

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
фланець з використанням середовища САПР**

спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМм-21

Булавка Денис Сергійович

(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 – 2023 року

Луцький національний технічний університет

Факультет Транспорту та механічної інженерії

Кафедра Прикладної механіки та мехатроніки

Другий (магістерський) рівень

Освітньо-професійної програми «Прикладна механіка»

Спеціальність 131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ **Р.РЕДЬКО**

“ _____ ” _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Булавки Дениса Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Автоматизація технологічної підготовки виготовлення деталі фланець з використанням середовища САПР, керівник роботи Самчук Людмила Михайлівна, к.т.н., доцент, затверджені наказом вищого навчального закладу від «14» січня 2023 р. № 42/01-02.
2. Строк подання студентом роботи 1.12.2023 року.
3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі фланець, річна програма випуску 3000 шт/рік, нормативно-технічна документація, довідникові дані
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Розділ 1. Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва. розробка технологічного процесу виготовлення деталі Розділ 2. Проектування допоміжного устаткування Розділ 3. Автоматизація технологічних рішень з використанням систем проектування технологічних процесів Розділ 4. Підбір основного технологічного обладнання. Висновки. Список посилань.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Креслення деталі – 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). Креслення дільниці – 1 лист (ф.А2). Оцінка міцності конструкції деталі з точки зору напруження, що виникає при її механічній обробці – 1 лист (ф.А1). Візуалізація програми керування для операції 005 токарно-гвинторізної з ЧПУ з побудовою контурів обробки – 1 лист (ф.А1).

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 01.03.2023р.

Керівник

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи магістра	Примітка
1.	<i>Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва. розробка технологічного процесу виготовлення деталі</i>	<i>14.04.2023р.</i>	
2.	<i>Проектування допоміжного устаткування</i>	<i>18.05.2023р.</i>	
3.	<i>Автоматизація технологічних рішень з використанням систем проектування технологічних процесів</i>	<i>18.07.2023р.</i>	
4.	<i>Підбір основного технологічного обладнання</i>	<i>12.09.2023р.</i>	
5.	<i>Представлення роботи до захисту</i>	<i>1.12.2023 р.</i>	
6.	<i>Електронний варіант роботи</i>	<i>1.12.2023 р.</i>	

Студент

(підпис)

(Булавка Д.С.)

Керівник роботи

(підпис)

(Самчук Л.М.)

АНОТАЦІЯ

Булавка Д.С. Автоматизація технологічної підготовки виготовлення деталі фланець з використанням середовища САПР. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра на здобуття кваліфікації другого (магістерського) рівня вищої освіти із спеціальності 131 Прикладна механіка – Луцький національний технічний університет. – Луцьк, 2023.

Робота присвячена питанням автоматизації технологічної підготовки виробництва з використанням 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: Фланець, технологія, обробка, технологічна система, САПР.

ANNOTATION

Bulavka D.S. Automation of technological preparation for the manufacture of flange parts using the CAD environment. – 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, 2023.

The work is devoted to issues of automation of technological preparation of production using automated 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 errors in design, and reduce the number of engineering and technical personnel involved in technological preparation of production.

Key words: Flange, technology, processing, technological system, CAD- system.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	10
1.1 Призначення та конструкція деталі.....	10
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	12
1.3 Визначення типу виробництва.....	14
1.4 Вибір та техніко – економічне обґрунтування методу отримання заготовки.....	15
1.5 Аналіз базового технологічного процесу.....	17
1.6 Нормування технологічного процесу.....	18
1.7 Вибір обладнання та розрахунок кількості обладнання.....	20
1.8 Техніко-економічне обґрунтування розробленого технологічного процесу.....	23
1.9 Уточнення типу виробництва та встановлення його організаційної форми.....	28
2 ПРОЕКТУВАННЯ ДОПОМІЖНОГО УСТАТКУВАННЯ.....	30
2.1 Проектування верстатного пристрою. Призначення та принцип роботи...	30
2.2 Розрахунок на точність.....	30
2.3 Розрахунок необхідного зусилля затиску.....	31
2.4 Розрахунок на міцність.....	32
2.5 Проектування контрольного пристрою. Призначення та принцип роботи..	33
2.6 Розрахунок пристосування на точність.....	34
3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.....	35
3.1 Автоматизоване проектування технологічного процесу.....	35
3.2 Розрахунок напружено деформованого стану конструкції деталі.....	38
3.3 Розробка програми керування для верстатів з ЧПУ.....	40

4 ПІДБІР ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	43
4.1 Основні вимоги до технологічного обладнання.....	43
4.2 Токарний верстат OPTiturn L28HS.....	44
4.3 Агрегатний верстат Weida VMC 850b.....	45
4.4.Свердлильний верстат SCM Tech Z1.....	46
4.5.Шліфувальний верстат моделі Paragon RIG150.....	48
4.6. Організація зміни заготовок у роботизованих технологічних комплексах (РТК).....	49
4.7. Інструментальне забезпечення РТК.....	50
4.8. Накопичувачі заготовок та готових деталей.....	51
4.9. Проектування роботизованих технологічних комплексів.....	52
4.9.1 Токарний РТК.....	52
4.9.2 Агрегатний РТК.....	54
4.9.3 Свердлильний РТК.....	54
4.9.4 Шліфувальний РТК.....	55
ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	59

ВСТУП

Автоматизація виробничих процесів має велике значення на сучасному етапі розвитку машинобудування. Виробничий процес базується на автоматичному процесі підготовки виробництва, технологічному процесі механічної обробки та складання, що забезпечує високу продуктивність і якість виробленої продукції відповідно до вимог.

«Сучасне машинобудування потребує руху в напрямку автоматизації виробництва з широким використанням комп'ютерів і роботів, впровадження гнучких технологій, які дозволяють швидко й ефективно перебудовувати технологічні процеси для виробництва нової продукції. Автоматизація проектування технології управління виробничими процесами є одним із основних шляхів розширення виробництва, підвищення ефективності та якості продукції.

В рамках кваліфікаційної магістерської роботи ми розглянемо низку питань щодо технологічної підготовки виробництва з використанням різноманітних систем автоматизованого проектування» [1].

Актуальність теми. Для вирішення основних завдань сучасних машинобудівних комплексів необхідно широке розгортання гнучких, швидко перенастроюваних автоматизованих проектно-виробничих систем, ліній, верстатів і обладнання. Автоматика, оснащена інтегрованою мікропроцесорною технікою, машина з програмним забезпеченням цифрового управління, роторний і роторний конвеєр комбінації.

Сучасне виробництво може конкурувати лише за наявності гнучкості та швидкої адаптації у виробництві різних видів продукції, що неможливо без сучасної, ефективної та ефективною системи управління виробництвом, розробка нових продуктів. Автоматизація процесів розробки продукції та її виробництва є запорукою успішного виробництва в сучасних умовах.

Метою роботи є розробка технологічного процесу та технологічна підготовка до виготовлення деталі «фланець» за допомогою систем автоматизованого проектування.

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

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

Методи дослідження. При розробці оптимізованого технологічного процесу деталі «Фланець» проведено системний аналіз виробничого цеху, обмежень, зумовлених конструкцією деталі та технологією обробки, визначено пропонувану механічну фізику. Проектування технологічних процесів здійснюється із застосуванням сучасних методів розробки та оптимізації технологічних процесів на основі прогресивних систем класифікації та кодування, у тому числі з використанням комп'ютерної техніки та систем автоматичного проектування. Вибір способу отримання деталей здійснюється з урахуванням економічних і технічних показників. Ця оцінка проводиться на основі мінімального значення приведеної вартості виробництва цієї частини. При проектуванні технологічного процесу враховувалися технологічні можливості застосовуваних методів обробки для забезпечення необхідної точності та шорсткості поверхні. Вид і форма технології виробництва визначається фіксованим коефіцієнтом активності.

«Технологія деталі оцінюється за двома параметрами: якісні та кількісні. Якісну оцінку технологічності деталі проводять за матеріалом, геометричною формою, якістю поверхні, вивіркою розмірів і можливими способами отримання заготовки. Кількісну оцінку технологічності здійснюють за коефіцієнтами рівномірності, стандартизації, точності обробки поверхні та якості обробки. Розрахунок норм механічної обробки здійснюється методами аналізу та табуляції. При вказівці елементів режиму різання враховуються характер обробки, тип і розмір інструмента, матеріал ріжучої частини, матеріал і стан деталі, тип і стан деталі, вид і стан пристрою враховуються. Технологічні норми визначаються методами розрахунку та аналізу. Розроблено комплекс технологічних процесів у вигляді технологічних документів і технологічного обладнання, наявність яких є необхідною умовою для забезпечення виробництва продукції з певними обсягами і показниками, створено техніко-економічні критерії»[1].

У середовищі САПР «Компас-автопроект» спроектовано технологічний процес виготовлення деталі, підібрано металорізальне обладнання, ріжучий та вимірювальний інструмент, технологічні карти та ескізи технології процесу.

Метод скінченних елементів використовується для розрахунку напружено-деформованого стану конструкції деталі, таким чином показуючи точки максимального напруження деталі. Розроблено робототехнічний комплекс, який забезпечує автоматичну роботу виробничої лінії, автоматичний контроль стану інструментів і розташування деталей, автоматичну класифікацію та випуск відходів, швидку реконфігурацію. Швидке, безперебійне виготовлення деталей без втручання людини в два цикли. година.

Новизна одержаних результатів. Розроблений технологічний процес оригінальний і забезпечує виготовлення якісних деталей відповідно до технічного завдання. Завдяки використанню обладнання з ЧПК та комбінованого інструменту для виготовлення деталей можна залучити менш кваліфікованих працівників порівняно з існуючими технологічними процесами. Розроблені затискні пристрої забезпечують гнучкість обробного обладнання та скорочують час виготовлення деталей.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблений технологічний процес дозволяє знизити витрати на механічну обробку в 1,2 рази порівняно з сучасними. Для підвищення ефективності обробки заготовок розроблені нові затискні пристрої. При проектуванні затискних пристроїв враховують сили, що діють на заготовку, тип приводу затискних частин і зручність регулювання інших деталей. Використання розробленого обладнання скорочує час обробки в 1,5 рази, а також дозволяє скоротити кількість кваліфікованих операторів до 2 робітників. Розроблено технологію виготовлення деталі «фланець» в межах розробленого технологічного процесу. Контрольний пристрій, призначений для перевірки співвісності та несумісності отворів у деталі. Прилад уніфікований і може використовуватися для керування деталями з двома співвісними осями.

Апробація результатів роботи. Д. Булавка Розрахунок напружено деформованого стану конструкції деталі фланець / Д. Булавка, Л. Самчук / Тези III студентської науково-технічної конференції факультету транспорту та механічної інженерії “ Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії ”. Луцьк: ЛНТУ – 2023р. С.29-32.

Особистий внесок магістранта. Під час виконання магістрантом магістерської роботи в середовищі САПР «Компас-автопроект» розроблено

технологічний процес виготовлення деталі, металорізальне обладнання, методи різання та вимірювання, підбрано інструментальне обладнання, складено технологічну карту та ескіз Створено технологічний процес. Метод скінченних елементів використовується для розрахунку напружено-деформованого стану конструкції деталі, таким чином показуючи точки максимального напруження деталі.

На основі розробленої технології виготовлення деталей, технічних характеристик обладнання, можливості швидкого переналагодження для виготовлення деталей різної конфігурації було обрано базове обладнання та технологію. Для забезпечення автоматичної роботи виробничої лінії, автоматичного контролю стану інструментів і розташування деталей, автоматичної класифікації та випуску відходів, швидкої реконфігурації розроблено робототехнічний комплекс. Швидке безперебійне виготовлення деталей без втручання людини в два цикли. година.

РОЗДІЛ 1

КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1. Призначення та конструкція деталі

Деталь "Фланець" відноситься до деталей типу фланець. Креслення деталі наведено на рисунку 1.1.

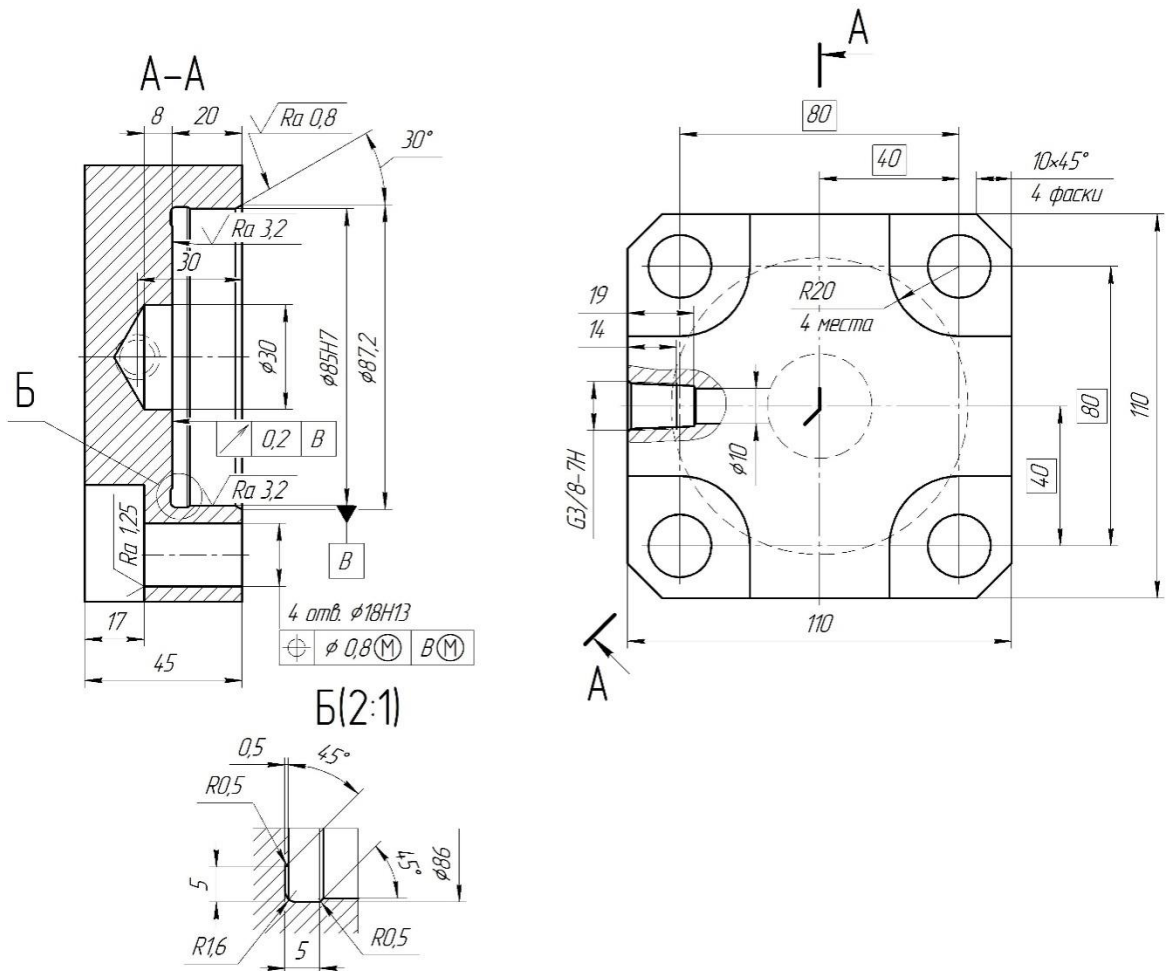
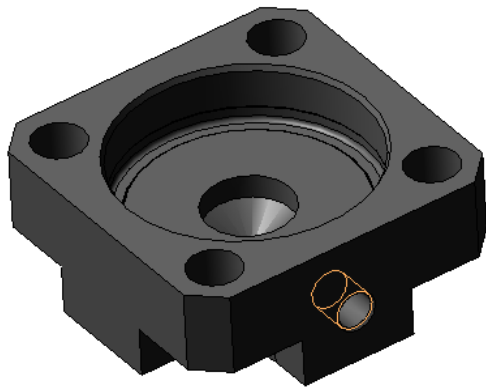


Рисунок 1.1 Креслення деталі «Фланець»

«Поверхня $\varnothing 85H7$ викоритовується для монтажу втулки. До неї висуваються підвищені вимоги щодо точності (7-й квалітет) та якості (шорсткість $Ra\ 3,2$ мкм). Різьбовий отвір $G3/8 - 7H$ призначений для кріплення штуцера. У отвір $\varnothing 87,2$ монтується ущільнююче кільце тому шорсткість поверхні повинна бути $Ra\ 0,8$ мкм. Отвори $\varnothing 18H13$ призначені для кріплення фланця до корпусу. Пази $R20$ призначені для того, щоб головки монтажних гвинтів були в рівень з площиною фланця. Торцеве биття поверхні $\varnothing 85H7$ не повинно перевищувати $0,2$ мм відносно поверхні В. Твердотільну модель деталі «Фланець» зображено рисунку 1.2» [1].



