

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет транспорту та механічної інженерії
Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ
ОСВІТИ «МАГІСТР»

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ 110.638» ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

спеціальність 131 Прикладна механіка
освітня програма Прикладна механіка

Виконав: здобувач вищої освіти
Групи ПМм-21
Давидюк Максим Олегович

(підпис)

Керівник:
К.т.н., доцент
Гальчук Тетяна Никифорівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
К.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

Луцький національний технічний університет

Факультет: транспорту та механічної інженерії

Кафедра: прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: магістр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(Редько Р.Г.)

“ ____ ” _____ 2025р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Давидюку Максиму Олеговичу

1. Тема кваліфікаційної роботи Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець 110.638» для забезпечення якості продукції
2. Керівник роботи Гальчук Тетяна Никифорівна, к.т.н., доцент.
затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 14 ” червня 2025 р. № 391/01-07
3. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.12.2025 р.
3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі фланець 110.638, технологічний процес виготовлення фланця 110.638, програма випуску 100000 шт/рік, нормативно-технічна документація, довідникові дані.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):
Анотація. Вступ. Розділ 1. Техніко-економічне обґрунтування вибору об'єкту проектування. Розділ 2. Розроблення карти технологічного процесу механічної обробки. Розділ 3. Конструювання пристроїв для обробки фланця 110.638. Розділ 4. Управління якістю продукції за допомогою статистичних методів. Розділ 5. Організація та планування виробництва фланця 110.638. Висновки. Список посилань. Додатки.
5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу
Презентація 21 слайд, 21 лист (ф.А4).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

14.06.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розділ 1. Техніко-економічне обґрунтування вибору об'єкту проектування.</i>	<i>06.09.2025р.</i>	
2.	<i>Розділ 2. Розроблення карти технологічного процесу механічної обробки.</i>	<i>27.09.2025р.</i>	
3.	<i>Розділ 3. Конструювання пристроїв для обробки фланця 110.638</i>	<i>11.10.2025р.</i>	
4.	<i>Розділ 4. Управління якістю продукції за допомогою статистичних методів</i>	<i>25.10.2025р.</i>	
5.	<i>Розділ 5. Організація та планування виробництва фланця 110.638</i>	<i>08.11.2025р.</i>	
6.	<i>Висновки</i>	<i>15.11.2025р.</i>	
7.	<i>Формування списку посилань</i>	<i>15.11.2025р.</i>	
8.	<i>Формування додатків</i>	<i>15.11.2025р.</i>	
9.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>29.11.2025р.</i>	
10.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>06.12.2025р.</i>	
11.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи до захисту</i>	<i>15.12.2025р.</i>	

Здобувач вищої освіти _____

Давидюк М. О.

Керівник кваліфікаційної роботи _____

Гальчук Т.Н.

АНОТАЦІЯ

Давидюк М.О. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець 110.638» для забезпечення якості продукції. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра освітньої програми «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

В роботі запропоновано вирішення забезпечення якості обробки виробів шляхом вдосконалення технологічного процесу механічної обробки на прикладі деталі типу «Фланець 110.638». Показано на основі досліджень важливість використання статистичних інструментів у поєднанні із комп'ютерною обробкою даних для прийняття ефективних рішень щодо забезпечення якості. Проведене ТЕО вибору об'єкту проектування - фланець 110.638. Удосконалено базовий маршрут механічної обробки фланця 110.638 з розробленням КТП та проектуванням технологічного оснащення для його реалізації. Методом гістрограм встановлено вплив факторів механічної обробки фланця 110.638 на якість обробки. Зроблено планування виробничих підрозділів, зокрема дільниці для механічної обробки фланця та цеху за допомогою графічного пакету Auto CAD. Визначені основні економічні показники виробництва фланця за вдосконаленим техпроцесом.

Ключові слова: якість, статистичний аналіз, технологічний процес, механічна обробка, контрольні карти.

ABSTRACT

Davydyuk M.O. Improvement of the technological process of machining a workpiece of the type “Flange 110.638” to ensure product quality. – Manuscript.

