant – Coro Plus Tool Guide та традиційним методом – за емпіричними формулами.

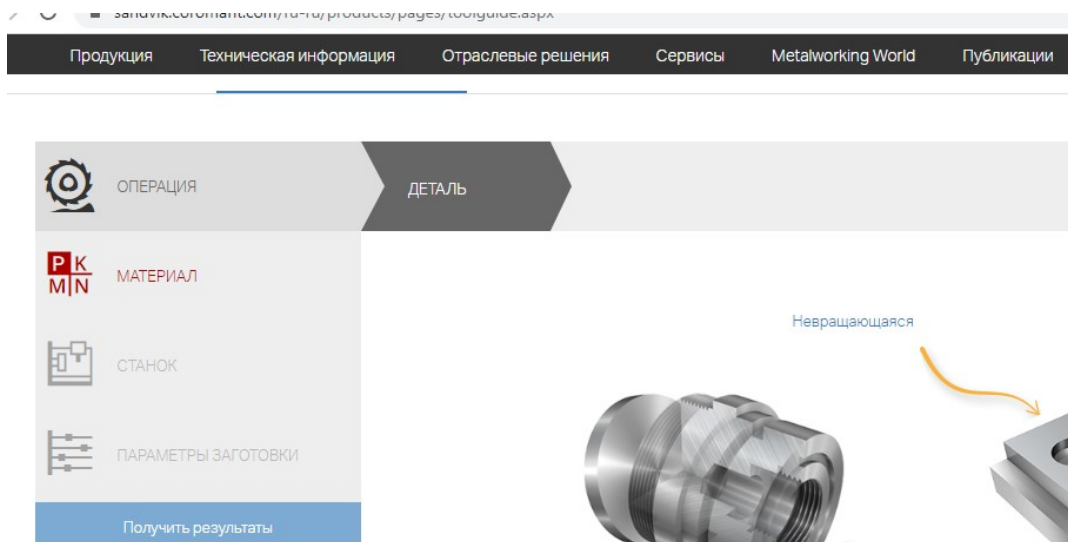
Сталь 40ХН за класифікацією Sandvik Coromant відноситься до сталей групи – леговані сталі феритного класу, вміст хрому у сталі не вище 1,2%.

Оброблюваність сталі залежить від вмісту легуючих елементів, термообробки і методу отримання заготовки (поковка, лиття та ін.)

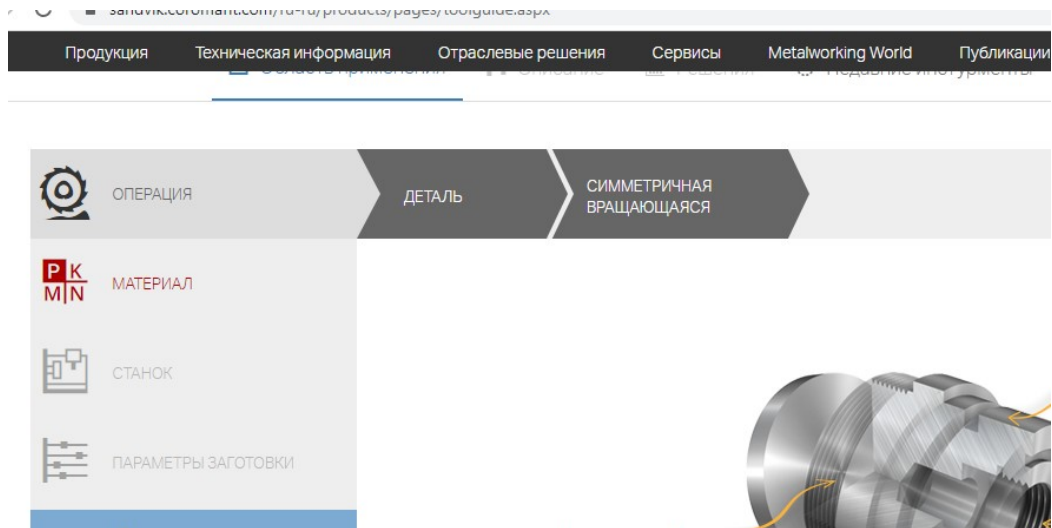
Як правило, оброблюваність погіршується в міру збільшення вмісту легуючих добавок. Сталь при різанні дає довгу зливну стружку, задовільний контроль над стружко-дробленням для феритних/мартенситних матеріалів, але значно ускладнюється для аустенітних марок.

Послідовність вибору режимів різання в Coro Plus Tool Guide:

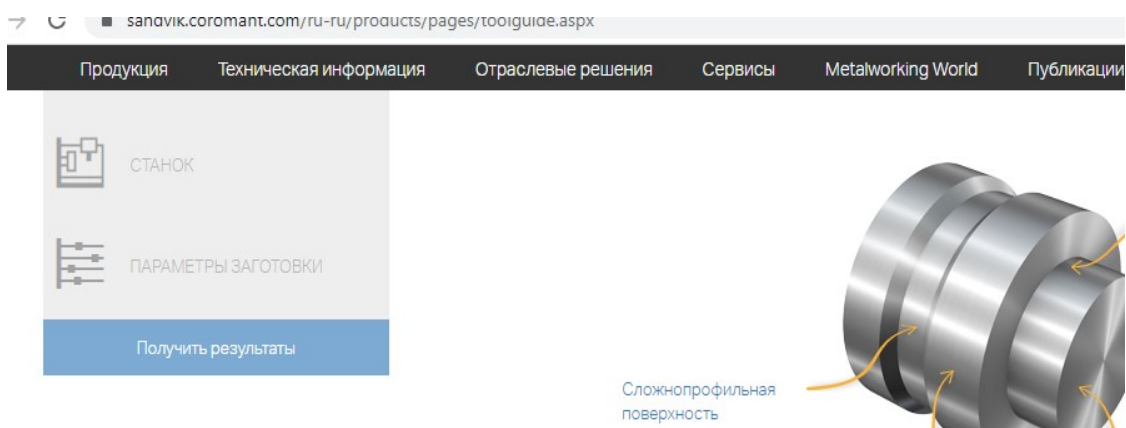
1. Визначається вид оброблюваної деталі: тіло обертання або така, що обробляється за іншими схемами.



2. Визначається вид обробки



3. Вибирається вид поверхні, що обробляється



4. Після вибору виду поверхні у розрахункову форму вводяться параметри поверхні та марка матеріалу.

2.8.1 Визначення режимів різання для точіння канавок і торця Coro Plus Tool Guide

1. Підрізання торця

Інструмент – різець CoroTurn TR SRDCN 2020K 10-A, оснащений пластиною RCMT 10T3 MP-H7 222

Скриншот веб-страницы Sandvik Coromant ToolGuide. В центре экрана отображены инструменты: SRDCN 2020K 10-A (Инструмент) и RCMT 10 T3 MP-H7 2220 (Пластина). Параметры: Rectangular shank -metric: 20 x 20. Интерфейс со стороны станка: ADINTMS. Стоимость: 5700. Справа таблица параметров:

ШАГИ	
ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА	
Скорость резания VC	166 m/min
Подача на оборот FN	0.667 mm
Число проходов в направлении AP	1
Глубина резания	1

Скриншот веб-страницы Sandvik Coromant ToolGuide. В центре экрана таблица параметров:

VC [m/min]	FN [mm]	NOPAP	AP [mm]
166	0.667	1	1

RPMX [1/min]	PPCX [kW]	MMCX [Nm]
4000	5.27	13.3

ПОЯСНЕНИЕ
 1 Предварительная обработка

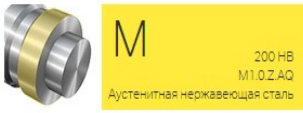
2.8.2 Чорнове точіння контуру

Інструмент – різець CoroTurn TR QS-SRDCN 202025-10XC,
 оснащений пластиною RCMT 10T3 MP-H7 222

CoroPlus ToolGuide x x x +


sandvik.coromant.com/ru-ru/products/Pages/toolguide.aspx

Продукция Техническая информация Отраслевые решения Сервисы Metalworking World Публикации О компании



Токарный станок 03 - Средний (патрон 6-12")
25 kW, 4000 1/min

Обрабатываемый диаметр DMS: 14 mm
Обработанный диаметр DME: 12 mm
Обрабатываемая длина LM: 50 mm
Шероховатость Ra в продольном направлении RPA:




CoroTurn 107

QS-SRDCN-202025-10XC
Инструмент

RCMT 10 T3 MP-N7 2220
Пластина

Rectangular shank -metric: 20 x 20

Интерфейс со стороны станка ADINTMS



ШАГИ 1

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА


Скорость резания VC: 151 m/min
Подача на оборот FN: 0.667 mm
Число проходов в направлении AP: 1
Глубина резания: 1

CoroPlus ToolGuide x x x +

sandvik.coromant.com/ru-ru/products/Pages/toolguide.aspx

Продукция Техническая информация Отраслевые решения Сервисы Metalworking World Публикации О компании

ПРОДОЛЬНОЕ / СМЕННАЯ



ПОЯСНЕНИЕ

1 Предварительная обработка

CoroTurn 107

QS-SRDCN-202025-10XC
Инструмент

RCMT 10 T3 MP-N7 2220
Пластина

VC [m/min] СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ	FN [mm] ПОДАЧА НА ОБОРОТ	NOPAP ЧИСЛО ПРОХОДОВ В НАПРАВЛЕНИИ AP	DMS [mm] ОБРАБАТЫВАЕМЫЙ ДИАМЕТР
1 151	0.667 подача на оборот		14

DME [mm] ОБРАБОТАННЫЙ ДИАМЕТР	AP [mm] ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ	RPMX [1/min] МАХ ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ	PPCX [kN] МАКСИМАЛЬНЫЙ МОМЕНТ
1 12	1	4000	4.79

MMCX [Nm]
МАХ КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ

1 11.4

ПОЯСНЕНИЕ

1 Предварительная обработка

2.8.3 Чистове точіння контуру

Інструмент – різець CoroTurn TR G4-TR-V13HBR-27050C,
оснащений пластиною TR-VB308-F 1125

Скриншот веб-страницы Sandvik Coromant ToolGuide. Вверху — панель навигации: Продукция, Техническая информация, Отраслевые решения, Сервисы, Metalworking World, Публикации, О компании. Адрес: sandvik.coromant.com/ru-ru/products/Pages/toolguide.aspx.

Основная информация о инструменте:

- Материал: Аустенитная нержавеющая сталь
- Точность: 200 HB, M1.0.Z.AQ
- Обработка: Токарный станок 03 - Средний (патрон 6-12')
- Мощность: 25 kW, 4000 1/min

Параметры обработки:

- Обрабатываемый диаметр DMS: 12,2 mm
- Обработанный диаметр DME: 11,8 mm
- Обрабатываемая длина LM: 50 mm
- Макс радиус при вершине REX: 1 mm
- Шероховатость Ra: [не указано]

Рекомендуемые инструменты:

- С4-TR-V13HBR-27050C Инструмент
- TR-VB1308-F 1125 Пластина

Соединение: Сартто (разжимной цапговый механизм и болт) - размер С4

Интерфейс со стороны: Сартто (разжимной цапговый механизм и болт) - размер С4

Шаги:

1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

Параметры резания:

- Скорость резания VC: 148 m/min
- Подача на оборот FN: 0.301 mm
- Число проходов в направлении АР NORAP: 1
- Глубина резания: 0.2 mm

Скриншот веб-страницы Sandvik Coromant ToolGuide. Вверху — панель навигации: Продукция, Техническая информация, Отраслевые решения, Сервисы, Metalworking World, Публикации, О компании. Адрес: sandvik.coromant.com/ru-ru/products/Pages/toolguide.aspx.