Информация	
Файл Редактор	
Фланец	
Заданные параметры	
Материал	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
Плотность материала	Ro = 0.007810 г/мм3
Расчетные параметры	
Масса	M = 2392.891134 г
Площадь	S = 54086.128843 мм2
Объем	V = 306388.109375 мм3
Центр масс	Xc = 0.000000 мм
	Yc = -0.464528 мм
	Zc = 24.433328 мм

Рисунок 1.2 Твердотільна модель деталі «Фланец»

Деталь виготовлена з високоякісної конструкційної сталі 45 ГОСТ 1050 - 98. Матеріал деталі має високу міцність, хорошу оброблюваність, низьку чутливість до внутрішніх концентрацій напруг, а також добре піддається термічній обробці. [1]. У таблицях 1.1 та 1.2 наведено хімічний склад та механічні властивості сталі 45 ГОСТ 1050 – 98.

Таблиця 1.1. – Хімічний склад сталі 45 ГОСТ 1050 – 98[1]

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Ni</i>	<i>S</i>	<i>P</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>
0,42 – 0,5	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	до 0,25	до 0,04	до 0,03	до 0,25	до 0,3

Таблиця 1.2. – Механічні властивості сталі 45 ГОСТ 1050 – 98[1]

$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ_5 , %	ψ , %	<i>KCU</i> , кДж / м ²	Термообробка
245	470	19	42	39	Нормалізація

« $\sigma_{0,2}$ – межа плинності умовна, МПа;

σ_b – тимчасовий спротив розриву (межа міцності при розтягненні), МПа;

δ_5 – відносне видовження після розриву, %;

ψ – відносне звуження, %;

KCU – ударна в'язкість, визначена на зразку з концентраторами напруги згідно вигляду U та V, Дж/см²» [1].

1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі

Як правило, якісна оцінка характеризує технологічність конструкції деталі на основі досвіду виконавця операцій обробки і проводиться на всіх етапах проектування. Не технологічним є глухий отвір $\varnothing 30$ на одному з торців фланця. До поверхні $\varnothing 85H7$ висуваються особливі вимоги щодо точності (7-й квалітет) та якості поверхні ($Ra\ 3,2\ \mu\text{м}$), до поверхні $\varnothing 82,7$ висуваються особливі вимоги щодо якості поверхні ($Ra\ 0,8\ \mu\text{м}$), що підвищує працездатність виготовлення.

На рисунку 1.3 вказано оброблювані поверхні деталі «Фланець»

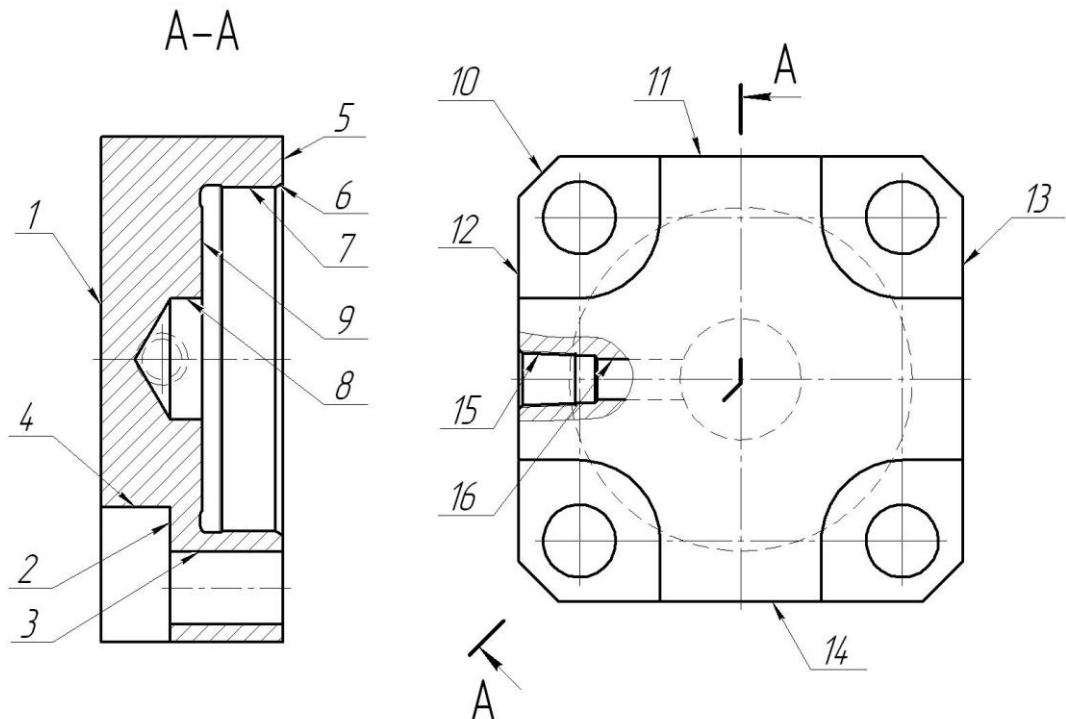


Рисунок 1.3 Оброблювані поверхні деталі «Фланець»

Оцінюючи деталь на технологічність обов'язковими є такі показники:

Коефіцієнт точності [2]:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{CP}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T n_i} \geq 0,8, \quad (1.1)$$

«де T_{CP} – середній квалітет точності обробки;

n_i – число розмірів відповідного квалітету точності;

T – квалітет точності обробки»[1].

Таблиця 1.3. – Дані для визначення коефіцієнта точності обробки[1]

№ поверхні	T_i	n_i	$T_i \cdot n_i$
7	7	1	7
3	13	1	13
1,2,4,5,6,8 – 16	14	14	196

$$K_T = 1 - \frac{16}{7 + 13 + 196} = 0,926 > 0,8$$

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{Ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{\sum n_{iM}}{\sum Ш n_{iM}} < 0,32, \quad (1.2)$$

«де $Ш_{cp}$ – середня шорсткість поверхні виробу;

n_{iM} – число поверхонь відповідної шорсткості;

$Ш$ – шорсткість конкретної поверхні» [2].

Таблиця 1.4. – Дані для визначення коефіцієнта шорсткості поверхні[2]

№ поверхні	$Ш_i$	n_i	$Ш_i \cdot n_i$
6	0,8	1	0,8
12	1,6	1	1,6
7, 9	3,2	2	6,4
1,5,10,11,13,14,15,16	6,3	8	50,4
2, 3, 8	12,5	3	75,6
4	25	1	25

$$K_{Ш} = \frac{16}{0,8 + 1,6 + 6,4 + 50,4 + 75,6 + 25} = 0,1 \leq 0,32$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м} = M_{дет} / Н_p = M_{дет} / (M_{заг} + T_{п}); \quad (1.3)$$

«де $M_{дет}$ – маса деталі, кг;

$Н_p$ – норма витрат матеріалу, кг;

$M_{\text{заг}}$ – маса заготовки, кг;

$T_{\text{п}}$ – технологічні витрати матеріалу, %

$K_{\text{в.м}} = 2,9 / (4 + 0,05 \cdot 4) = 0,69$ » [3].

Кількісний аналіз технологічності показує, що $K_{\text{т}}=0,926$, $K_{\text{ш}}=0,1$, $K_{\text{в.м}}=0,69$, відповідно деталь є технологічною.

1.3. Визначення типу виробництва

Коефіцієнт фіксованої активності $K_{\text{зоп}}$ показує співвідношення між кількістю всіх різних технологічних операцій, які виконуються або мають бути виконані агрегатом протягом місяця і на робочому місці протягом однієї зміни. [4].

$$K_{\text{з.оп.}} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i} \quad (1.4)$$

«де O_i – кількість необхідні виготовлення даної деталі;

P_i – число робочих місць необхідних для виготовлення даної деталі.

Число однотипних операцій O_i виконуваних на одному верстаті протягом місяця при роботі в одну зміну визначається за формулою» [4]:

$$O_i = \frac{\eta_{\text{зн}}}{\eta_{\text{зф}}}; \quad (1.5)$$

«де $\eta_{\text{з.н.}}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, що дорівнює 0,8;

$\eta_{\text{з.ф.}}$ – розрахунковий коефіцієнт завантаження обладнання за конкретною операцією, що рівний» [4]:

$$\eta_{\text{зф}} = \frac{m_{\text{pi}}}{P_i}; \quad (1.6)$$

де m_{pi} – розрахункова кількість верстатів для виконання конкретної операції;

P_i – прийнята кількість верстатів за цією операцією, отримана заокругленням до найближчого більшого цілого числа отриманого значення m_{p} .

Розрахункова кількість верстатів за операцією визначається за формулою [4]:

$$m_{pi} = \frac{N_M \cdot T_{шт}}{60 \cdot \Phi_M \cdot \eta_{зн}}; \quad (1.7)$$

«де N_M – місячна програма випуску деталі при роботі у одну зміну. При однозмінному режимі роботи $N = 3000/12 = 250$ шт;

$T_{шт}$ – штучно-калькуляційний час для виконання операції, хв.;

Φ_M – місячний фонд часу роботи устаткування за одну зміну, приймається $2038 / 12 = 170$ год.»[4];

Отримані значення m_p, P_j, O заносимо у таблицю 1.5.

Таблиця 1.5. – Дані для розрахунку коефіцієнта закріплення операцій[4]

№	$T_{шт}, \text{хв}$	m_{pi}	P_i	$n_{з.ф.i}$	O_i
005	1,12	0,05	1	0,05	16
010	2,42	0,1	1	0,1	8
015	1,02	0,04	1	0,04	20
020	2,56	0,1	1	0,1	8
			$\Sigma P_i = 4$		$\Sigma O_i = 52$

$$K_{зо} = \frac{52}{4} = 13.$$

Цей коефіцієнт відповідає середньосерійному типу виробництва [4].

Визначимо такт випуску, хв/штв [4]:

$$T_B = \frac{F_D \cdot 60}{N}; \quad (1.9)$$

де F_D – річний фонд часу, хв;

N – річна програма впуску, шт.

$$T_B = \frac{2038 \cdot 60}{3000} = 40,8 \text{ хв/шт};$$

1.4. Вибір та техніко – економічне обґрунтування методу отримання заготовки

Зіставимо два варіанти технологічного процесу виготовлення заготовки для деталі: литтям у кокіль та штампуванням на ГKM. «Маса деталі та заготовки визначені за допомогою побудови твердотільної моделі у середовищі Kompas – 3DV13 (рисунок 1.4, 1.5). Вартість отримання заготовки методом лиття у кокіль розраховували за формулою:

$$S_{\text{заг1}} = S \cdot Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\Pi} - \frac{(Q - q) \cdot S_{\text{відх}}}{1000}; \quad (1.10)$$

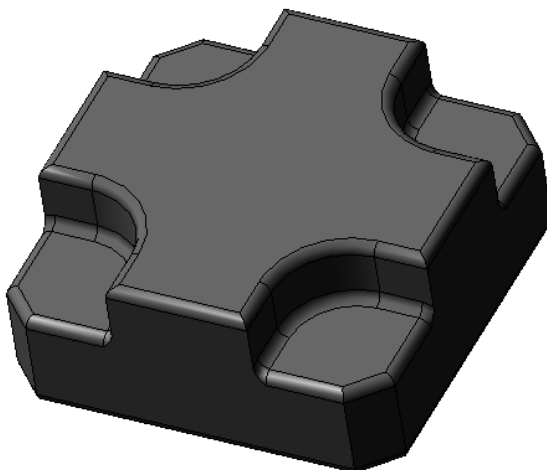
де k_T – коефіцієнт, що залежить від класу точності, ($k_T=1,2$);

k_c – коефіцієнт, що залежить від групи складності деталі ($k_c = 0,94$);

k_B – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки ($k_B = 0,94$);

k_M – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу ($k_M = 1,05$);

k_{Π} – коефіцієнт, що залежить від програми випуску ($k_{\Pi}=1,05$)»[5].



Информация	
Фланец (Отливка)	
Заданные параметры	
Материал	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
Плотность материала	Ro = 0.007810 г/мм
Расчетные параметры	
Масса	M = 3851.259021 г
Площадь	S = 48263.178332 мм2
Объем	V = 398.102854 мм3
Центр масс	Xc = 0.000000 мм
	Yc = 0.000000 мм
	Zc = 26.289306 мм

Рисунок 1.4 Визначення маси заготовки отриманої литтям у кокіль

$$S_{\text{заг1}} = 3 \cdot 3,85 \cdot 1,2 \cdot 0,94 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,05 - \frac{(4,5 - 2,4) \cdot 2300}{1000} = 730,3 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки отриманої на ГKM визначаємо за формулою [5]:

$$S_{\text{заг2}} = S \cdot Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\Pi} - \frac{(Q - q) \cdot S_{\text{відх}}}{1000}; \quad (1.11)$$

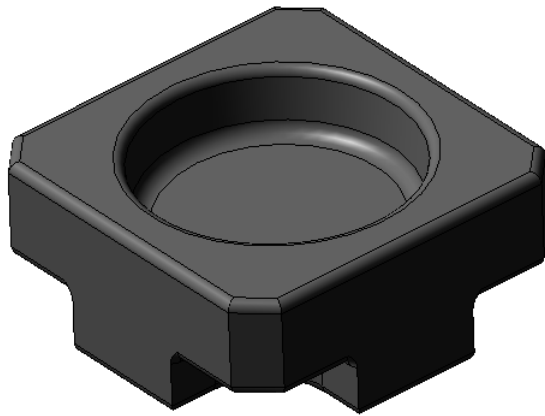
«де k_T – коефіцієнт, що залежить від класу точності, ($k_T=1,1$);

k_c – коефіцієнт, що залежить від групи складності деталі ($k_c = 0,9$);

k_B – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки ($k_B = 0,94$);

k_M – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу ($k_M = 1$);

$k_{п}$ – коефіцієнт, що залежить від програми випуску ($k_{п}=1,$)»[5].



Информация	
Файл Редактор	
Фланец (Поковка)	
Заданные параметры	
Материал	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
Плотность материала	Ro =0.007810 г/мм3
Расчетные параметры	
Масса	M = 3052.166860 г
Площадь	S = 45715.759435 мм2
Объем	V = 390802.414800 мм3
Центр масс	Xc = 0.000000 мм
	Yc = 0.000000 мм
	Zc = 23.444507 мм

Рисунок 1.5 Визначення маси заготовки отриманої методом ГKM

$$S_{\text{заг2}} = 5 \cdot 3 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 - \frac{(3 - 2,4) \cdot 2300}{1000} = 682 \text{ грн.}$$

Дані за першим та другим варіантами визначення вартості заготовок для деталі зводимо у таблицю 1.6

Таблиця 1.6. – Порівняння методів отримання заготовки [5]

Вид заготовки	Лиття в кокіль	Штамповка
Клас точності	-	3
Група складності	-	2
C_i , грн	3	5
Q , кг	4,5	3
q , кг	2,4	
$S_{\text{відх}}$, грн/т	2300	2300

Економічний ефект ($E_{\text{заг}}$) для зіставлених способів одержання заготовок визначається за формулою [5]:

$$E_{\text{заг}} = (S_{\text{заг2}} - S_{\text{заг1}}) \cdot N; \quad (1.12)$$

де $S_{\text{заг1}}, S_{\text{заг2}}$ – вартість заготовок отриманих вищеописаними методами, грн.;

N – річна програма випуску, шт.;

$$E_{\text{заг}} = (730,3 - 682) \cdot 3000 = 144900 \text{ грн.}$$

<p>015</p> <p>Свердлильна с ЧПУ</p>	<p>SCM Tech Z1</p>	<p>1. Свердлити отвір, витримуючи розміри 1-3</p> <p>2. Нарізати різь, витримуючи розміри 4,5</p>	
<p>020</p> <p>Внутрішньо- шліфувальна</p>	<p>Paragon RIG150</p>	<p>1. Шліфувати отвір з підшліфуванням внутрішнього торця, витримуючи розміри 1,2</p>	

1.6. Нормування технологічного процесу

Для серійного типу виробництва технічні норми часу встановлюються розрахунково-аналітичним шляхом.