Master's qualification work of the "Applied Mechanics" educational program, specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The paper proposes a solution to ensure the quality of product processing by improving the technological process of mechanical processing using the example of a part of the “Flange 110.638” type. The importance of using statistical tools in combination with computer data processing for making effective quality assurance decisions is shown based on research. A feasibility study was conducted to select the design object - flange 110.638. The basic route for machining flange 110.638 was improved with the development of a technical plan and the design of technological equipment for its implementation. The influence of the factors of mechanical processing of flange 110.638 on the quality of processing was established using the histogram method. The planning of production units, in particular the section for mechanical processing of the flange and the workshop was made using the Auto CAD graphics package. The main economic indicators of flange production using the improved technical process were determined.

Key words: quality, statistical analysis, technological process, mechanical processing, control charts

ЗМІСТ

	стр.
ВСТУП	7
1. РОЗДІЛ 1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ	9
1.1. Обґрунтування вибору заготовки об'єкту проектування	9
1.2. Аналіз конструкції об'єкту проектування	10
1.3. Попереднє встановлення типу та організаційної форми виробництва	11
1.4. Вибір варіанту технологічного маршруту	12
1.5. Висновки до 1-го розділу	16
2. РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ КАРТИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	18
2.1. Вибір устаткування, технічного оснащення, інструменту для обробки фланця 110.638	18
2.2. Визначення припусків на механічну обробку шляхом розмірних розрахунків	20
2.3. Визначення режимів різання за допомогою таблиць	22
2.4. Нормування технологічного процесу уточнення типу виробництва	25
2.5. Висновки до 2-го розділу РЕМОНТНОЇ	30
3. РОЗДІЛ 3. КОНСТРУЮВАННЯ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ОБРОБКИ ФЛАНЦЯ 110.638	31
3.1. Кондуктор для свердління 6 отворів Ø12,3 мм	31
3.2. Конструкція токарного патрону	33
3.3. Пристрій для контролю розміщення 6 отворів діаметром Ø12,3 ^{+0,24} мм	34
3.4. Висновки до 3-го розділу	35
4. РОЗДІЛ 4. УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ	36

4.1.	Статична обробка даних контролю якості виробів машинобудування	36
4.2.	Управління якістю обробки фланця 110.638	39
4.3.	Висновки до 4-го розділу	47
5.	РОЗДІЛ 5. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА ФЛАНЦЯ 110.638	48
5.1.	Визначення річної трудомісткості по значенню верстатного парку механоскладального цеху	48
5.2.	Розрахунок виробничої площі механоскладального цеху за нормативами питомих площ	50
5.3.	Основні техніко-економічних показники вдосконаленого техпроцесу виготовлення фланця 110.638	53
5.4.	Висновки до 5-го розділу	57
	ВИСНОВКИ	58
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	59
	ДОДАТОК	62

ВСТУП

Актуальність теми полягає у тому, що задачею машинобудівних підприємств є забезпечення якості виготовлення виробів. Реалізація цієї задачі здійснюється шляхом запровадження нових підходів до проектування та виготовлення виробів, що ґрунтуються на сучасних технологіях механічної обробки на основі оптимального вибору заготовки, режимів різання, металообробних верстатів з раціональним його розміщенням у виробничому підрозділі тощо. У конструкціях машин відповідальними деталями є фланці, що забезпечують міцні та герметичні з'єднання у машинах. Під час їх виготовлення надається особлива увага механічній обробці з вдосконаленням техпроцесів відповідно до вимог, що зростають. Удосконалені технологічні процеси повинні забезпечувати випуск продукції заданої якості та в необхідній кількості виробів у встановлені терміни за мінімальних витратах праці і капітальних витратах. Тому є актуальним розгляд питання забезпечення якості продукції шляхом удосконалення технологічного процесу механічної обробки на прикладі деталі типу «Фланець 110.638».

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є забезпечення якості обробки деталей типу «Фланець 110.638» шляхом вдосконалення технологічного процесу механічної обробки. При цьому повинні бути вирішені такі задачі:

- техніко-економічне обґрунтування вибору об'єкту проектування;
- удосконалення маршруту механічної обробки об'єкту проектування;
- розроблення карти технологічного процесу механічної обробки;
- управління якістю продукції за допомогою статистичних методів;
- проектування технологічного оснащення;
- планування виробництва з визначенням його економічної ефективності.