Таблица параметров резания:

DME [mm]	AP [mm]	RPMX [1/min]	PPCX [kN]
11.8	0.2	4000	0.542

Параметры:

- ОБРАБОТАННЫЙ ДИАМЕТР: 11.8
- ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ: 0.2
- МАКС ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ: 4000
- МАКСИМАЛЬНЫЙ МОМЕНТ: 0.542

Пояснение:

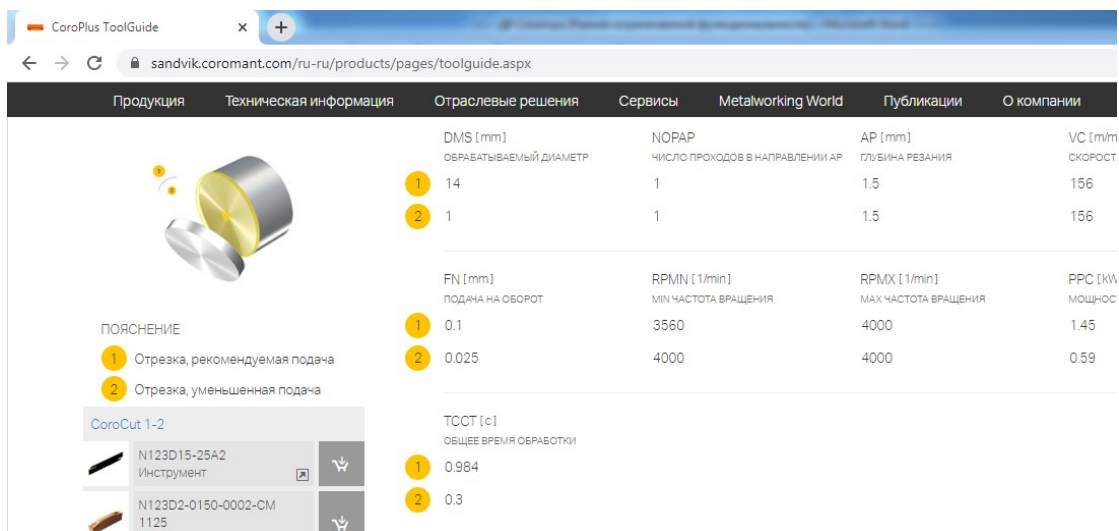
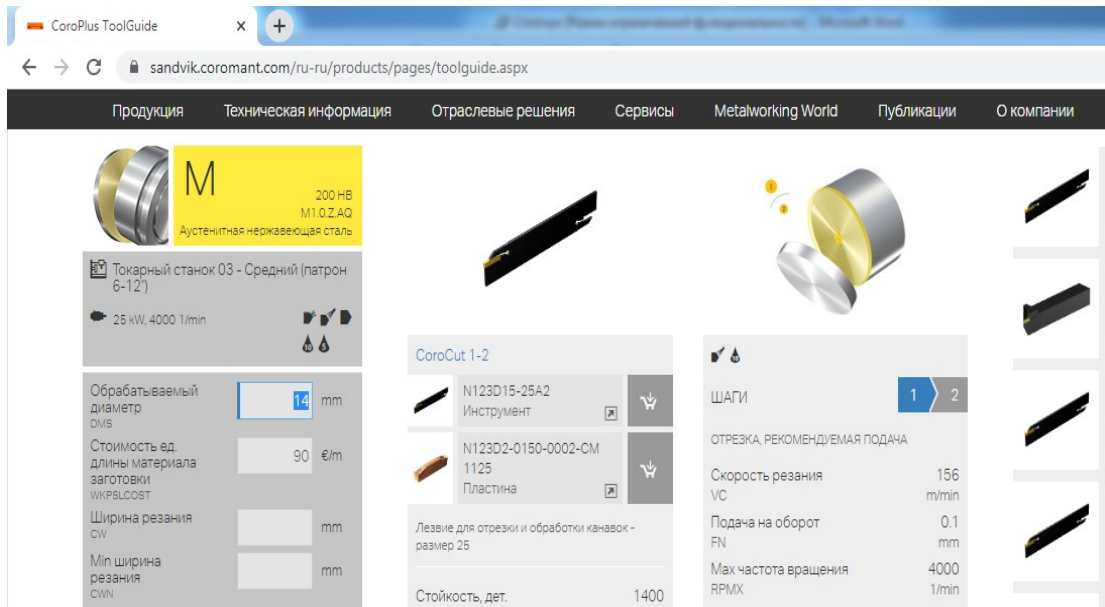
1. Предварительная обработка

Соединение: Сартто (разжимной цапговый механизм и болт) - размер С4

СОЖ: Внутренний, Эмульсия 10%

2.8.4 Формування профілю криволінійної поверхні деталі

Інструмент – різець Coro Cut N1230 15-25A2, оснащений пластиною N12302-0150-0002-CM 1125



2.8.5 Аналітичний розрахунок режимів різання при фрезеруванні пазів

Устаткування – поздовжно-фрезерний верстат мод. 6М612Ф11.

Інструмент – фреза кінцева шпонкова, Ø15,0 мм, Р6М5, ДСТУ 14952:2015.

[6]

Глибина різання при свердлуванні отвору

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{125 - 110}{2} = 7,5 \text{ мм,}$$

де D – максимальний діаметр оброблюваної поверхні, мм, $D = 125$ мм, d – діаметр дна пазів. $d=110$ мм.

Подача на оберт $S_o = 0,1$ мм/об [6], табл.25.

Визначаємо швидкість різання згідно формули:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m S^{y_v}} K_v.$$

де C_v - постійний коефіцієнт; q_v, m, x_v, y_v - показники степенів, $C_v = 9,8$; $q_v = 0,4$; $m = 0,2$; $y_v = 0,5$ [6],табл. 28;

Знаходимо період стійкості інструмента: $T = 45$ хв. [6], табл.30.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання

$$K_v = K_{M_v} K_{U_v} K_{L_v},$$

де K_{M_v} - коефіцієнт, що ураховує характеристики оброблюваного матеріалу заготовки,

$$K_{M_v} = C_m \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v},$$

де $C_m = 1,0$; $n_v = 0,9$. [6], табл. 9, $\sigma_s = 610$ МПа, тоді $K_{M_v} = 1,0 \left(\frac{750}{610} \right)^{0,9} = 1,2$;

K_{U_v} – коефіцієнт, що ураховує характеристики матеріалу інструменту,

$K_{U_v} = 1,0$ [6], табл. 15; K_{L_v} – коефіцієнт, що враховує глибину оброблюваного пазу, $K_{L_v} = 1,0$; [6], табл.6.

Тоді $K = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,2$.

$$V = \frac{6,8}{25^{0,2}} \frac{12,0^{0,4}}{0,1^{0,7}} \cdot 1,2 = 29,3 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000}{3,14} \frac{29,3}{12} = 640 \text{ об/хв.}$$

Згідно паспортних даних верстата приймаємо $n = 630$ об/хв.

Знаходимо дійсну швидкість різання

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000} = \frac{3,14}{1000} \frac{12}{1000} \cdot 630 = 23,73 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо момент різання при фрезеруванні:

$$M = 10C_M D^{q_M} S^{y_M} K_p,$$

де C_M – постійний коефіцієнт; q, y – показники степенів,
 $C_M = 0,0345; q = 2,0; y = 0,8$ [7], табл. 32;

K_p – поправочний коефіцієнт, $K_p = K_{M_p} = 0,93$;

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 2,0^{2,0} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,93 = 9,8 \text{ Н м}$$

Знаходимо потужність різання, кВт:

$$N = \frac{M \cdot n}{9750} = \frac{9,81 \cdot 630}{9750} = 0,64 \text{ кВт.}$$

Дане значення потужності різання повинне відповідати умові

$$N \leq 1,2 \cdot N_\delta \cdot \eta.$$

де N_δ - потужність двигуна верстата, кВт; η - коефіцієнт корисної дії, $\eta = 0,75$;

11 $0,75 \cdot 1,2 > 0,64$ – умова забезпечення потужності виконується.

Основний час обробки отвору

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n},$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу; $L_{p.x.} = L_{piz.} + y$,

де $L_{piz.}$ – довжина різання, $L_{piz.} = 100$ мм, y – довжина підводу, врізання і перебігу інструменту. $y = 10$ мм [7], с.303.

$$T_o = \frac{110}{0,1 \cdot 630} = 5,2 \text{ хв.}$$

2.8.6 Аналітичний розрахунок режимів різання на свердлування отвору $\varnothing 12,5$

Обробка ведеться на горизонтально-розточному верстаті мод. 2А635.
 Ріжучий інструмент свердло $\varnothing 12,5$ мм. з швидкорізальної сталі Р6М5.

Визначаємо глибину різання:

$$t = 0,5D$$

$$t = 0,5 \cdot 12,5 = 6,25 \text{ мм.}$$

Подача при свердлінні отворів без обмежуючих факторів обирається

максимально допустимою по міцності свердла $S = 0.25$ мм/об.

[4, с. 277, табл. 25].

Швидкість різання визначаємо по формулі:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v$$

де коефіцієнт $C_v = 9,8$ і показники ступеню $q = 0,4$; $y = 0,5$; $m = 0,2$ [4, с. 278, табл. 28], T – період стійкості інструменту $T = 45$ [4, с. 279, табл. 30], K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, враховуючий фактичні умови різання:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{lv}$$

де K_{Mv} – коефіцієнт на матеріал що обробляється [4, с. 261, табл. 1, табл.2]

$$K_{Mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{nv}$$

K_{Iv} – коефіцієнт на інструментальний матеріал $K_{Iv} = 1$ [4, с. 263, табл. 6],

K_{lv} – коефіцієнт враховуючий глибину свердлення $K_{lv} = 1$ [4, с. 280, табл. 31]

$$K_{Mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{430} \right)^{-0,9} = 0,6$$

$$K_v = 0,6 \cdot 1 \cdot 1 = 0,6$$

$$v = \frac{9,8}{45^{0,2}} \frac{12,5^{0,4}}{0,25^{0,5}} 0,6 = 13,51$$

Число обертів шпинделя

$$n = \frac{1000}{\pi} \frac{v}{D} = \frac{1000}{3,14} \frac{13,51}{12,5} = 361,3 \text{ об/хв.}$$

По паспорту верстата приймаємо $n = 355$ об/хв

Дійсну швидкість головного руху визначаємо за формулою:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12,5 \cdot 355}{1000} = 11,0 \text{ м/хв}$$

Крутний момент розраховується по формулі

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p$$

де K_p та C_M - довідникові коефіцієнти, q та y - показники степені.

$$C_M = 0,0345; q = 2,0; y = 0,8 [4, с. 281, табл. 32]$$

Коефіцієнт враховуючий фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від матеріалу заготовки що оброблюється та визначається із виразу:

$$K_p = K_{MP}$$

Значення коефіцієнта K_{MP} приведені у [4, с. 264, табл. 9].

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n, n = 1$$

$$K_{MP} = \left(\frac{430}{750} \right)^1 = 0,57$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 12,5^2 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 0,57 = 5,85 \text{ Нм}$$

Осьова сила P_o , Н визначається за формулою;

$$P_o = 10 C_p D^q s^y K_p$$

де $C_p = 68$, $q = 1,0$, $y = 0,7$. [4, с. 281, табл. 32]

$K_p = K_{MP}$ і рівний значенню K_{MP} для крутного моменту.

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 12,5^1 \cdot 0,25^{0,7} \cdot 0,57 = 1395,3 \text{ Н}$$

Потужність різання N , кВт визначається по формулі

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{5,85 \cdot 355}{9750} = 0,22 \text{ кВт}$$

де n – частота обертання інструмента.