«Норма штучного часу:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{об/от}, \quad (1.13)$$

де T_o – основний час, хв.;

T_d – допоміжний час, хв.

$$T_d = T_{вс} + T_{уп} + T_{вм}, \quad (1.14)$$

де $T_{вс}$ – час на встановлення та зняття деталі, хв.;

$T_{уп}$ – час на засоби управління обладнанням, хв.;

$T_{вм}$ – час на контрольні заміри, хв.;

Оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_e, \quad (1.15)$$

Час на обслуговування робочого місця »[7];

$$T_{об/от} = 7\%T_{оп}/100\%, \quad (1.16)$$

Визначаємо технологічні норми часу для операції 005 «Токарно-гвинторізна з ЧПУ».

Час на встановлення та зняття деталі [7]:

$$T_{вс} = 0,2 \text{ хв.};$$

Час на засоби управління обладнанням: увімкнути, вимкнути обладнання [7]:

$$T_{уп} = 0,1 \text{ хв.};$$

Час на контрольні заміни деталі [7]:

$$T_{вм} = 0,2 \text{ хв.}$$

$$T_{оп} = (0,44 + 0,11) + 0,2 + 0,1 + 0,2 = 1,05 \text{ хв.}$$

Час на регламентовані перерви [7]:

$$T_{об/от} = 1,05 \cdot 7/100 = 0,07 \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = 1,05 + 0,07 = 1,12 \text{ хв.}$$

На інші операції розрахунки проводимо аналогічно, отримані значення заносимо в таблицю 1.8.

Таблиця 1.8. – Зведена таблиця норм часу[7]

№	T_o , хв	T_v , хв			$T_{оп}$, хв	$T_{об,от}$ хв	$T_{шт}$, хв
		$T_{вс}$	$T_{уп}$	$T_{вм}$			
005	0,55	0,18	0,2	0,12	1,05	0,07	1,12
010	1,76	0,2	0,1	0,2	2,26	0,16	2,42
015	0,45	0,2	0,1	0,2	0,95	0,07	1,02
020	1,89	0,17	0,12	0,11	2,39	0,17	2,56

1.7. Вибір обладнання та розрахунок кількості обладнання

Вибираючи верстат для виконання того чи іншого технологічного процесу, необхідно враховувати цей фактор, щоб виключити непрацюючі апарати, тобто вибирати верстати з урахуванням їх продуктивності та універсальності. «Аби

виконати ці умови для кожного верстата у технологічному процесі мають бути підраховані коефіцієнти завантаження верстату (η_z), коефіцієнт використання обладнання за основним часом (η_o), та коефіцієнт використання обладнання за потужністю (η_m). Коефіцієнт завантаження верстату визначається як відношення розрахункової кількості верстатів m_p , зайнятих на одній операції технологічного процесу, до прийнятого (фактичного) числа верстатів m_{np} »[8]:

$$\eta_z = \frac{m_p}{m_{np}}; \quad (1.17)$$

Розрахункова кількість верстатів m_p визначається як відношення штучного часу даної операції T_{um} до такту випуску t_s [8].

$$\eta_m = \frac{T_{um}}{t_s}; \quad (1.18)$$

Для операції 010 матимемо:

$$m_{p010} = \frac{2.42}{40.8} = 0.06, \eta_{z010} = \frac{0.06}{1} = 0.06.$$

Решту значень заносимо до таблиці 1.9.

Середнє значення коефіцієнта завантаження обладнання [8]:

$$\eta_{zcp} = \frac{0.18}{4} \cdot 100\% = 4,5\%$$

«Коефіцієнт завантаження обладнання відповідно до основного технологічного часу показує високу частку машинного часу в загальному робочому часу машини. Для масового виробництва він визначається як співвідношення між основним часом і часом штучної калькуляції [8].

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{um}}; \quad (1.19)$$

Для операції 010 матимемо [8]:

$$\eta_{o010} = \frac{1.76}{2.42} = 0.72.$$

Інші значення заносимо до таблиці 1.9. Середнє значення коефіцієнта використання обладнання визначаємо за основним технологічним часом »[8]:

$$\eta_{осер} = \frac{2,39}{4} \cdot 100\% = 60\%$$

Коефіцієнт використання обладнання за потужністю приводу η_M – являє собою відношення необхідної потужності на приводі верстату $N_{пр}$ до потужності встановленого електродвигуна $N_{ст}$ [8].

$$\eta_M = \frac{N_{пр}}{N_{ст}} ; \quad (1,20)$$

Для операції 010 матимемо:

$$\eta_{M010} = \frac{2,4}{8} = 0,3 ;$$

Решту значень заносимо до таблиці 1.9.

Середнє значення коефіцієнту використання обладнання за потужністю приводу становить [8]:

$$\eta_{Mсер} = \frac{1,3}{4} \cdot 100\% = 33\%$$

Таблиця 1.9. – Розрахунок коефіцієнтів використання обладнання[8]

Номер та найменування операції	T_o , хв	$T_{шт}$, хв	m_p	$m_{пр}$	η_z , %	η_o , %	$N_{пр}$, кВт	$N_{ст}$, кВт	η_M , %
005 Токарно-гвинторізна з ЧПУ	0,55	1,12	0,03	1	3	49	5,3	10	53
010 Багатоцільова з ЧПУ	1,76	2,42	0,06	1	6	72	2,4	8	30
015 Свердлильна з ЧПУ	0,45	1,02	0,03	1	3	44	1	8	12
020 Внутрішньошліфувальна	1,89	2,56	0,06	1	6	74	1,4	4	35
Сума:			0,18	4	18	23 9			13 0

Результатом цього розділу є графіки, що показані на рисунках 1.6 – 1.8.

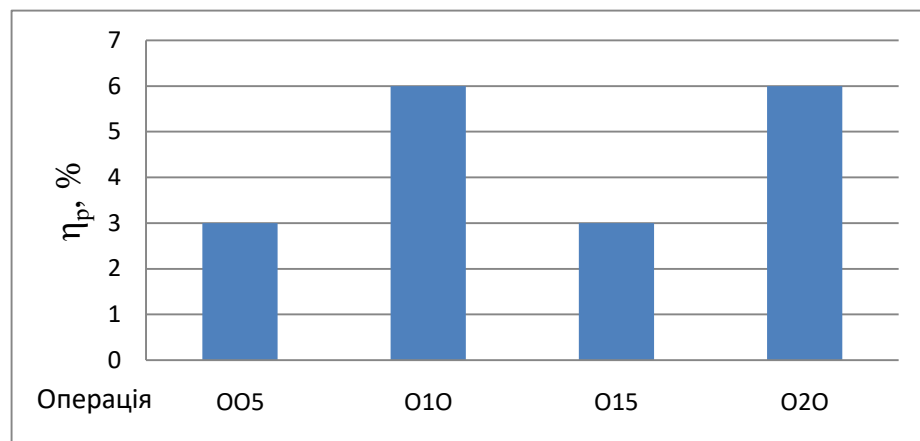


Рисунок 1.6 Графік завантаження обладнання ($\eta_{\text{пр}}=4,5\%$)

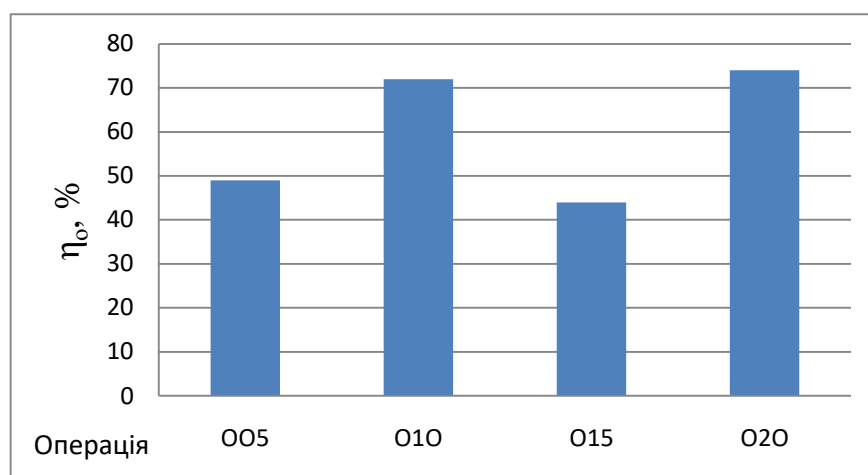


Рисунок 1.7 Графік завантаження обладнання за основним часом ($\eta_{\text{оср}}=60\%$)

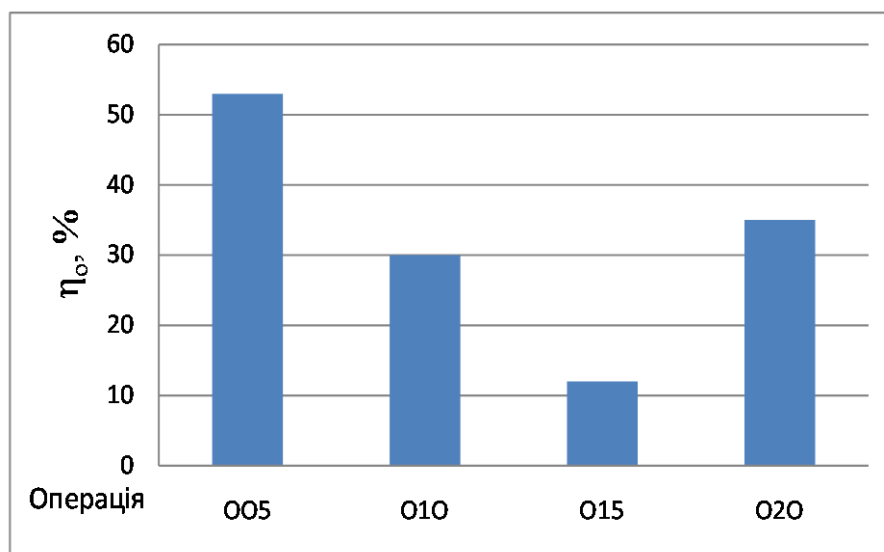


Рисунок 1.8 Графік завантаження обладнання за потужністю ($\eta_{\text{мспр}}=33\%$)

1.8. Техніко-економічне обґрунтування розробленого технологічного процесу

Ефективність технологічного процесу визначається величиною витрат на його здійснення. При цьому до складу повної зазначеної собівартості необхідно включати витрати на зміну вартості при переході на новий варіант технологічного процесу[9].

«Величина часових наведених витрат ($C_{нз}$) визначається за формулою 1.21 :

$$C_{нз} = C_3/M + C_{чз} + E_n(K_c + K_3), \quad (1.21)$$

де C_3 – Основна та додаткова заробітна платня а також податкові нарахування оператору та наладчику за годину роботи, грн./год.;

M – Коефіцієнт багатостатності прийнятий згідно фактичного стану на конкретній ділянці чи цеху;

$C_{чз}$ – Часові затрати на експлуатацію робочого місця, грн./год.;

E_n – Нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень ($E_n = 0,2$);

K_c – Питомі капітальні вкладення у верстат на годину роботи, грн./год.;

K_3 – Питомі капітальні вкладення у приміщення на годину роботи, грн./год.

Основна та додаткова заробітна плата (C_3), а також нарахування оподаткування розраховуються за формулою 1.22» [9]:

$$C_3 = C_{т.ф.} \cdot k \cdot \sum k, \quad (1.22)$$

де $C_{т.ф.}$ – Погодинна тарифна ставка відповідного розряду, грн./год.;

k – Коефіцієнт, що враховує заробітну платню наладчика ($k = 1$);

$\sum k$ – Сумарний коефіцієнт, що враховує коефіцієнти додаткових витрат: $k_{в.н.}$, $k_{д.з.}$, $k_{о.с.}$;

$k_{в.н.}$ – Коефіцієнт виконання норм виготовлення ($k_{в.н.} = 1,4$);

$k_{д.з.}$ – Коефіцієнт додаткової заробітної плати ($k_{д.з.} = 1,2$);

$k_{о.с.}$ – Коефіцієнт податкових відрахувань ($k_{о.с.} = 1,35$).

Погодинні витрати на експлуатацію робочих місць ($C_{чз}$) визначаються за формулою 1.23 [9]:

$$C_{ПВ} = C_{ПВ}^{BY} \cdot k_M, \quad (1.23)$$

«де $C_{ПВ}^{BY}$ – Фактичні погодинні витрати по базових робочих місцях, грн./год;

k_M – Коефіцієнт, що враховує на скільки витрати на конкретне робоче місце більші, ніж аналогічні витрати на базове робоче місце.

Витрати на експлуатацію робочого місця при зниженні навантаження на машину, якщо машина не підлягає перезарядці, повинні бути скориговані на коефіцієнт φ . У цьому випадку скоригована величина годинних витрат визначається за формулою 1.24 »[9]:

$$C_{ПВ}^K = C_{ПВ} \frac{\varphi}{1.14}, \quad (1.24)$$

де φ – Поправочний коефіцієнт.

«Капітальні вкладення у верстат і приміщення для крупносерійного виробництва визначаються за формулами 1.25 – 1.26:

$$K_c = \frac{Ц}{0,8 \cdot F_0}, \quad (1.25)$$

$$K_3 = \frac{F \cdot 75}{0,8 \cdot F_0}, \quad (1.26)$$

де $Ц$ – Базова вартість верстату, грн.;

F – Площа для розміщення і обслуговування верстату (m^2), з врахуванням проходів, яка визначається за формулою 1.27» [10]:

$$F = f \cdot k_F, \quad (1.27)$$

де f – Виробнича площа, яку займає верстат, m^2 ;

k_F – Коефіцієнт, що враховує додаткову виробничу площу на проходи та проїзди.

Технологічна собівартість (C_0) механічної обробки визначається за формулою 1.28 [10]:

$$C_0 = C_{нз} \cdot T_{ум} / 60 \cdot n_3, \quad (1.28)$$

де $C_{нз}$ – Затрати на годину роботи, грн./год.;

$T_{ум}$ – Штучний час на операцію, хв.;

n_3 – Коефіцієнт завантаження обладнання.

