

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»**

**Автоматизація технологічної підготовки
виготовлення деталі наконечник з використанням
САПР систем**

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМм-21
Пограничний Олег Миколайович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Самчук Людмила Михайлівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.

к.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Луцьк – 2024 року

Луцький національний технічний університет
Факультет Транспорту та механічної інженерії
Кафедра Прикладної механіки та мехатроніки
Другий (Магістерський) рівень вищої освіти
Спеціальність 131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри

“_____” Редько Р.Г.
_____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Пограничному Олегу Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Автоматизація технологічної підготовки виготовлення деталі наконечник з використанням САПР систем, керівник роботи Самчук Людмила Михайлівна, к.т.н., доцент, затверджені наказом вищого навчального закладу від «30» грудня 2023р. № 452/01-02.
2. Строк подання студентом роботи 1.12.2024 року.
3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі наконечник, нормативно-технічна документація, довідникові дані
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Розділ 1. Автоматизація технологічної та конструкторської підготовки виробництва. Розділ 2. Проектування технологічного обладнання. Розділ 3. Автоматизація проектування технологічних процесів з використанням систем САПР. Розділ 4. Розробка керуючих програм для верстатів із числовим програмним керуванням. Висновки. Список посилань.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Креслення деталі наконечник – 1 лист (ф. А3), Карта технологічного процесу – 1 лист (ф.А1), Складальне креслення верстатного пристрою – 1 лист (ф.А1), Складальне креслення контрольного пристрою – 1 лист (ф.А1).

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання *01.03.2024р.*

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи магістра	Примітка
1.	<i>Автоматизація технологічної та конструкторської підготовки виробництва.</i>	<i>14.04.2024р.</i>	
2.	<i>Проектування технологічного обладнання .</i>	<i>18.07.2024р.</i>	
3.	<i>Автоматизація проектування технологічних процесів з використанням систем САПР</i>	<i>12.10.2024р</i>	
4.	<i>Розробка керуючих програм для верстатів із числовим програмним керуванням</i>	<i>17.11. 2024р..</i>	
5.	<i>Електронний варіант роботи</i>	<i>01.12.24р.</i>	

Студент

_____ (підпис)

(Пограничний О.М.)

Керівник роботи

_____ (підпис)

(Самчук Л.М.)

АНОТАЦІЯ

Пограничний О.М. Автоматизація технологічної підготовки виготовлення деталі наконечник з використанням САПР систем. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра на здобуття кваліфікації другого (магістерського) рівня вищої освіти із спеціальності 131 Прикладна механіка – Луцький національний технічний університет. – Луцьк, 2024.

В рамках кваліфікаційної магістерської роботи розглянуто низку питань щодо технологічної підготовки виробництва з використанням різних систем автоматизованого проектування. Використання таких систем при розробці технологічного процесу виготовлення деталі дозволило скоротити час на технологічну підготовку виробництва, уникнути імовірних помилок при проектуванні, зменшити кількість інженерно технічного персоналу залученого до технологічної підготовки виробництва.

Ключові слова: наконечний, технологія, обробка, технологічна система, САПР.

ANNOTATION

Pogranichnyi O.M. Automation of the technological preparation for the manufacture of the tip part using CAD systems. – Manuscript.

Master's qualification work for obtaining the qualification of the second (master's) level of higher education in specialty 131 Applied Mechanics - Lutsk National Technical University. - Lutsk, 2024.

The master's thesis addresses a number of issues related to the technological preparation of production using various computer-aided design systems. The use of such systems in the development of the technological process of manufacturing a part made it possible to reduce the time for technological preparation of production, avoid possible design errors, and reduce the number of engineering and technical personnel involved in technological preparation of production.

Keywords: tip, technology, processing, technological system, CAD.

ВСТУП

Використання систем автоматизованого проектування в сучасному машинобудуванні є необхідним, адже це дозволяє уникати помилок людей, скоротити час на технологічну підготовку, тощо. Таким чином, метою магістерської роботи є вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталей, що сприятиме підвищенню якості обробки, зниженню собівартості виготовлення, застосуванню найновіших розробок у сфері технології машинобудування з використанням сучасного високопродуктивного обладнання, ріжучого інструменту та технологічного оснащення. Використання систем САПР дозволяє будувати гнучкі технологічні процеси які є ефективними з точки зору продуктивності, забезпечуються потрібну якість обробки, широко впровадити гнучкі переналагоджувані виробництва, впровадити автоматичні лінії, машини й устаткування з вбудованими засобами мікропроцесорної техніки, багатоопераційні верстати з числовими програмними керуваннями, роторні та роторно-конвеєрні комплекси. В рамках кваліфікаційної магістерської роботи розглянемо низку питань щодо технологічної підготовки виробництва з використанням різних систем автоматизованого проектування.

Актуальність теми.

Для вирішення основних завдань машинобудівного комплексу на даний момент необхідно широко впровадити гнучкі, швидко переналагоджувальні виробництва і системи автоматизованого проектування, автоматичні лінії, машини та обладнання з вбудованими засобами мікропроцесорної техніки, багатоопераційні верстати з числовими програмним управлінням, роторні та роторно-конвеєрні комплекси. Сучасне виробництво може бути конкурентоспроможним лише у разі гнучкості, швидкому переналагодженні на випуск різної продукції, що не можливо без впровадження сучасних ефективних систем управління виробництвом та

розробкою нового продукту. Автоматизація процесів розробки продукту та його виробництва є ключем до успіху виробництва в сучасних умовах.

Метою роботи є вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Наконечник» з використанням систем автоматизованого проектування.

Об'єкт дослідження – технологія обробки деталі «Наконечник».

Предмет дослідження – процеси проектування та технологічної обробки деталі «Наконечник».

Методи дослідження.

При виконання роботи було проведено оцінку технологічності деталі за якісним та кількісним показниками, що дозволило всебічно оцінити деталь, підібрати необхідне обладнання та інструмент а також прибрати зайві технологічні операції. Визначення типу виробництва проводили визначенням коефіцієнту закріплення операцій, що характеризується відношенням числа всіх різних технологічних операцій, виконаних або тих, що підлягають виконанню протягом місяця, до числа робочих місць. При виборі методу отримання заготовки враховували матеріал деталі, її призначення та технічні вимоги на виготовлення, обсяг і серійність випуску, розміри та конфігурація. Нормування технологічного процесу здійснювали виходячи з оцінки штучно-калькуляційного часу на кожну з операцій. Для цього визначали час на встановлення і зняття деталі, на закріплення і відкріплення деталі, час на прийом керування верстатом, час на вимірювання шаблоном, час на обслуговування робочого місця, тощо. Підбір обладнання здійснювали виходячи з часу виконання кожної з операцій та з врахуванням коефіцієнту завантаження обладнання для кожного з верстатів.

Для техніко-економічного обґрунтування розробленого варіанта технологічного процесу було проведено розрахунки економічної ефективності змінених операцій, тобто визначено мінімум приведених витрат на одиницю продукції на цих операціях. При виборі та проектуванні технологічного оснащення та контрольних пристроїв керували уніфікацією,

універсальністю та простотою у користуванні. Для розроблених верстатного та контрольного пристроїв проведено усі необхідні розрахунки (точність, сила необхідна для затиску, тощо). При проектуванні технологічного процесу обирали необхідні технічні засоби, що пропонує програмне забезпечення. За допомогою системи інженерного аналізу проведено розрахунок напружено-деформованого стану конструкції, що дало змогу визначити найслабкіші місця конструкції та внести необхідні зміни (оптимізувати виріб). Для розробки керуючої програми на верстат з ЧПУ використовуємо САМ-додаток, повністю інтегрований у систему тривимірного моделювання. Можливості САМ-додатку охоплюють побудову контурів обробки, автоматичний розрахунок траєкторій, генерацію керуючої програми, підтримку верстатних циклів, візуалізацію і контроль процесу обробки.

Новизна одержаних результатів. Розроблено вдосконалений технологічний процес виготовлення деталі «Наконечник». За рахунок автоматизованого проектування технологічного процесу з використанням САПР систем вдалось скоротити час на його проектування, підібрати більш технологічне обладнання. Аналіз міцності деталі дозволив внести зміни в конструкцію деталі та знизити ризик виходу з ладу деталі при роботі.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблений технологічний процес може бути використаних при виготовленні деталі. Спроектвані затискний та контрольний пристрої є досить уніфікованими та можуть використовуватись про обробці деталей типу тіло обертання.

Апробація результатів роботи.

О. Пограничний Керуюча програма для верстатів із числовим програмним керуванням / О. Пограничний, Л. Самчук / Тези IV студентської науково-технічної конференції факультету транспорту та механічної інженерії “ Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії ”. Луцьк: ЛНТУ – 2024р. С.36-38.

Особистий внесок магістранта. При виконання кваліфікаційної роботи магістра магістрантом в середовищі САПР спроектовано технологічний процес виготовлення деталі, обрано металорізальне обладнання, ріжучий та вимірювальний інструменти. Методом скінченних елементів проведено розрахунок напружено деформованого стану конструкції деталі який показав найбільш навантажені точки деталі., що дозволило внести зміни в конструкцію деталі для підвищення її якості. Виходячи з розробленої технології виготовлення деталі, технічних характеристик обладнання, можливості швидкої переналадки на виготовлення деталей іншої конфігурації підібрано основне та технологічне обладнання.

РОЗДІЛ 1

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ТА КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА

1.1. Аналіз конструкції та призначення деталі

Розглянута деталь «Наконечник» (рисунок 1.1) належить до групи деталей обертання і входить до складу виробу – «Механізм проміжний», призначений для перемикання передач у коробці перемикання передач автомобілів МАЗ. Наконечник базується по внутрішній поверхні $\varnothing 31,5$ на тязі й обварюється по торцю кільцевим швом. За допомогою паза наконечник вступає в зачеплення з сережкою механізму проміжного.

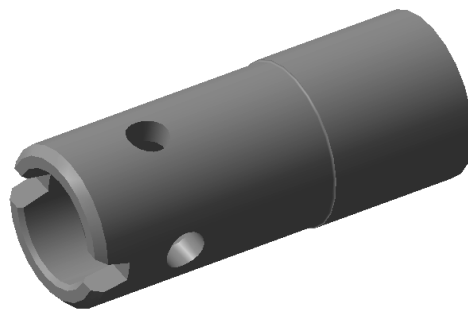


Рисунок 1.1 Наконечник

Для того щоб визначити функціональну особливість кожного з елементів і поверхонь деталі, слід розділити деталь на виконавчі, основні, допоміжні, приєднувальні та вільні поверхні (рис. 1.2).

У даній деталі до виконавчих (функціональних) поверхонь відносяться поверхні 3 та 10, до яких висуваються особливі вимоги, що впливають з функціонального призначення та умов роботи деталі в складальній одиниці.

До основних належать поверхні 3, 4, 8, 10, 13, які визначають положення даної деталі відносно іншої. До допоміжних належать поверхні 1, 2, 7.

До спряжених поверхонь належать поверхні 1, 8, 13, які визначають положення приєднаних до неї деталей. Вільні поверхні не виконують жодних робочих функцій, передбачених робочим призначенням деталі. До них належать поверхні 5, 6, 9, 11, 12. Позначення поверхонь показано на рисунку 1.2

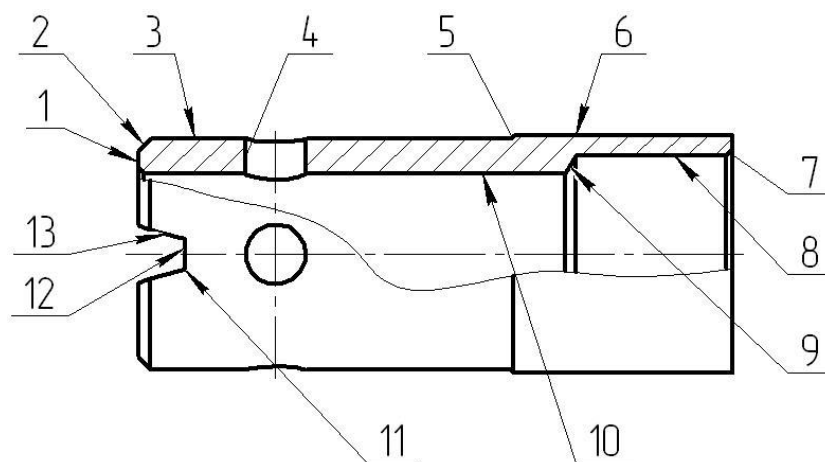


Рисунок 1.2 Поверхні деталі

«Матеріал деталі - сталь 45 ГОСТ 1050-2013. Сталь 45 - конструкційна вуглецева якісна сталь, яку застосовують для виготовлення відповідальних деталей машин, що піддаються різним навантаженням і повинні мати високу міцність і зносостійкість. Сталь 45 належить до обмежено зварюваних матеріалів, не схильна до відпускнуї крихкості »[1].

Хімічний склад і фізико-механічні властивості сталі 45 наведені в таблицях 1.1 та 1.2 [1].

Таблиця 1.1 — Хімічний склад сталі 45 ГОСТ 1050-2013, %

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	As
			не більше				
0,42...0,50	0,17...0,37	0,50...0,80	0,040	0,035	0,25	0,3	0,08

Таблиця 1.2 – Фізико-механічні властивості сталі 45 ГОСТ 1050-2013

σ , МПа	σ_b , МПа	Ψ , %	δ , %
не менше			
355	600	40	16

Матеріал деталі обрано відповідно до тих умов, які виникають у вузлі робочої машини з врахування усіх факторів, що діють на деталь.

1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі

З метою визначення найефективнішого способу виготовлення деталі необхідно проводити аналіз технологічності конструкції деталі, який дасть змогу уточнити конструкторські рішення з технологічної точки зору.

Технологічність конструкції деталі оцінюється двома комплексами показників [2]. Перший комплекс показників - якісні показники технологічності, які визначають, наскільки зручно виготовляти деталь; другий комплекс - кількісні показники технологічності, що показують, наскільки трудомістко виготовляти деталь.

1.2.1 Якісний аналіз

Як якісні показники може розглядатися як технологічність обробки поверхонь деталі, а також технологічність методу отримання заготовки [2].

Деталь «Наконечник» класифікують як тіло обертання. Відповідно до службового призначення поверхонь $\varnothing 37$, $\varnothing 25,6$ і паза шириною 9 мм

висувають підвищені вимоги щодо точності розмірів і шорсткості (за кресленням шорсткість Ra поверхонь становить 5 і 10 мкм відповідно).

Наконечник піддається термообробці для досягнення твердості 241...285 НВ, що може мати вплив на короблення, яке можливе під час нагрівання і охолодження деталі. Термообробку проводять до механічної обробки. Для захисту поверхонь від корозії наконечник піддається фосфатуванню.

«Оброблювані поверхні є простими за конструктивною формою, що дає можливість застосовувати високопродуктивне автоматизоване обладнання. Перепад ступенів деталі незначний, жорсткість деталі забезпечує високу точність обробки, є можливість поєднання технологічних, вимірювальних і конструкторських баз під час виготовлення деталі»[1].

Параметри шорсткості оброблюваних поверхонь відповідають допускам на виготовлення деталі і можливостям застосовуваного технологічного обладнання. Поверхні деталі являють собою циліндри, отвори і паз, що дає змогу обробляти їх стандартним різальним інструментом (різці прохідні, розточувальні, шліфувальні круги, свердла спіральні, фрези) і без особливих зусиль досягати заданої точності.