Розрахунок основного машинного часу обробки T_m , хв.

$$T_m = \frac{L_{px}}{n s_o}$$

$$L_{px} = 3 + 70 = 73 \text{ мм}$$

$$T_m = \frac{73}{355 \cdot 0,25} = 0,85 \text{ хв.}$$

2.8.7 Визначення режимів різання для всіх переходів обробки деталі «Шнек»

Режими різання по всім переходам обробки деталі «Шнек». зводимо у табл. 2.11.

Таблиця 2.11

Режими різання при обробці деталі «Шнек»

№ оп.	2. Зміст операції	$t_{,,}$ мм	$S_o,$ мм/об	$S_z,$ мм/з уб	$S_{xв,}$ мм/х в	$V_{o,}$ м/хв	$n_d,$ об/хв	$L_p,$ мм	$t_o,$ хв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005	<u>Горизонтально-розточна</u> 1.фрезерувати торець	2,5	2,5	0,25	400	188,4	160	130	0,45
	2.Свердлувати центровий отв	3,15	0,12	-	240	19,1	2000	9	0,04
	3.Свердлувати отв 12,5	6,25	0,25	-	88,75	11	355	73	0,85
	4. Виконати різь М14х1,5	1,5	1,5				16	60	2,5
	Переустановити	Повернути стіл на 180							
	1.фрезерувати торець	2,5	2,5	0,25	400	188,4	160	130	0,45
	2. Фрезерувати квадрат 75*75	60	0,25	0,125	157	19,8	630	770	55
	3.Свердлувати центровий отв	315	0,12	-	240	19,1	2000	9	0,04
010	3.Точити зовнішні циліндричні поверхні по контуру начорно	2,0	0,3	-	-	65,3	160	1810	4
015	Термічна (поліпшення)								
020	<u>Токарна зЧПК</u> 1.Точити зовнішні поверхні по контуру начорно	2,0	0,2	-	-	195	500	1810	55
	2.Точити зовнішні поверхні по контуру начисто	0,5	0,15	-	-	235	600	84	23
025	Продольно-фрезерна 1.Фрезерувати 15 пазів на циліндричній пов. деталі	7.5	0,25	0,125	150	23,8	630	115	35
030	Хіміко-термічна								
035	Круглошліфувальна Шліфувати поверхні в розмір 125h7	0,25	0,1	-	-	2200	35	1800	36
040	Контрольна								

2.9 Створення програми токарного оброблення деталі «Шнек» у програмному середовищі Esprit

Алгоритм написання програми для токарної обробки криволінійної поверхні деталі «Шнек» виконується наступним чином:

1. Створюється 3D модель деталі «Шнек» у програмі SolidWorks та імпортується в середовище Esprit (рис. 2.9)

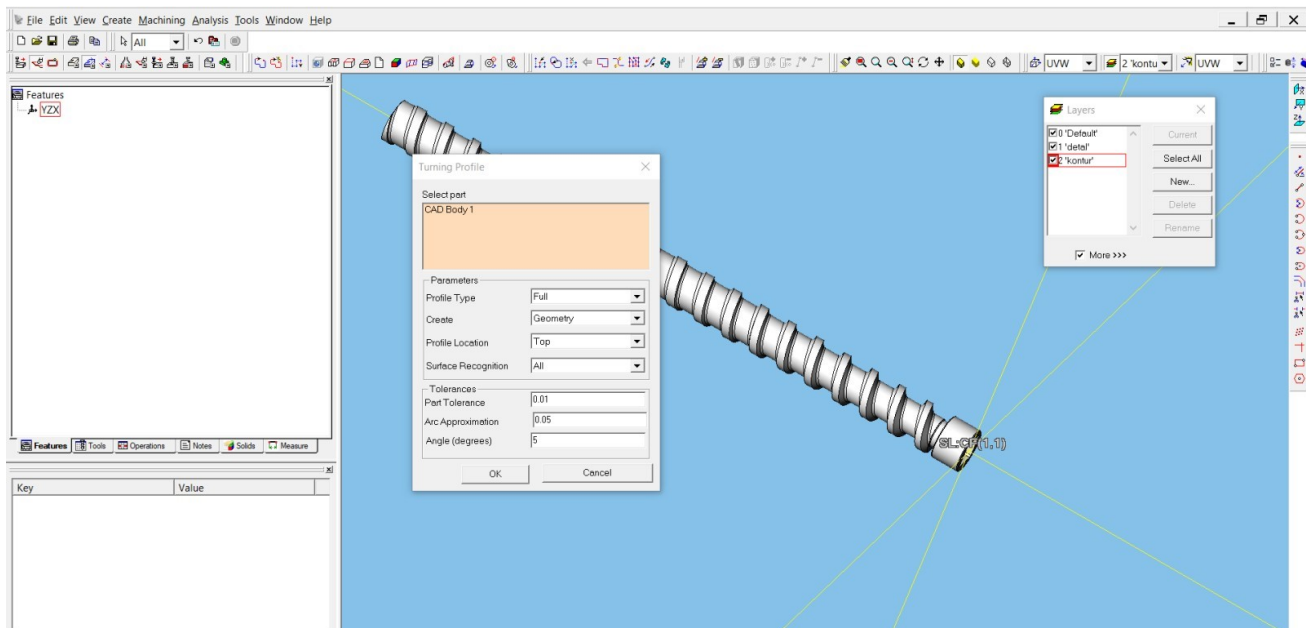


Рис. 2.9. 3D модель деталі «Шнек»

2. Розпізнавання елементів профілю деталі «Шнек»

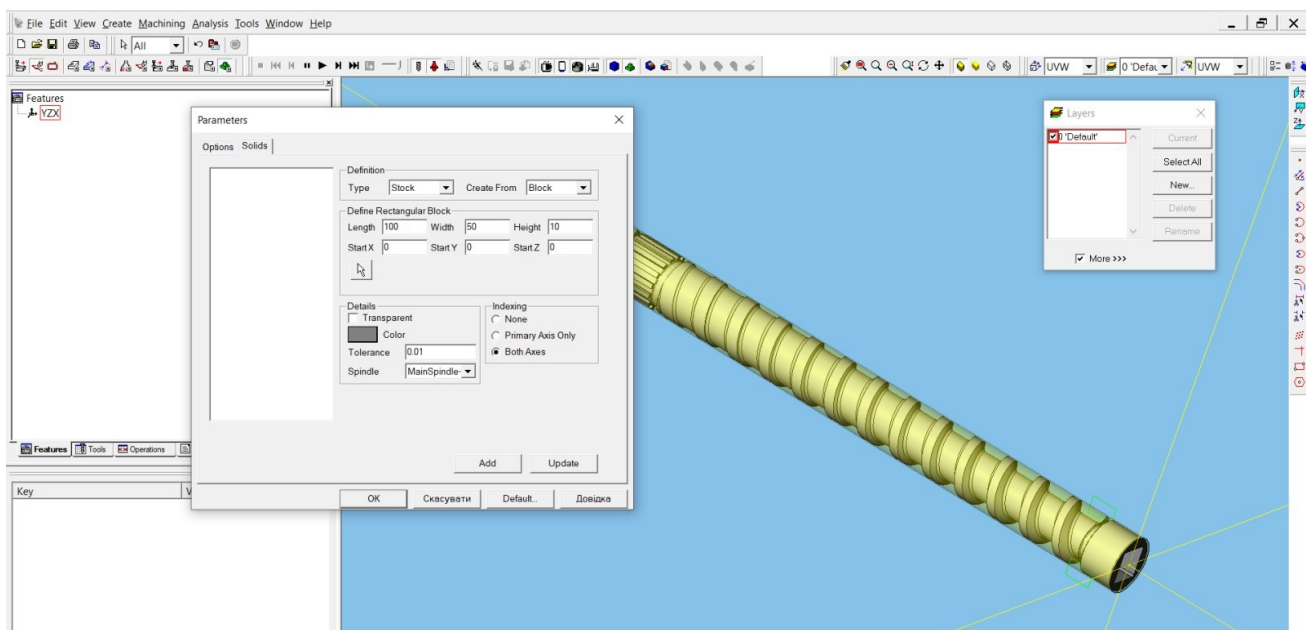


Рис. 2.10 – Розпізнавання елементів профілю деталі «Шнек»