Базовий технологічний процес:

005, 010 Токарно-гвинторізна 16К20(4 розряд):

$C_{ТФ} = 2,4$ грн./год.; $M = 1$; $C_{ПВ}^{БВ} = 1,5$ грн.; $Ц = 2000 \cdot 1,1 \cdot 6 = 6600$ грн.; $R = 15$; $M_y = 11$ кВт; $T_{ШТ} = 3,24$ хв; $k_M = 1,4$; $\alpha = 0,50$; $f = 11 \cdot 1,2 \cdot 3 = 40$ м²;

$$C_3 = 2,3 \cdot 2,4 \cdot 1 = 5,52 \text{ грн.};$$

$$\varphi = 1 + \frac{0,50 \cdot (1 - 0,8)}{0,8} = 1,1$$

$$C_{ПВ}^K = 1,5 \cdot 1,4 \cdot 1,1 / 1,14 = 2 \text{ грн.};$$

$$K_C = 6600 / (2038 \cdot 0,8) = 2 \text{ грн./год.};$$

$$K_3 = (40 \cdot 3,5 \cdot 75) / (2038 \cdot 0,8) = 3,2 \text{ грн./год.};$$

$$C_{ПЗ} = 5,52 + 2 + 0,2 \cdot (2 + 3,2) = 8,56 \text{ грн.};$$

$$C_0 = 8,56 \cdot 3,24 / (60 \cdot 1,3) = 0,4 \text{ грн.}$$

«Оптимізований технологічний процес:

005Токарно-гвинторізна с ЧПУ ОРТіturnL28HS (4 розряд):

$C_{ТФ} = 2,4$ грн./год.; $M = 1$; $C_{ПВ}^{БВ} = 1,5$ грн.; $Ц = 5000 \cdot 1,1 \cdot 2 = 16500$ грн.; $R = 10$; $M_y = 10$ кВт; $T_{ШТ} = 1,12$ хв.; $k_M = 1,4$; $\alpha = 0,50$; $f = 6,7 \cdot 1,2 \cdot 3 = 24$ м²;

$$C_3 = 2,3 \cdot 2,4 \cdot 1 = 5,52 \text{ грн.};$$

$$\varphi = 1 + \frac{0,50 \cdot (1 - 0,8)}{0,8} = 1,1$$

$$C_{ПВ}^K = 1,5 \cdot 1,4 \cdot 1,1 / 1,14 = 2 \text{ грн.};$$

$$K_C = 16500 / (2038 \cdot 0,8) = 5 \text{ грн./год.};$$

$$K_3 = (24 \cdot 3,5 \cdot 75) / (2038 \cdot 0,8) = 2 \text{ грн./год.};$$

$$C_{ПЗ} = 5,52 + 2 + 0,2 \cdot (5 + 2) = 10,6 \text{ грн.};$$

$$C_0 = 10,6 \cdot 1,12 / (60 \cdot 1,3) = 0,15 \text{ грн.}$$

Базовий технологічний процес»[10]:

010 Фрезерна 6Р12 (3 розряд):

$C_{ТФ} = 1,8$ грн./год.; $M = 1$; $C_{ПВ}^{БВ} = 1,1$ грн.; $Ц = 1500 \cdot 1,1 \cdot 2 = 3300$ грн.; $R = 15$; $M_y = 4,5$ кВт; $T_{ШТ} = 4,48$ хв.; $k_M = 1,4$; $\alpha = 0,50$; $f = 1,8 \cdot 1,2 \cdot 2 = 4,4$ м²;

$$C_3 = 1,8 \cdot 2,4 \cdot 1 = 4,32 \text{ грн.};$$

$$\varphi = 1 + \frac{0,50 \cdot (1 - 0,8)}{0,8} = 1,1$$

$$C_{ПВ}^K = 1,1 \cdot 1,4 \cdot 1,1 / 1,14 = 1 \text{ грн.};$$

$$K_C = 3300 / (2038 \cdot 0,8) = 1 \text{ грн./год.};$$

$$K_3 = (4,4 \cdot 3,5 \cdot 75) / (2038 \cdot 0,8) = 0,4 \text{ грн./год.};$$

$$C_{ПЗ} = 4,32 + 1 + 0,2 \cdot (1 + 1) = 5,72 \text{ грн.};$$

$$C_0 = 5,72 \cdot 4,48 / (60 \cdot 1,3) = 0,3 \text{ грн.}$$

Оптимізований технологічний процес:

010 Багатоцільова 3 ЧПУ WeidaVMC 850b (4 розряд):

$$C_{ТФ} = 2,4 \text{ грн./год.}; M = 1; C_{ПВ}^{BY} = 1,5 \text{ грн.}; Ц = 4000 \cdot 1,1 = 4400 \text{ грн.}; R = 10;$$

$$M_y = 5 \text{ кВт}; T_{шт} = 2,42 \text{ хв.}; k_M = 1,4; \alpha = 0,50; f = 3,5 \cdot 1,2 = 4,2 \text{ м}^2;$$

$$C_3 = 2,4 \cdot 2,4 \cdot 1 = 5,76 \text{ грн.};$$

$$\varphi = 1 + \frac{0,50 \cdot (1 - 0,8)}{0,8} = 1,1$$

$$C_{ПВ}^K = 1,5 \cdot 1,4 \cdot 1,1 / 1,14 = 2 \text{ грн.};$$

$$K_C = 4400 / (2038 \cdot 0,8) = 1,35 \text{ грн./год.};$$

$$K_3 = (4,2 \cdot 3,5 \cdot 75) / (2038 \cdot 0,8) = 0,34 \text{ грн./год.};$$

$$C_{ПЗ} = 5,76 + 2 + 0,2 \cdot (1,35 + 0,34) = 8 \text{ грн.};$$

$$C_0 = 8 \cdot 2,42 / (60 \cdot 1,3) = 0,2 \text{ грн.}$$

Базовий технологічний процес:

020 Вертикально – д 2Н118(3 розряд):

$$C_{ТФ} = 1,8 \text{ грн./год.}; M = 1; C_{ПВ}^{BY} = 1,1 \text{ грн.}; Ц = 1500 \cdot 1,1 \cdot 2 = 3300 \text{ грн.}; R = 15;$$

$$M_y = 4,5 \text{ кВт}; T_{шт} = 2,33 \text{ хв.}; k_M = 1,4; \alpha = 0,50; f = 1,8 \cdot 1,2 \cdot 2 = 4,4 \text{ м}^2;$$

$$C_3 = 1,8 \cdot 2,4 \cdot 1 = 4,32 \text{ грн.};$$

$$\varphi = 1 + \frac{0,50 \cdot (1 - 0,8)}{0,8} = 1,1$$

$$C_{ПВ}^K = 1,1 \cdot 1,4 \cdot 1,1 / 1,14 = 1 \text{ грн.};$$

$$K_C = 3300 / (2038 \cdot 0,8) = 1 \text{ грн./год.};$$

$$K_3 = (4,4 \cdot 3,5 \cdot 75) / (2038 \cdot 0,8) = 0,4 \text{ грн./год.};$$

$$C_{ПЗ} = 4,32 + 1 + 0,2 \cdot (1 + 1) = 5,72 \text{ грн.};$$

$$C_0 = 5,72 \cdot 2,33 / (60 \cdot 1,3) = 0,2 \text{ грн.}$$

Оптимізований технологічний процес:

015 Сверлильна з ЧПУ SCMTechZ1 (4 розряд):

$$C_{ТФ} = 2,4 \text{ грн./год.}; M = 1; C_{ПВ}^{БВ} = 1,5 \text{ грн.}; Ц = 4000 \cdot 1,1 = 4400 \text{ грн.}; R = 10;$$

$$M_y = 5 \text{ кВт}; T_{ШТ} = 1,02 \text{ хв.}; K_M = 1,4; \alpha = 0,50; f = 3,5 \cdot 1,2 = 4,2 \text{ м}^2;$$

$$C_3 = 2,4 \cdot 2,4 \cdot 1 = 5,76 \text{ грн.};$$

$$\varphi = 1 + \frac{0,50 \cdot (1 - 0,8)}{0,8} = 1,1$$

$$C_{ПВ}^K = 1,5 \cdot 1,4 \cdot 1,1 / 1,14 = 2 \text{ грн.};$$

$$K_C = 4400 / (2038 \cdot 0,8) = 1,35 \text{ грн./год.};$$

$$K_3 = (4,2 \cdot 3,5 \cdot 75) / (2038 \cdot 0,8) = 0,34 \text{ грн./год.};$$

$$C_{ПЗ} = 5,76 + 2 + 0,2 \cdot (1,35 + 0,34) = 8 \text{ грн.};$$

$$C_0 = 8 \cdot 1,02 / (60 \cdot 1,3) = 0,1 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків технологічної собівартості за різних методів отримання деталі зводимо в таблицю 1.10

Таблиця 1.10. – Порівняння варіантів технологічного процесу обробки деталі [10]

Найменування	Варіанти	
	Базовий	Оптимізований
Вид заготовки	Виливок	Штамповка на ГKM
Вартість заготовки, грн..	13,3	12,1
Різниця в операціях механічної обробки		
Операції	005, 010	005
Технологічна собівартість обробки, грн..	0,4	0,15
Операції	015	010
Технологічна собівартість обробки, грн..	0,3	0,2
Операції	020	015

Технологічна собівартість обробки, грн..	0,2	0,1
Технологічна собівартість обробки, грн..	14,2	12,55
Розрахунок річної економії		
$E = (C_{01} - C_{02}) \cdot N = (14,2 - 12,55) \cdot 3000 = 495200$ грн.		

Річний економічний ефект від застосування плану вдосконалення при виборі способу деталізації (штамбування на ГKM) та застосування оптимального технологічного процесу виробництва складе 495200 грн.

1.9. Уточнення типу виробництва та встановлення його організаційної форми

Добовий випуск виробів визначається за формулою [11]:

$$N_c = \frac{N}{255}; \quad (1.29)$$

де N – річний випуск продукції, шт.;

255 – кількість робочих днів у році.

$$N_c = \frac{300}{255} = 12$$

«Добова продуктивність потокової лінії визначається за такою формулою:

$$Q_c = \frac{0.6 \cdot F_c}{T_{cp}}; \quad (1.30)$$

де F_c – Добовий фонд роботи обладнання, хв.. (при однозмінній роботі $F_c = 952$ хв.);

T_{cp} – Середня трудоемність основних операцій, хв., розраховується за формулою 1.31:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{um}}{n}; \quad (1.31)$$

де $T_{шт}$ – Штучний час виконання i -ї операції, хв.;

n – Кількість основних операцій.

$$T_{cp} = \frac{1,12 + 2,42 + 1,02 + 2,56}{4} = 1,8 \text{ хв..}$$

$$Q_c = \frac{0,6 \cdot 952}{1,8} = 318 \text{ шт.} \text{» [11].}$$

Оскільки в нашому випадку $N_c < Q_c$, то застосування потокової форми організації виробництва є недоцільним. Приймаємо групову форму організації виробництва. Розраховуємо кількість деталей у партії для одночасного запуску у виробництво [11]:

$$n = \frac{3000 \cdot 3}{255} = 35,3 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n = 36$ шт.

Висновки. Від якості розробки ТП залежить вартість деталі, складність процесу виготовлення, якість деталі, кількість браку, який може виникнути при виготовленні. У цьому розділі розроблено процес виготовлення частини «Фланець». При розробці технологічного процесу оцінюють призначення деталі, матеріали, з яких вона виготовлена, технологічність деталі. На підставі економічної оцінки витрат обрано оптимальний процес отримання деталі - штампування на ГKM. Визначається тип виробництва - великосерійне і форма організації - групова. Виходячи з продуктивності та універсальності обрано обладнання для виконання кожної з операцій.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ ДОПОМІЖНОГО УСТАТКУВАННЯ

2.1. Проектування верстатного пристрою. Призначення та принцип роботи

«Оброблену деталь кріплять до губки між двома призматичними губками 10. Поворотом ручки 2 проти годинникової стрілки деталь вставляють і затискають. Через штуцер 1 подається повітряний потік, який створює тиск на поршень. При русі поршень приводить в рух ходовий гвинт 7 і праву губку, забезпечуючи необхідне зусилля притиску»[12].

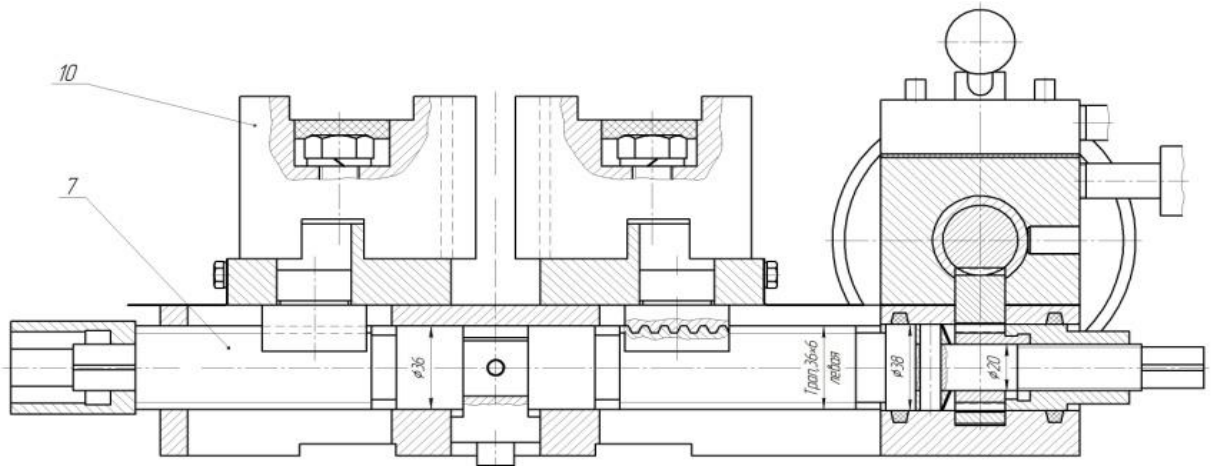


Рисунок 2.1 Ескіз самоцентруючих призматичних лещат

2.2. Розрахунок на точність

При розрахунку пристроїв на точність сумарна похибка $\sum \varepsilon$ при обробці деталі не повинна перевищувати величину допуску T розміру $\sum \varepsilon < T$ [12].

«Для розрахунку точності пристосування скористаємося формулою:

$$\varepsilon_{\text{ПР}} \leq T - \kappa_T \sqrt{(\kappa_{T1} \varepsilon_B)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_Y^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{III}}^2 + (\kappa_{T2} \omega)^2} \quad (2.1)$$

де T – Допуск розміру, що обробляється, мм;

ε_B – Похибка базування, $\varepsilon_B = 0$;

ε_3 – Похибка закріплення заготовки, $\varepsilon_3 = 0,075$;

ε_Y – Похибка встановлення пристрою на верстаті, $\varepsilon_Y = 0,06$;

ε_3 – Похибка, що виникає через зношування базуючі елементів устаткування, $\varepsilon_3 = 0,015$;

ε_{III} – Похибка, що виникає через перекос інструменту, $\varepsilon_{\text{III}} = 0$;

ω – Економічна точність обробки, $\omega = 0,036$;

κ_T – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу, $\kappa_T = 1,2$;

k_{T1} – коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування при обробці на налаштованих верстатах, $k_{T1} = 0,8$;

k_{T2} – коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки, що викликається факторами, незалежними від пристосування, $k_{T2} = 0,6$ [12].

У даному пристрої при свердлінні необхідно забезпечити допуск не більше 0,4 мм.

$$\begin{aligned} \varepsilon_{PP} &= 0,05 - 1,2 \times \\ &\cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0,075^2 + 0,06^2 + 0,015^2 + 0 + (0,6 \cdot 0,036)^2} = 0,05 - 0,12 = \\ &= 0,07 \text{ мм.} \end{aligned}$$

З розрахунків точності бачимо, що похибка затискного пристрою задовольняє умови.

2.3. Розрахунок необхідного зусилля затиску

Оброблена частина врівноважується дією сил, що виникають у процесі обробки. Головною силою в процесі обробки є сила різання. При розрахунку сили затиску враховуються сили, що діють при різанні, відцентрові сили та сили інерції, що виникають при певних умовах обробки. « При обробці складова сили різання P_o направлена перпендикулярно до сили затиску P_z , а складова сили P_h направлена змістити заготовку у вертикальному напрямку. Величина зусилля затиску розраховується виходячи з умови рівноваги всіх перерахованих сил, при повному збереженні контакту базової поверхні оброблюваної деталі з базовими елементами пристрою і виключає можливість переміщення під час маніпулювання. При розрахунку необхідно враховувати коефіцієнт запасів K , визначений за формулою» [13]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (2.2)$$

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,34.$$

В загальному вигляді сила затиску визначається як [13]:

$$W = \frac{K \cdot P_v - f_1 \cdot P_h}{f_1 + f_2}, \text{ Н} \quad (2.3)$$

Складові сил різання P_o и P_h визначаються з розрахунку сил різання [13]:

$$P_o = 520 \text{ Н}, P_h = 1338 \text{ Н}.$$

$f_1 = f_2 = 0,2$ – коефіцієнти тертя у затискній та опорній площинах.

$$W = \frac{2,34 \cdot 520 - 0,2 \cdot 1338}{0,2 + 0,2} = 2373 \text{ Н}.$$

Зусилля, яке створює пневмопривід розраховується за формулою [13]:

$$Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p \eta, \quad (2.4)$$

де D – діаметр поршня, ($D=100$ мм);

d – діаметр штока, ($d=30$ мм);

p – тиск стисненого повітря, в МПа, ($p=0,6$ МПа);

$\eta=0,85$ – ККД.

Підставляючи числові значення, знайдемо необхідне зусилля затиску [13]:

$$Q = \frac{\pi}{4} (100^2 - 30^2) \cdot 0,6 \cdot 0,85 = 3642 \text{ Н}.$$

Оскільки $Q > W$, значить дане зусилля затиску повністю забезпечує статичне положення заготовки у затискному пристрої.