Об'єкт дослідження – фланець 110.638.

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки деталі типу «Фланець 110.638».

Методологія і методика досліджень. Загальні положення технології машинобудування, теорії різання матеріалів, методи статистичного аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів. Запропоновано впровадження контролю якості обробки методами статистики із побудовою кривих розподілу та контрольної карти для встановлення керованості процесу.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення одержаних результатів полягає в розробленні удосконаленого технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Фланець 110.638». При цьому запропоновані такі рішення:

- удосконалено технологічний процес механічної обробки, який дає можливість отримати прибуток у понад 5,5 млн. грн за оптимальної продуктивності праці;
- обґрунтовано вибір заготовки - штамповка на кривошипних гарячештапованих пресах із собівартістю у 1,5 рази меншою за поковку, що використовується у базовому техпроцесі;
- розроблені конструкції пристосування для виконання операцій механічної обробки та контролю обробки;
- проведено статистичну обробку якості деталей отриманих на виробництві за вдосконаленим техпроцесом.

Апробація результатів магістерської роботи. Робота доповідалась та отримала позитивний відгук на розширеному засіданні науково семінару кафедри прикладної механіки та мехатроніки Луцького національного технічного університету та V студентській науково-технічній конференції «Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії», м. Луцьк, 2025 р.

Достовірність теоретичних положень магістерської кваліфікаційної роботи підтверджується повною відповідністю поставленим задачам.

Публікації. Давидюк М. Статична обробка даних контролю якості виробів машинобудування: тези V студентської науково-технічної конференції «Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії». Луцьк: ЛНТУ, 2025. С. 148-151. – URS: <https://drive.google.com/>

РОЗДІЛ 1

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБ'ЄКТУ
ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Обґрунтування вибору заготовки об'єкту проектування

Деталь «Фланець 110.638» під час роботи у вузлі витримує великі навантаження, що зростають від нуля до максимуму, внаслідок гальмування. Креслення деталі наведено у додатку А. Фланець встановлюється на балку задньої осі, що є відповідальною деталлю підвіски задніх коліс автомобіля А209.50 Saturn. Матеріалом для фланця 110.638 є сталь марки С35 DIN 17200 (Німеччина). Хімічний склад і механічні властивості сталі С35 DIN 17200, наведені на рисунку А.1 та в таблиці А.2 [1].

Заготовка фланця у базовому техпроцесі - поковка є 1-ої групи складності. Враховуючи задану програму випуску, масу деталі та її конфігурацію, заготовки можна одержати як штампуванням на молотах так і штампуванням на кривошипних гарячештампованих пресах (КГШП) [2].

Штампування на КГШП має ряд переваг в порівнянні з штампуванням на молотах: продуктивніше в 2...3 рази, припуски і допуски на 20 ...35% нижчі; витрата металу знижується на 10...15%. Собівартість такої заготовки, за результатами розрахунків є меншою 1,5 рази.

Економічний ефект від впровадження вибраної заготовки:

$$E = (S_1 - S_2) \cdot N = (82,92 - 53,91) \cdot 100000 = 2499300 \text{ грн.}$$

Метод отримання заготовки дозволяє понизити витрату матеріалу до мінімуму.

Коефіцієнт використання матеріалу складає

$$K_{в.м} = \frac{G_D}{G_3} = \frac{4,00}{4,26} = 0,94 \text{ або } 94\%$$

Для фланця приймаємо заготовку, штамповану на кривошипних гарячештампованих пресах.

1.2. Аналіз конструкції об'єкту проектування

Розглядаючи форму та конструкцію деталі можна зробити висновок, що фланець має отвір $\varnothing 76^{+0,06}$ мм яким фланець запресовується в балку до упору, для орієнтації фланця на балці використовується шпонка, а для кріплення гальмівного диску (з гальмівними колодками) на фланці є шість отворів $\varnothing 12,3^{+0,24}$ мм. Фланець має ребра жорсткості. Конструкція деталі технологічна в отриманні заготовки. За розрахунками собівартості приймаємо заготовку отриману методом КГШП.