3. Обрання інструменту та його параметрів

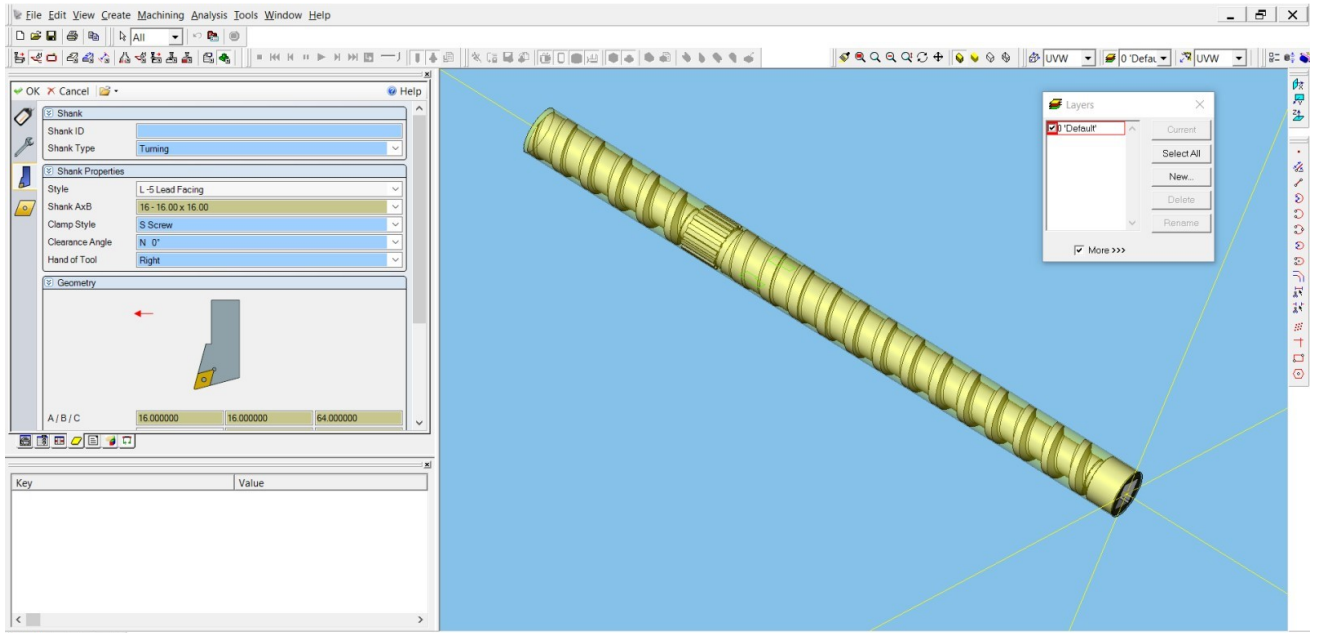


Рис. 2.11 – Вибір ріжучого інструменту

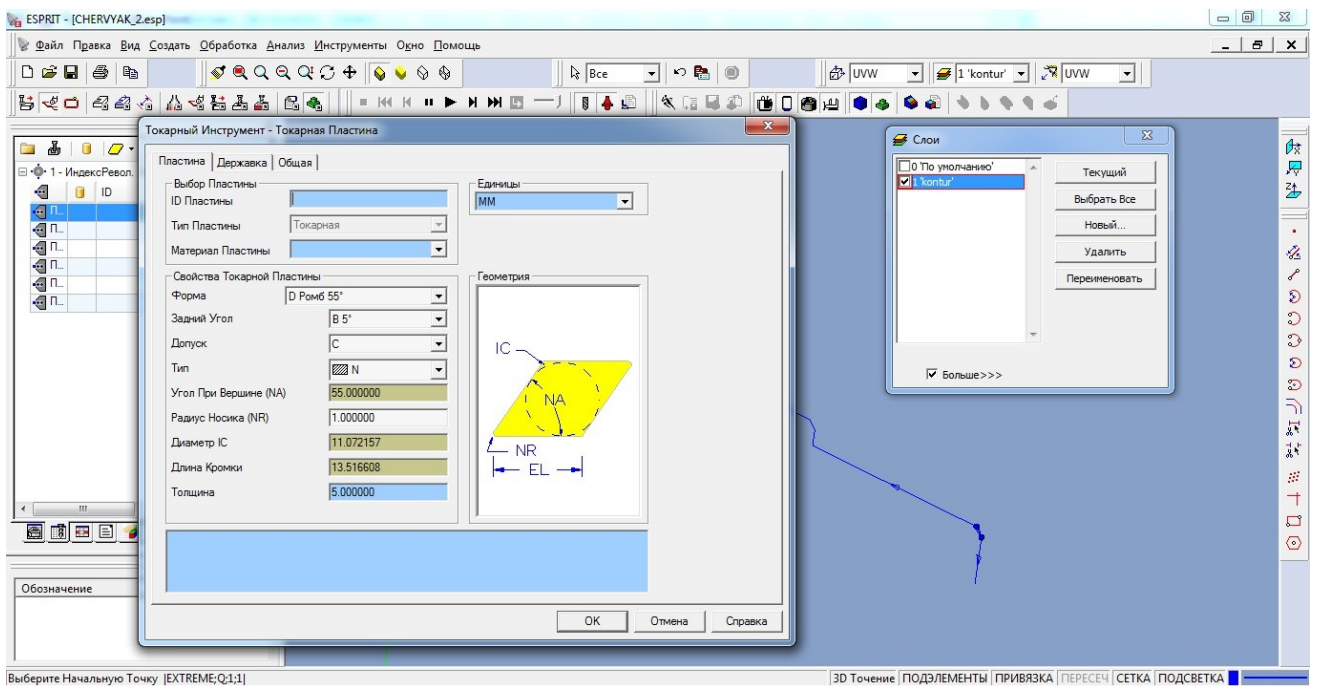


Рис. 2.12 – Вибір ріжучого інструменту та параметрів

5. Вибір типу оброблення

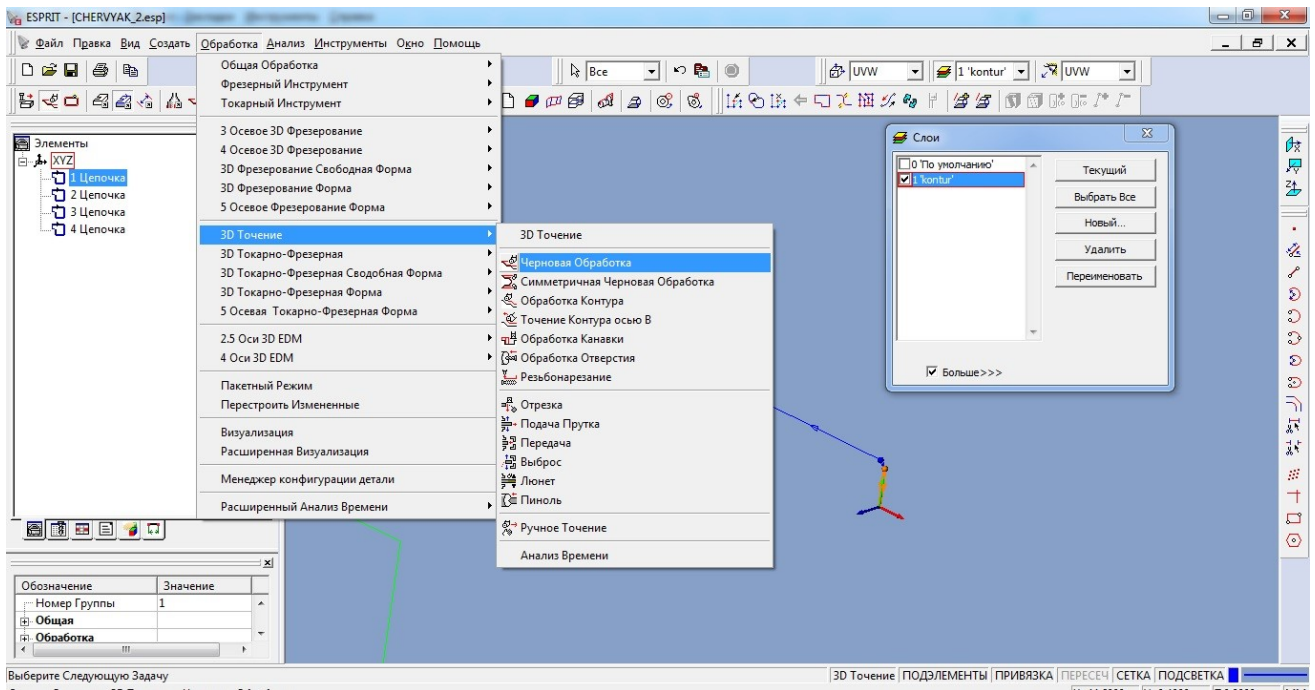


Рис. 2.13 – Вибір типу оброблення

6. Вибір режимів різання

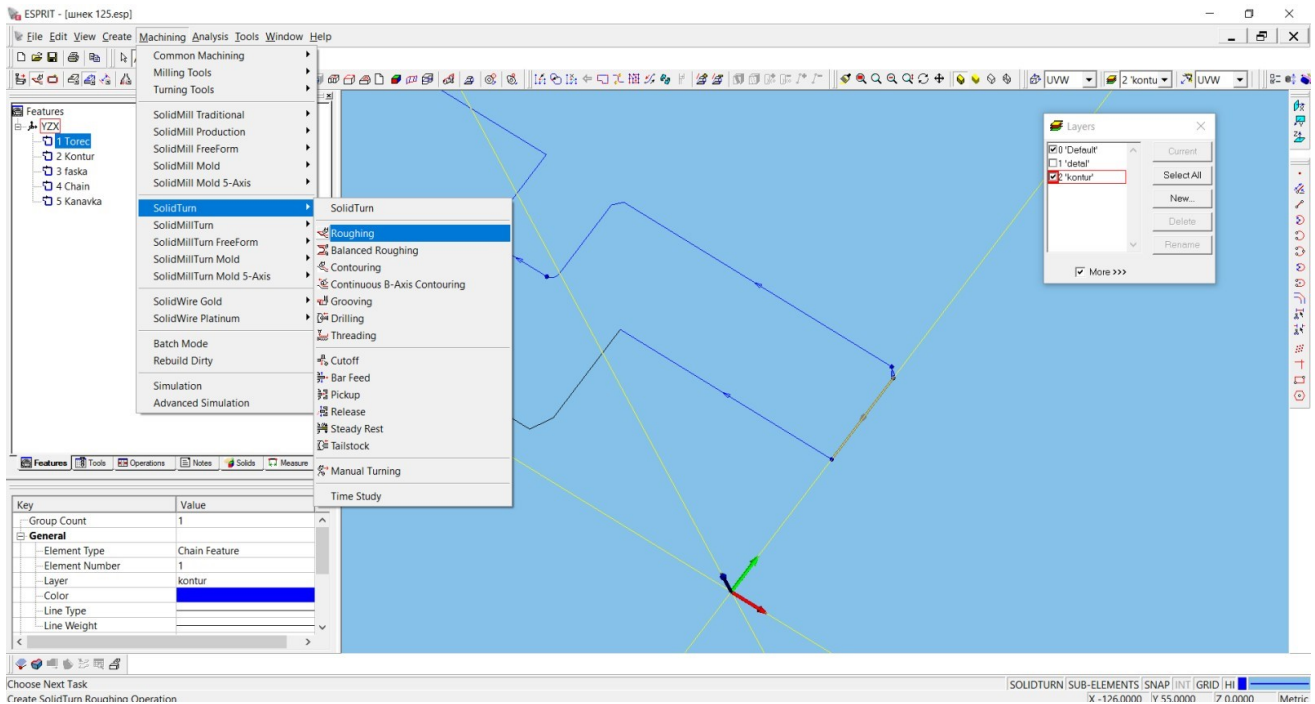


Рис. 2.14 – Вибір режимів різання

7. Траєкторію руху інструменту

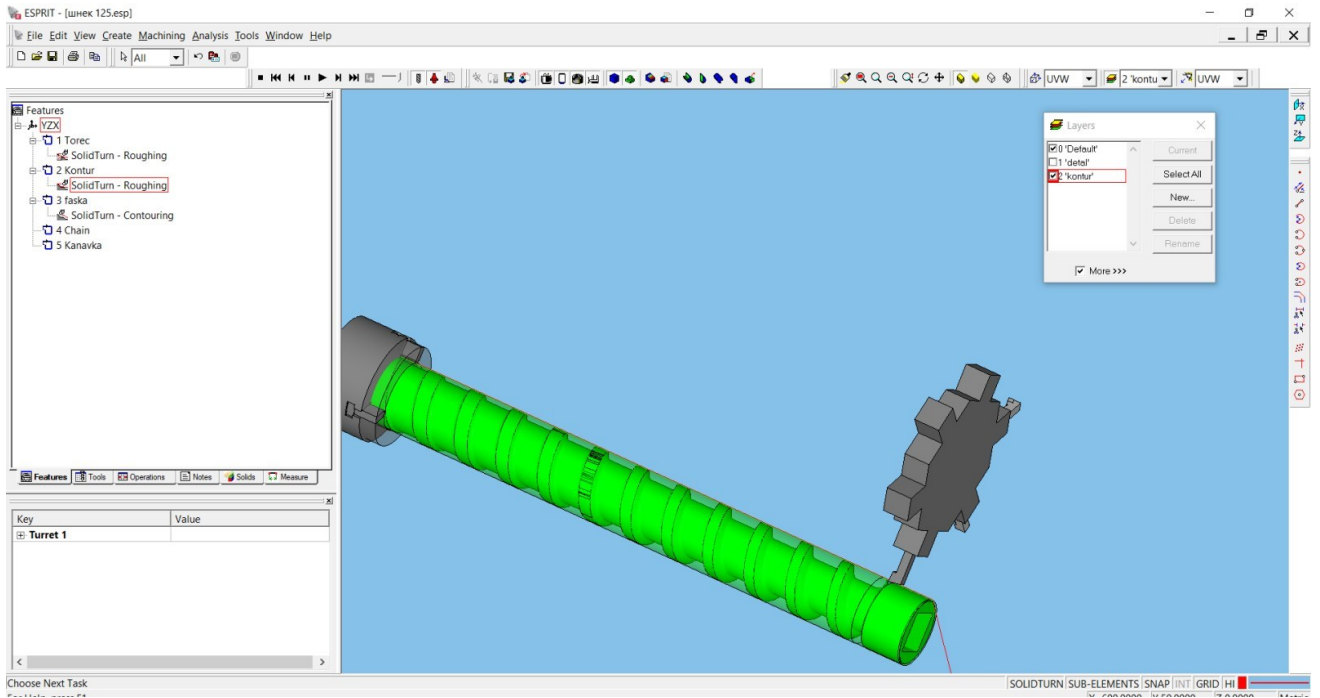
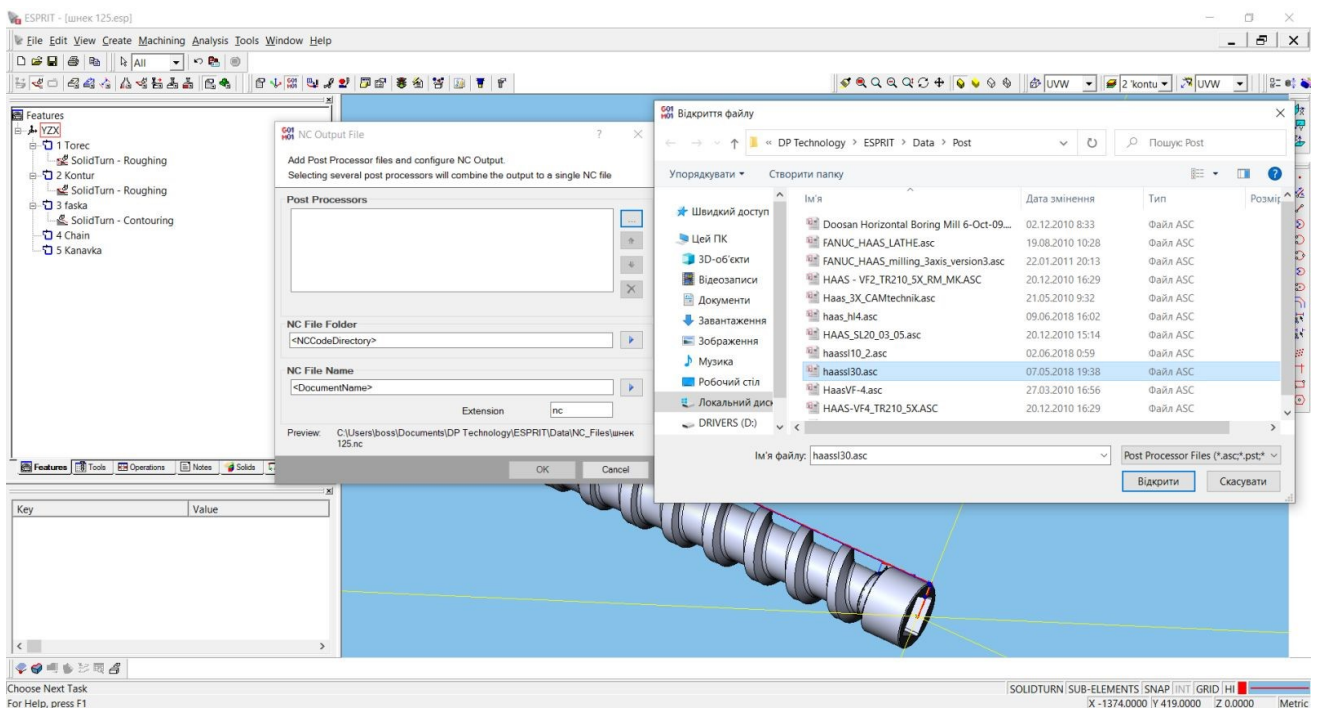