2.4. Розрахунок на міцність

Визначимо зовнішній діаметр болта для кріплення основи лещат до столу верстата МА655 за допомогою шпонки залежно від сили затиску [14]:

$$d_i = \sqrt{\frac{W}{0,5[\sigma_p]}};$$
$$d_i = \sqrt{\frac{2373}{0,5 \cdot 60}} = 12,91 \text{ мм} \quad (2.5)$$

$$Q = \frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \frac{W}{l};$$
$$Q = \frac{12,2}{2} \operatorname{tg}(7^\circ + 17^\circ) \frac{2373}{65} = 99 \text{ Н} \quad (2.6)$$

$$[\sigma_{см}] = \frac{4W}{\pi \cdot d_1^2} \leq \varphi \cdot [\delta_{сж}] \quad (2.7)$$

Підставивши значення у формулу отримаємо 2.7:

$$\frac{4W}{\pi \cdot d_1^2} \leq \varphi \cdot [\delta_{сж}]$$

$$\frac{4 \cdot 2373}{3,14 \cdot 12,2^2} \leq 0,68 \cdot 120$$

$$36,14 \leq 81,6$$

Умова виконується, болт є міцним та стійким.

2.5. Проектування контрольного пристрою. Призначення та принцип роботи

«Контроль якості поверхні важливий у сучасному машинобудуванні, особливо при виробництві змінних деталей. Пристрої контролю деталей застосовуються на проміжних стадіях обробки і для контролю кінцевих деталей, показуючи точність розмірів, взаємне розташування поверхонь і точність їх геометричної форми. Наведено ескіз проектованого пристрою керування на рис. 2.2.» [13].

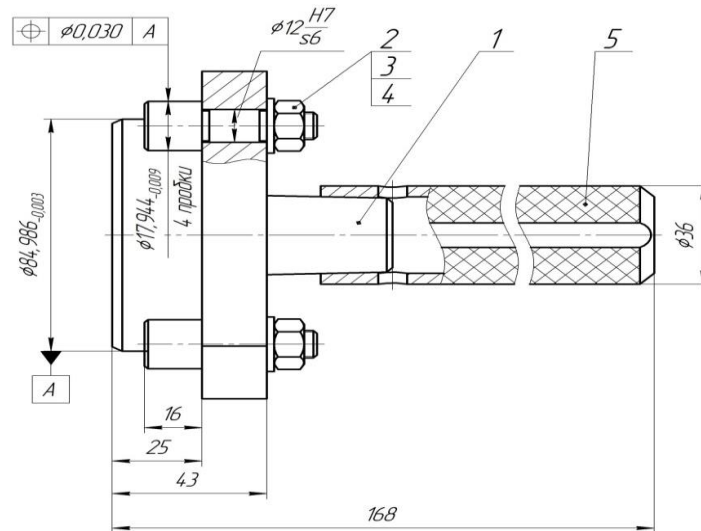


Рисунок 2.2 Ескіз контрольного пристрою

Пристрій містить рукоятку 5, в яку встановлюється вставка 1. У вставку 1 запресована заглушка 4 2, затягнута гайкою 3 і шайбою 4. Перевірка виконується наступним чином: Заготівлю встановлюють на столі, через центральну заглушку

приєднують пристрій до центрального отвору, а до контрольованих отворів – радіальну заглушку. При виконанні отворів з необхідною точністю пристрій повинен опускатися під дією власної ваги.

2.6. Розрахунок пристосування на точність

Розрахунок точності контрольного пристрою проводили за формулою [14]:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2} \leq (0,08 \dots 0,3)\delta \quad (2.8)$$

$$\Delta_2 = \sqrt{E_6^2 + E_3^2 + E_{zn}^2} \quad (2.9)$$

Допуск контрольованого параметру $\delta=0,013$ мм., тоді $0,008 \leq 0,3 \otimes 0,013$, $0,008 \leq 0,009$. Спроектований пристрій забезпечує задану точність перевірки деталі.

Висновки. У цьому розділі розроблені затискні та контрольні пристрої. Було проведено розрахунок точності затискного пристрою, який показав, що точність пристрою розрахована на 0,07 мм із заданою точністю 0,4 м. Також розраховуються параметри затиску з урахуванням усіх сил, що діють на заготовку, і перерахованих умов балансу сил при забезпеченні повного контакту базових поверхонь заготовки з деталями Пристрій основи заготовки. Також розраховуються параметри затиску з урахуванням усіх сил, що діють на заготовку, і перерахованих умов балансу сил при забезпеченні повного контакту базових поверхонь заготовки з деталями Пристрій основи заготовки. Контрольний пристрій призначений для контролю співвісності отворів. Для контрольованого приладу проведено прецизійні розрахунки, які показали, що точність приладу становить 0,08 мм, що задовольняє умову.

РОЗДІЛ 3

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

3.1. Автоматизоване проектування технологічного процесу

Технологічна готовність у виробництві - це сукупність взаємопов'язаних процесів на підприємстві, спрямованих на забезпечення технологічної готовності випускати в установлених умовах продукцію певної якості в необхідному обсязі за собівартістю не вище певного рівня [15].

«Результатом розробки технології виробництва є сукупність технологічних процесів виробництва деталей, вузлів і виробів у цілому, виражених у вигляді технологічних документів і технологічного оснащення, наявність яких є необхідною умовою забезпечення виробництва. створюється продукція за встановленими обсягами та економіко-технічними показниками. «Компас-автопроект» — повнофункціональна система, призначена для автоматизації підготовки технології виробництва, оснащена сучасними та гнучкими засобами для розробки технологічних проектів будь-якого рівня складності. Використання системи «Компас-автопроект» дозволяє досягти наступних результатів» [16]:

- - підвищення продуктивності праці техніка;
- - зменшує кількість помилок у процесі проектування;
- - підвищити якість роботи технологів;
- скоротити терміни підготовки технології виробництва;
- - підвищення ефективності збору актуальної інформації з проєктованих технологічних процесів;
- - скорочує час і витрати молодих спеціалістів на адаптацію до конкретних умов підприємства;
- - накопичення та застосування знань компанії щодо проектування нових технологій продукції;
- - організовує унікальний інформаційно-довідковий простір для технологів і конструкторів, а також служб управління виробництвом;
- знизити трудомісткість робіт, що виконуються в рамках заходів системи управління якістю;
- підвищення точності інформації, що використовується для розподілу та розрахунку витрат.

В середовищі САПР Компас-автопроект створюємо технологічний процес виготовлення деталі, підбираємо ріжучий та вимірювальний інструмент, металорізальне обладнання. [17].

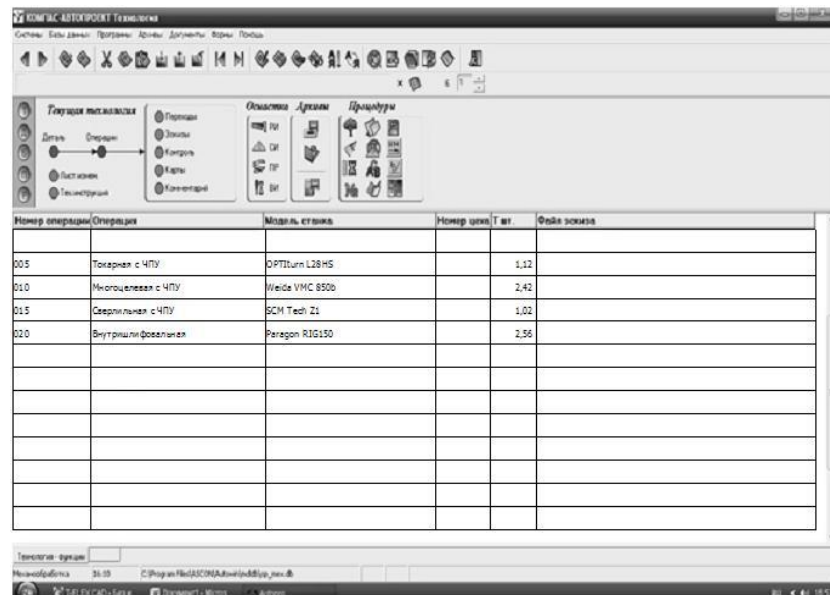


Рисунок 3.1 Вибір операцій технологічного процесу

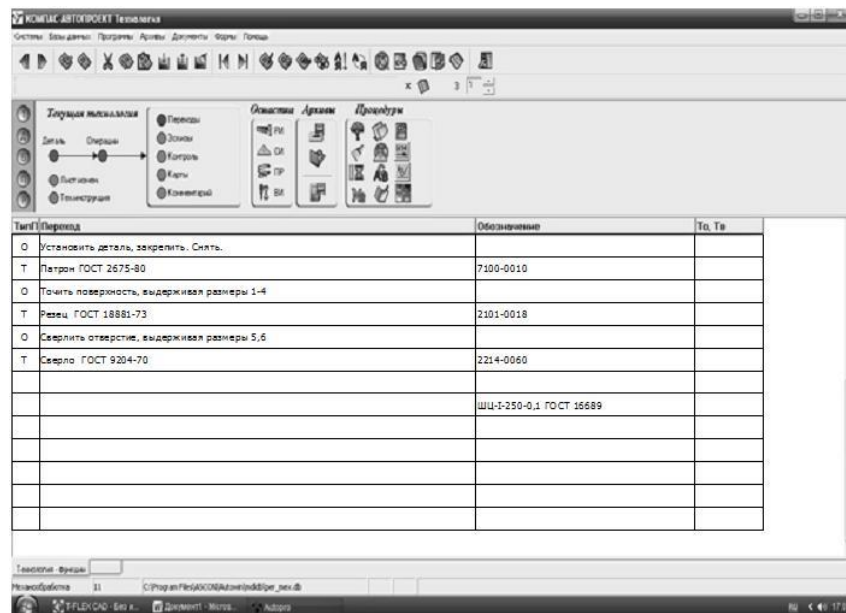


Рисунок 3.2 Вибір першого переходу для токарно-гвинторізної операції

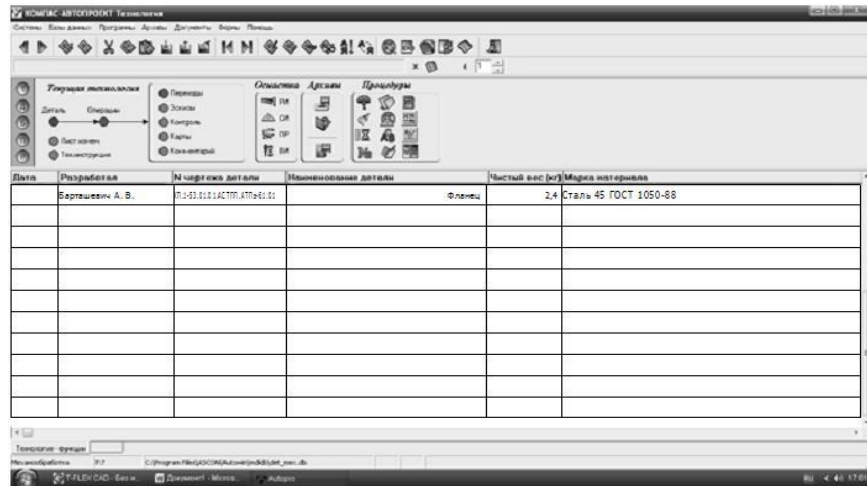


Рисунок 3.3 Згенерований технологічний процес

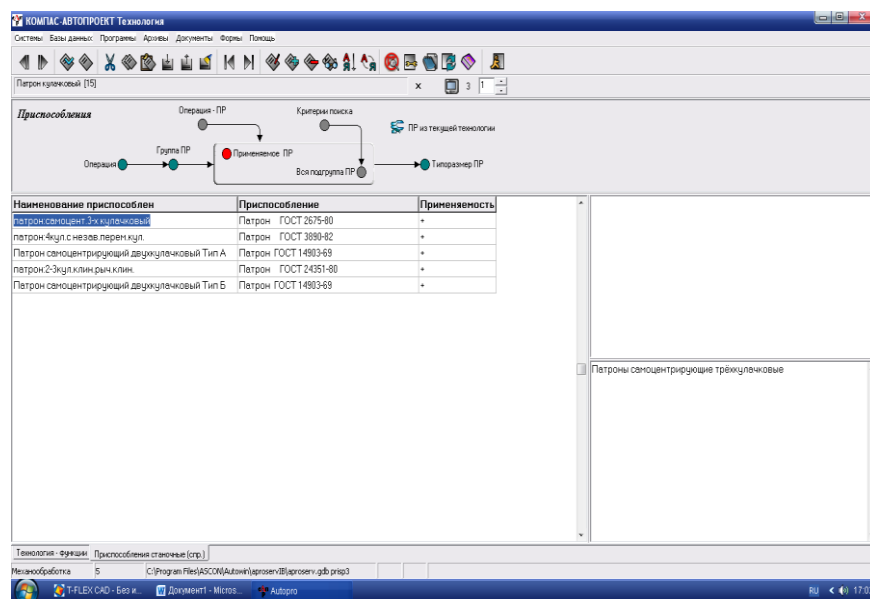


Рисунок 3.4 Вибір технологічного обладнання

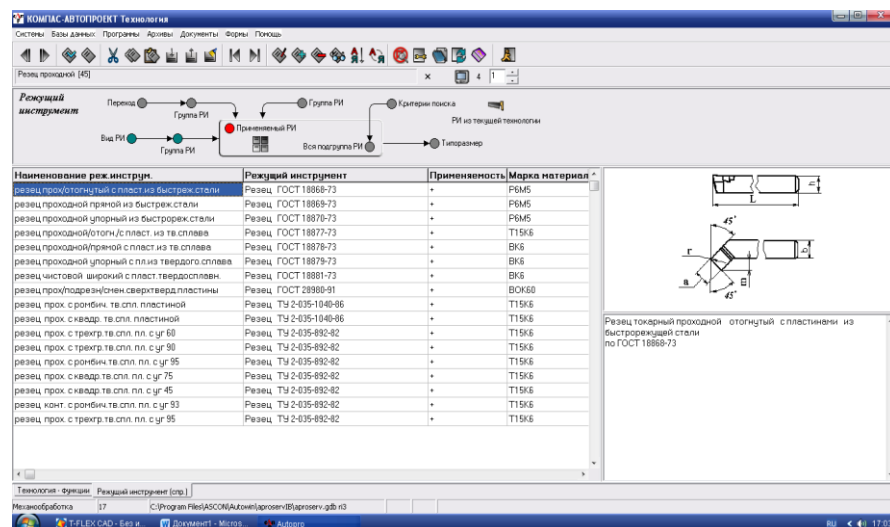


Рисунок 3.5 Вибір ріжучого інструменту

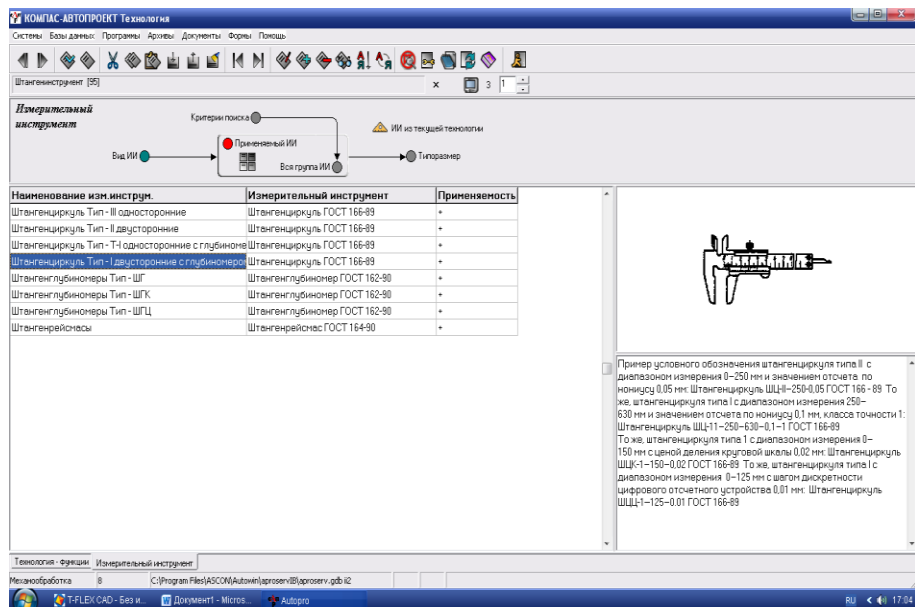


Рисунок 3.6 Вибір вимірювального інструменту

Застосування цього інструменту дає можливість автоматично розробляти технологічний процес виготовлення деталі, підбирати ріжучий і вимірювальний інструмент. Маючи ці дані, інструмент створював технологічні карти та схеми технологічних процесів.