За трудомісткістю виготовлення фланця можна зробити висновок, що конструкція деталі технологічна у виготовленні для механічної обробки. Коефіцієнт технологічної працездатності $K_{m.n} = 0,7$.

З точки зору технологічної собівартості деталь можна виготовити різними методами механічної обробки, але з технологічно різною собівартістю. Фланець балки дозволяє вести обробку на універсальному, а також на спеціальному устаткуванні. Всі поверхні деталі відкритого типу, що дозволяє застосувати прогресивніше устаткування, ріжучий інструмент. Коефіцієнт технологічної собівартості $K_{m.c} = 0,94$.

Конструкція деталі дозволяє провести концентрацію операцій на одному робочому місці з використанням автоматизованих верстатів, що призводить до зниження витрат на підготовку роботи, дозволяє уніфікувати пристосування для механічної обробки.

За показниками обробки:

- шорсткість поверхні не висока легко досягається під час чистової обробки лезовим інструментом. Коефіцієнт шорсткості $K_m = 0,04$.

- точність виготовлення деталі залежить від умов, при яких деталь працює в парі з іншими деталями. Розглядаючи складання вузла, в яку входить фланець балки точність обробки в межах 11-12 квалітету точності, а це забезпечує вимоги, які пред'являються до самого фланця. Коефіцієнт точності обробки $K_m = 0,92$.

Конструкція деталі дозволяє проводити складання з мінімальними витратами на пристосування і ручну працю. Фланець балки у перспективі може використовуватися в інших аналогічних виробках.

1.3. Попереднє встановлення типу та організаційної форми виробництва

Значення коефіцієнта закріплення операцій приймається для планового періоду рівного одному місяцю за базовим технологічним процесом (додаток А).

$$K_{3,0} = \frac{O}{P},$$

де O – число різних операцій

P – число робочих місць з різними операціями.

Загальне число операцій $O = 5$ (базовий варіант), $P = 3$ – число робочих місць з різними операціями.

$$K_{3,0} = \frac{5}{3} = 1,66$$

Тип виробництва багатосерійний.

$$\text{Заданий добовий випуск виробів } N_D = \frac{N_P}{253},$$

де N_P – річна програма випуску.

$$N_P = N_I \cdot m \left(1 + \frac{\beta}{100} \right) \text{ шт},$$

де N_I – річна програма випуску за завданням;

m – кількість деталей на виріб;

β - процентна кількість деталей на запасні частини.

$$N_P = 100000 \cdot 2 \left(1 + \frac{5}{100} \right) = 210000 \text{ шт}$$

$$N_D = \frac{210000}{253} = 830 \text{ шт}$$

Добова продуктивність потокової лінії $Q_C = \frac{F_D}{T_{CP}} \cdot \eta_3,$

де F_D – добовий фонд часу роботи устаткування (при двозмінному режимі роботи) $F_D=960$ хв.;

T_{CP} – середня верстатоемність основних операцій, хв.;

η_3 – коефіцієнт завантаження устаткування.

Середня верстатоемність основних операцій $T_{CP} = \frac{\sum_{i=1}^n \cdot T_{um} \cdot i}{n \cdot K_g}$

$\sum_{i=1}^n \cdot T_{um} \cdot i = 10$ хв. (базовий варіант);

$n = 5$ – число операцій;

K_g – середній коефіцієнт виконання норм часу $K_g = 1,05$

$$T_{CP} = \frac{10}{5 \cdot 1,05} = 1,9 \text{ хв.}$$

Тоді $Q_o = \frac{960}{1,9} \cdot 0,75 = 379$

Щоб забезпечити заданий випуск виробу необхідно завантажити лінію на 83%.

1.4. Вибір варіанту технологічного маршруту

Перш ніж застосовувати рішення про методи і послідовність обробки окремих поверхонь деталі і скласти технологічний маршрут її виготовлення, необхідно провести розрахунок економічної ефективності окремих варіантів і вибрати найраціональніший з них для даних умов виробництва. Під час вибору варіанту технологічного маршруту приведені витрати можуть бити визначені у вигляді питомих величин на 1 верстат – годину роботи устаткування.