Заміна матеріалу, можлива, але не доцільна, оскільки використання сталі з нижчим відсотковим вмістом вуглецю не забезпечить деталі необхідну міцність, а використання легованої сталі збільшить матеріальні витрати. Технологічність заготовки характеризується можливістю її одержання найбільш раціональним для даних виробничих умов способом з максимально можливим наближенням її форми і розмірів до форми і розмірів готової деталі за умови забезпечення технологічності подальшої механічної обробки заготовки. У зв'язку з невеликим перепадом діаметрів деталі як заготовку для цієї деталі можна використовувати прокат. Загалом можна констатувати, що за якісними показниками деталь досить технологічна, всі розміри легко контролювати безпосередньо на робочому місці, що також є технологічним.

1.2.2 Кількісний аналіз

Як кількісні показники технологічності розглянемо коефіцієнт використання матеріалу $K_{\text{вм}}$, коефіцієнт точності обробки K_T та коефіцієнт шорсткості поверхні $K_{\text{ш}}$ [2]. Позначаємо поверхні деталі (рис 1.2) і дані для розрахунку технологічності заносимо в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Значення для розрахунку технологічності деталі

Поверхня	Шорсткість поверхні $Ш_i$	Розмір	Квалітет точності T_i	Кількість
1	2	3	4	5
1	20	Торець	14	2
2	20	Фаска 2x45	14	2
3	5	$\text{Ø}37^{-0,16}_{-0,13}$	9	1
4	20	$\text{Ø}9,6^{+0,1}$	14	4
5	20	$R1_{\text{max}}$	14	1
6	20	$\text{Ø}38$	11	1
7	20	Фаска 1x45	14	2
8	20	$\text{Ø}31,5^{+0,17}$	11	1

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5
9	20	$<60^\circ$	14	1
10	10	$\text{Ø}25,6^{+0,14}$	11	1
11	20	$R0,6$	14	2
12	20	Паз 7,5	14	1
13	10	Паз $9\pm 0,1$	13	2

Коефіцієнт точності обробки K_T визначаємо за формулою [3]:

$$K_m = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum (IT_i \cdot n_i)} \quad (1.1)$$

де n_i – кількість оброблених поверхонь відповідного квалітету;

IT_i – квалітет точності обробки.

$$K_T = 1 - \frac{21}{9 \cdot 1 + 11 \cdot 3 + 13 \cdot 2 + 14 \cdot 15} = 0,993.$$

Якщо коефіцієнт точності обробки задовольняє умову $K_T > 0,8$, то деталь технологічна за точністю. Оскільки $K_T = 0,993 > 0,8$, то розглянута деталь є технологічною за точністю.

Коефіцієнт шорсткості поверхні $K_{ш}$ визначається за формулою [3]:

$$K_{ш} = \frac{\sum n_i}{\sum (ш_i \cdot n_i)} \quad (1.2)$$

«де n_i – кількість поверхонь відповідної шорсткості;

$ш_i$ – значення шорсткості поверхні.

$$K_{ш} = \frac{21}{5 \cdot 1 + 10 \cdot 3 + 20 \cdot 17} = 0,056.$$

Якщо коефіцієнт шорсткості поверхні $K_{ш} < 0,32$, то деталь технологічна за шорсткістю поверхні. Оскільки $K_{ш} = 0,056 < 0,32$, то розглянута деталь є технологічною за шорсткістю поверхні.

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу» [3]:

$$K_{BM} = \frac{M_d}{H_p} \quad (1.3)$$

«де M_d – маса деталі, $M_d = 0,345$ кг;

H_p – норма витрати матеріалу [3].

$$H_p = M_3 + T_{п} \quad (1.4)$$

де M_3 – маса заготовки;

$T_{п}$ – технологічні втрати, для прокату $T_{п}$ становлять 4 % »[3].

Маса заготовки:

$$M_3 = V \cdot \rho, \quad (1.5)$$

«де V – об'єм заготовки, см^3 ;

ρ – густина матеріалу, для сталі 45 $\rho = 7,82$ г/см³.

Для отримання заготовки застосовується сортовий прокат – труба 38x8x97 ГОСТ 8734-75/Б45 ГОСТ 8733-94.

Об'єм заготовки:

$$V = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot h = \frac{3,14(3,8^2 - 2,2^2)}{4} \cdot 9,7 = 73,1 \text{ см}^3 \quad (1.6)$$

За формулою (1.5) отримаємо: $M_3 = 73,1 \cdot 7,82 = 571,6 \text{ г} \approx 0,57 \text{ кг}$.

За формулою (1.4) отримаємо: $N_p = 0,57 + 0,57 \cdot 0,04 = 0,59 \text{ кг}$.

За формулою (1.3) отримаємо: $K_{BM} = \frac{0,345}{0,59} = 0,58$.

У процесі перевірки рівня технологічності видно, що ця деталь за кількісними показниками є досить технологічною»[3].

1.3. Визначення типу виробництва

Визначення типу виробництва необхідне для подальшого проектування технологічного процесу, оскільки від типу виробництва залежить форма організації виробництва.

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о}$: $K_{з.о} = 1$ – масове; $1 < K_{з.о} < 10$ – крупносерійне; $10 < K_{з.о} < 20$ – серійне; $K_{з.о} > 20$ – дрібносерійне [4].

Коефіцієнт закріплення операцій - відношення числа всіх різних технологічних операцій (O_i), виконаних або тих, що підлягають виконанню протягом місяця, до числа робочих місць (P_i) [4]:

$$K_{з.о} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i} \quad (1.7)$$

Визначаємо розрахункову кількість верстатів для кожної з операції [4]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш.к.}}{60 \cdot F_o \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (1.8)$$

«де N – річний обсяг випуску деталей, $N = 3000$ шт.;

$T_{ш.к.}$ – штучно-калькуляційний час, хв.;

F_o – дійсний річний фонд часу, год.;

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, $\eta_{з.н.} = 0,75$.

Визначимо дійсний річний фонд часу роботи обладнання на 2025 рік:

- повна кількість днів у році – 365;
- кількість вихідних днів (у зв'язку з воєнним станом святкових днів не враховуємо) – 104;
- кількість передсвяткових днів, скорочених на одну годину – 0;
- кількість робочих днів у році $365 - 104 = 261$;
- кількість робочих годин $261 \cdot 8 = 2088$ год. Оскільки режим роботи двозмінний, то номінальний річний фонд часу роботи обладнання:

$$F_n = 2088 \cdot 2 = 4176 \text{ год.}$$

При роботі у дві зміни втрати від номінального фонду часу становлять 3%. Тому дійсний річний фонд часу дорівнюватиме:

$$F_d = 4176 \cdot 0,97 = 4050 \text{ год.}$$

Далі за кожною операцією встановлюємо прийняте число робочих місць P , заокруглюючи до найближчого більшого цілого числа отримане значення m_p .

Потім знаходимо значення фактичного коефіцієнта завантаження і визначаємо кількість операцій, що виконуються на робочому місці »[4]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}, \quad (1.9)$$

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}. \quad (1.10)$$

Кількість операцій O_i округляємо в менший бік до цілого числа. Якщо $\eta_{з.ф.}$ операції виявляється вищим за нормативний, слід збільшити для цієї операції кількість верстатів.

050 Автоматично-токарна:

$$m_p = \frac{3000 \cdot 8,25}{60 \cdot 3954 \cdot 0,75} = 0,14 \approx 1;$$

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,14}{1} = 0,14;$$

$$O = \frac{0,75}{0,14} = 5;$$

Результати розрахунків за операціями базового технологічного процесу зводимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Визначення типу виробництва

Операція	$T_{ш.к.}, \text{ хв}$	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
050 Автоматично-токарна	8,24	0,15	1	0,14	5
055 Горизонтально-фрезерна	2,23	0,04	1	0,04	18
060 Вертикально-свердлильна	3,14	0,053	1	0,053	14
070 Круглошліфувальна	0,75	0,013	1	0,013	57
Сума	14,36		4		94

За формулою (1.7) визначаємо коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{zo} = \frac{94}{4} = 23,5.$$

Оскільки $K_{z,o} = 23,5 > 20$, то приймаємо тип виробництва - дрібносерійний. Визначаємо такт випуску деталей [4]:

$$t_e = \frac{60 \cdot F_o}{N}, \quad (1.11)$$

«де N – річний обсяг випуску деталей, $N = 3000$ шт.;

F_o – дійсний річний фонд часу, год.

$$t_e = \frac{60 \cdot 3954}{3000} = 79,1 \text{ хв.}$$

Розмір партії деталей розраховуємо за формулою »[4]:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi}, \quad (1.12)$$

«де a – періодичність запуску, дні.;

Φ – кількість робочих днів у році, 261 день.

$$n = \frac{3000 \cdot 12}{261} = 141,2 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n = 150$ шт»[4].

1.4. Вибір і техніко-економічне обґрунтування методу отримання заготовки

На вибір методу отримання заготовки впливають: матеріал деталі, її призначення та технічні вимоги на виготовлення, обсяг і серійність випуску, розміри та конфігурація [5].

Метод отримання заготовки, що забезпечує технологічність виготовлення з неї деталі за мінімальної собівартості, вважається оптимальним. Основна вимога, що пред'являється до методу отримання заготовки, - найбільше наближення форми і розмірів заготовки до форми і розмірів готової деталі. Що менша різниця в розмірах деталі та заготовки, то менша трудомісткість подальшої механообробки [5].

Вихідною базовою заготовкою для виготовлення деталі «Наконечник» є труба 38x8x97 ГОСТ 8734-95. Можливим варіантом заготовки є коло 38x97 ГОСТ 2590.

Розрахуємо вартість заготовки з прокату.

Технологічна собівартість заготовки, отриманої з прокату [5]:

$$C_{т.п.} = M + \sum C_{o.з}, \quad (1.13)$$

«де M – витрати на матеріал заготовки, грн.;

$\sum C_{o.з}$ – технологічна собівартість відрізки заготовки.

$$C_{o.з} = C_{п.з.} \cdot T_{шт}, \quad (1.14)$$

де $C_{п.з.}$ – наведені витрати на робочому місці, грн/год.;

$T_{шт}$ – штучний час виконання заготівельної операції, год.

Наведені витрати на різання заготовок на відрізних верстатах:
 $C_{п.з.} = 3,42$ грн/год. Штучний час $T_{шт} = 0,016$ год.

Тоді технологічна собівартість відрізки заготовки »[5]:

$$\sum C_{o.з} = C_{п.з.} \cdot T_{шт} = 3,42 \cdot 0,016 = 0,055 \text{ грн.} \quad (1.15)$$

Витрати на матеріал визначають за масою прокату, що потрібен на виготовлення деталі, і масою стружки, що здається в лом [5]:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{відх} / 1000, \quad (1.16)$$

«де Q – маса заготовки, кг;

S – ціна 1 кг матеріалу заготовки, грн.;

q – маса готової деталі, кг;

S_{відх} – ціна 1 т відходів, грн.

У нашому варіанті для сталі 45: Q = 0,57 кг, q = 0,345 кг, S = 2,4 грн,
S_{відх} = 119,2 грн.

Тоді витрати на матеріал заготовки становитимуть »[5]:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{\text{відх}} / 1000 = 0,57 \cdot 2,4 - (0,57 - 0,345) \cdot 119,2 / 1000 = 134 \text{ грн.}$$

Таким чином, технологічна собівартість заготовки, отриманої з трубного прокату [5]:

$$C_{\text{т.пр.}} = M + C_{\text{о.з}} = 1,34 + 0,055 = 1395 \text{ грн.} \quad (1.17)$$

Аналогічно розраховуємо вартість заготовки з круглого прокату 38x97 ГОСТ 2590. Отримані дані заносимо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахунок собівартості заготовки

Показник	Значення	
	<i>Труба 38x8x97</i>	<i>Круг 38x97</i>
Вид заготовки	<i>Труба 38x8x97</i>	<i>Круг 38x97</i>
Маса заготовки, кг	0,57	0,9
Вартість 1 кг матеріалу заготовки S, грн.	24	76
Вартість 1 т стружки, S _{відх} , грн.	119,2	119,2
Собівартість відрізання заготовки, грн.	0,055	0,15
Вартість однієї заготовки, грн.	135	167
Річний економічний ефект, грн.	82500	

Отже, застосовуємо базовий варіант отримання заготовки з трубного прокату.

1.5. Аналіз базового технологічного процесу

Для оцінки базового варіанту технологічного процесу необхідно здійснити його ретельний аналіз, результати якого будуть передумовою для

розробки нового варіанту технології. Аналіз проводиться з точки зору забезпечення заданої якості виробу і продуктивності обробки. Він базується на оцінці кількісних і якісних показників, як окремих технологічних операцій, так і процесу в цілому .

Предметом аналізу є технологічний процес виготовлення розглянутої деталі на підприємстві. Технологічний процес складається з чотирьох операцій механічної обробки. Виробництво дрібносерійне, річний обсяг випуску - 3000 штук.

Технологічний процес складається з таких операцій механічної обробки:

050 Автоматично-токарна, верстат 1Б240-8К;

055 Горизонтально-фрезерна, верстат 6Н81Г;

060 Вертикально-свердлильна, верстат 2Н135;

070 Круглошліфувальна, верстат 3Б151.

Прийняту в цьому варіанті технологічного процесу загальну послідовність обробки вважаємо доцільною, оскільки при цьому дотримуються принципи поступовості формування властивостей оброблюваної деталі. Аналіз наведених даних показує, що використовувані верстати за габаритними розмірами оброблюваної заготовки, точності, що досягається, і шорсткості відповідають необхідним умовам обробки.

Метод отримання заготовки для серійного виробництва із сортового прокату є досить раціональним, забезпечує високу стабільність технологічного процесу і якість, оскільки деталь має невеликі перепади діаметрів. Базовий технологічний процес характеризується правильністю вибору чорнових, чистових і проміжних баз на операціях технологічного процесу, дотриманням принципу єдності технологічних баз [5].

У технологічному процесі застосовані швидкодіючі вимірювальні інструменти (універсальні та спеціальні). Точність вимірювання досить висока (похибка вимірювання не перевищує 30% допуску на розмір). Оснащеність вимірювальними засобами операцій обробки хороша.

У технологічному процесі застосовується стандартний покупний інструмент, що прискорює технологічну підготовку виробництва і зменшує витрати на нього, а також швидкорізальні матеріали. Обробка ведеться із застосуванням МОР, що дає змогу вести її з високими швидкостями різання і збереженням оптимальних періодів стійкості інструменту.

Запропонуємо такі удосконалення базового технологічного процесу: об'єднаємо операції 050 і 070 в одну операцію, виконувану на верстаті з числовим програмним управлінням. Це дасть змогу скоротити трудомісткість виготовлення деталі та поліпшити умови роботи виконавця операції.

Вдосконалений варіант технологічного процесу механічної обробки деталі має такий вигляд:

005 Токарна с ЧПУ, верстат УТ-200;

010 Горизонтально-фрезерна, верстат 6Н81Г;

015 Вертикально-свердлильна, верстат 2Н135.

1.6 Нормування технологічного процесу виготовлення деталі

У серійному виробництві норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою [6]:

$$T_{ш.к.} = \frac{T_{н.з.}}{n} + T_{шт} \quad 1.18$$

де $T_{н.з.}$ – підготовчо-завершальний час, хв;

n – кількість деталей у партії, $n = 150$ шт. (згідно п.1.3);

$T_{шт}$ – штучний час;

$$T_{шт} = T_o + T_в + T_{об} + T_{від}, \quad (1.19)$$

«де T_o – основний час, хв;

$T_{від}$ – час перерв на відпочинок та особисті потреби, хв;

$T_в$ – допоміжний час, хв;

$T_{об}$ – час на обслуговування робочого місця, хв.

Допоміжний час складається з» [6]:

$$T_{\epsilon} = T_{yc} + T_{z.o.} + T_{yn} + T_{вим}, \quad (1.20)$$

«де T_{yc} – час на встановлення і зняття деталі, хв;

$T_{z.o.}$ – час на закріплення і відкріплення деталі, хв;

T_{yn} – час на прийоми управління обладнанням, хв;

$T_{вим}$ – час на вимірювання деталі, хв.»[6].