3.2. Розрахунок напружено деформованого стану конструкції деталі

«Під час проектування машин часто виникає необхідність оцінити найважливіші фізико-механічні властивості деталей або вузлів, а також продукції в цілому. Раніше єдиним способом оцінки фізико-механічних властивостей продукту було обчислення оцінок за допомогою наближених або напівемпіричних аналітичних методів. Точність цих методів порівняно з реальними об'єктами проектування, як правило, не висока. Таким чином, важливі фактори безпеки (наприклад, довговічність) включені в дизайн виробу, зменшуючи ризик прийняття неправильних проектних рішень. Найчастіше цей дизайнерський підхід з плином часу залишається найпопулярнішим» [17].

Використовується інструмент інтеграції КОМПАС-3D для підготовки та подальшого кінцево-елементного аналізу тривимірної моделі твердого тіла. Статичний аналіз дозволяє розрахувати напружений стан конструкції під дією постійних у часі сил, що діють на систему. На сьогоднішній день це, мабуть,

найбільш затребуване проектне завдання. За допомогою модуля «Статичний аналіз» користувач може оцінити довговічність розробленої ним конструкції за допустимими навантаженнями, визначити найслабкіші місця конструкції та внести необхідні зміни в конструкцію деталі або конструкції виробу. [17].

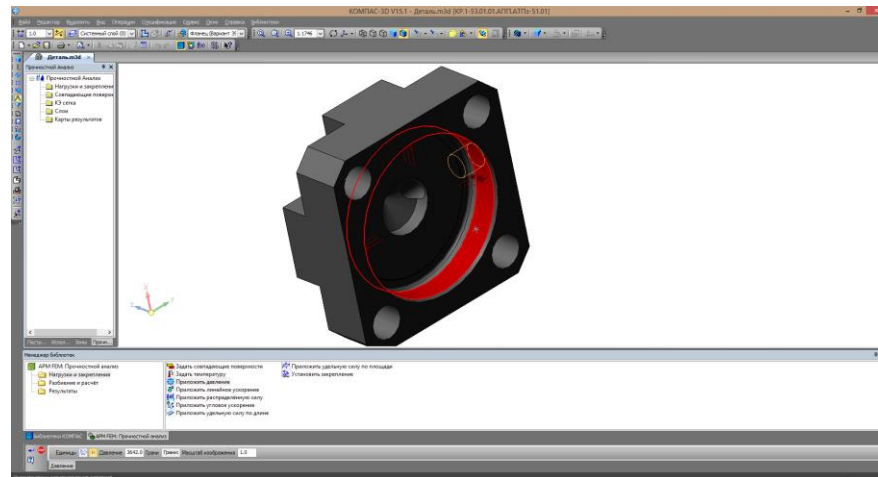


Рисунок 3.7 Зображення деталі з прикладеним зусиллям

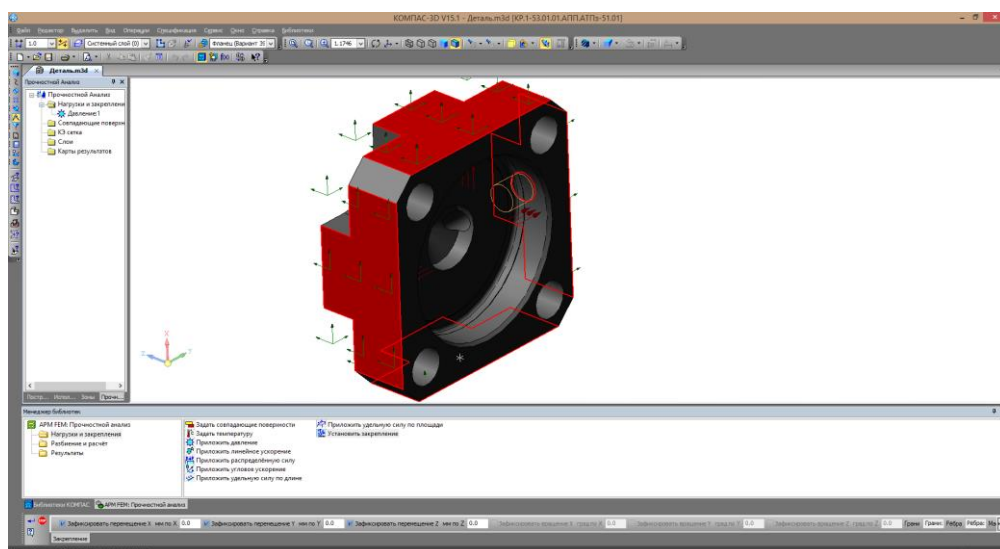


Рисунок 3.8 Моделювання затиску деталі

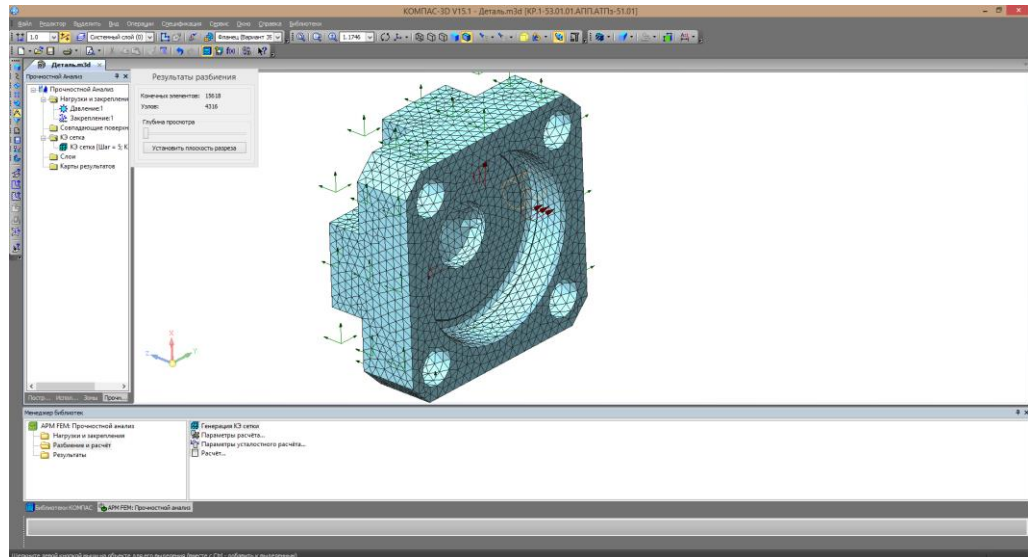


Рисунок 3.9 Накладання на деталь кінцево-елементної сітки

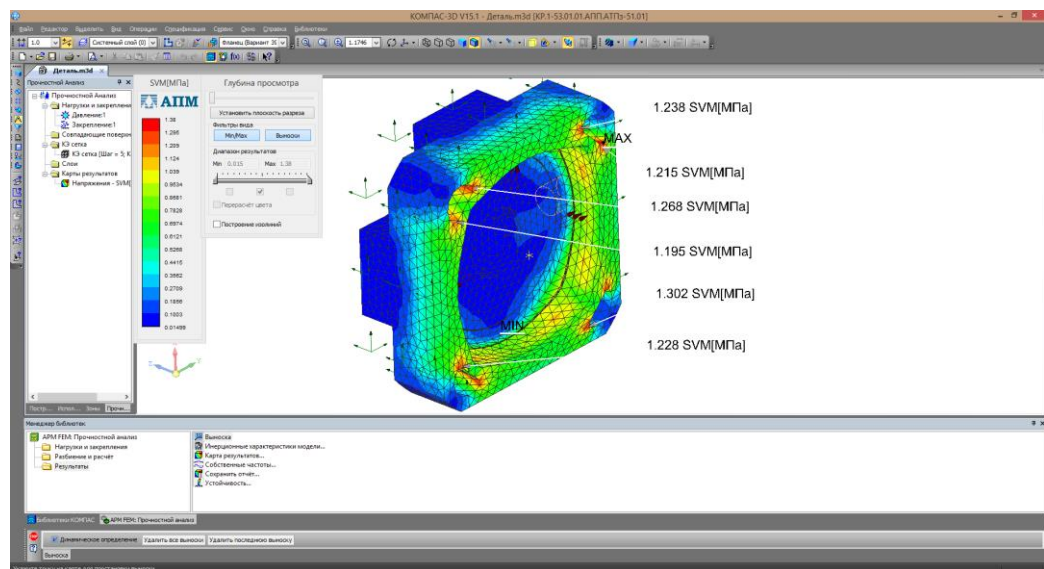


Рисунок 3.10 Найбільш навантажені елементи деталі при обробці

За результатами аналізу статичної міцності деталі можна зробити висновок, що деталь витримує задане навантаження і, отже, відповідає вимогам довговічності.

3.3. Розробка програми керування для верстатів з ЧПУ

«Розробка керуючої програми виконана для операції 005 токарно-токарного верстата з ЧПУ. Можливості системи САМ включають побудову контуру обробки, автоматичний розрахунок траєкторії, створення керуючої програми, пост-обробку, підтримку циклу верстата, візуалізацію процесу та керування обробкою» [18].

У розділі I для даної операції обрано верстат OPTturnL28HS. Основні етапи системи Компас 3DV15 для проектування керуючої програми:

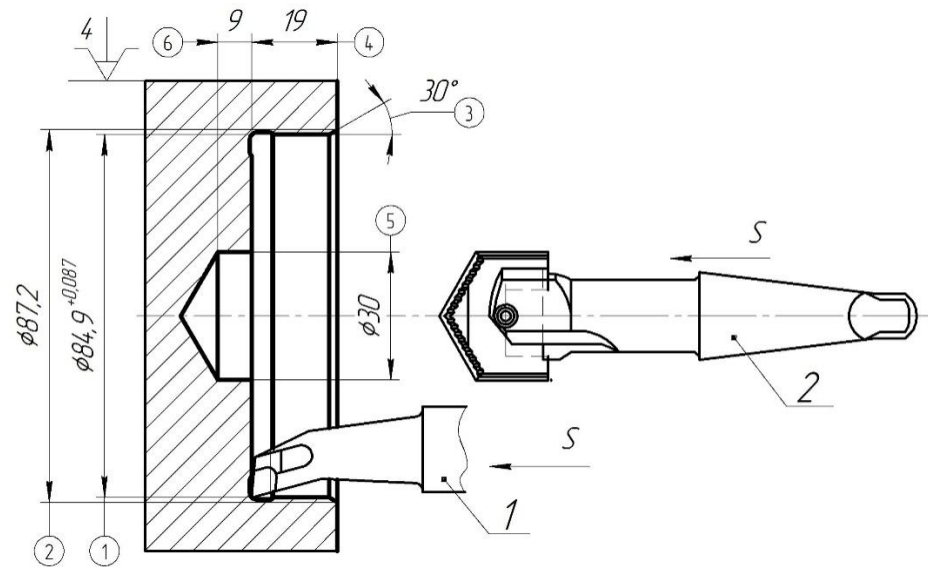


Рисунок 3.11 Ескіз для операції 005

Побудова контуру деталі та вибір локальної системи координат.

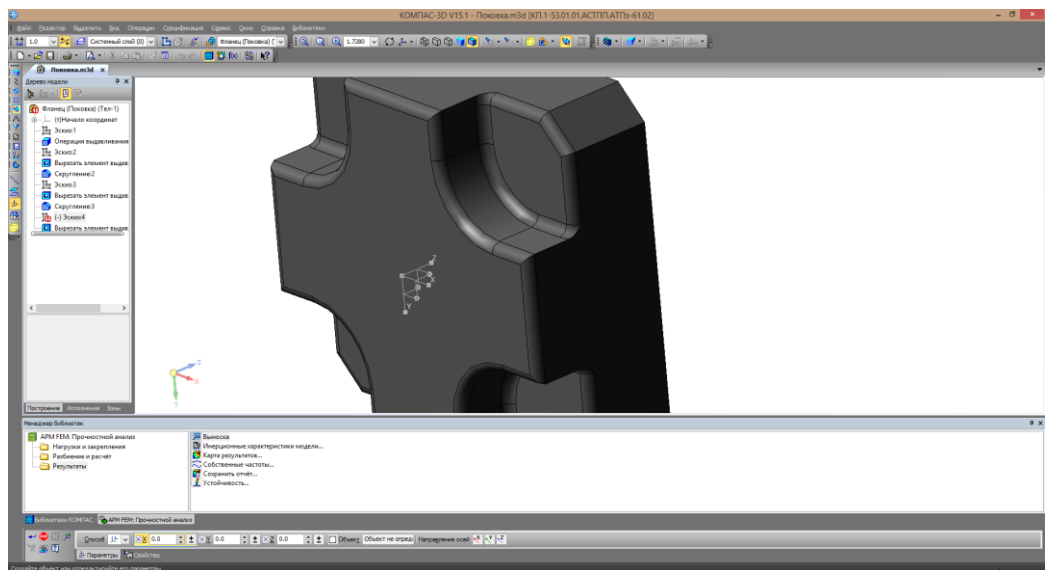


Рисунок 3.12 Вибір локальної системи координат (ЛСК)

Обираємо постпроцесор NC-31. Вибираємо поверхні для обробки та вказуємо припуски. Також призначаємо інструменти та вказуємо вихідну точку:

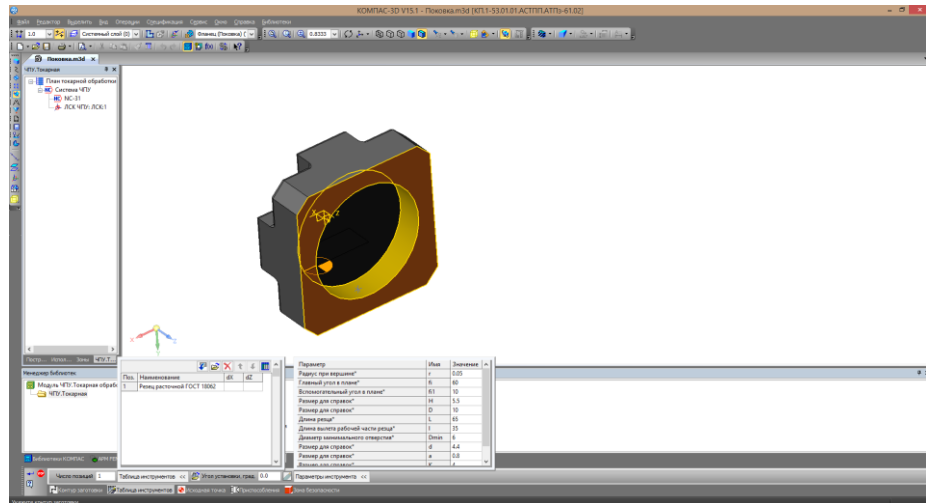


Рисунок 3.13 Вибір поверхонь для обробки

Виходячи з розрахункових режимів різання, встановили швидкість подачі 0,12 мм/хв. Ми вказали глибину різання 2 мм [18]. Вибираємо вигнутий прохідний різець. Змоделюємо процес різання, зображений на малюнку. 3.14.

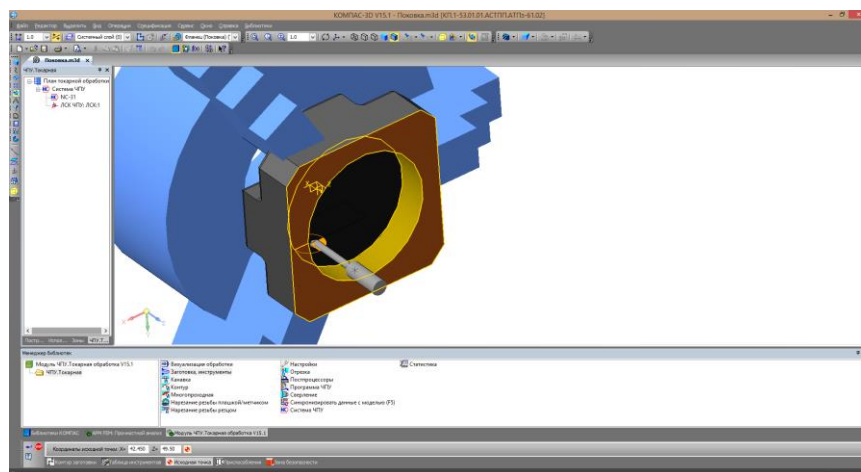


Рисунок 3.14 Моделювання процесу токарної обробки

Висновки. У середовищі САПР «Компас-автопроект» спроектовано технологічний процес виготовлення деталі, підбрано металорізальне обладнання, ріжучий та вимірювальний інструмент, технологічні карти та ескізи технології процесу. Метод скінченних елементів використовується для розрахунку напружено-деформованого стану конструкції деталі, таким чином показуючи точки максимального напруження деталі. На основі цих даних була змінена конструкція затискного пристрою для зменшення навантаження на деталі під час обробки. Розроблено керуючу програму для верстата OPTturnL28HS.