Рис. 2.15 – Траєкторія руху інструменту

8. Вивід програми для обробки



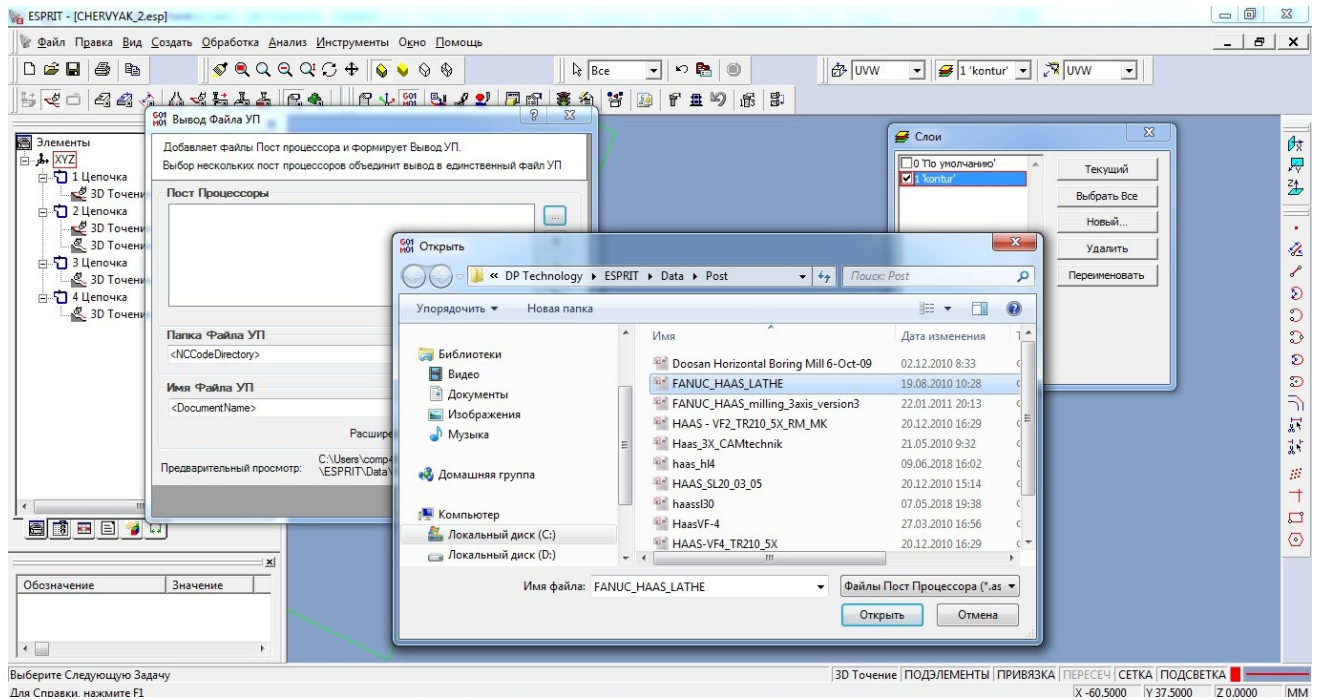


Рис. 2.16 – Вивід програми для обробки

9. Програма оброблення деталі шнек в редакторі ESPRIT

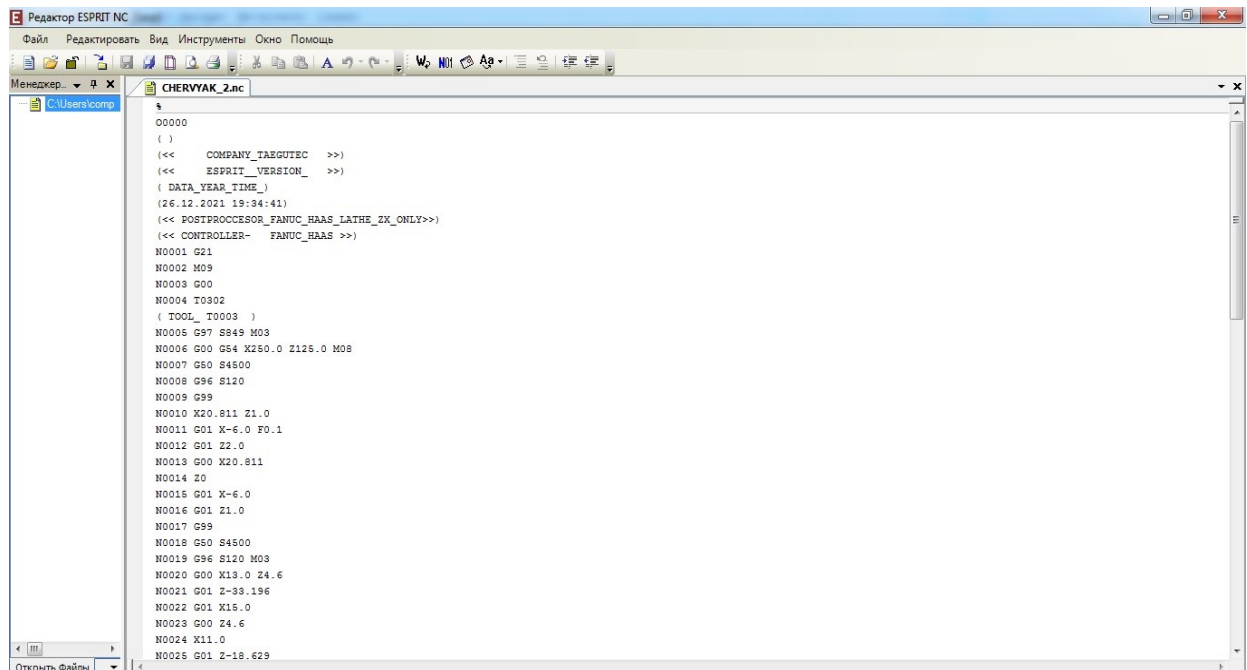


Рис. 2.17 – Програма обробки деталі «Шнек» в редакторі ESPRIT

2.10. Розрахунок норм часу на обробку деталі «Шнек»

За умов серійного виробництва розраховуємо норму штучно-калькуляційного часу $T_{шт.к.}$

$$T_{шт.к.} = (T_{шт} + T_{н.з.}/n),$$

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

$$T_{шт.} = T_o + T_\delta + T_{обс.} + T_{відп.},$$

де T_o – машинний час, хв.; T_δ – допоміжний час обробки, хв.;

Допоміжний час знаходиться:

$$T_\delta = T_{вст} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим},$$

де $T_{вст}$ – час зняття та установки деталі, хв.;

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

$T_{кер}$ – час, враховуючий прийоми керування верстатом, хв.

$T_{вим}$ – час вимірювання розмірів деталі, хв.

$T_{обс.}$ – час, враховуючий обслуговування робочого місця, хв.

$T_{відп.}$ – необхідний час на відпочинок, хв.

$T_{н.з.}$ – підготовчо-заключний час обробки, хв.;

n – кількість деталей в партії, шт.;

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi},$$

де N – річна програма випуску деталей, шт.; t_3 – число днів, що враховують запас, $t_3 = 12$; $\Phi = 254$ число робочих днів на рік.

$$n = \frac{1000 \cdot 12}{254} = 47,4 \text{ шт.}, \text{ приймаємо } 50 \text{ шт.}$$

2.8.1. Розрахунок норм часу на операцію 020 – Токарна з ЧПК

Основний час $T_o = 44,9$ хв.

Допоміжний час $T_\delta = T_{вст} + T_{кер} + T_{вим}$,

Визначаємо час на установку та зняття деталі

де $(T_{вст} + T_{з.о})$ – час на установку деталі в цангу та її затиск, $T_{вст} + T_{з.о} = 0,55$ хв [3] с.199.

$T_{кер}$ – час, що включає прийоми керування, і складається з часу на вмикання верстата - 0,01 хв; часу переміщення супорта в напрямку Z – 0,06 хв.; часу переміщення супорта в напрямку Y – 0,06 хв.; часу підведення ріжучого інструменту до деталі – 0,08 хв. [3], с.202...203.

Тоді $T_{кер} = 0,01 + 0,06 + 0,06 + 0,08 = 0,21$ хв.

$T_{вим}$ – час на виконання вимірювання деталі – 0,20 хв.; тоді

$$T_{\delta} = (0,22 + 0,21 + 0,20) \times 1,85 = 1,092 \text{ хв.}$$

Час оперативний $T_{он.} = T_o + T_{\delta}$

$$T_{он.} = 44,9 + 1,092 = 45,992 \text{ хв.}$$

Час, враховуючий витрати на відпочинок та обслуговування робочого місця:

$$T_{об} + T_{від} = P_{об.від} \times ((T_o + T_{\delta}) / 100),$$

де $P_{об.від}$ – норматив часу для обслуговування робочого місця, природні потреби і відпочинок для серійного виробництва; $P_{об.від} = 6\%$, [1], с.215.

$$T_{об} + T_{від} = 6/100 \times (44,9 + 1,092) = 2,57 \text{ хв.}$$

Час штучний $T_{шт.} = 45,992 + 2,57 = 48,75$ хв.