Розрахуємо норму штучно-калькуляційного часу для операції «010 Горизонтально-фрезерна», виконуваної на горизонтально-фрезерному верстаті мод. 6Н81Г. Виробництво дрібносерійне. Маса деталі $m = 0,345$ кг. Деталь встановлюється в спеціальний затискний пристрій, 100% деталей контролюється шаблоном. Основний (машинний) час $T_o = 2,0$ хв.

Визначаємо час на встановлення і зняття деталі, на закріплення і відкріплення деталі. Зміст роботи: узяти деталь, установити в пристосуванні, закріпити, відкріпити, зняти деталь і відкласти [6]:

$$T_{y.c} + T_{z.o} = 0,06 \text{ хв.}$$

Час на прийоми керування верстатом [6]:

- увімкнути і вимкнути верстат (кнопкою) - 0,01 хв.;

- підвести і відвести фрезу до деталі.

$$T_{y.n} = 0,01 + 0,02 \cdot 2 = 0,05 \text{ хв.}$$

Час на вимірювання шаблоном – $T_{вим} = 0,04$ хв.

Допоміжний час визначаємо за формулою (1.20):

$$T_{\epsilon} = 0,06 + 0,05 + 0,04 = 0,15 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця ($T_{об}$), на відпочинок та особисті потреби ($T_{від}$) у серійному виробництві окремо не визначаються і становлять 8% від оперативного часу ($T_{он}$).

$$T_{он} = T_o + T_{\epsilon} = 2 + 0,15 = 2,15 \text{ хв.}$$

$$T_{об. від.} = 0,08 \cdot T_{он} = 0,08 \cdot 2,15 = 0,172 \text{ хв.}$$

$$T_{ум} = T_o + T_{\epsilon} + T_{об. від.} = 2 + 0,15 + 0,172 = 2,322 \text{ хв.}$$

Склад підготовчо-заключного часу ($T_{n.з}$): установлення пристосування з кріпленням чотирма болтами - 8 хв; установлення фрези - 2 хв; одержання

інструменту і пристосувань до початку роботи і повернення їх після завершення роботи - 7 хв.

Тоді за формулою (1.20) отримуємо:

$$T_{ш.к.} = 2,322 + \frac{17}{150} = 2,44 \text{ хв.}$$

Значення технічних норм часу за операціями наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Розрахунок технічної норми часу

Операція	T _о , хв	T _в , хв			T _{оп} , хв	T _{об.від.} , хв	T _{шт} , хв	T _{пз} , хв	n	T _{ш.-к} , хв
		T _{ус} + T _{зо}	T _{уп}	T _{вим}						
005 Токарна з ЧПУ	3,95	0,14	0,06	0,22	4,37	0,35	4,72	12	150	4,8
010 Горизонтально-фрезерна	2	0,06	0,05	0,04	2,15	0,172	2,322	17		2,44
015 Вертикально-свердлильна	2,52	0,22	0,18	0,3	3,22	0,26	3,48	7		3,53

1.7. Вибір обладнання та розрахунок його кількості

«Правильний вибір обладнання визначає його раціональне використання. Під час вибору верстатів для розробленого технологічного процесу цей фактор враховується таким чином, щоб виключити їхні простой. Для кожного верстата в технологічному процесі мають бути підраховані коефіцієнт завантаження обладнання, коефіцієнт використання обладнання за основним часом і коефіцієнт використання обладнання за потужністю» [7].

Визначаємо розрахункову кількість верстатів для кожної операції [7]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш.к.}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (1.21)$$

«де N – річний обсяг випуску деталей, N = 3000 шт.;

T_{ш.к.} – штучно-калькуляційний час, хв.;

F_d – дійсний річний фонд часу, год, F_d = 3954 при двозмінному режимі роботи;

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, $\eta_{з.н.} = 0,75$.

Далі за кожною операцією встановлюємо прийняте число верстатів $m_{пр}$, округлюючи до найближчого більшого цілого числа отримане значення m_p .

Коефіцієнт завантаження верстата визначається як співвідношення
»[7]:

$$\eta_з = \frac{m_p}{m_{пр}} \cdot 100\% \quad (1.22)$$

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом визначається
[7]:

$$\eta_о = \frac{t_о}{t_{ш.к.}} \cdot 100\% \quad (1.23)$$

Робимо розрахунок для операції «005 Токарна з ЧПУ»:

$$m_p = \frac{3000 \cdot 4,8}{60 \cdot 3954 \cdot 0,75} = 0,081;$$

$$\eta_з = \frac{0,081}{1} \cdot 100\% = 8,1\%;$$

$$\eta_о = \frac{3,95}{4,8} \cdot 100\% = 82,3\%.$$

Для інших операцій розрахунок проводимо аналогічно і заносимо значення розрахункової кількості верстатів, прийнятої кількості верстатів і коефіцієнти завантаження та використання за основним часом у таблицю 1.7.

Таблиця 1.7 – Розрахунок необхідної кількості обладнання

№ операції	$T_о$, хв.	$T_{ш.к.}$, хв.	m_p	$m_{пр}$	$\eta_з, \%$	$\eta_о, \%$
005 Токарна з ЧПУ	3,95	4,8	0,081	1	8,1	82,3
010 Горизонтально-фрезерна	2	2,44	0,04	1	4	82
015 Вертикально-свердлильна	2,52	3,53	0,042	1	4,2	71,4
Σ	8,47	10,77		3	16,3	235,7

Верстати залишаються недовантаженими, що в умовах реального виробництва неприпустимо, тому на виробництві їх довантажують іншими однотипними деталями.

Для наочності оцінки техніко-економічної ефективності розробленого техніко-економічного процесу побудуємо діаграми: завантаження устаткування (рисунок 1.3) і використання устаткування за основним часом (рисунок 1.4).

Визначимо середнє значення коефіцієнтів для всього технологічного процесу [7]:

$$\eta_{зср} = \sum \eta_{zi} / \sum m_{npi} = 16,3/3 = 5,4 \%;$$

$$\eta_{оср} = \sum \eta_{oi} / \sum m_{npi} = 235,7/3 = 78,6 \%.$$

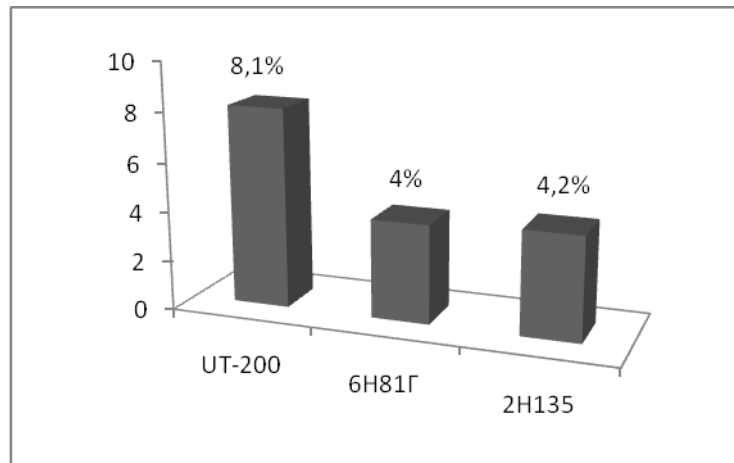


Рисунок 1.3 Графік завантаження обладнання

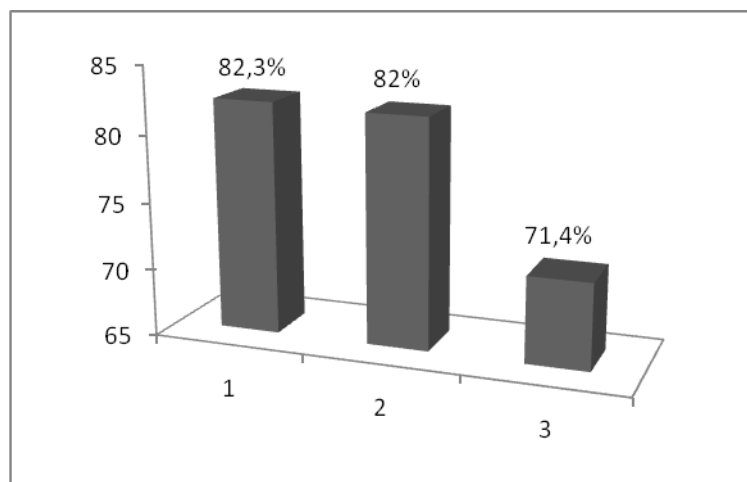


Рисунок 1.4 Графік використання обладнання за основним часом

1.8. Техніко-економічне обґрунтування розробленого технологічного процесу

Техніко-економічне обґрунтування розробленого варіанта технологічного процесу полягає в розрахунку економічної ефективності змінених операцій, тобто потрібно визначити мінімум приведених витрат на одиницю продукції на цих операціях [7].

Наведені витрати можуть бути визначені у вигляді питомих величин на 1 годину роботи обладнання. Як собівартість розглядається технологічна собівартість, яка включає статті витрат, що змінюються за варіантами.

Погодинні витрати [7]:

$$C_{\text{пог.}} = C_3 + C_{\text{г.в.}} + E_{\text{н.}} \cdot (K_{\text{с.}} + K_3), \quad (1.24)$$

«де C_3 – основна та додаткова заробітна плата з нарахуваннями, грн/год.;

$C_{\text{г.в.}}$ – годинні витрати з експлуатації робочого місця, грн/год.;

$E_{\text{н.}}$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень, ($E_{\text{н.}} = 0,15$) [7];

$K_{\text{с.}}$, K_3 – питомі годинні капітальні вкладення у верстат і будівлю відповідно, грн/год.

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями та врахуванням багатOVERстатного обслуговування розраховується за формулою »[7]:

$$C_3 = C_{\text{год.}} \cdot K_{\text{д.}} \cdot K_{\text{н.}} \cdot K_6, \quad (1.25)$$

де $C_{\text{год.}}$ – годинна тарифна ставка верстатника відповідного розряду, грн/год;

$K_{\text{д.}}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату, нарахування, $K_{\text{д.}} = 1,53$ [7];

$K_{\text{н.}}$ – коефіцієнт, що враховує заробітну плату наладчика. У серійному виробництві – $K_{\text{н.}} = 1,1$ [7].

K_6 – коефіцієнт, що враховує оплату робітника при багатOVERстатному обслуговуванні [7].

Годинні витрати на експлуатацію робочого місця [7]:

$$C_{\text{г.з.}} = C_{\text{ч.з.}}^{\text{б.п.}} \cdot k_{\text{м.}}, \quad (1.26)$$

«де $C_{г.з}^{б.п}$ – практичні годинні витрати на базовому робочому місці, грн/год;
(для серійного виробництва і роботи у дві зміни $C_{г.з}^{б.п} = 3,46$ грн/год);

k_m – коефіцієнт, що показує, у скільки разів витрати, пов'язані з роботою цього верстата, більші за аналогічні витрати базового верстата »[7].

Капітальні вкладення у верстат [7]:

$$K_c = Ц / (F_d \cdot \eta_{з.м.}), \quad (1.27)$$

де Ц – балансова вартість верстату, грн.

$$Ц = 1,1 \cdot P,$$

Де P – Ціна верстату, грн;

1,1 – коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування і монтаж верстата;

F_d – дійсний річний фонд роботи верстата, год;

$\eta_{з.м.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, $\eta_{з.м.} = 0,75$.

Капітальні вкладення в будівлю [7]:

$$K_3 = F \cdot K_{пл.} / (F_d \cdot \eta_{з.м.}), \quad (1.28)$$

«де F – виробнича площа, яку займає верстат з урахуванням проходів, m^2 .

$$F = f \cdot k_f, \quad m^2 \quad (1.29)$$

Де f – площа верстата в плані, m^2 ;

k_f – коефіцієнт, що враховує додаткову виробничу площу проходів, проїздів;

$K_{пл.}$ – вартість $1m^2$ виробничої площі, приймаємо $K_{пл.} = 190,42$ грн.

Технологічна собівартість операції механічної обробки» [7]:

$$C_o = C_{п.з} \cdot T_{шт.к.} / (60 \cdot k_v), \quad (1.30)$$

де $T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час на операцію, хв.;

k_v – коефіцієнт виконання норм, $k_v = 1,3$ [7].

Результати розрахунків технологічної собівартості за різних методів отримання заготовки зводимо в таблицю 1.8.

Таблиця 1.8 – Розрахунок технологічної собівартості деталі за вартістю заготовки та операціями механічної обробки

Найменування позиції	Варіанти	
	Базовий	Проектний
1	2	3
Технологічні операції які відрізняються		
Операція 005	–	токарний з ЧПУ мод. УТ-200
Вартість обробки, грн	–	1,28
Операція 050	токарна обробка на токарному напівавтоматі мод. 1Б240П-8К	–
Вартість обробки, грн	1,91	–
Операція 070	шліфування поверхні діаметром 37 мм на круглошліфувальному	–
Вартість обробки, грн	0,15	–
Технологічна собівартість	2,06	1,28

Величина наведеної річної економії:

$$E = (20,06 - 10,28) \cdot 3000 = 23400 \text{ грн.}$$

1.9. Уточнення типу виробництва та визначення його організаційної форми

Тип виробництва відповідно характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о.}$, що показує число різних операцій закріплених по ділянці за кожним робочим місцем протягом місяця.

Коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о.}$ розраховуємо за формулою [7]:

$$K_{з.о.} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P} \quad (1.31)$$

«де ΣO – сумарне число різних операцій;

ΣP – кількість робочих місць в одній зміні.

Число однотипних операцій O , що виконуються на робочому місці, визначаємо за формулою [7] і округляємо в менший бік до цілого числа:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}, \quad (1.32)$$

Де $\eta_{з.н.}$ — нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, дорівнює 0,75;

$\eta_{з.ф.}$ — розрахунковий коефіцієнт завантаження обладнання за цією операцією, дорівнює» [7]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}, \quad (1.33)$$

де m_p — розрахункова кількість верстатів для даної операції (п. 1.7);

P — прийнята кількість робочих місць, отримана округленням до найближчого більшого цілого числа отриманого значення m_p (п. 1.7).

Розраховуємо $\eta_{з.ф.}$ та O для операції «005Токарна з ЧПУ»:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,081}{1} = 0,081; O = \frac{0,75}{0,081} = 9,3.$$

Для інших операцій розрахунок проводимо аналогічно і заносимо значення в таблицю 1.9.

Таблиця 1.9 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операції

№ операції	$T_{ш.к.}$, хв.	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
005 Токарна з ЧПУ	4,8	0,081	1	0,081	9
010 Горизонтально-фрезерна	2,44	0,04	1	0,04	18
015 Вертикально-свердлильна	3,53	0,042	1	0,042	17
Σ	10,77		3		44

За формулою (1.31) маємо:

$$K_{з.о.} = \frac{44}{3} = 14,7.$$

Оскільки $10 \leq K_{з.о.} = 14,7 \leq 20$, то тип виробництва приймаємо середньосерійним. Зміна типу виробництва відбулася через уніфікацію операцій, отже, зменшенням робочих місць з чотирьох до трьох [7].

Вибір форми організації технологічного процесу здійснюється на підставі порівняння заданого добового випуску виробів N_C і розрахункової добової продуктивності потокової лінії Q_C за тризмінного режиму роботи. Якщо $N_C < Q_C$, то застосування потокової форми організації технологічного процесу недоцільне .

Добовий випуск виробів визначається за формулою [7]:

$$N_C = \frac{N_{\Gamma}}{220} = \frac{3000}{255} = 12 \text{ шт}, \quad (1.34)$$

де 255 – кількість робочих днів у році.