РОЗДІЛ 4

ПІДБІР ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

4.1. Основні вимоги до технологічного обладнання

Вимоги до технологічних процесів, обладнання та їх вузлів визначаються вимогами до якості деталі, програмою випуску та гнучкістю виробництва. Ця робота повинна базуватися на розгляді певних фундаментальних питань. Визначити оптимальне рішення технологічних процесів і поділу ліній на будівельному майданчику, розрахувати кількість потоків і вибрати техніку, підібрати транспортно-навантажувальне обладнання, організувати місце для обладнання на будівельному майданчику або лінії і т.д. . Усі ці завдання необхідно вирішувати таким чином, щоб виконувалися всі вимоги до якості продукції, витрати на виробництво були на найнижчому рівні, а ланцюг поставок забезпечував високі економічні та технічні показники [19].

«Основним технологічним обладнанням є металообробний верстат, що входить до системи роботизованого технічного комплексу (РТК). При виборі запропонованих машин для інтеграції в РТК використовуються такі критерії:

- Популярність і перспективність машин масового виробництва, а також машин, придатних для масового виробництва. Також рекомендується створювати РТК з урахуванням поширених у машинобудуванні моделей верстатів; – Розмірні параметри верстату;

- Рівень автоматизації верстату - основний критерій, що визначає можливість включення верстату до складу РТК. Набір верстатів залежить від технічного призначення системи. Основний критерій – ступінь автоматизації верстату. При створенні РТК підбирають верстати, які мають автоматизовані цикли роботи»[19].

Крім того, верстати повинні бути оснащені додатковим технологічним обладнанням, що дозволяє легко переналаштовувати верстат і забезпечує точне позиціонування і надійну фіксацію деталей різного розміру.

4.1. Токарний верстат OPTIturn L28HS

Похила станина забезпечує високу жорсткість і мінімізовану вібрацію під час інтенсивних режимів різання, а також ефективне видалення стружки та високу точність під час точної обробки [20].

«Токарні обробні центри серії HS мають лінійні напрямні по всіх осях. Лінійні напрямні виконані у вигляді призматичних напрямних, по яких рухається одна або кілька кареток за допомогою обертових кулькових тіл у пульті керування. Такі напрямні працюють завдяки тертю кочення. Технічні характеристики токарного верстата OPTIturn L28HS наведені в таблиці 4.1 »[20].

Таблиця 4.1. – Технічні характеристики токарного верстату OPTIturn L28HS[20]

Максимальний діаметр заготовки, мм	480
Максимальна довжина заготовки, мм	600 (1000)
Максимальний діаметр над станиною, мм	600 мм
Максимальна швидкість обертання шпинделя, об/хв..	6000
Максимальна потужність на шпинделі, кВт	7,5
Кількість інструментів в револьвері, шт..	12
Вага, кг.	2630



Рисунок 4.1 Токарний верстат OPTIturn L28HS

4.2. Агрегатний верстат Weida VMC 850b

Свердлильно-фрезерний верстат Weida VMC 850b призначений для загального використання в серійному та великосерійному машинобудуванні для свердління, фрезерування, нарізання внутрішньої та зовнішньої різьби, розточування [21].

Технічні характеристики верстату Weida VMC 850b наведені у таблиці 4.2

Таблиця 4.2. – Технічні характеристики агрегатного верстату Weida VMC 850b

Найменування параметру	Величина параметру, розмірність
Робоча зона	
Технологічний хід, вісь X, мм	630
Технологічний хід, вісь Y, мм	360
Розмір площини затискного столу, мм	1220x360
Діаметр свердління (макс.), мм	Ш50 ST 37
T-образні пази, число	3
T- образні пази, відстань, мм	95

Продовження таблиці 4.2

Подача	
Автоматична подача шпинделя, мм/об	0,1; 0,15; 0,3
Автоматичний технологічний хід столу, мм/хв	(8) 24 - 720
Вертикальна фрезерна головка	
Частота обертання шпинделя (вертикального), об/хв	(16) 94 - 2256
Затиск шпинделя (вертик.)	SK 40
Хід пінолі, мм	180
Відстань торець шпинделя/стіл, мм	120 - 620

Потужність	
Потужність двигуна головного приводу (пост./30 хв.)	1,5/2,4 kW / 2/3 Нр
Напруга мережі, В	400
Розміри	
Габарити, мм	1730x1730x2300
Вага, кг.	1400



Рисунок 4.2 Агрегатний верстат Weida VMC 850b

4.3. Свердлильний верстат SCM Tech Z1

«Обробний центр з ЧПК SCM Tech Z1 призначений для обробки деталей складної конфігурації, а саме фрезерування по певній траєкторії контурів і площин, торцевого свердління, вибірки канавок по осі X. Використання ЧПК забезпечує гнучкість у створенні виробничих завдань, висока точність обробки і повна повторюваність оброблених деталей» [22].

Рама обробного центру і підшипники виготовлені зі стандартної сталі у вигляді монолітної конструкції, що забезпечує стабільність, відсутність деформацій і максимальну точність при роботі. Центральна рама має призматичне

з'єднання з великою опорною поверхнею для забезпечення жорсткості конструкції та полегшення очищення робочої зони [22].

«Перемістіть раму та супорт :

- Переміщення по осях X і Y здійснюється за допомогою прямолінійних призматичних напрямних;

- Привід з допомогою високоточної шарико-гвинтової пари;

- Легке і швидке переміщення завдяки використанню безщіткових електродвигунів;

- Наявність пристрою оптимального розподілу маси при переміщенні групи по осі Z»[22].

Технічні характеристики верстату SCM Tech Z1 наведені у таблиці 4.3

Таблиця 4.3. – Технічні характеристики агрегатного верстату SCM Tech Z1

Відстань між бічними упорами вздовж осі X, мм	2500
Переміщення по осях при фрезеруванні, мм	X = 2980, Y = 1450
Максимальна відстань від верхнього краю свердлильного шпинделя до присоски, мм	Z = 180
Швидкість переміщення по осях, м/хв..	X, Y = 50
Максимальна частота обертання об/хв..	8600
Максимальний діаметр інструменту, мм	120
Споживання повітря, л/хв..	150
Магазин змінного інструменту, шт..	10
Розміри по осям X-Y, мм	3115 x 1320
Прохід панелей по осі Y, мм	1600
Потужність двигуна (макс.), кВт	14



Рисунок 4.3 Агрегатний верстат SCM Tech Z1

4.4. Шліфувальний верстат моделі Paragon RIG150

Круглошліфувальні верстати з ЧПК призначені для шліфування зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь, а також торцевих поверхонь валів [23].

Автоматичний цикл шліфування:

- Грубий помел;
- Тонкий помел;
- Швидко вийдіть і вийміть шліфувальний круг наприкінці циклу.

Спосіб подрібнення:

- Шліфування прогресує крок за кроком;
- Загострити маятник;
- Шліфування

«Датчик лінійного переміщення по осі X вказує фактичне положення шліфувального круга по вертикальних координатах і забезпечує точний зворотний зв'язок з комп'ютером для досягнення вищої точності шліфування.

Механічно керований ручкою, може використовуватися для регулювання руху інструменту вздовж осей X і Z »[23].

Технічні характеристики верстату моделі Paragon RIG150 наведені у таблиці 4.4

Таблиця 4.4. – Технічні характеристики шліфувального верстату моделі Paragon RIG150

Максимальна довжина заготовки, мм	520
Довжина шліфування, мм	500
Діаметр шліфування, мм	250
Максимальний діаметр повороту столу, °	R=7° / L=7°
Кількість шпинделів	1
Подача столу, м/хв..	0 - 4,5
Потужність електродвигунів, кВт	6
габарити (Д x Ш x В), мм	3000 x 2000 x 1600
Вага верстату, кг	2200



Рисунок 4.4 Шліфувальний верстат Paragon RIG150

4.5. Організація зміни заготовок у роботизованих технологічних комплексах (РТК)

Неодмінною умовою успішної роботи з деталями в автоматизованому секторі є швидка і надійна фіксація деталей і швидке їх видалення. Для цього розроблені автоматичні затискні пристрої. Способи кріплення деталей залежать від типу і жорсткості деталі, допусків на її розміри, особливостей технічних робіт і, перш за все, способу підшви [24].

У нашій роботі для заміни заготовки в РТК обрано промисловий робот KUKA KR 30 HA, яки зображено на рис.4.5



Рисунок 4.5 Промисловий робот KUKA KR 30 HA

4.6. Інструментальне забезпечення РТК

Основна мета автоматизації зміни інструменту – скоротити час простою машини та час серверної роботи. Модульний пристрій системи приладів включає такі елементи [26]:

- Ріжучі інструменти;
- Допоміжні інструменти;
- Пристосування для кріплення інструменту;
- обладнання для зміни інструменту;
- Акумулятори для інструментів.

В умовах масового виробництва ріжучі інструменти повинні бути скомпоновані відповідно до типових технологічних процесів обробки на верстатах з ЧПК. Особливо ефективним є використання інструментів зі змінними багатогранними твёрдосплавними пластинами [26].

«Найбільш часто використовувані стандартні інструменти мають ручки різних розмірів і форм. Токарні верстати мають призматичний хвостовик, фрезерні свердла мають конічний хвостовик. Для їх закріплення на головному валу багатофункціонального верстата використовуються перехідні патрони з хвостовиком, що відповідає різним стандартизованим резцедержателям. Перехідний патрон для автоматичної зміни інструменту має спеціальні кільцеві канавки, щоб оператор автоматично захоплював їх і орієнтував патрон в осьовому напрямку» [27].

Верстати з ЧПК РТК забезпечені багатими наборами ріжучих і допоміжних інструментів, вибір яких визначається типом і стандартними розмірами виробу, що обробляється. Допоміжний інструмент призначений для закріплення ріжучого інструменту на головному валу верстата. Інструменти мають різні ручки, але їх потрібно вставляти в одне гніздо.

Для вирішення цієї проблеми використовується система допоміжних засобів, які входять до складу необхідного апарату. Він взаємодіє з різцетримачем (а також його модифікаціями) і забезпечує попередню підгонку інструменту до розмірів. Уніфікація деталей допоміжного інструменту досягається шляхом стандартизації його хвостовика і базових поверхонь і кріплення різального інструменту [26].

4.7. Накопичувачі заготовок та готових деталей

До супутнього допоміжного обладнання належать транспортно-накопичувачі, що забезпечують безперервну роботу РТК в автоматичному циклі протягом певного часу [28].

Функції транспортно-складського обладнання [28]: Накопичуйте певну кількість місць у вихідному положенні РТК; Доставляти кожну деталь заготовки в певне місце, де вона утримується допоміжними пристроями; транспортувати

продукцію в РТК зі збереженням орієнтації та перенесенням її на наступні види діяльності та зони;

- Зміна орієнтації продукту між машинами РТК (за необхідності);
- зберігає інтерактивні ревізії та ревізії для іншого РТК або переходу до іншої конкретної діяльності.

Вимоги до допоміжного обладнання визначаються типом РТК; параметри (тип, форма, матеріал, розмір) деталей, що обробляються, тип і кількість верстатів, що входять до складу РТК, масове виробництво та штучні терміни обробки деталей на верстаті.

«У РТК цього гнучкого асортименту ми використовуємо один вид транспортно-складського обладнання. Усі РТК мають сенсорні панелі (рис. 4.6). Сенсорний стіл призначений для транспортування деталей до місця зйомки за допомогою допоміжних пристроїв. Пристрій можна встановити безпосередньо на плиту столу. Допускається установка заготовки у вертикальному положенні. При виборі способу установки деталей на годинниковий столик і кількості деталей на пластині необхідно враховувати робочу зону приладу, точність позиціонування, розмір і схему розташування ручки. Готову виріб можна поставити на годинниковий столик або в окремий призначений для цього футляр. Супутник сконструйований з урахуванням конкретної складової комплексу»[28].

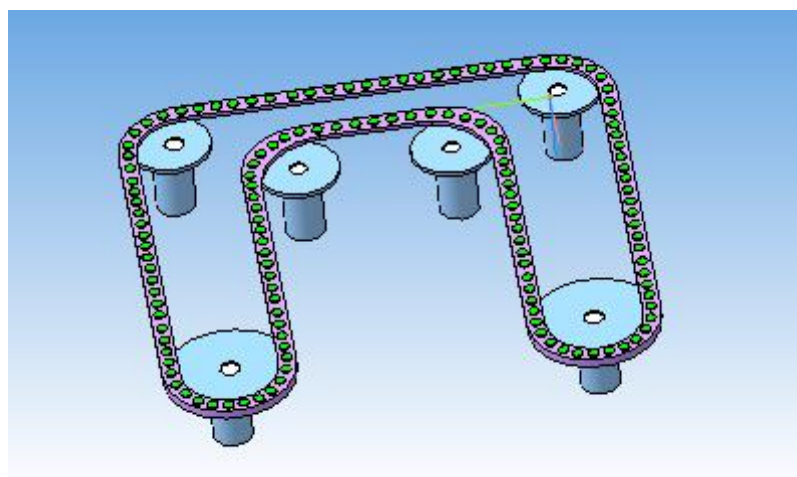


Рисунок 4.6 Тактовий стіл

В даному технологічному процесі ми використовуємо 2 годинникові панелі на 14 і 32 одиниці. У РТК ми встановлюємо стіл з 14 панелями для розміщення деталей, на початку лінії використовується стіл з 32 панелями для розміщення

заготовок і, таким чином, готових деталей. Годинниковий столик приводиться в рух асинхронним двигуном через коробку передач. Панелі кріпляться на роликах. Висота годинникового столу може варіюватися від 700 до 850 мм. Це забезпечується гвинтовим механізмом.

4.8. Проектування роботизованих технологічних комплексів

4.8.1 Токарний РТК

До складу РТК входить:

- 1.Токарний верстат з ЧПУ моделі OPTIturn L28HS;
2. Промисловий робот KUKA KR 30 HA;
- 3.Тактовий стіл.

Токарний РТК наведено на рисунку 4.7

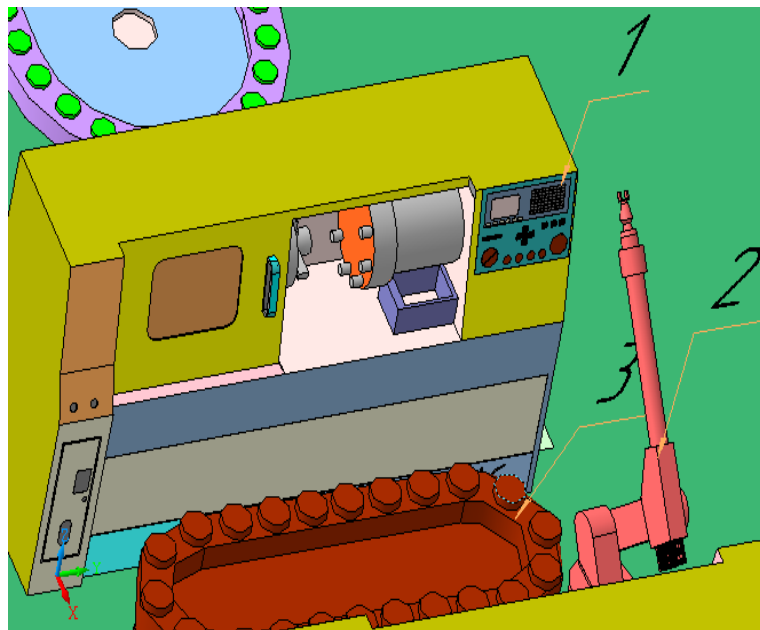


Рисунок 4.7 Токарний РТК

Зображення показують: порожній інструментальний магазин із набором змінних ріжучих блоків, автоматично встановлених у револьверну головку верстата за допомогою промислового робота. РТК призначений для точіння багатьох видів деталей. Верстат розміщують так, щоб його робоча зона збігалася з робочою зоною виробничої будівлі. У зоні РТК стіл годинника також повинен збігатися з робочою зоною промислових об'єктів. Тактовий стіл призначений для транспортування деталей до зони захоплення промисловим роботом.