Час підготовчо-заклучний включає час на установлення пристрою та наладку верстата $T_{н.-з.} = 16$ хв.; часу для отримання інструменту $T_{н.-з.} = 2$ хв.; час, що враховує додаткові прийоми $T_{н.-з.} = 14$ хв.

$$T_{н.-з.} = 16 + 2 + 14 = 32 \text{ хв.}$$

Час штучно-калькуляційний на операцію $T_{шт.-к} = 48,75 + 32/1000 = 49,4$ хв.

Норми часу для інших операцій механічного оброблення деталі "Шнек» знаходимо таким же чином і заносимо у табл. 2.9.

Норми часу при обробці деталі «Шнек»

№ оп.	Назва операції	T_o , хв.	$T_{доод}$, хв.			$T_{оп.}$, хв.	$T_{обс...від..}$ хв.	$T_{шт.}$ хв.	$T_{п-з}$ хв.	N, шт.	$T_{шт-к}$ хв.
			$T_{уст.}$	$T_{кер.}$	$T_{вим.}$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
005	<u>Горизонтальн</u> <u>о-розточна</u>	60,05	3,2	0,55	0,20	6,16	5,5	60,6	32	1000	60,63
010	Токарна	37	2	0,21	0,20	3,079	3,7	44,2	32	1000	44,23
020	Токарна з ЧПК	78	2	0,21	0,20	2,8	4,8	88	32	1000	88,03
025	Продольно фрезерна	35	1,45	0,20	0,15	2,518	2,15	41,5	32	1000	41,53
035	Круглошліфу- вальна	36	1,8	0,20	0,25	2,42	2,14	42,8	32	1000	42,83
											277,3

2.11 Оформлення технологічної документації

На розроблений технологічний процес комплект технологічної документації наведений в додатках (додаток Б).

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для центрування, обробки квадрату 75*75 мм та свердлування отв. Ø12,5мм(M14x1,5)

3.1.1 Вибір схеми базування та установчих елементів

Вибираємо схему базування [6] для оброблення торців, центрування отворів, фрезерування внутрішнього квадрату та отвору Ø12,5мм (M14x1,5) з торців. При цій схемі базування заготовка встановлюється на зовнішню циліндричну поверхню Ø130 мм з упором в торець.

Схема базування заготовки наведена на рис. 3.1.

Довга циліндрична поверхня (поверхні шийок) лишає заготовку 4-х степенів вільності. Для забезпечення базування до ставимо плоский упор до лівого торця деталі і ліквідуємо ще одну степінь вільності.

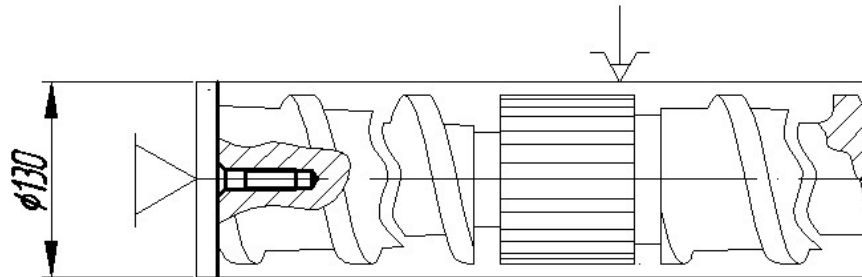


Рис. 3.1. Схема базування заготовки

Заготовка базується по зовнішній циліндричній поверхні Ø130 мм у вузькі установочні призми з кутом $2\alpha = 90^\circ$. Базування по торцю забезпечується циліндричним упором, що має плоску поверхню.

3.1.2. Розрахунок пристрою на точність

При обробленні отворів з торця, а також фрезеруванні квадрата 75*75 мм застосовуємо пристрій, що дозволить обробити центрувальні отвори та внутрішній квадрат з одного установа з мінімальною похибкою розташування поверхонь. Необхідно досягнути точності положення центр. отв. відносно осі заготовки та квадрата.

Для забезпечення заданої точності оброблення у пристрою має забезпечуватись умова:

$$\varepsilon_{\text{доп.}} \geq \varepsilon_y ,$$

де $\varepsilon_{\text{доп.}}$ – допустима сумарна похибка оброблення:

$$\varepsilon_{\text{доп.}} = T - k \cdot \omega ;$$

де T – допуск на розмір по довжині розміщення отвору, $T = 200$ мкм;

ω – точність оброблення, що допускає горизонтально-розточний верстат мод. 2А635.

$$\omega = 0,01 \text{ мм};$$

k – коефіцієнт поправки на точність оброблення, $k = 1,0 \dots 1,1$ [11]. Приймаємо $k = 1,1$. Тоді:

$$\varepsilon_{\text{доп.}} = 200 - 1,1 \cdot 10 = 189 \text{ мкм}$$

ε_y – похибка, що характеризує встановлення заготовки в пристрій. Обробка отвору $\varnothing 12,5$ (М14х1,5) виконується на певну глибину 70 мм. Технологічна та вимірювальна бази співпадають, тому $\varepsilon_y = \varepsilon_{\bar{\sigma}} = 0$;

Таким чином $\varepsilon_{\text{доп.}} \geq \varepsilon_y$ ($189 > 0$), умова виконується і точність оброблення буде забезпечена.

3.1.3. Розрахунок сили затиску

Схема прикладення всіх сил, що діють на заготовку при затискові, показана на рис. 3.2.

При обробленні отвору $\varnothing 12,5\text{мм}$ на заготовку діють: момент різання при свердлуванні M_p ; сила різання осьова P_o , момент сил тертя M_{T1} між циліндричною поверхнею заготовки та опорною поверхнею плоского затиску; моменти сил тертя M_{T2} , що виникають на бокових поверхнях призм між циліндричною поверхнею заготовки та опорними поверхнями призм.

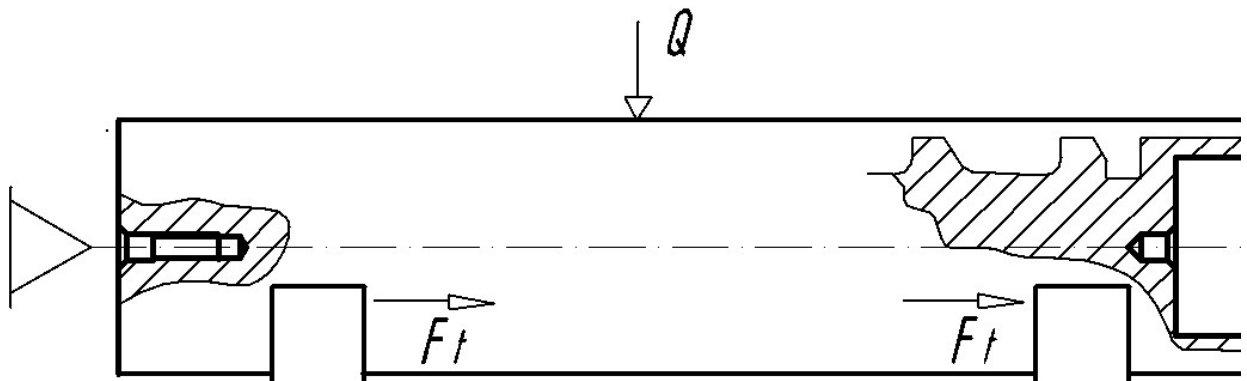


Рис. 3.2 – Визначення сили затиску

Під дією суми моментів заготовка повинна знаходитись у положенні рівноваги. Умова рівноваги заготовки:

$$M_{T1} + M_{T2} \geq kM_p,$$

де M_{T1} – момент тертя, що виникає на циліндричній поверхні шийок заготовки, розраховується за формулою:

$$M_{T1} = F_{T1} \cdot \frac{D}{2},$$

де F_{T1} – сила тертя, що діє на поверхні шийки заготовки між циліндричною поверхнею заготовки та плоскою поверхнею затиску, Н м;

$$F_{T1} = (Q + P_o) \cdot f_1;$$

f_1 – коефіцієнт тертя, що діє на поверхні затиску, $f_1 = 0,1$;

D – діаметр заготовки, $D = 11,6$ мм,

P_o – сила різання, що діє вздовж вісі при свердлуванні $P_o = 346,5$ Н, тоді;

$$M_{T1} = (Q + P_o) \cdot f_1 \cdot \frac{D}{2},$$

M_{T2} – момент тертя на поверхнях призми, розраховується за формулою:

$$M_{T2} = 4F_{T2} \cdot \frac{D}{2},$$

де F_{T2} – сила тертя, що діє на опорній поверхні призми,

$$F_{T2} = f_2 \left(\frac{Q + P_o}{2} \cdot \frac{\cos \alpha / 2}{2} \right);$$

f_2 – коефіцієнт тертя, що діє на опорній поверхні призми, $f_1 = 0,1$ [13];

D_1 – діаметр заготовки, тоді:

$$M_{T2} = 4 \left(f_2 \cdot \frac{Q + P_o}{2} \cdot \frac{\cos \alpha / 2}{2} \right) \cdot \frac{D_1}{2},$$

$D_1 = 130$ мм.

k – коефіцієнт запасу, [13], с.266

Коефіцієнт запасу визначається із формули:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6,$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу, $k_0 = 1,5$;

k_1 – коефіцієнт стану технологічної бази, $k_1 = 1,0$ [13], с.267;

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання від спрацювання ріжучого інструменту, $k_2 = 1,0$ [13], с.267;

k_3 – коефіцієнт, враховує умови оброблення; $k_3 = 1,00$ [13], с.267;

k_4 – коефіцієнт, що враховує похибку пристрою затискного, $k_4 = 1,0$ [13], с.268;

k_5 – коефіцієнт, що враховує зручність положення рукояток керування у пристроєві; $k_5 = 1,0$ [13], с.268

k_6 – коефіцієнт, що залежить від моментів, що повертають заготовку щодо опор, $k_6 = 1,2$ [13], с.268.

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 1,8.$$

M_p – момент різання при свердлуванні отвору $\varnothing 12,5$ мм, $M_p = 5,85$ Н м.

$$(Q + P_o) \cdot f_1 \cdot \frac{D}{2} + 4 \left(f_2 \cdot \frac{Q + P_o}{2} \cdot \frac{\cos \alpha / 2}{2} \right) \cdot \frac{D_1}{2} \geq k M_p$$

Зусилля затиску Q :

$$Q = \frac{(2kM_p / D - P_o(f_1 + 2f_2 \cdot \cos \alpha / 2))}{(f_1 + 2f_2 \cdot \cos \alpha / 2)} = \frac{(2 \cdot 1,8 \cdot 5,85) / 0,13 - 346,5 \cdot (0,1 + 2 \cdot 0,1 \cdot \cos 45^\circ)}{0,13 \cdot (0,1 + 2 \cdot 0,1 \cdot \cos 45^\circ)}$$

$$= 1438 \text{ Н.}$$

Зусилля затиску W утворюється плоским затиском, який переміщується вниз по циліндричній поверхні шпильки при закручуванні гайки з допомогою ключа гайкового. Схема механізму затиску приведена на рис. 3.3.