Добова продуктивність потокової лінії визначається за формулою [7]:

$$Q_C = \frac{0,6 \cdot F_C}{T_{CP}}, \quad (1.35)$$

де F_C – добовий фонд часу роботи обладнання, хв, за тризмінного режиму роботи $F_C = 960$ хв;

T_{CP} – середня трудомісткість основних операцій, хв.

$$T_{CP} = \frac{\Sigma T_{ш.к.}}{P} = \frac{10,77}{3} = 3,59 \text{ хв.}$$

$$Q_C = \frac{0,6 \cdot 960}{3,59} = 160 \text{ шт.}$$

Оскільки $N_C < Q_C$, то вибираємо групову форму організації виробництва.

Висновки. Якісний та кількісний аналіз конструкції деталі показали, що деталь є технологічною. Оброблювані поверхні є простими за конструктивною формою, що дає можливість застосовувати високопродуктивне автоматизоване обладнання, всі розміри легко контролювати безпосередньо на робочому місці, що також є технологічним. Методом обрахунку коефіцієнту закріплення операції визначено тип виробництва – дрібносерійний. Обраховано економічну доцільність зміни методу отримання заготовки. Заготовку отримуємо з трубного прокату. Проаналізовано базовий технологічний процес на предмет можливості вдосконалення. Запропоновано такі удосконалення: об'єднаємо операції 050 і 070 в одну операцію, виконувану на верстаті з числовим програмним управлінням. Це дасть змогу скоротити трудомісткість виготовлення деталі та поліпшити умови роботи виконавця операції. Проведено нормування технологічного процесу та на основі коефіцієнту завантаження обладнання за основним часом і коефіцієнтом використання обладнання за потужністю обрано необхідну кількість верстатів.

Вибір форми організації технологічного процесу здійснювали на підставі порівняння заданого добового випуску виробів і розрахункової

добової продуктивності потокової лінії за тризмінного режиму роботи. Згідно обрахунків вибираємо групову форму організації виробництва.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

2.1. Проектування верстатного пристрою

2.1.1 Призначення і принцип роботи

На операції «005 Токарна з ЧПУ» застосовуємо трикулачковий патрон (рисунок 2.1). Такі патрони виготовляють із двома або трьома ексцентриковими кулачками з насічкою, які на початку обробки під дією сил різання затискають оброблювану деталь, встановлену в центрах верстата, і передають їй крутний момент від шпинделя верстата. Рівномірний затиск деталі всіма кулачками забезпечується тим, що застосовують плаваючі кулачки або кулачки з незалежним переміщенням. Самозатискні повідкові патрони дають змогу встановлювати кулачки на різний розмір оброблюваної деталі [8].

Деталь закріплюється по необробленій поверхні з одночасним центруванням центром 8. Тиском деталі центр 8 утоплюється і забезпечує дотикання торця деталі до упору в базову поверхню втулки 14. Планшайбу 6 патрона встановлюють конічним отвором на шпиндель верстата і кріплять стяжками 7 до планшайби. Фланець 1 патрона з'єднаний із планшайбою гвинтами 9. Кулачки 3 закріплюють у патроні гвинтами 4. Для одночасного затискання деталі двома кулачками фланець 1 може переміщатися відносно планшайби 6 у напрямку його пазів і пружиною повертається в початкове положення.

У момент увімкнення верстата шпиндель із патроном починають обертатися, і кулачки 3 під дією відцентрових сил від противаг миттєво провертаються на пальцях, попередньо затискають деталь і попереджають її від провертання на початку різання від складових сил різання. Після обробки

деталі верстат вимикається, шпиндель не зупиняється, кулачки 3 штовхачами під дією пружин повертаються на пальцях у вихідне положення і деталь віджимається.

Застосування цього патрона зумовлене тим, що верстат, на якому встановлюється патрон, у процесі виробництва довантажується іншими деталями.

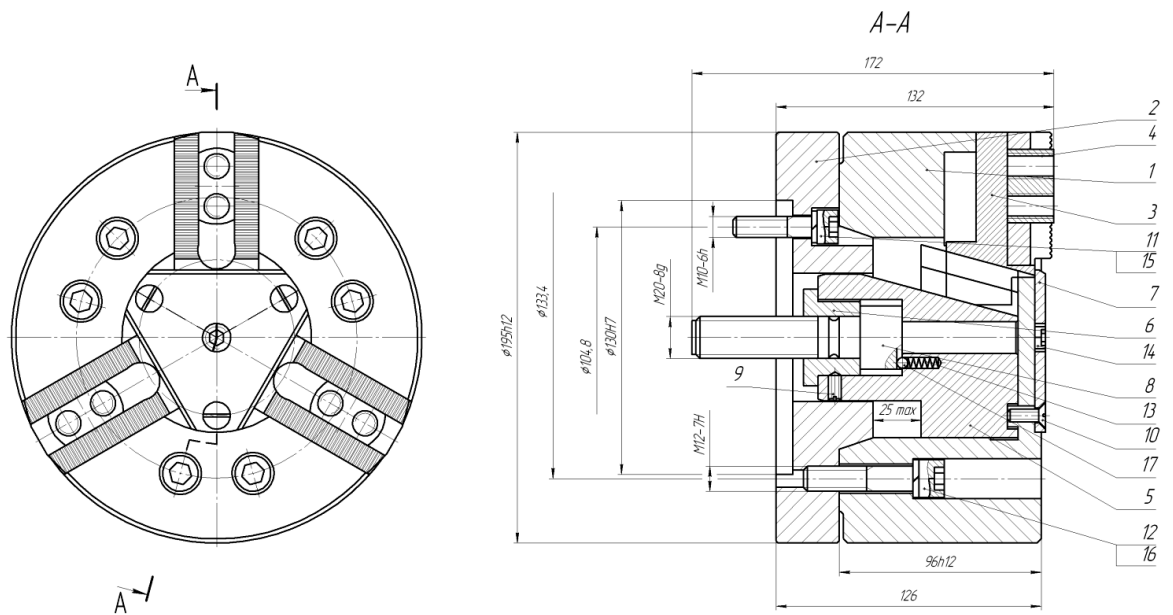


Рисунок 2.1 Патрон трьохкулачковий

2.1.2 Розрахунок пристрою на точність

Під час розрахунку на точність сумарна похибка під час обробки деталі не повинна перевищувати величини допуску T розміру.

Сумарна похибка залежить від низки чинників і в загальному випадку точність пристосування розраховується за формулою [8]:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T - K_{T1} \cdot \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_I^2 + \varepsilon_{III}^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2} \quad (2.1)$$

«де T – допуск виконуваного розміру, мм;

ε_{δ} – похибка базування;

$\varepsilon_{\delta} = 0$, мм оскільки деталь закріплюється в центрах;

ε_3 – похибка закріплення, $\varepsilon_3 = 0$ мм при закріпленні заготовки в центрах;

ε_y – похибка встановлення пристосування на верстаті, $\varepsilon_y = 0,025$ мм, оскільки патрон встановлюється в шпиндель із конусом Морзе №6;

ε_1 – похибка положення деталі через зношування установочних елементів пристосування, $\varepsilon_1 = 0,014$ мм;

$\varepsilon_{\text{пі}}$ – похибка зміщення ріжучого інструменту, $\varepsilon_{\text{пі}} = 0$ мм, оскільки відсутні напрямні елементи в пристосуванні;

K_{T1} – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу, $K_{T1} = 0,8$;

ω – економічна точність обробки;

k_{T1} – коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування на налаштованих верстатах, $k_{T1} = 1$;

k_{T2} – коефіцієнт, що враховує частку похибки оброблення в сумарній похибці, спричиненій факторами, які не залежать від пристосування, $k_{T2} = 0,6$;

Підставляючи у формулу значення всіх похибок, отримаємо таку похибку пристрою» [8]:

$$\omega_{\text{пр}} = 0,12 \cdot 1 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0,025^2 + 0,014^2 + (0,6 \cdot 0,074)^2} = 0,021 \text{ мм.}$$

2.1.3 Розрахунок зусилля затиску заготовки

Розглянемо дію двох сил різання P_x та P_z на оброблювану деталь затиснуту в трикулачковому патроні верстату (рисунок 2.2).

Сила різання P_z створює момент який прагне повернути деталь навколо її осі, а сила P_x перемістити оброблювану деталь уздовж її осі [8]:

$$M_{\text{піз}} = P_z \cdot r_1, \quad (2.2)$$

Сумарна сила затиску оброблюваної деталі трьома кулачками патрона буде рівною [8]:

$$Q_{\text{сум}} \cdot f \cdot r = M_{\text{піз}} \cdot k = k \cdot P_z \cdot r, \quad (2.3)$$

Звідси

$$Q_{\text{сум}} = \frac{k \cdot P_{z1}}{f}, \quad (2.4)$$

де k – коефіцієнт запасу, $k = 1,8$ [8];

$M_{\text{різ}}$ – момент від сили різання P_z , Н·м;

f – коефіцієнт тертя між поверхнями деталі та кулачками патрона, $f = 0,5$;

P_x, P_z – складові сили різання, Н.

Силу різання P_z визначаємо за формулою [8]:

$$P_z = P_{\text{зтабл}} \cdot K_1 \cdot K_2 = 100 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 132 \text{ Н},$$

«де K_1 – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу $K_1 = 1,2$ [8];

K_2 – коефіцієнт, що залежить від швидкості різання і переднього кута, $K_2 = 1,1$ [8];

$P_{\text{зтабл}}$ – табличне значення сили різання, для глибини різання 1,8 мм, подачі $S_0 = 0,15$ мм/об, конструкційної сталі інтерполяванням отримуємо $P_{\text{зтабл}} = 100$ Н [8].

$$P_x = 0,4P_z = 0,4 \cdot 132 = 52,8 \text{ Н}.$$

Тоді за формулою (2.4), отримаємо

$$Q_{\text{сум}} = \frac{1,8 \cdot 132}{0,5} = 475,2 \text{ Н}.$$

Сила затиску деталі одним кулачком патрона »[8]:

$$Q = Q_{\text{сум}} / z = 475,2 / 3 = 158,4 \text{ Н}, \quad (2.5)$$

де z – кількість кулачків патрона.

Величину $Q_{\text{сум}}$ перевіряємо на можливість поздовжнього зсуву оброблюваної деталі силою P_x за формулою [8]:

$$Q_{\text{сум}} f \geq k \cdot P_x, \quad (2.6)$$

Звідси

$$Q_{\text{сум}} \geq k \cdot P_x / f. \quad (2.7)$$

Маємо $475,2 > 1,8 \cdot 52,8 / 0,5 = 190,1$ Н, умова виконується.

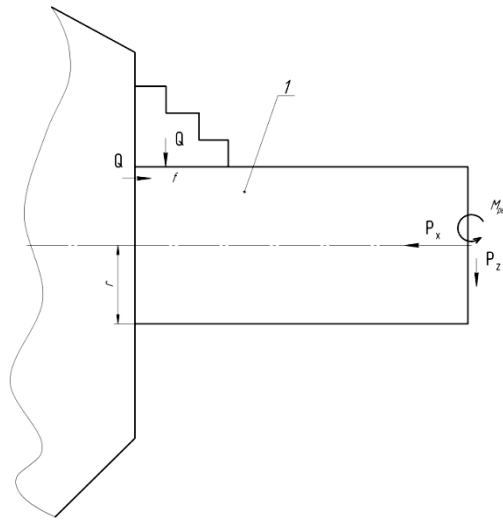


Рисунок 2.2 Схема впливу сил різання і сил затиску на деталь

2.1.4 Розрахунок пристрою на міцність

Розрахунок на міцність проведемо на прикладі гвинтів, що встановлюються із зазором. Кількість гвинтів - 3 шт, Діаметр центрів гвинтів $D_0 = 38$ мм. Гвинти сприймають крутний момент $M_{кр}$, що виникає від сили різання P_z :

$$M_{різ} = P_z \cdot r_1 = 132 \cdot 19 = 2508 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$

Зусилля, що припадає на один гвинт [9]:

$$F = \frac{2 \cdot M_{кр}}{D_0 \cdot Z} = \frac{2 \cdot 2508}{38 \cdot 3} = 44 \text{ Н,} \quad (2.8)$$

Визначаємо внутрішній діаметр гвинта з умови міцності на зріз [9]:

$$D_1 = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 4 \cdot F}{\pi \cdot f \cdot [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 44}{3,14 \cdot 0,35 \cdot 542}} = 0,5 \text{ мм,} \quad (2.9)$$

де $F = 44$ Н – зусилля, що припадає на один гвинт;

$f = 0,35$ – коефіцієнт тертя в стику між фланцем і планшайбою;

$[\sigma_p]$ – допустимий натяг на розрив [9]:

$$[\sigma_p] = \sigma_T / [S], \quad (2.10)$$

де $[S] = 1,2$ – коефіцієнт запасу міцності;

$[\sigma_T] = 650$ МПа – межа плинності для гвинта.

$$[\sigma_p] = \frac{650}{1,2} = 542 \text{ МПа.}$$

По ГОСТ 9150-2002 обираємо гвинт із найближчим більшим внутрішнім діаметром, що відповідає гвинту М1.

Оскільки в патроні встановлено гвинти М6, то можна зробити висновок, що патрон має достатню міцність.

2.2 Проектування і розрахунок конструкції контрольно-вимірювального пристрою

2.2.1 Призначення і принцип роботи пристрою

Для контролю допуску перпендикулярності та допуску перетину осей отворів на операції «015 Вертикально-свердлильна» застосовуємо спеціальний контрольний пристрій. Похибка вимірювання допускається в межах 8...30% поля допуску на контрольований об'єкт.

Базовою деталлю пристосування (рисунок 2.3) є плита 1, встановлена на чотирьох ніжках 25. До плити 1 за допомогою двох гвинтів 23 і двох штифтів 24 кріпиться стійка 9. До корпусу двома гвинтами 22 і двома штифтами 24 кріпиться призма 7. У стійку 9 вставлено палець 8, який від переміщення закріплено штифтом 24. В отвір стійки 9 вставляється передача 26 з індикатором 27. Передача 26 закріплюється в стійці 9 гвинтом 21.

До роботи на пристосуванні контрольному допускаються особи, які пройшли медичний огляд, інструктажі з охорони праці, вивчили конструкцію і принцип роботи пристосування, пройшли навчання і перевірку знань.

Контроль допуску перпендикулярності отворів відносно поверхні А і допуску перетину осей отворів здійснюємо в такій послідовності:

а) встановити контрольований виріб на палець 8 контрольного пристрою;

б) установити оправки 2, 3, 4, 5, 6 в отвір виробу так, щоб шийка оправки лежала на призмі поз.7;

в) Штифт передачі 26 перебуває в контактi з поверхнею шийки оправки 2, 3, 4, 5, 6, що утворює шийку;

г) iндикатор 27 ввести в контакт по черзі з утворювальними поверхнями отвору В;

д) вирiб вважати придатним за ТВ (допуск перпендикулярностi 0,1 мм вiдносно поверхнi А), якщо пiд час розвороту виробу на 180° розмах показань стрiлки iндикатора 27 буде не бiльше 0,43 мм, за ТВ (допуск перетину осей отворiв 0,1 мм), якщо пiд час розвороту виробу на 180° розмах показань стрiлки iндикатора буде не бiльше 0,22 мм.