«Тактовий столик приводиться в рух асинхронним двигуном через коробку передач. Панелі кріпляться на роликах. Висота годинникового столу може варіюватися від 700 до 850 мм. Це забезпечується гвинтовим механізмом. Рух годинникового столика забезпечується спеціальною схемою управління. Встановлення та демонтаж заготовки відбувається шляхом обертання робота, відстань між віссю обертання промислового робота та патроном досить велика. Оскільки основні рухи промислових роботів запрограмовані, контролер може знайти найбільш підходяще рішення для його роботи в залежності від конкретної ситуації»[28].

4.8.2 Агрегатний РТК

До складу РТК входять:

1. Верстат Агрегатний моделі Weida VMC 850b;
2. Промисловий роботи моделі ARCMate 120iB
3. Тактовий стіл на 14 пластин.

РТК призначений для обробки корпусних деталей складної конфігурації.

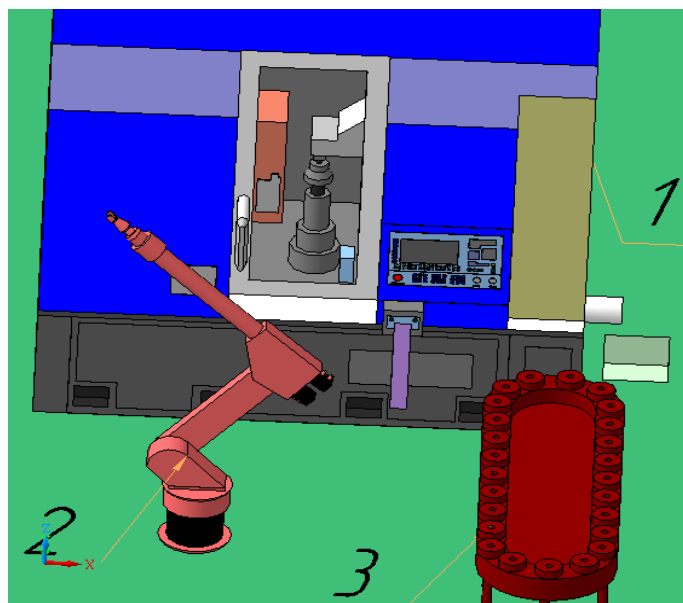


Рисунок 4.8 Агрегатний РТК

РТК оснащений горизонтальним сенсорним накопичувачем закритого типу ємністю 40 комірок (ми використовували сенсорний стіл моделі ST220). Годинниковий столик приводиться в рух асинхронним двигуном через коробку передач. Панелі кріпляться на роликах. Висота годинникового столу може

варіюватися від 700 до 850 мм. Це забезпечується гвинтовим механізмом. Рух годинникового столика забезпечується спеціальною схемою управління.

Промисловий робот ARCMate 120iB дістає деталі з пристроїв зберігання та завантажує їх у машину. Після обробки промисловий робот забере оброблену деталь і транспортує її на попереднє місце. Контроль наявності частини і положення розряду акумулятора здійснюється кінцевим мікровимикачем.

4.8.3 Свердлильний РТК

До складу РТК входить:

1. Верстат свердлильний, 2 шт.
2. Промисловий робот моделі КУКА KR 30 НА;
- 3 Тактовий стіл на 24 пластини.

Свердлильний РТК наведено на рисунку 4.9

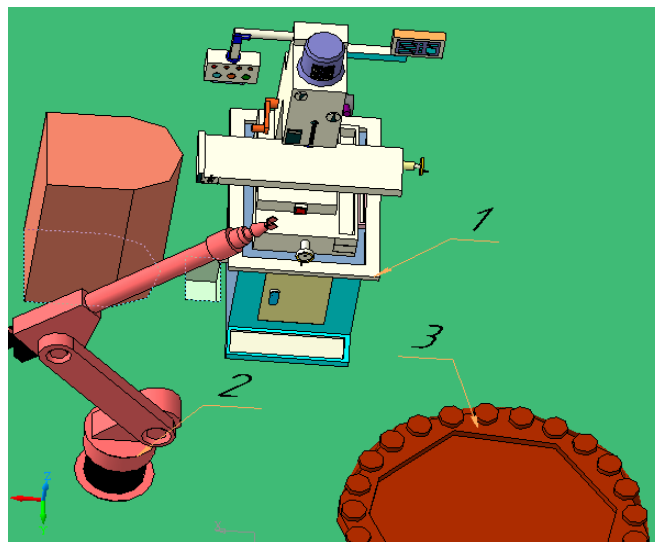


Рисунок 4.9 Свердлильний РТК

«РТК оснащений горизонтальним сенсорним накопичувачем закритого типу ємністю 40 комірок (ми використовували сенсорний стіл моделі ST220). Годинниковий столик приводиться в рух асинхронним двигуном через коробку передач. Панелі кріпляться на роликах. Висота годинникового столу може варіюватися від 700 до 850 мм. Це забезпечується гвинтовим механізмом. Рух годинникового столика забезпечується спеціальною схемою управління. Промисловий робот моделі КУКА KR 30 НА виконує операції завантаження-розвантаження верстату, а також дає команду на запуск верстату. Слід

підкреслити, що установка і зняття обробленої деталі здійснюється обертанням робота, оскільки відстань між віссю обертання промислового робота і патроном досить велика. Підпружинена ручка компенсує похибки від поворотного механізму, а не поступального руху заготовки, завантаженої в патрон. Оскільки основні рухи промислових роботів є програмованими, монтажники можуть знайти найбільш прийнятне рішення в залежності від конкретної ситуації»[28].

4.8.4 Шліфувальний РТК

РТК призначений для шліфування внутрішніх та зовнішніх поверхонь корпусних деталей.

До складу РТК входять:

1. Верстат шліфувальний моделі Paragon RIG150;
2. ПР моделі KUKA KR 30 HA.

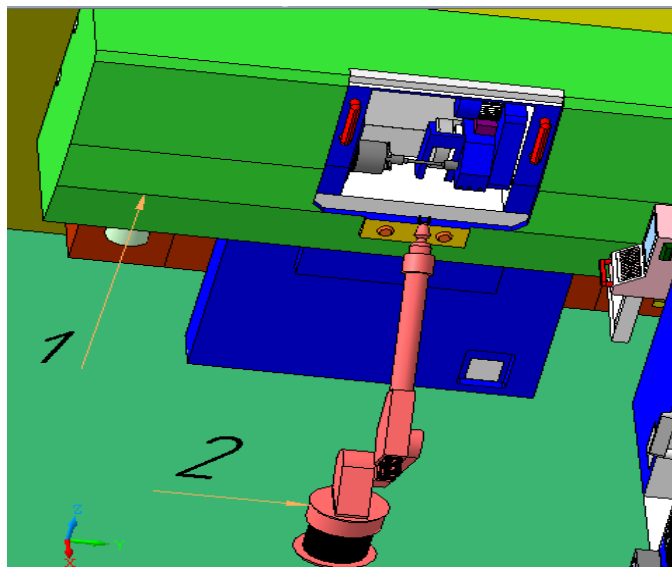


Рисунок 4.10 Шліфувальний РТК

При шліфуванні вала спочатку виконується обробка з одного боку, потім вал встановлюється і обробляється з іншого боку. Установка деталей на верстат проводиться по центру. Допоміжне обладнання – сенсорний стіл на 14 слотів. Годинниковий столик приводиться в рух асинхронним двигуном через коробку передач. Панелі кріпляться на роликах. Висота тачпада може варіюватися від 700 до 850 мм. Це забезпечується гвинтовим механізмом. Рух годинникового столика забезпечує спеціальна схема управління.

Висновки. У цьому розділі вибрано основне обладнання та технології. Вибір обладнання здійснюється на основі розробленої технології виробництва деталей, технічних характеристик обладнання, можливості швидкого перенастроювання під виготовлення деталей різної конфігурації. Розроблений РТК забезпечує автоматичну роботу виробничої лінії, автоматичний контроль стану інструменту та розташування деталей, автоматичну класифікацію та вивантаження відходів, швидку реконфігурацію, безперервний виробничий сегмент приміщення без втручання людини протягом двох годин.

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи магістра було вирішено важливе технічне завдання, спроектовано автоматизовану виробничу лінію та розроблено технологічне устаткування для його виготовлення.

На основі аналізу показників коефіцієнту точності, коефіцієнту шорсткості, коефіцієнту використання матеріалу проведено оцінку технологічності деталі яка показала, що деталь є технологічною. Визначено тип виробництва – середньо-серійний. В результаті порівняння двох варіантів одержання заготовки визначили, що найбільш економічним є метод одержання заготовки штампуванням на ГKM, що в порівнянні з литтям у кокіль дає річний економічний ефект – 144900 грн.

Враховуючи коефіцієнти завантаження обладнання за часом та за потужністю було обрано кількість верстатів. Техніко-економічне обґрунтування розробленого технологічного процесу показало, що річний економічний ефект від запровадження вдосконаленого варіанту вибору методу отримання заготовки і запровадження оптимізованого технологічного процесу виготовлення складе 495200 грн.

Для швидкої переналадки та зміни заготовки було спроектовано затискний та контрольний пристрої. Для затискного пристрою проведено розрахунок на точність, який показав, що точність спроектованого пристрою складає 0,07 мм при заданій точності 0,4 м. Також проведено розрахунок параметрів затиску, який проводився з урахуванням усіх сил, що діють на заготовку та умови рівноваги віх перелічених сил при повному збереженні контакту базових поверхонь

оброблюваної заготовки з базуючими елементами пристрою. Спроектований контрольний пристрій призначений для контролю співвісності отворів. Для контрольного пристрою проведено розрахунок на точність, який показав, що точність пристрою 0,08 мм, що задовольняє умови.

В середовищі САПР «Компас-автопроект» спроектовано технологічний процес виготовлення деталі, обрано металорізальне обладнання, ріжучий та вимірювальний інструменти, сформовано технологічні та ескізні карти технологічного процесу. Методом скінченних елементів проведено розрахунок напружено деформованого стану конструкції деталі який показав найбільш навантажені точки деталі. На основі цих даних для зменшення навантаження на деталі при механічній обробці змінено конструкцію затискного пристрою. Розроблено керуючу програму для верстату OPTIturnL28HS.

Виходячи розробленої технології виготовлення деталі, технічних характеристик обладнання, можливості швидкої переналадки на виготовлення деталей іншої конфігурації було підібрано основне та допоміжне технологічне обладнання. Розроблений роботизований технічний комплекс, що забезпечує автоматизовану роботу виробничої лінії, автоматичний контроль стану інструменту та положення деталі, автоматичне відокремлення та видання відходів, швидку переналадку, безперебійне виготовлення деталі без втручання людини протягом двох годин.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Крижний Г.К., Пупань Л.І. Класифікація та маркування конструкційних металів і сплавів: Навч.посібник. – Харків: НТУ «ХП», 2007.с.458.

2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі. Методичні вказівки до виконання курсової роботи (проекту) з дисципліни "Технологія машинобудування" для студентів Механіко-машинобудівного інституту, інженерно-фізичного та поліграфічного факультетів /Укл. С. С. Добрянський , В. К. Фролов, В. А. Ковальов. – К. "Політехніка", 2002. – 78с.

3. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Проектування та виробництво заготовок» для студентів 131. «Прикладна механіка». Проектування та виробництво штампованих заготовок. (Частина II). Укладачі: Добрянський С.С., к.т.н., доц., Малафєєв Ю.М. к.т.н., доц. / НТУУ «КП», 2017. - 70ст. Затверджено Методичною радою ММІ НТУУ «КП ім. Ігоря Сікорського».

4. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навч. посібник / В.Д. Рудь. – Луцьк, 1996. – 300 с.

5. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: Підручник / Л.І. Боженко. – Львів: Світ, 1996. – 368 с.

6. 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 «ХП», 2022. – 421с.

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

8. Малюк Л.П. Організація виробництва на підприємствах : навч. Полтава : ПУСКУ, 2009. —посібник / Л.П. Малюк, Т.П. Кононенко. 254 с.

9. Цигилик І. І. Економіка й організація виробництва : навч. посібник / І. І. Цигилик, О. І. Мозіль, Н. В. Кірдякіна. – К. : Центр навчальної літератури, 2009. – 176 с.
10. Петров В. М. Організація виробництва та планування діяльності на підприємствах АПК: навч. посібник. Харків: Майдан, 2016. 362 с.
11. В.Д. Рудь, Т.Є. Божко, Т.Н. Гальчук. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131- Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр; спеціалізація – технології машинобудування)./ Навчальний посібник / Під загальною редакцією професора В.Д. Рудя – Луцьк: Інформаційно - видавничий відділ Луцького НТУ. - 2017. – 500 с.
12. Youssef, Helmi A. Machining technology: machine tools and operations / Helmi A. Youssef, Hassan El-Hofy. - CRC Press, Taylor & Francis Group. - 2008.- 672р.
13. Веселовська Н.Р., Іскович-Лотоцький Р.Д., Ковальова І.М. Металообробне обладнання: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. – Вінниця: РВВ ВНАУ, 2014. – 56 с.
14. Методичні вказівки та контрольні завдання з дисципліни «Теорія різання». Для студентів спеціальності «Технологія машинобудування, металорежущі станки та інструменти» і слухачів ФПК. Розрахунок режимів різання при сверленні /Сост. В. В.Коваленко і др. К.: КПІ, 1985. – 60 с.
15. Якимов О.В., Гусарев В.С., Якимов О.О., Линчевський П.А. Технологія автоматизованого машинобудування. – К. 1994.– 400 с.
16. Mikell P. Groover Fundamentals of modern manufacturing. Materials, Processes, and Systems. Fourth Edition – John Wiley & Sons, Inc. – 2010. – 1028р.
17. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсів«Основи САПР»,«Основи CAD/CAM CIM»,«САПР металорізального обладнання» для студентів машинобудівних спеціальностей/укладачі С.С. Добротворський, О.М. Ушаков, Є.В. Басова. –Х.: НТУ «ХПІ», 2014. –60с.
18. Сігова В.І. Методи локальної поверхневої обробки деталей машин: Навчальний посібник. Сігова В.І., Руденко П.В. – Суми: Вид-во СумДУ, 2008. - 218 с.

19. Гальчук Т.Н. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні. Методичні вказівки до самостійної роботи для студентів спеціальності 6.090202 – „Технологія машинобудування» денної та заочної форм навчання / Гальчук Т.Н. – Луцьк: ЛНТУ, 2012. – 46с.

20. Електронний ресурс URL:<https://supermag.com.ua/tokarnyj-standok-po-metallu-s-chpu-optimum-128hs-cnc>(дата звернення: 29.05.2023).

21. Електронний ресурс URL: <https://flagma.ua/frezerny-standok-s-chpu-weida-vmc-850-b-o3878175.html>(дата звернення: 29.05.2023).

22. Електронний ресурс URL:https://wtp.hoehsmann.com/ru/lexikon/11281/scm_tech(дата звернення: 29.05.2023).

23. Електронний ресурс URL:http://www.alfametalmachinery.com/ru/select_by_brand/paragon/Internal%20Grinding%20Machines/RIG-150/174/150/(дата звернення: 29.05.2023).

24. Поліщук Л. К., Іскович-Лотоцький Р. Д. Обладнання та транспорт механообробних цехів. Частина 1. Кінематика верстатів : Навч. посіб. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 154 с.

25. Проектування поточних ліній [Електронний ресурс]: Текст лекцій для студентів спеціальності «Прикладна механіка», спеціалізації «Машини і технології пакування» / Уклад.: А. Я. Карвацький – К. : НТУУ «КПІ», 2017. – 182 с. : іл. – Бібліогр.: с. 176–177

26. Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М. П27 Проектування гнучких виробничих систем машинобудування / Навч. посібник. Частина I – К.: НТУУ «КПІ», 2017. – 286 с. – Бібліогр.

27. Проектування машинобудівних, верстатобудівних та інструментальних цехів та заводів : методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної форми навчання / уклад. : В. В. Калініченко. – Краматорськ : ДДМА, 2018. – 52 с.