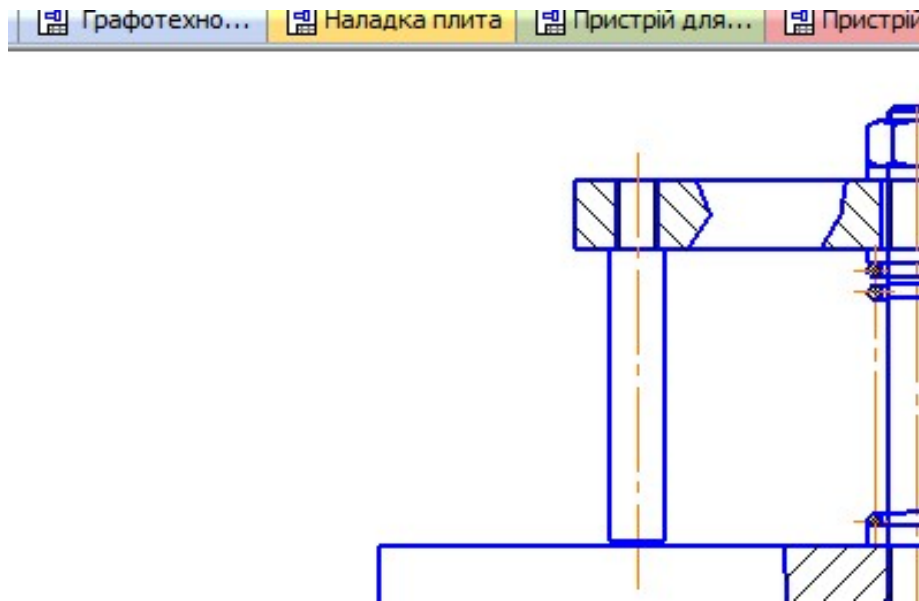


Рис. 3.3 – Схема механізму затиску

Крутний момент, що виникає на гайці, розраховується із формули:

$$M = (W \cdot \frac{l_1 + l_2}{l_2} + q) \cdot \frac{d_{cp}}{2} \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_{np}),$$

де l_1, l_2 – плечі важеля, приймаємо $l_1 = 90$ мм, $l_2 = 90$ мм; $\alpha = 20^\circ$;

q – зусилля зворотної пружини, що повертає плоский затиск у початкове положення, приймаємо $q = 200$ Н; d_{cp} – діаметр різьби середній, $d_{cp} = 20$ мм;

α – кут підйому різьби, $\alpha = 2^\circ 56' []$, с. ;

φ_{np} – кут тертя в різьбі, ($\text{tg} \varphi_{np}$ – коефіцієнт тертя приведений для профілю метричної різьби), $\text{tg}(\alpha + \varphi_{np}) = 0,1521 [12]$; $Q = W = 1438$ Н.

$$M = (1438 \frac{90 + 90}{90} + 100) \frac{20}{2} 0,1521 = 4526 \text{ Н мм.}$$

При стандартній довжині ключа гайкового $L = 250$ мм, зусилля, що має прикладатися до ключа, буде дорівнювати:

$$P = \frac{M}{L} = \frac{540}{250} = 18,1 \text{ Н}$$

3.1.4 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Перевіряємо на міцність з'єднання різьбове, за допомогою якого плоский затиск встановлюється на шпильці. Умова міцності різьби:

$$\frac{\pi d_1^2}{4} [\sigma_p] = W,$$

де d_1 – діаметр різьби внутрішній, $d_1 = 20$ мм;

$[\sigma_p]$ – напруження при розтягові, що допусткається, $[\sigma_p] = 95$ МПа.

$$d_{1\text{розр}} = \sqrt{\frac{4W}{\pi[\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1438}{3,14 \cdot 95 \cdot 10^6}} = 0,0043 \text{ м.}$$

$d_{1\text{розр}} < d_1$ – умова міцності забезпечується.

3.1.5 Опис конструкції та принцип роботи пристрою

Пристрій для оброблення деталі з торця складається із стандартної базової прямокутної пластини розміром $1600 \times 400 \times 60$ мм із Т – подібними пазами, що мають ширину 20 мм. На верхній площині плити в пазах при допомозі установочних пазових болтів встановлюються та закріплюються дві призми та упор. Для затиску заготовки використовується плоский прихват, що затискається шпилькою із різьбою. При закручуванні гайки плоский затиск опирається на деталь та виконує затиск. При відкручуванні гайки деталь визволяється, повернення плоского затиску у висхідне положення здійснюється під дією циліндричної пружини.

3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

3.2.1 Вибір схеми вимірювання

Згідно технічних вимог до деталі «Шнек» необхідно контролювати радіальне биття циліндричної поверхні $\varnothing 125h7$ відносно бази А – не більше 0,03 мм.

Для контролю вказаного відхилення вибираємо схему вимірювання, наведену на рис. 3.4.

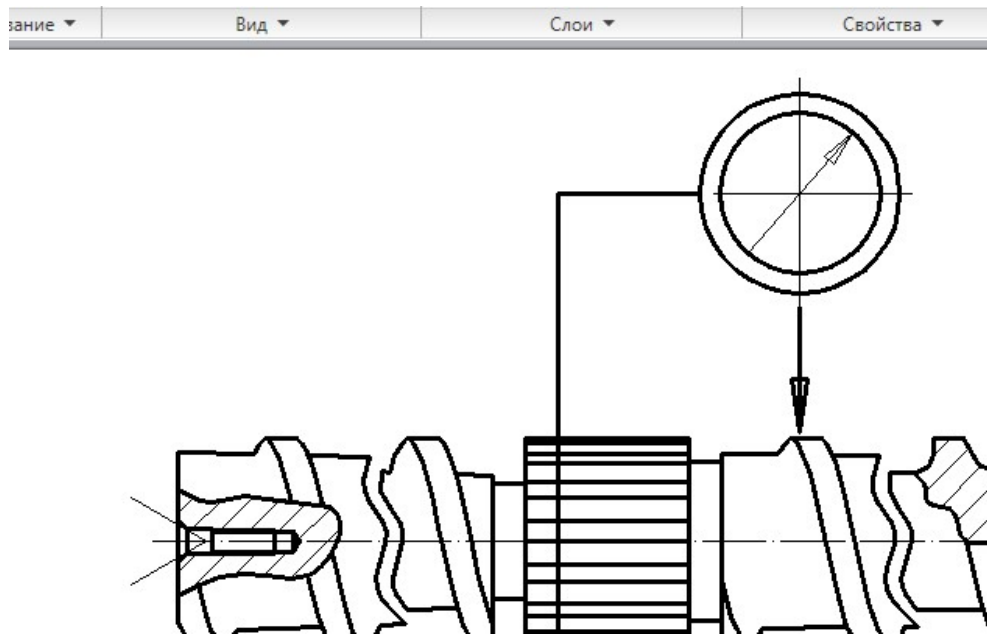


Рис. 3.4– Схема контролю радіального биття

Для проведення контролю відхилення радіального биття деталь установлюється в центра на жорсткий центр. До контрольованої поверхні підводиться наконечник індикатора, що закріплений у стійці. Попередньо індикатор встановлюється на «0». При повороті деталі навколо власної вісі на 360° різниця у показах стрілки індикатора показує фактичне радіальне биття $\Delta 1$

3.2.2 Розрахунок пристрою на точність

Точність проведення контролю буде забезпечуватись при виконанні умови:

$$\varepsilon_{\text{дон}} \geq \varepsilon_{\text{розр.}}$$

де $\varepsilon_{\text{дон}}$ – похибка контролю допустима, $\varepsilon_{\text{дон}} = 0,01$ мм.

$\varepsilon_{\text{розр.}}$ – похибка контролю розрахункова, знаходиться із формули:

$$\varepsilon_{\text{розр.}} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\text{виг}}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2},$$

де ε_{δ} – похибка базування деталі при виконанні контролю, $\varepsilon_{\delta} = 0$; $\varepsilon_{\text{виг}}$ – похибка, що характеризує точність виготовлення пристрою, $\varepsilon_{\text{виг}} = 0,001$ мм; $\varepsilon_{\text{пр}}$ –

похибка, що характеризує точність вимірювання пристроєм, $\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{\Delta_i}{2}$,

де Δ_i – ціна поділки індикатора, $\Delta_i = 0,002$ мм; $\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{0,002}{2} = 0,001$ мм.

$\varepsilon_{\text{зн}}$ – похибка від спрацювання пристрою, $\varepsilon_{\text{зн}} = 0,002$ мм.

$$\varepsilon_{\text{розр.}} = \sqrt{0,005^2 + 0,001^2 + 0,002^2} = 0,0054 \text{ мм}$$

Умова $\varepsilon_{\text{дон}} \geq \varepsilon_{\text{розр.}}$, ($0,01 \geq 0,0054$) виконується, тобто точність контролю забезпечується.

3.2.3 Опис роботи пристрою

Для проведення контролю деталь (шнек) установлюється в центри, до контрольованої циліндричної поверхні $\varnothing 125\text{h}7$ підводиться вимірювальна ніжка індикатора; індикатор попередньо налаштовується на «0».

Деталь обертають навколо власної осі рукою на 360° і фіксують різницю у показах індикатора та розраховують значення радіального биття.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Методика по зменшенню рівня небезпеки в запропонованому технологічному процесі обробки

Згідно наказу №246 МОЗ України «Про порядок проведення медичного огляду працівників» до праці допускають робітників, які пройшли медичний огляд і не мають протипоказань.

Всі працівники повинні пройти навчання та інструктаж з питань охорони праці. Безпека людини – пріоритетний напрямок людства визначений ООН як «Сталий людський розвиток».

При роботі на верстатах робітник знаходиться в небезпечній зоні тобто в просторі де діють постійно або періодично чинники небезпечні для життя і здоров'я людини. Небезпечними є рухомі робочі органи промислового обладнання (планшайби, ріжучий інструмент, стружка, рухомі столи верстатів, ремінні та ланцюгові передачі конвеєрів, органи підйомно-транспортних машин і т.д.) Так в процесі різання металу відходить стружка, яка нагрівається до високих температур (100 ° - 600 °) і може призвести до травмування робітників спричинивши опік. Як правило для покращення умов різання та зменшення термічних чинників застосовують мастильно-охолоджуючі рідини (МОР). Заходи безпеки і вимоги при роботі з рухомими частинами обладнання приведені в ДСТУ 7599-82.

Небезпечними також є шуми, вібрації, ультразвук, шкідливі пари, гази та пил і т.д. які можуть виникати в процесі роботи обладнання. При проектуванні технологічного обладнання і при його експлуатації передбачають застосування засобів колективного та індивідуального захисту.

Засоби колективного захисту поділяють :

- нормалізація повітряного середовища виробничих приміщень
- нормалізація освітлення виробничих приміщень і робочих місць

- засоби захисту від випромінювань, шуму, вібрації, ультразвуку, ураження електричним струмом, від підвищених і понижених температур, від впливу механічних, хімічних, біологічних та інших чинників.

Засоби індивідуального захисту поділяють :

- ізолюючі костюми
- засоби захисту органів дихання
- спеціальний одяг та взуття
- засоби захисту рук, голови, обличчя, очей, органів слуху
- дерматологічні засоби і т. д.

4.2. Електробезпека

Електробезпека – система організаційних і технічних заходів, які забезпечують захист людей від небезпечного впливу електричного струму та дуги, електромагнітного і статистичної поля .

Приміщення де встановлюються верстати, відноситься до II класу електробезпеки (приміщення підвищеної небезпеки). Підвищену небезпеку створюють: вогкість, струмопровідний пил, струмопровідні підлоги (металеві, залізобетонні, цегляні, земляні, і т.д.), підвищена температура(нагрів дротів та оплавлення ізоляції), можливість одночасного дотику людини до металевих корпусів електрообладнання та з'єднаних з землею металоконструкцій.

Застосовуються заходи захисту від ураження електричним струмом: Унеможливлення випадкового дотику до струмоведучих частин, все має бути ізольовано і захищено для цього(застосовують захисні огороження (кожухи, кришки, сітки і т.д.), бажано розташовувати струмоведучі частини на недоступній висоті.

Верстати й устаткування має бути заземленим. Захисне заземлення забезпечує захист працівників від ураження електричним струмом при дотику до металевих частин обладнання, яке може бути під напругою в результаті

пошкодження ізоляції. Rзз. <4 Ом. Бажано використовувати безпечну для людини напругу та силу струму ($U = 36 \text{ В}$, $I = 0.1 \text{ А}$).

Для захисту від ураження електричним струмом використовують інструменти з ізольованими ручками, спеціальні рукавички і взуття, доріжки і килимки.