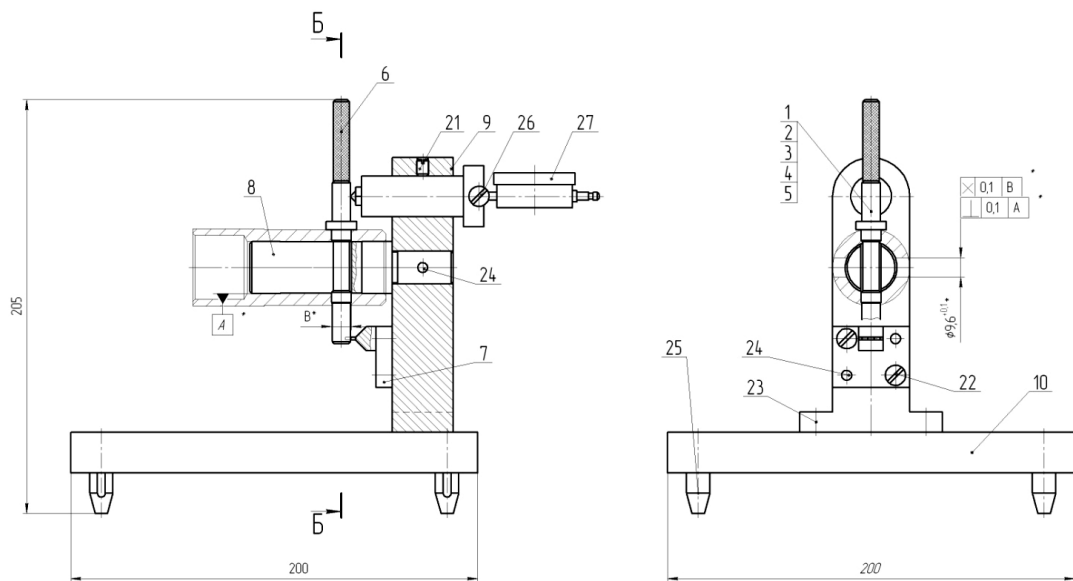


Рисунок 2.3 Пристрiй контрольний

Пристосування має бути чистим, посадочнi мiсця мають бути без забоiн, вм'ятин i корозii. Пiд час зберiгання i транспортування пристосування не допускається його пошкодження. Зберiгатися пристосування має на стелажi.

2.2.2 Розрахунок пристосування на точнiсть

Розрахунок контрольного пристосування $\varepsilon_{ГП}$ на точнiсть зводиться до визначення паралельностi наконечника iндикатора i площини основи iндикаторної стiйки.

Визначаємо похибку базування $\varepsilon_{\theta} = 0$ [9].

Визначаємо похибку закріплення $\varepsilon_3 = 0$ [9].

Визначаємо похибку Δ_{cn} , що виникає внаслідок нерівномірності припуску, неоднорідності заготовки, жорсткості, похибки форми заготовки. Приймаємо $\Delta_{cn} = 0,018$ мм [9]. Похибку налаштування верстата приймаємо $\Delta_n = 0,012$ мм [9] як для чистової обробки.

Похибка зміщення інструменту і встановлення пристосування на стіл верстата, похибка зносу настановних елементів дорівнюють 0.

Похибка виготовлення пристосування ε_{np} для забезпечення розміру деталі:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \Delta_{cn}^2 + \Delta_n^2 + \Delta_y^2 + \Delta_{cm}^2 + \Delta_u^2} = \sqrt{0 + 0 + 18^2 + 12^2 + 0} = 22 \text{ мкм}$$

Таким чином, допуск виготовлення пристосування щодо забезпечення паралельності осі індикатора і площини основи індикаторної стійки дорівнює 22 мкм.

Похибка вимірювання допускається в межах 8...30 % поля допуску на контрольований об'єкт. У нашому випадку допуск перпендикулярності та допуск перетину отворів $\delta_{\text{трєб}} = 0,1$ мм. Таким чином, аналіз пристосування на точність показує відповідність похибки вимогам, оскільки $\delta = 0,022$ мм, що становить 22 % поля допуску на контрольований параметр.

Висновки. Розроблено верстатний та контрольний пристрої, проведено розрахунки на точність, визначено силу необхідну для затиску заготовки. Контрольний пристрій дозволяє скоротити час на вимірювання деталі на 0,2 хв.

РОЗДІЛ 3

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМ САПР

3.1. Автоматизоване проектування технологічного процесу

«Технологічною підготовкою виробництва (ТПВ) називаються сукупність взаємопов'язаних процесів на підприємстві, що забезпечують технологічну готовність до випуску виробів у встановлені строки заданої якості та в необхідному обсязі за витрат, які не перевищують певного рівня. Результатом ТПВ є комплекс технологічних процесів виготовлення деталей, складальних одиниць і виробів загалом, представлений у вигляді технологічної документації та засобів технологічного оснащення, наявність яких є необхідною умовою забезпечення випуску виробів у заданому обсязі і створеними техніко-економічними показниками» [10].

Вирішення завдань технологічної підготовки виробництва немислиме без організації єдиного інформаційного простору підприємства. Це необхідно для того, щоб усі інструменти технологічного проектування могли впевнено спиратися на всю необхідну довідкову інформацію і реальні дані, отримані в результаті конструкторського проектування [10].

T-FLEX-технологія - це повнофункціональна система, призначена для автоматизації технологічної підготовки виробництва, що має гнучкі сучасні засоби розроблення технологічних проектів будь-якої складності. При використанні системи T-FLEX-технологія досягаються такі результати [10]:

- підвищення продуктивності праці технолога;
- зменшення кількості помилок під час проектування;
- підвищення якості роботи технолога;
- скорочення термінів технологічної підготовки виробництва;
- підвищення оперативності отримання актуальної інформації зі спроектованих технологічних процесів;
- скорочення термінів і витрат на адаптацію молодих фахівців до конкретних умов підприємства;
- накопичення і застосування бази знань підприємства з технологічного проектування нових виробів;
- організація єдиного інформаційно-довідкового простору для технологів і конструкторів, а також служб управління виробництвом;

- поліпшення контролю за виконавською діяльністю;
- зменшення трудомісткості робіт, що проводяться в рамках заходів системи менеджменту якості;
- підвищення точності інформації, використовуваної під час нормування та калькуляції витрат.

Розробимо технологічну документацію обробки розглянутої деталі «Наконечник» з використанням T-FLEX-технології:

1. Заходимо в програму, додаємо вихідну деталь для подальшого процесу обробки.

2. Починаємо створювати технологічний процес. Додаємо першу операцію, у нашому випадку - токарна з ЧПУ. Заповнюємо всі необхідні дані за цією операцією (рисунок 3.1).

3. Обираємо обладнання для обробки деталі (рисунок 3.2), пристосування (рисунок 3.3), різальний (рисунок 4.4) та вимірювальний інструменти (рисунок 3.5) для цієї операції технологічного процесу.

Рисунок 3.1 Внесення відомостей щодо операції технологічного процесу

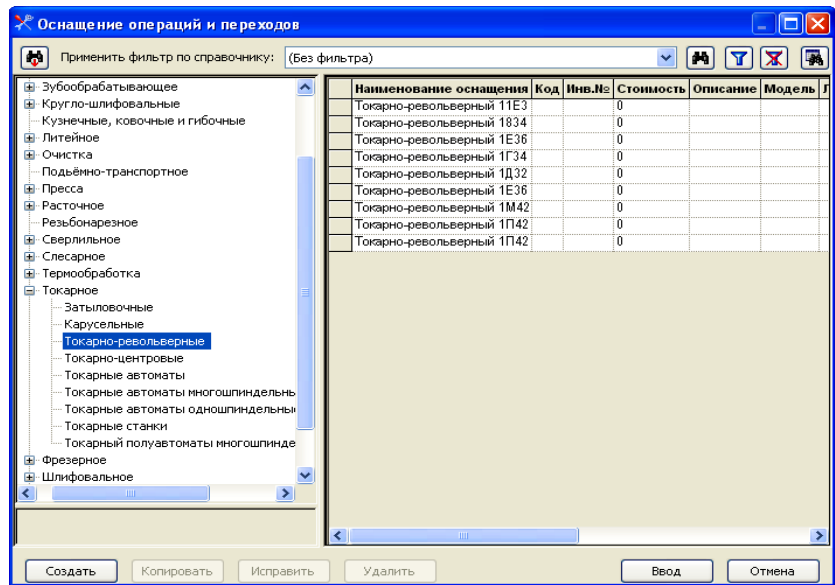


Рисунок 3.2 Вибір обладнання

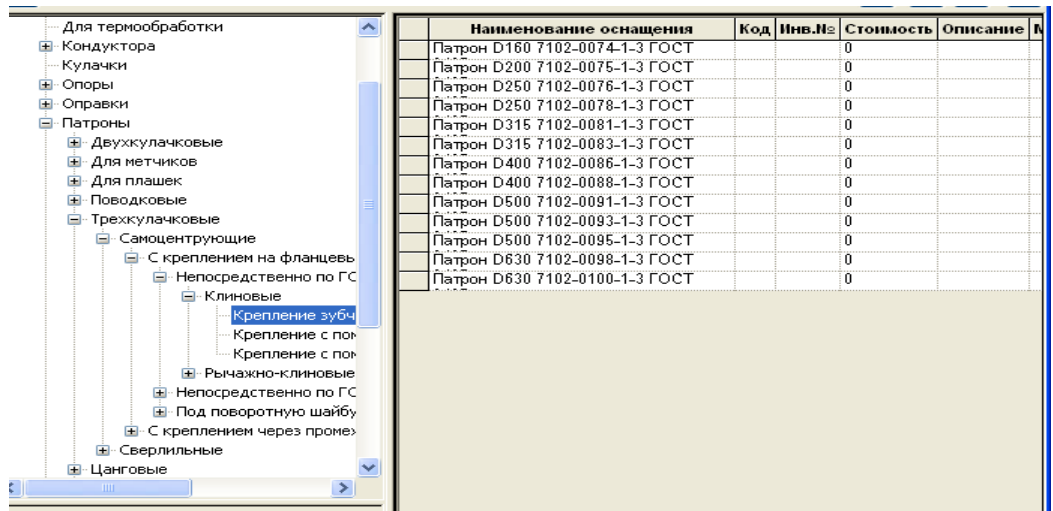


Рисунок 3.3 Вибір пристосування

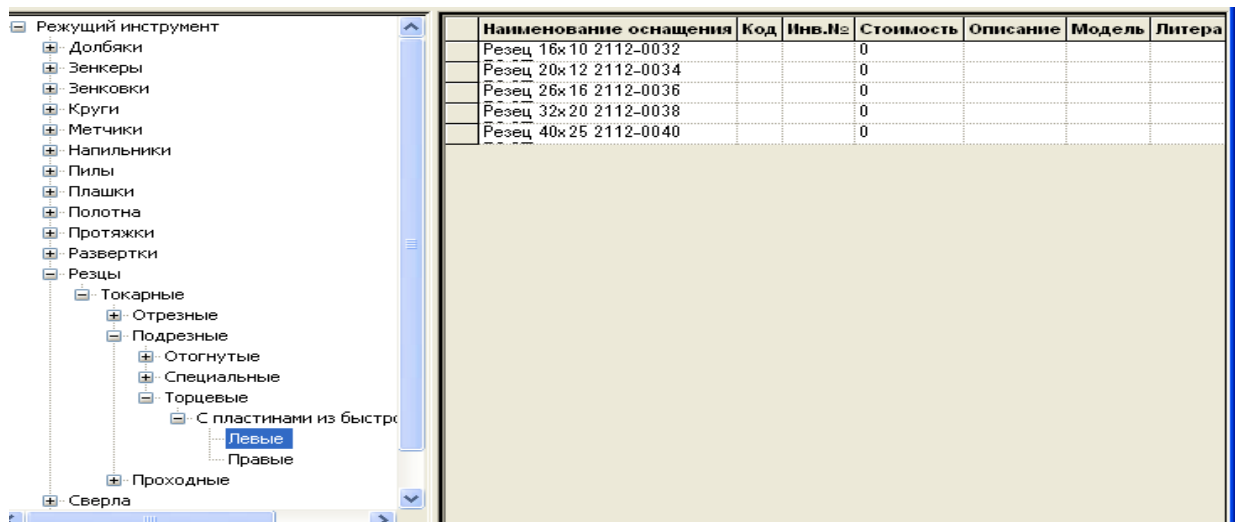


Рисунок 3.4 Вибір ріжучого інструменту

	Наименование оснащения	Код	Инв.№	Стоимость	Описание
<ul style="list-style-type: none"> Измерительный инструмент <ul style="list-style-type: none"> Глубиномеры Индикаторы Калибры Кольца резьбовые Метры Микрометры Нутромеры Пробки гладкие Пробки резьбовые Скобы Угломеры Штангели <ul style="list-style-type: none"> Штангенрейсмасы Штангенциркули <ul style="list-style-type: none"> I - двусторонние с глубиномером <ul style="list-style-type: none"> По круговой шкале С нониусом С электронным устройством II - двусторонние III - односторонние T-1 - односторонние с глубиномером Штангенглубиномеры 	Штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,01 ГОСТ			0	
	Штангенциркуль ШЦЦ-I-135-0,01 ГОСТ			0	
	Штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ			0	
	Штангенциркуль ШЦЦ-I-160-0,01 ГОСТ			0	
	Штангенциркуль ШЦЦ-I-200-0,01 ГОСТ			0	
	Штангенциркуль ШЦЦ-I-250-0,01 ГОСТ			0	
	Штангенциркуль ШЦЦ-I-250-630-0,01 Г			0	
	Штангенциркуль ШЦЦ-I-250-800-0,01 Г			0	
	Штангенциркуль ШЦЦ-I-300-0,01 ГОСТ			0	
	Штангенциркуль ШЦЦ-I-320-1000-0,01			0	
	Штангенциркуль ШЦЦ-I-400-0,01 ГОСТ			0	
	Штангенциркуль ШЦЦ-I-500-0,01 ГОСТ			0	

Рисунок 3.5 Вибір вимірювального інструменту

4. Додаємо переходи до операції і заповнюємо відомості про них (рисунки 3.6, 3.7).

Сведения Оснащение Режимы

Точити торець, витримуючи розмір 4

Номер: 005 Основное время (То): 3,95 мин Вспомогательн. время (Тв): 0,42 мин Нумеровать в картах

Объем и % контроля: Шероховатость: Ra 20 Класс: 3 Выдавать в карты

Эскиз на переход: Титульный лист

Маршрутная карта

Маршрутно-операционная

Рисунок 3.6 Внесения відомостей за першим переходом операції 005 технологічного процесу

Сведения Оснащение Режимы

Точити поверхню, витримуючи розміри 1,2,3,5

Номер: 005 Основное время (То): 3,95 мин Вспомогательн. время (Тв): 0,42 мин Нумеровать в картах

Объем и % контроля: Шероховатость: Ra 5 Класс: 3 Выдавать в карты

Эскиз на переход: Титульный лист

Маршрутная карта

Маршрутно-операционная

Рисунок 3.7 Внесення відомостей за другим переходом операції 005 технологічного процесу

5. Після додавання всіх операцій і переходів отримуємо готовий технологічний процес (рисунок 3.8).

6. Виводимо його на друк, попередньо вказавши потрібні нам види технологічної документації (рисунок 3.9).

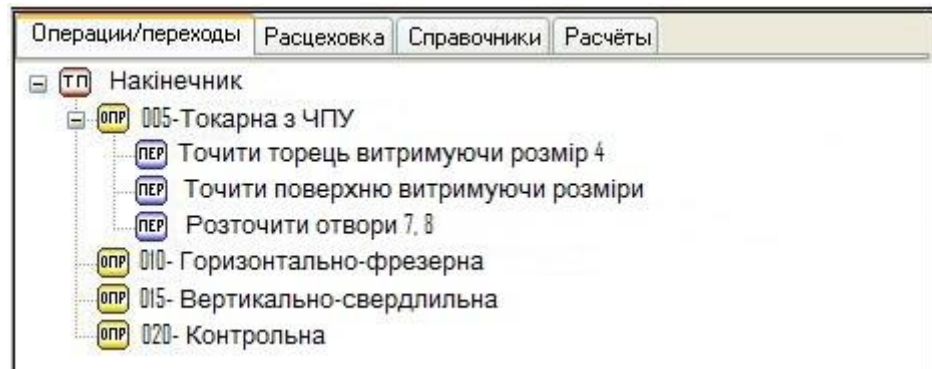


Рисунок 3.8 Готовий технологічний процес

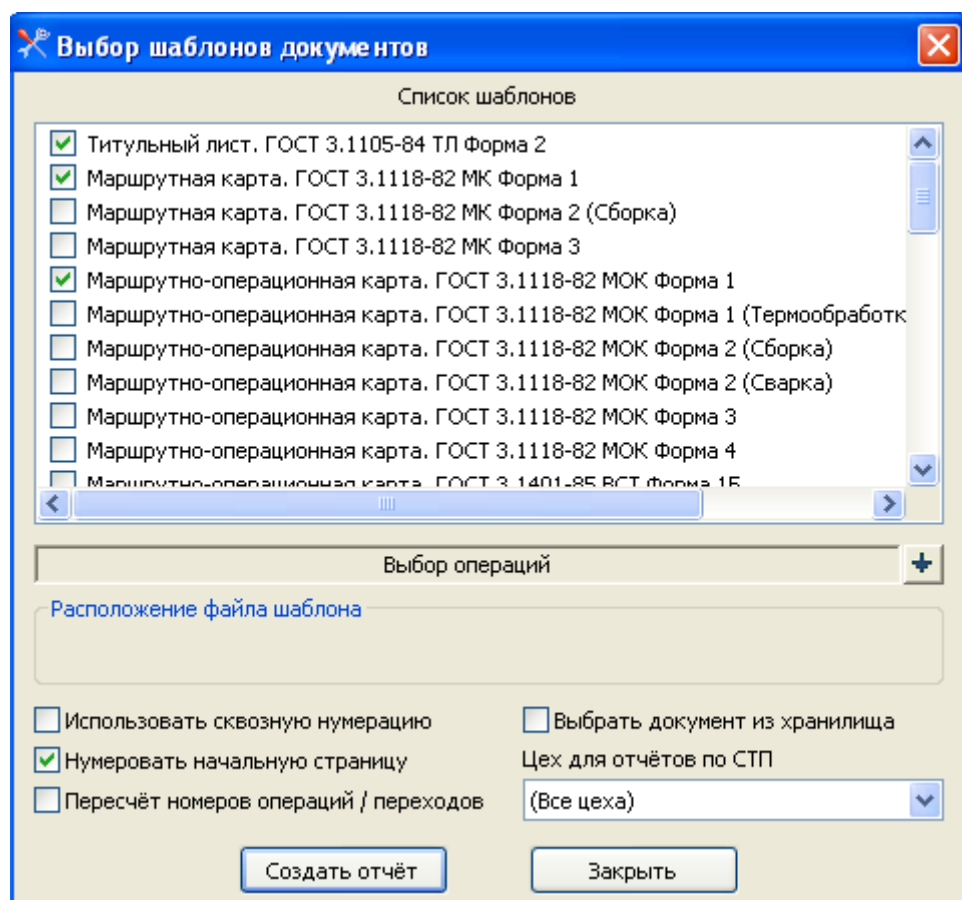


Рисунок 3.9 Вибір шаблонів документів

Комплект документів технологічного процесу, розробленого за допомогою комплексу «Т-FLEX-технологія».

3.2. Розрахунок напружено-деформованого стану конструкції

В процесі машинобудівного проектування часто виникає потреба в оцінці як найбільш значущих фізико-механічних властивостей деталей і вузлів, так і виробу в цілому. Раніше єдиним засобом оцінки фізико-механічних властивостей виробів були оціночні розрахунки з використанням наближених аналітичних або напів емпіричних методик. Точність таких методик стосовно реальних об'єктів проектування зазвичай невисока, тому в конструкцію виробу закладають значні коефіцієнти запасу (наприклад, за міцністю), що знижують ризик ухвалення помилкового проектного рішення. Здебільшого подібний підхід у проектуванні залишається найпоширенішим і нині.

Поява комп'ютерної техніки та розвиток обчислювальної математики зумовили серйозні зміни традиційних підходів до інженерних розрахунків. Системи інженерного аналізу (Computer Aided Engineering, CAE) міцно зайняли своє місце в машинобудівному проектуванні. Типова схема використання таких систем у рамках концепції автоматизованого проектування передбачає створення електронної моделі проєктованого виробу. Ця електронна модель адекватно відображає необхідні конструктивні характеристики виробу (геометричні, механіко-фізичні тощо) і є головним джерелом проектної інформації про виріб. Останніми роками такою моделлю виступають, як правило, тривимірні твердотільні та поверхневі геометричні моделі проєктованих виробів або їхні двовимірні аналоги [11].

В рамках магістерської роботи провели статичний аналіз деталі за допомогою САМ-додатка «АРМ FEM: Аналіз міцності». Система «АРМ FEM: Міцнісний аналіз» являє собою інтегрований у КОМПАС-3D

інструмент для підготовки та подальшого скінченно-елементного аналізу тривимірної твердотільної моделі (деталі або збірки) [11].

Статичний аналіз - дає змогу здійснювати розрахунок напруженого стану конструкцій під дією прикладених до системи постійних у часі сил. На сьогоднішній день це, мабуть, найбільш затребуване в проектуванні завдання. За допомогою модуля «Статичний аналіз» користувач може оцінити міцність розробленої ним конструкції за допустимими напруженнями, визначити найслабкіші місця конструкції та внести необхідні зміни (оптимізувати) виріб.

«При цьому між тривимірною моделлю виробу і розрахунковою скінченно-елементною моделлю підтримується асоціативний зв'язок. Параметричні зміни вихідної твердотільної моделі автоматично переносяться на сіткову скінченно-елементну модель. Тепловий аналіз - модуль, що забезпечує можливість оцінювання температурної поведінки виробу під дією джерел тепла та випромінювання. Тепловий аналіз може використовуватися самостійно для розрахунку температурних або теплових полів за об'ємом конструкції, а також спільно зі статичним аналізом для оцінювання температурних деформацій, що виникають у виробі» [11].

Розглянемо напружено-деформований стан наконечника під час навантаження його силою $F = 100$ Н, що передається з рукоятки важеля перемикачів передач на механізм проміжний під час перемикачів передач, і часткового закріплення в такій послідовності:

1. Завантажуємо модель наконечника в систему;
2. Задаємо навантаження на паз наконечника, $F = 100$ Н (рисунок 3.10);
3. Моделюємо закріплення наконечника;
4. Проводимо генерацію скінченно-елементної сітки (рисунок 3.11);
5. Задаємо параметри втомного розрахунку (рисунок 3.12);
6. Запускаємо розрахунок.

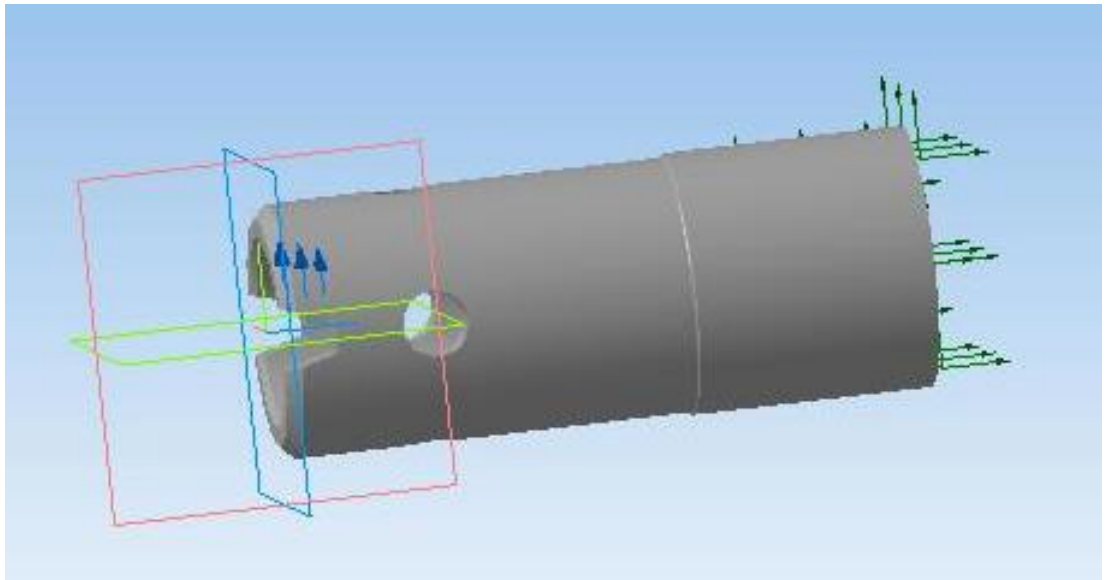


Рисунок 3.10 Модель прикладання навантаження на деталь

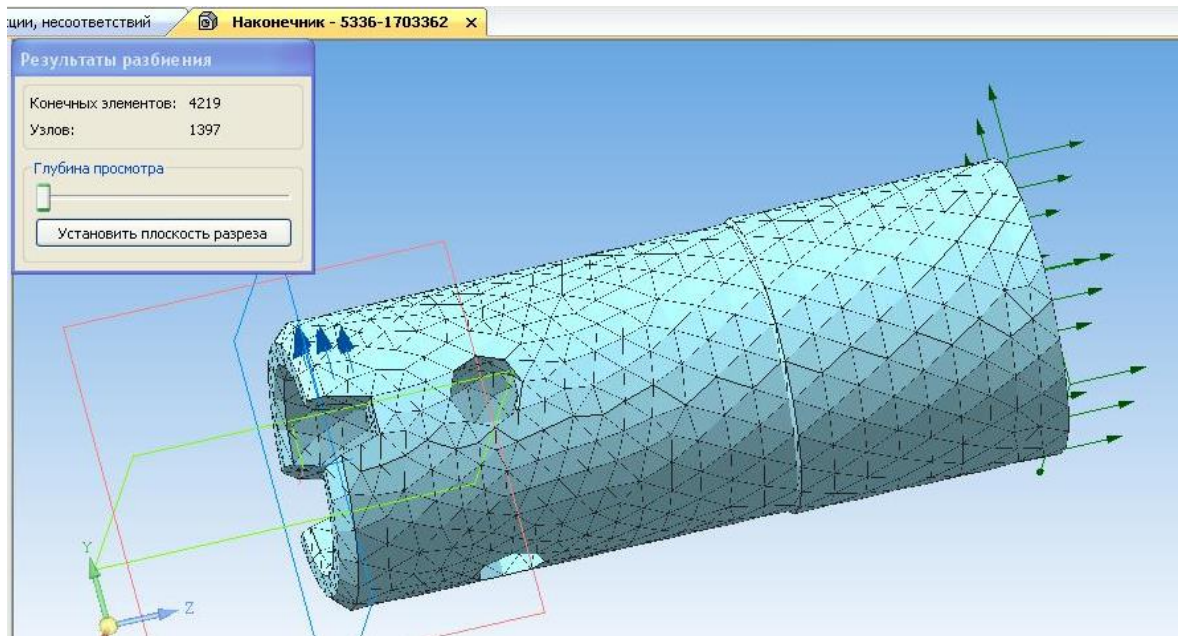


Рисунок 3.11 Генерація скінченно-елементної сітки

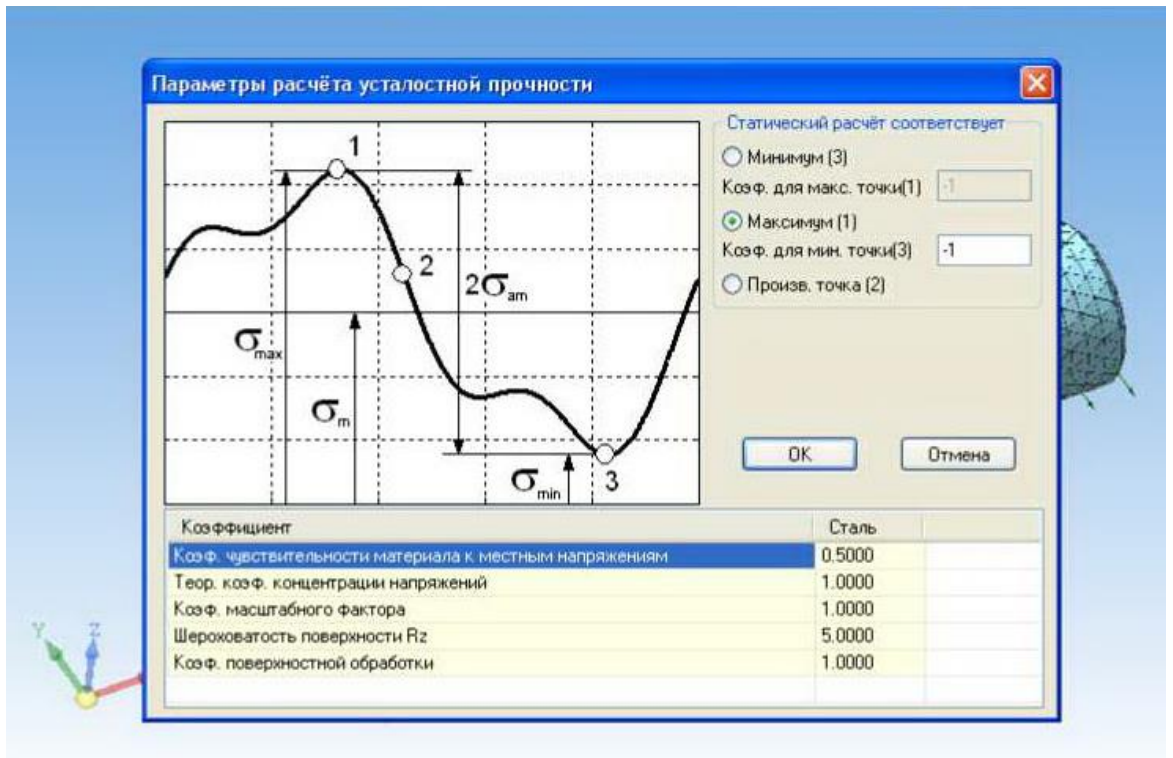


Рисунок 3.12 Параметры втомного розрахунку

Результати розрахунків отримуємо у вигляді епюр.