4.3. Пожежна безпека

Пожежна профілактика – комплекс заходів спрямованих на забезпечення безпеки людей та запобігання пожежі, а також обмеження її площі розповсюдження і створення сприятливих умов для успішного гасіння пожежі.

Успіх у боротьбі з пожежею залежить від своєчасного виявлення осередку загорання і прийняття заходів для його ліквідації.

Пожежна безпека покликана забезпечити безпеку працівників і зберегти матеріальні цінності підприємства на всіх стадіях його діяльності.

За пожежною небезпекою виробничі приміщення поділяються на такі:

- Категорія А – підвищена пожежонебезпека (горючі гази та легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28°C , що можуть утворювати вибухонебезпечні суміші у разі спалахування яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск (більше 5 КПа) вибуху в приміщенні, або матеріали і речовини, що здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітрям і т.д.)

- Категорія Б – легкозаймисті рідини, горючі пил або волокна, (з температурою спалаху понад 28°C), що можуть утворювати вибухонебезпечні пило або пароповітряні суміші, у разі спалахування яких розвивається надлишковий тиск вибуху в приміщенні (більше 5 кПа).

- Категорія В1, В4 - Горючі рідини та тверді горючі речовини і матеріали (пил та волокна і т.д.). Речовини і матеріали здатні тільки горіти при взаємодії з водою, киснем, повітрям або один з одним, за умови, що приміщення, не відносяться до категорій А і Б.

- Категорія Г - помірна пожежонебезпека (негорючі речовини і матеріали процес обробки яких супроводжується виділенням тепла, іскор і полум'я та рідини, горючі гази і тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо).

- Категорія Д - знижена пожежонебезпека (негорючі речовини та матеріали в холодному стані).

Приміщення де виготовляють деталі, по пожежній небезпеці відноситься до категорії Д (негорючі речовини та матеріали знаходяться в холодному стані).

Заходи для усунення можливості пожежі:

- потрібно використовувати тільки справне обладнання;
- обов'язково проводити періодичні інструктажі з пожежної безпеки;
- призначити відповідального за пожежну безпеку ;
- проводити відключення електроживлення електрообладнання та освітлення по завершенні робіт;
- палити цигарки лише в відведених місцях;
- забезпечити приміщення вогнегасниками марки ОП-5, встановити силовий щит, що дозволяє миттєво знеструмити приміщення.
- забезпечити шляхи евакуації людей, розмістити на стінах інструкції з пожежної безпеки і план евакуації.

Вогнегасники повинні вчасно обслуговуватись і утримуватись в справному стані. Для ліквідації пожежі, необхідно викликати пожежну охорону і покинути приміщення згідно з планом евакуації.

4.4. Захист при надзвичайних ситуаціях

Надзвичайна ситуація - обстановка на певній території або акваторії, що склалася в результаті впливу джерела надзвичайної ситуації (аварія, катастрофа, стихійне лихо), яка може спричинити людські жертви, шкоду здоров'ю людей і навколишнього природного середовища, значні матеріальні збитки та порушення умов життєдіяльності.

Для того, щоб усунути повністю або знизити збиток від надзвичайних ситуацій, проводяться профілактичні заходи, тому на випадок аварії рекомендують:

- мати в цеху запас питної води з розрахунку 2 л/чол. в зміну.
- передбачити обігрівачі приміщення, що працюють від автономної мережі та заходи індивідуального захисту (теплий одяг, рукавички, шапки).
- забезпечити виробниче приміщення генератором (бензиновим або дизельним) необхідної потужності.

Для профілактики рекомендується:

- 1) постачати підприємства, установи, населеного пункту від двох незалежних джерел енергії, що підвищить надійність електропостачання;
- 2) замінити повітряні лінії електропередач на кабельні і підземні;
- 3) забезпечити підприємства пожежними водоймами.
- 3) обладнати підприємство системою відео-нагляду, надійною системою зв'язку, засобами сигналізації та поширення інформації.

4.5. Правові та організаційні питання забезпечення безпеки праці

Діяльність працівників їх робоче середовище, обладнання повинно регламентуватись та відповідати вимогам нормативно-правових документів.

Заходи з питань забезпечення безпеки праці:

- вдосконалення технологічних процесів і обладнання з метою унеможливити появи шкідливих виробничих чинників;
- покращення умови праці, забезпечувати перехід від ручної праці до механізованої;
- дотримання технологічних режимів обробки і контролювати їх виконання;
- дотримання техніки безпеки;
- дотримання режимів праці та відпочинку, правильна організація робочого місця;

- контролювання за станом повітряного середовища виробничих приміщень і дотримання допустимих норм шкідливих речовин в повітрі;
- проведення регулярних медичних оглядів;
- дотримання рівня освітленості в приміщенні, норм опалення та вентиляції;
- забезпечення доступу до системи водопостачання і питної води;
- регламентування перерв на обід і на відпочинок;
- обладнання приміщень для відпочинку персоналу.

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті «Технологія виготовлення деталі шнек екструдера 137.450-016 з використанням верстатів з ЧПК» розроблено технологічні операції для верстатів з ЧПК, проведено аналіз технологічності конструкції деталі, представлено змінений технологічного процесу обробки деталі «Шнек» для верстатів з ЧПК .

Призначено припуски під механічну обробку аналітичним та табличним методами.

Розраховано режими різання на основні переходи обробки поверхонь деталі з використанням сучасних програм аналітичним та табличним методами, визначені технічні норми часу; спроектовані технологічні операції за технологічним маршрутом.

В конструкторській частині проведено розрахунки та проектування пристосувань для механічної обробки та контролю.

Спроектовані верстатний пристрій для обробки деталі з торця, виконані розрахунки на точність оброблення, обґрунтовано вибір установочних елементів, розраховано силовий привід пристрою.

Для контролю якості поверхонь після обробки спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій та проведено розрахунки на точність.

Розроблені заходи з охорони навколишнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаменко О., Височанський В., Лютко В., Михайлов М. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії: підручник для енергетичних і екологічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Івано-Франківськ: Полум'я, 2000. 225 с.
2. Шнековий прес-екструдер для отримання брикетів: пат. 127064, Україна, МПК 2022.05, а 202007249: заявл.
3. Самойчук К. О., Самохвал В. А. Розробка міні-лінії для виготовлення паливних брикетів. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2021. Вип. 21, т. 1. С. 152–159.
4. Бойко В. С., Самойчук К. О., Тарасенко В. Г., Верхоланцева В. О., Паляничка Н. О., Михайлов Є. В., Червоткіна О. О. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси. Київ: ПрофКнига, 2021.
5. Самойчук К. О., Самохвал В. А. Характеристики використання брикетування в переробній промисловості. Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв: міжнародна науково-практична інтернетконференція, 24 листопада. Мелітополь, 2020. С. 182–184. 468 с.
6. Indartono Y. S., Heriawan H., Kartika I.A. Innovative and flexible single screw press for the oil extraction of Calophyllum seeds. Research in Agricultural Engineering. 2019. Vol. 65. P. 91-97.
7. Mushtruk M., Gudzenko M., Palamarchuk I., Vasyliv V., Slobodyanyuk N., Kuts A., Nychyk O., Salavor O., & Bober, A. Mathematical modeling of the oil extrusion process with pre-grinding of raw materials in a twin-screw extruder. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2020. Vol. 14. P. 937–944. <https://doi.org/10.5219/1436>.
8. Кіндзера Д. П., Атаманюк В. М., Госовський Р. Р., Мотіль І. М. Дослідження процесу формування паливних брикетів із рослинної сировини та

визначення їх характеристик. Науковий вісник НЛТУ України. 2013. Т. 11. С. 138–146.

9. Лупирь, О.В. «Дослідження впливу технологій термічної обробки на структуру та властивості сталі 20X13» [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 132 «Матеріалознавство» / О.В. Лупиря; наук. керівник Т.П. Говорун - Суми: СумДУ, 2018. - 112 с. 2.

10. Руденко Л. Ф. Леговані сталі та сплави: навч. посібн. /Л.Ф. Руденко, Т.П. Говорун – Суми: СумДУ, 2012. – 171 с.

11. Сталь 20X13Л [Електронний ресурс]: <https://evек.com.ua/materials/stal20h13l.html>

12. Технологія конструкційних матеріалів [Текст] : навч. посіб. / С. В. Марченко, О. П. Гапонова, Т. П. Говорун, Н. А. Харченко. – Суми : СумДУ, 2016. – 146 с.

13. Пчелинцев В.А. Повреждаемость основных деталей машин: учебнометод. пос. / В. А. Пчелинцев, В. Н. Раб. – Сумы : СумГУ, 2008. – 137 с.

14. Методи захисту обладнання від корозії та захист на стадії проектування [Електронний ресурс] : підр. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології», спеціалізації «Електрохімічні технології неорганічних та органічних матеріалів» / М. В. Бик, О. І. Букет, Г. С. Васильєв – Електронні текстові дані (1 файл: 8,81 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 318 с.

15. Materials science and engineering : an introduction / William D. Callister, Jr.— 7th ed./Printed in the United States of America, 2017. 975 p

16. Говорун Т. П. Матеріалознавство та технологія матеріалів (у схемах і завданнях) : навч. посіб. / Т. П. Говорун, О. П. Гапонова, С. В. Марченко. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 163 с.

17. Бурлака, А.Ю. Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки і термічної обробки апарату направляючого насоса [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спец.: 132 - Матеріалознавство / А.Ю. Бурлака; наук. керівник Т.П. Говорун. - Суми: СумДУ, 2022. - 92 с.

18. Ямшинський М.М. Жаростійкі та зносостійкі ливарні сплави на основі заліза для роботи в екстремальних умовах. Дисертація. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Фізико-технологічний інститут металів і сплавів НАН України, Київ, 2019. 510 с.

19. Вплив легуючих елементів. [Електронний ресурс]: <https://evек.com.ua/reference/vliyanie-legiruyushhix-elementov.html> 20. Легована сталь: особливості, класифікація та характеристики. [Електронний ресурс]: <https://metinvest-smc.com/ua/articles/legirovannaya-stalososobennosti-klassifikatsiya-i-kharakteristiki>

20. Єременко О. І., Василенков В. Є., Руденко Д. Т. Дослідження процесу брикетування біомаси шнековим механізмом. Інженерія природокористування. 2020. № 3(17). С. 15–22.

21. Bogaert L., Mhemdi H., & Vorobiev E. Residence time distribution and flow pattern modeling of oilseeds in a pilot screw press. *Oilseeds & Fats Crops and Lipids*. 2020. Vol. 27. article number 65. 2020. <https://doi.org/10.1051/ocl/2020060>.

22. Choton S., Gupta N., Bandal J. D., Anjum N., Choudary A. Extrusion technology and its application in food processing: A review. *The Pharma Innovation Journal*. 2020. Vol. 9(2). P. 162–168. <https://doi.org/10.22271/tpi.2020.v9.i2d.4367>

23. Полянський О. С., Д'яконов В. І., Д'яконов О. В. Комплексна оцінка і аналіз енергетичних показників існуючих технологій переробки рослинних відходів у паливні брикети. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства*. 2018. Вип. 190 «Механізація сільськогосподарського виробництва». С. 192–202

24. Слівна Д. Ю., Євтушенко Н. С.. Напрямок поліпшення стану безпеки праці працівників машинобудівної промисловості / Збірник доповідей XIV Міжнародної науково-методичної конференції та 149 Міжнародної наукової конференції Європейської Асоціації наук з безпеки (EAS) «Безпека людини у сучасних умовах», 1 – 2 грудня 2022 р., НТУ «ХП», – Харків, 2022. – С.134-136

ДОДАТОК А

(Комплект технологічної документації)

ДОДАТОК Б

(Комплект специфікацій)