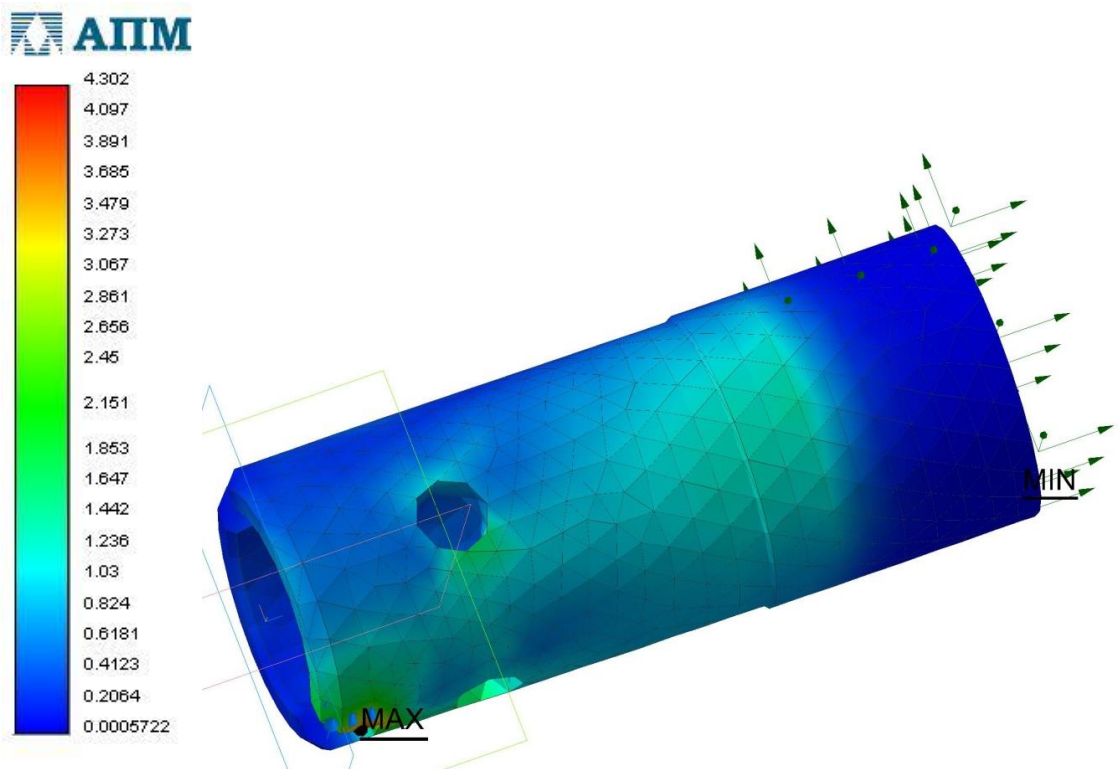


Рисунок 3.13 Внутрішні напруження деталі

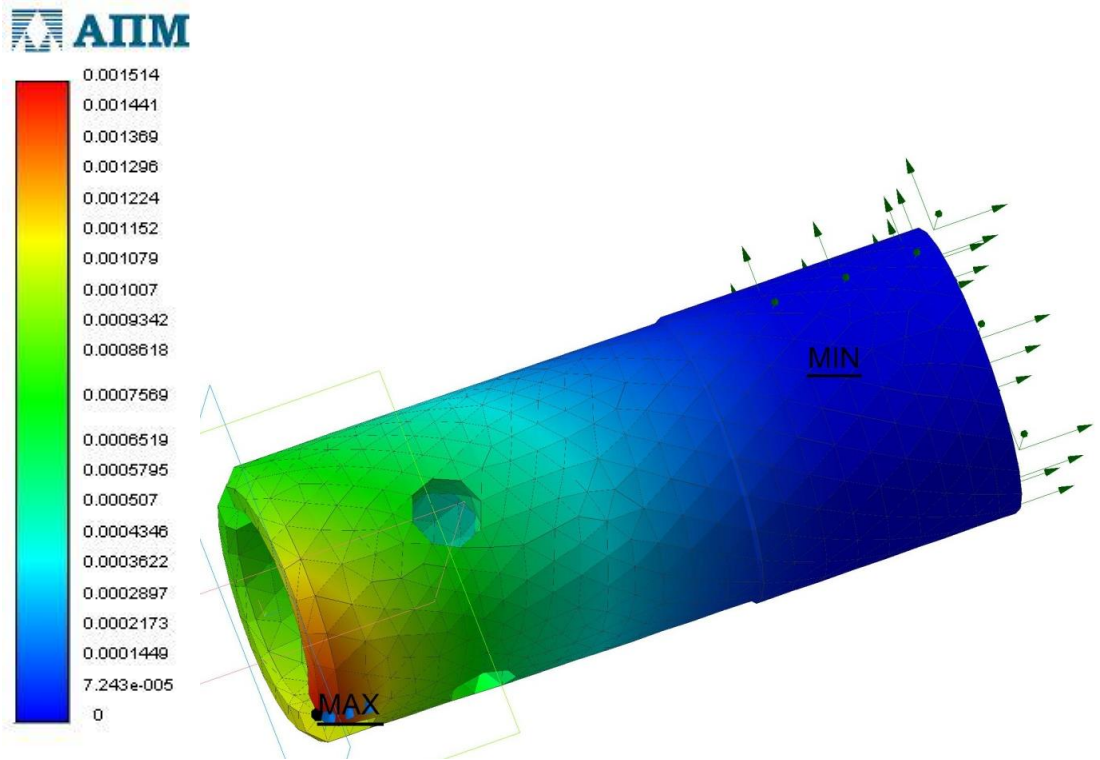


Рисунок 3.14 Сумарне лінійне переміщення

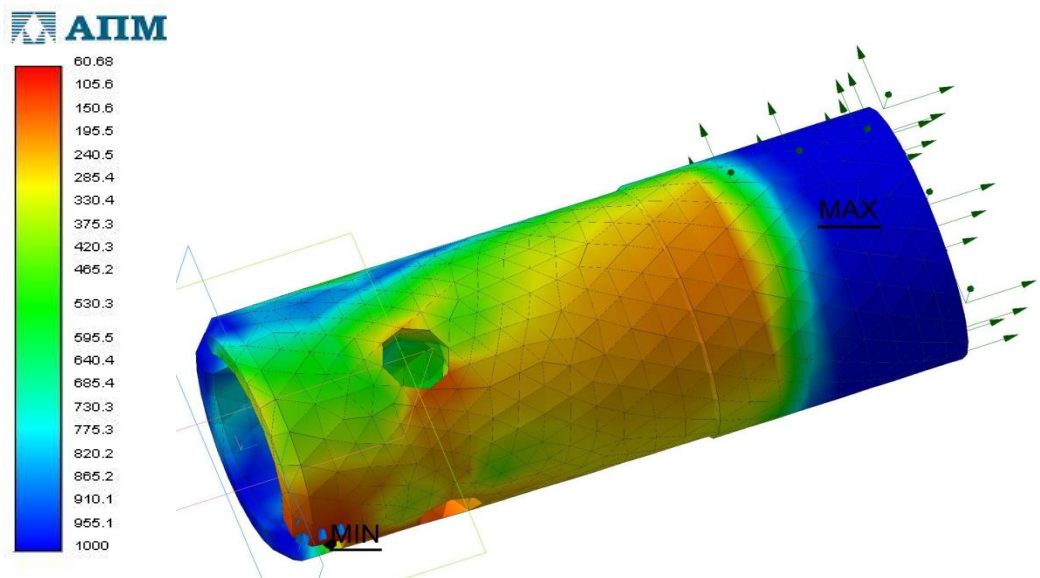


Рисунок 3.15 Коефіцієнт запасу за плинністю

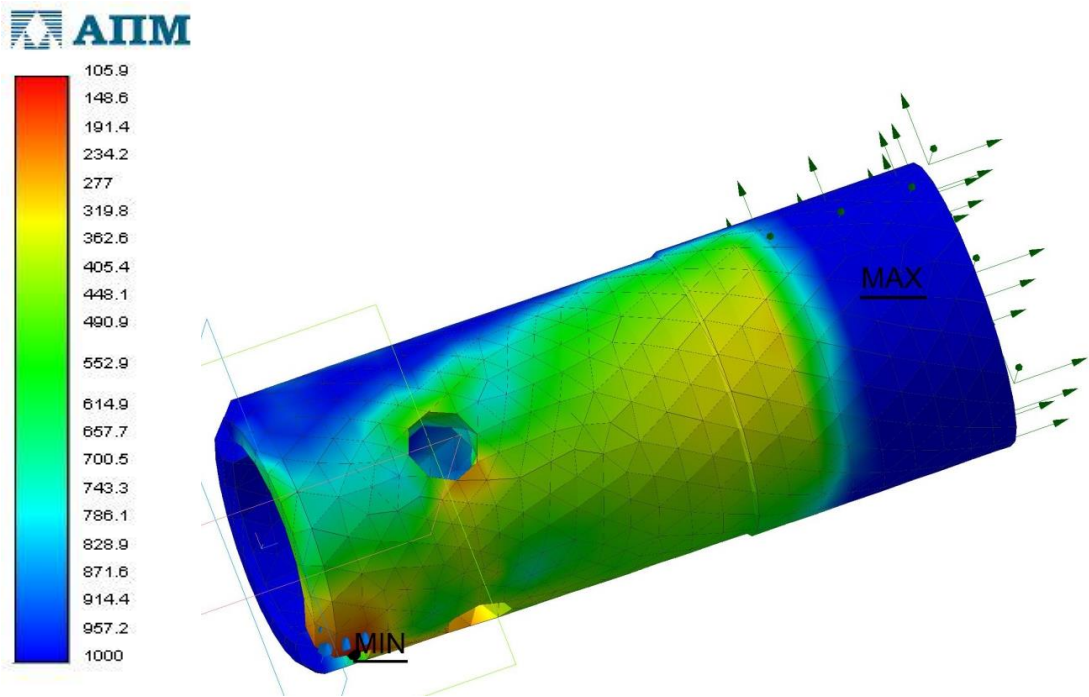


Рисунок 3.16 Коефіцієнт запасу міцності

За результатами статичного і теплового аналізу можна зробити висновок, що деталь витримує задані навантаження, а отже, задовольняє вимогам міцності.

Висновки. В середовищі T-FLEX спроектовано технологічний процес виготовлення деталі. Обрано обладнання для обробки деталі, верстатне пристосування, різальний та вимірювальний інструменти, сформовано технологічні та ескізні карти технологічного процесу. Моделюванням міцності деталі показано, що деталь витримує задані навантаження.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА КЕРУЮЧИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ВЕРСТАТІВ ІЗ ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ

4.1. Алгоритм розробки програм

Для розробки керуючої програми на верстат з ЧПУ використовуємо САМ-додаток, повністю інтегрований у систему тривимірного моделювання КОМПАС-3D - «Модуль ЧПУ. Токарна обробка» для автоматизації розробки керуючих програм для токарних верстатів із числовим програмним

керуванням. Можливості САМ-додатку охоплюють побудову контурів обробки, автоматичний розрахунок траєкторій, генерацію керуючої програми, підтримку верстатних циклів, візуалізацію і контроль процесу обробки.

«Модуль ЧПУ. Токарна обробка» має великий набір багатопрохідних, токарно-свердлильних і різьбонарізних стратегій. Підтримується створення таких видів обробки:

- багатопрохідна: зовнішнє точіння, розточування, підрізання, багатопрохідна канавка;
- контур: контурне точіння (як правило, чистове);
- канавка: проста канавка, паралельна координатним осям;
- свердління: одно- і багатопрохідне свердління, центрування, обробка отворів осьовим інструментом;
- нарізка різьб різцем: багатопрохідне нарізання різьб різцем (циліндричних, конічних, торцевих);
- нарізання різьби плашкою або мітчиком;
- відрізка: відрізка, зокрема з періодичним виведенням різця.

Розглянемо операцію «005 Токарна з ЧПУ». Процес її виконання представимо за допомогою засобів САПР «Модуль ЧПУ. Токарна обробка».

Для виконання обробки за допомогою вищеописаного модуля з ЧПУ спершу необхідно створити локальну систему координат, у якій відбуватиметься обробка деталі. На рисунку 4.1 представлено процес вибору локальної системи координат. Як базову поверхню для локальної системи координат вибираємо торець деталі.

Далі для обраної локальної системи координат розробляємо план токарної обробки. Обираємо постпроцесор FANUC Series 0i-TD, у якому розроблятиметься код керуючої програми (рисунок 4.1). Далі модуль формує план токарної обробки.

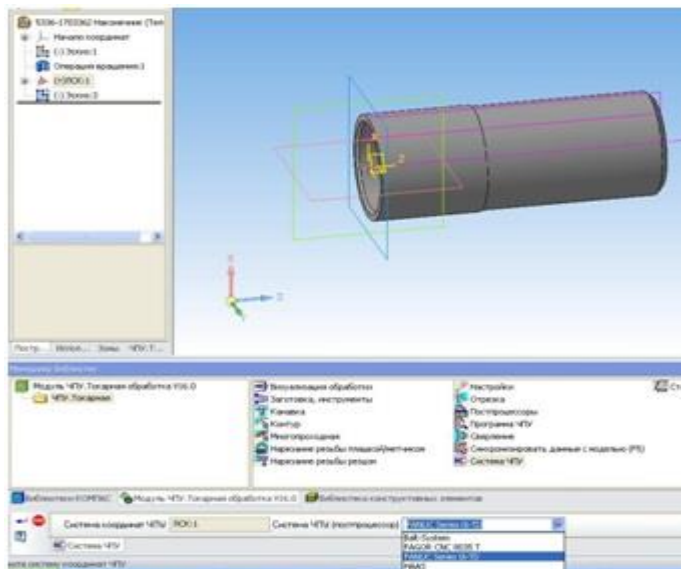


Рисунок 4.1 Вибір локальної системи координат і системи ЧПУ

4.2. Вибір заготовки та розробка керуючої програми

Вибираємо тип заготовки. У нашому випадку заготовкою є труба. Виконуємо ескіз контуру заготовки і підключаємо до розрахунку. Під час вибору заготовки, у вікні виконання процесу спостерігається фантом її контуру (рисунок 4.2). Після визначимося з оснасткою. У розглянутому варіанті заготовка встановлюється в трьохкулачковий токарний патрон. Вибираємо з бази даних токарний патрон (рисунок 4.2).

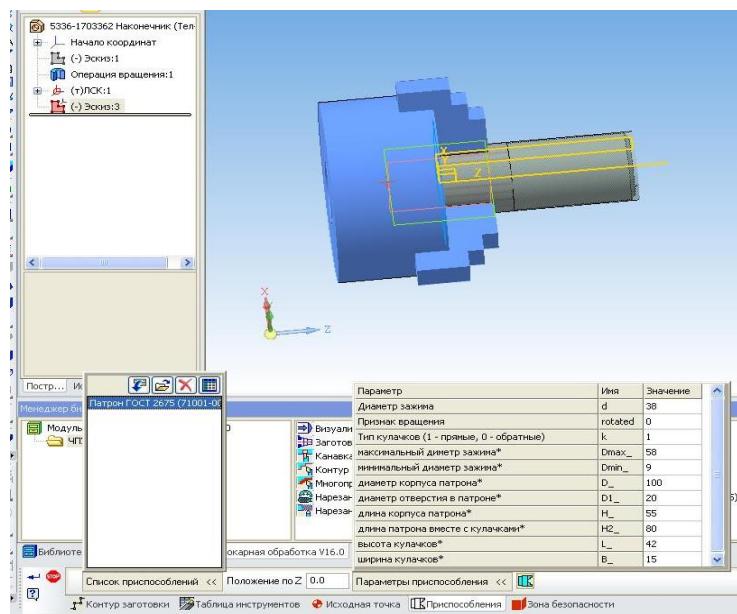


Рисунок 4.2 Вибір трьохкулачкового патрона

Далі вибираємо різальний інструмент для виконання операції.
Інструмент вибираємо з бази даних системи (рис. 4.3).

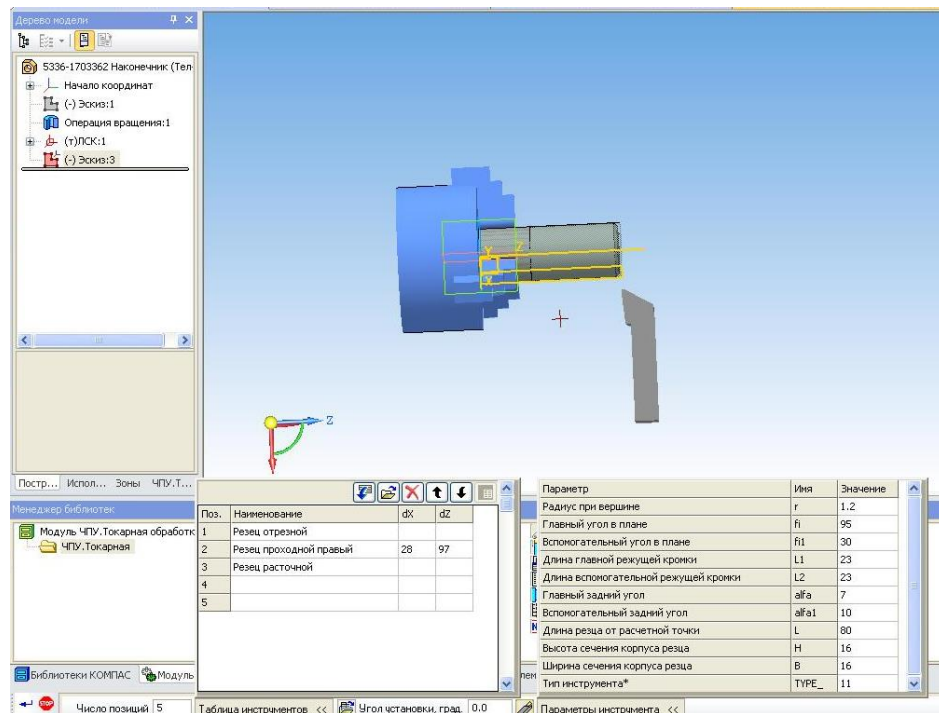


Рисунок 4.3 Вибір ріжучого інструменту

Під час задання видів обробки вибираються поверхні деталі, які будемо обробляти. У процесі задання всіх потрібних елементів операції формується план обробки (рис. 4.4).

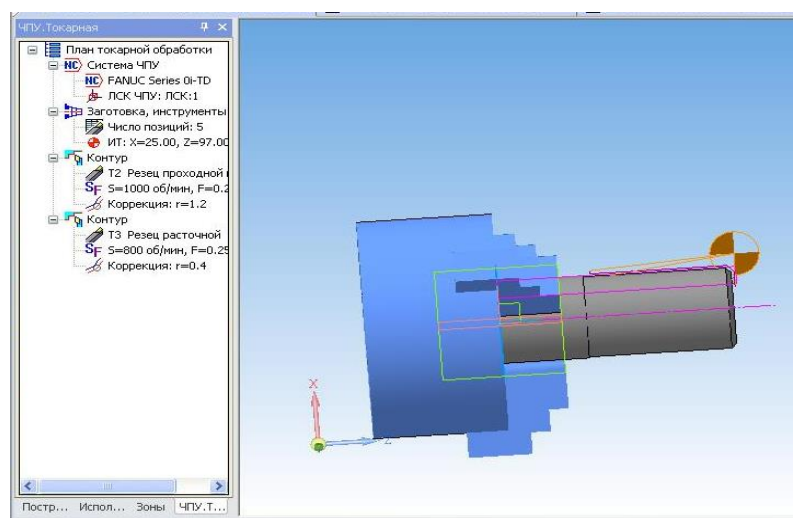


Рисунок 4.4 План токарної обробки

На рисунку 4.5 представлено процес підрізування торця.

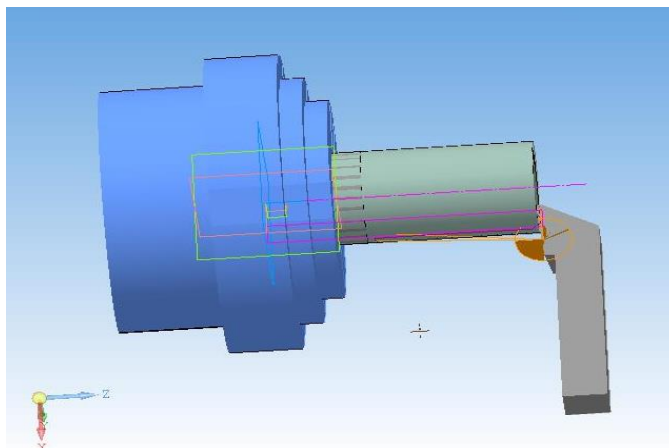


Рисунок 4.5 Підрізання торця

На рисунку 4.6 представлено процес точіння зовнішніх поверхонь.

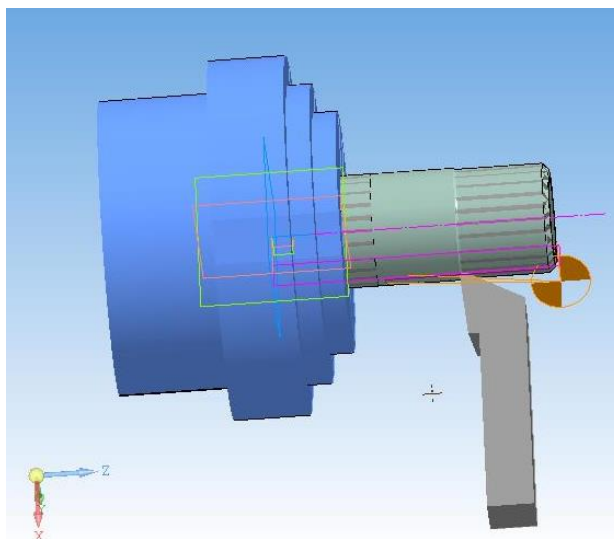


Рисунок 4.6 Точіння зовнішніх поверхонь

На рисунку 4.7 представлено процес розточування отвору.

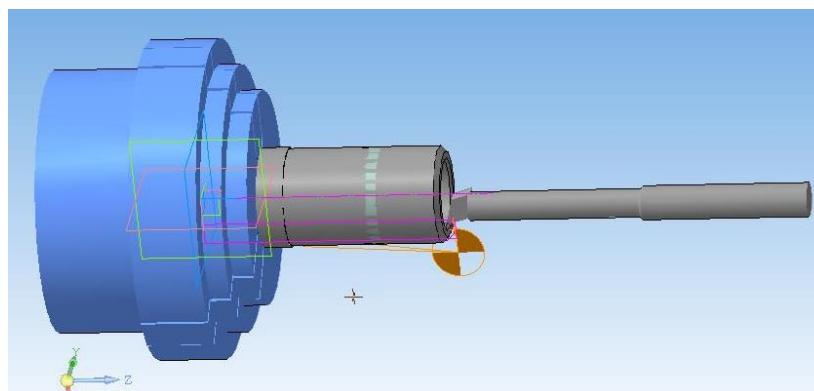


Рисунок 4.7 Процес розточування отвору

Далі згенеруємо код керуючої програми для верстата з числовим програмним керуванням. Для цього переходимо у вікно генерації керуючої програми і задаємо команду для виконання цієї дії (рисунок 4.8).

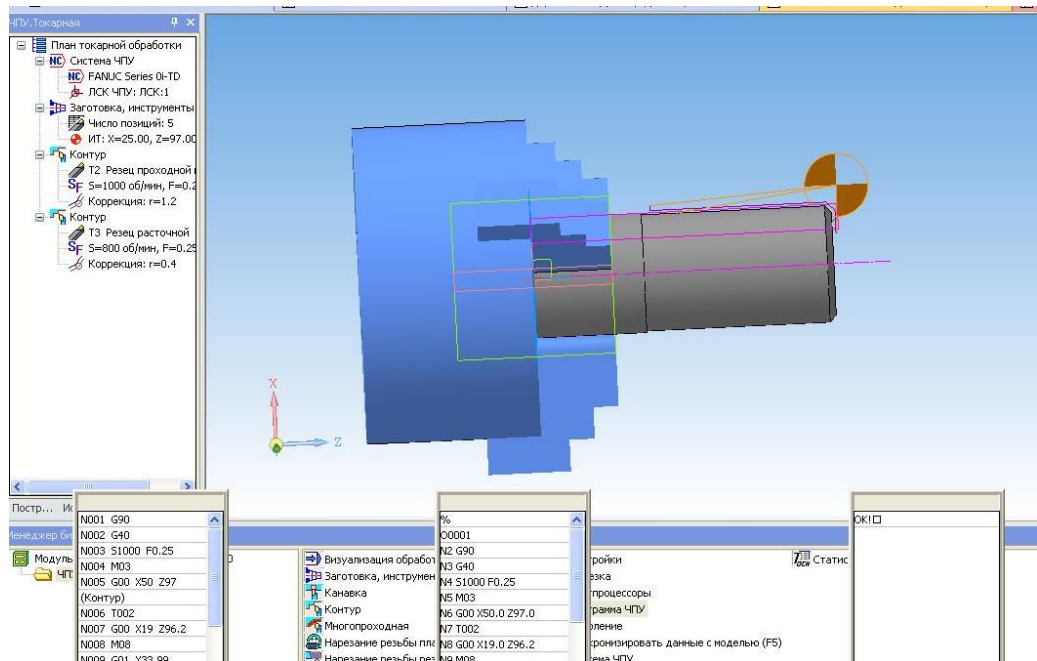


Рисунок 4.8 Процесс генерации керующей программы

У використовуваному модулі можна також провести візуалізацію токарної обробки заготовки. Для цього необхідно перейти у відповідне вікно програми і задати команду на виконання. Процес закінчення обробки заготовки представлений на рисунку 4.9.

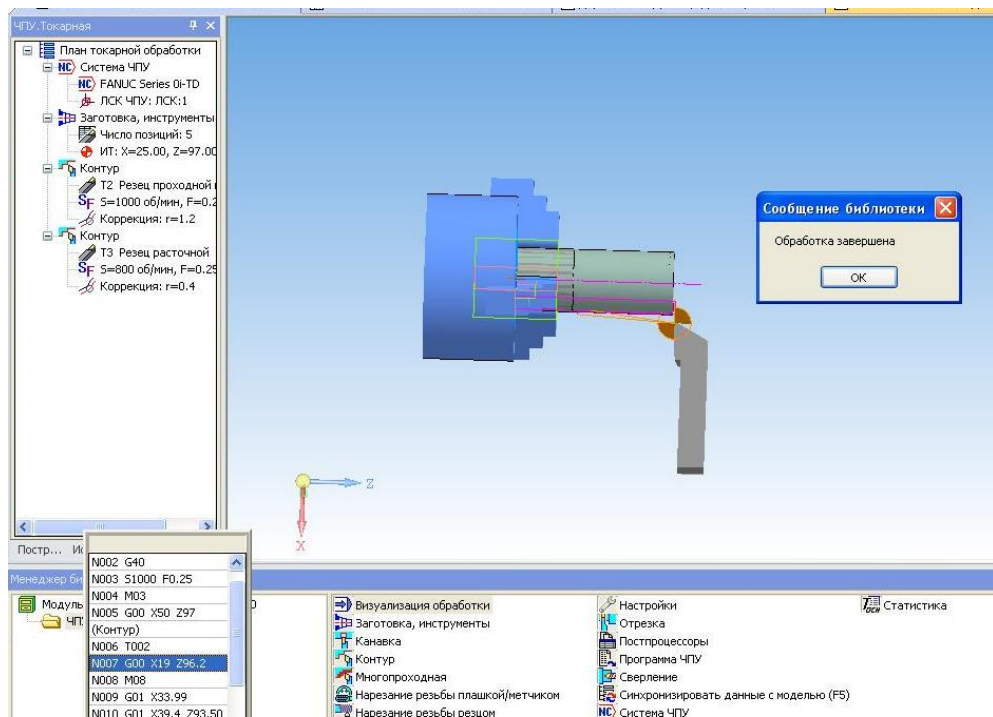


Рисунок 4.9 Процесс візуалізації токарної обробки заготовки

Код керуючої програми для токарного верстата з ЧПК:

```

O0001
N2 G90
N3 G40
N4 S1000 F0.25
N5 M03
N6 G00 X50.0 Z97.0
N7 T002
N8 G00 X19.0 Z96.2
N9 M08
N10 G01 X33.99
N11 G01 X39.4 Z93.50
N12 G01 Z37.97
N13 G01 X42.4
N14 M09
N15 G00 X50.0 Z97.0
N16 S800
N17 T003
N18 G00 X24.80 Z-1.5
N19 G01 Z94.17
N20 G01 X29.16 Z96.34
N21 G00 X50.0 Z97.0
N22 M05
N23 M30 N36 G01 X55.4

```

N37 G00 Z4.7
N38 G00 X60.0 Z0.0
N39 T003
N40 G00 X42.0 Z-73.0
N41 G01 X36.0
N42 G00 X42.0
N43 G00 X60.0 Z0.0
N44 M05
N45 M30

Висновки. В даному розділі проведено автоматизацію технологічних рішень з використанням системи автоматизованої розробки технологічних процесів «T-FLEX-технологія» - розроблено технологічний процес обробки деталі. За допомогою модуля ЧПУ в КОМПАС-3D було розроблено керуючу програму для токарного верстата з числовим програмним керуванням.

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи магістра було вирішено важливе технічне завдання – вдосконалено технологічний процес виготовлення деталі наконечник, завдяки використанню систем автоматизованого проектування скорочено час на проектування технологічного процесу, проведено оцінку міцності деталі виходячи з її функціонального призначення.

Якісний та кісний аналіз технологічності конструкції деталі показав, що деталь є технологічною. Оброблювані поверхні є простими за конструктивною формою, що дає можливість застосовувати високопродуктивне автоматизоване обладнання, всі розміри легко контролювати безпосередньо на робочому місці, що також є технологічним. Методом обрахунку коефіцієнту закріплення операції визначено тип виробництва – дрібносерійний. Обраховано економічну доцільність зміни методу отримання заготовки. Заготовку отримуємо з трубного прокату. Вдосконалено базовий технологічний процес, об'єднаємо операції 050 і 070 в одну операцію, виконувану на верстаті з числовим програмним управлінням.

Спроековано верстатний та контрольний пристрій, проведено розрахунки на точність, визначено силу необхідну для затиску заготовки. Контрольний пристрій дозволяє скоротити час на вимірювання деталі на 0,2 хв.

В середовищі T-FLEX спроековано технологічний процес виготовлення деталі. Обрано обладнання для обробки деталі, верстатне пристосування, різальний та вимірювальний інструменти, сформовано технологічні та ескізні карти технологічного процесу. Моделюванням міцності деталі показано, що деталь витримує задані навантаження. Проведено автоматизацію технологічних рішень з використанням системи автоматизованої розробки технологічних процесів «T-FLEX-технологія» - розроблено технологічний процес обробки деталі. За допомогою модуля ЧПУ в КОМПАС-3D було розроблено керуючу програму для токарного верстата з числовим програмним керуванням.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Матеріалознавство та технологія металів: підручник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / А. М. Власенко. – Київ : Літера ЛТД, 2019. – 224 с.

2. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Проектування телекомунікаційних та радіотехнічних систем", цикл 2 "Забезпечення технологічності" для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» освітніх програм «Радіоелектронні апарати та засоби», «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки» усіх форм навчання / Уклад. : Ірина Поспєєва, Олександр Малий, Станіслав Шаптала. – Запоріжжя : НУЗП, 2023. – 111 с.

3. Яковенко І. Е., Пермяков О. А., Фесенко А. В. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 –

Прикладна механіка, 133 –Галузеве машинобудування / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, А.В. Фесенко – Харків: НТУ «ХПІ», 2022. – 421с.

4. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С.С. Добрянський, Ю.М. Малафєєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.

5. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин : посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 131 – «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» / О. В. Гущин. – Краматорськ : ДДМА, 2019. – 159 с.

6. Організація та нормування праці [Електронний ресурс] : навчальний посібник / Г. В. Назарова, О. В. Іванісов, А. В. Семенченко. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. – 339 с.

7. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.

8. Медведєв В. С., Тулупов В. І., Онищук С. Г. Технологічна оснастка : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Краматорськ : ДДМА, 2021. – 108 с.

9. Технологічна оснастка : навчальний посібник / П. В. Кушніров, А. В. Євтухов, І. М. Дегтярьов. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 140 с.

10. Мороз В. І., Братченко О. В., Логвіненко О. А. Основи автоматизації проектування: Конспект лекцій. – Харків : УкрДУЗТ, 2019. – 98

11. Системи автоматизованого проектування. Конспект лекцій для підготовки фахівців освітнього ступеня “Магістр” у вищих навчальних закладах III – IV рівнів акредитації, галузь знань 24 – «Сфера обслуговування», спеціальність 241 – «Готельно-ресторанна справа» / Переяславський О. М., Моторна О.О. – Вінниця ВНАУ, 2020. – 74 с.

12. Електронний ресурс:
<https://studfile.net/preview/16567626/page:3/>(дата звернення 10.10.2024).