Приведені часові витрати : $C_{n.3} = C_3 + C_{ч.3} + E_n(K_c + K_3)$ коп/рік,

де C_3 – основна і додаткова заробітна платня, а також нарахування на соцстрах, оператору і налагоджувальнику за фізичну годину обслуговування машин;

$C_{ч.3}$ – часові витрати по експлуатації робочого місця, коп/рік.;

E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень $E_n=0,15$;

$K_c; K_3$ – питомі часові капітальні вкладення відповідно у верстат і завдання, коп/рік;

Основні і додаткові витрати з нарахуванням і обліком багатOVERSTATного обслуговування: $C_3 = \frac{E \cdot C_{T.C} \cdot K}{M}$ (коп/рік),

де E – коефіцієнт враховує додаткову витрату рівну 9 %, нараховується на соціальне страхування 14,5% і приробіток до основної зарплати в результаті перевиконання норми на 30%.

$$E = 1,09 \cdot 1,45 \cdot 1,3 = 1,62$$

$C_{T.C}$ – годинна тарифікація ставка відрядність на верстатника відповідного розряду коп./рік;

M – кількість верстатів обслуговуваних одним робітником;

$C_3 = C_{y.z}^{б.у}$ коп/рік – часові витрати на експлуатацію робочого місця; $C_{y.z}^{б.у}$ – практичні часові витрати на базовому робочому місці, коп/рік.

K_m – машино – коефіцієнт який вказує в скільки разів витрати пов'язані з роботою даного верстата більше, ніж аналогічні витрати у базового верстата.

$$C_{y.z}^{б.у} = 439$$

K_c – капітальне вкладення у верстатах: $K_c = \frac{100 \cdot Ц}{F_\partial \cdot \eta_3}$

K_3 – капітальне вкладення у будівлю: $K_3 = \frac{78,4 \cdot 100 \cdot F}{F_\partial \cdot \eta_3}$,

де $Ц$ – балансова вартість верстата грн.;

F_∂ – дійсний річний фонд часу роботи верстата, рік.;

η – коефіцієнт завантаження верстата.

F – площа, яку займають верстати з урахуванням проходів: $F = f \cdot K_f$,

де f – площа верстата в плані, м².

K_f – коефіцієнт враховує додаткову продуктивну площу на проходи проїзди і інші.

Технологічна собівартість операції механічної обробки: $C_o = \frac{C_{n.z} \cdot T_{um}}{60 \cdot K_g}$, коп.

де $T_{шт}$ – штучний час на операцію;

K_6 – коефіцієнт виконання норми $K_6 = 1,05$.

Приведена річна економія (економічний ефект на програму): $\mathcal{E}_2 = \frac{(C_{o1} - C_{o2})}{100} \cdot N$, грн.

де C_{o1} , C_{o2} – технологічна собівартість порівнюваних операцій, коп.;

N – річна програма, шт.

Розрахунки проводимо для відмінних операцій і після приведених розрахунків одержуємо, що доцільно застосовувати для обробки фланця запропонований варіант. Базовий варіант техпроцесу наведено у додатку А. Результати розрахунку за змінами наведені у додатку А.

Загальний економічний ефект на програму випуску: $\mathcal{E}_2 = 3706500$ грн.

Прийнятий технологічний процес виготовлення фланця:

№ операції	Оброблювана поверхня (рис. 1.1)	Найменування операції і короткий зміст
005	Поверхня А, Б	Токарна-напівавтоматна 1. Обточити по зовнішньому діаметру до $\varnothing 140-0,1$ 2. Підрізати торець фланця.
010	Поверхня С, Н, D	Токарна-напівавтоматна 1. Розточити отвір $\varnothing 76$ начорно. 2. Розточити отвір до $\varnothing 76^{+0,06}$ начисто. 3. Підрізати торець. 4. Зняти фаску
015	Поверхня Е	Токарна-напівавтоматна 1. Підрізати торець в розмір $65_{-0,6}^{-0,4}$
020	Поверхня N	Агрегатно-свердлильна 1. Свердлити 6 отворів $\varnothing 12,3$ згідно креслення
025	Поверхня М	Горизонтально-протяжна 1. Протягнути паз згідно креслення

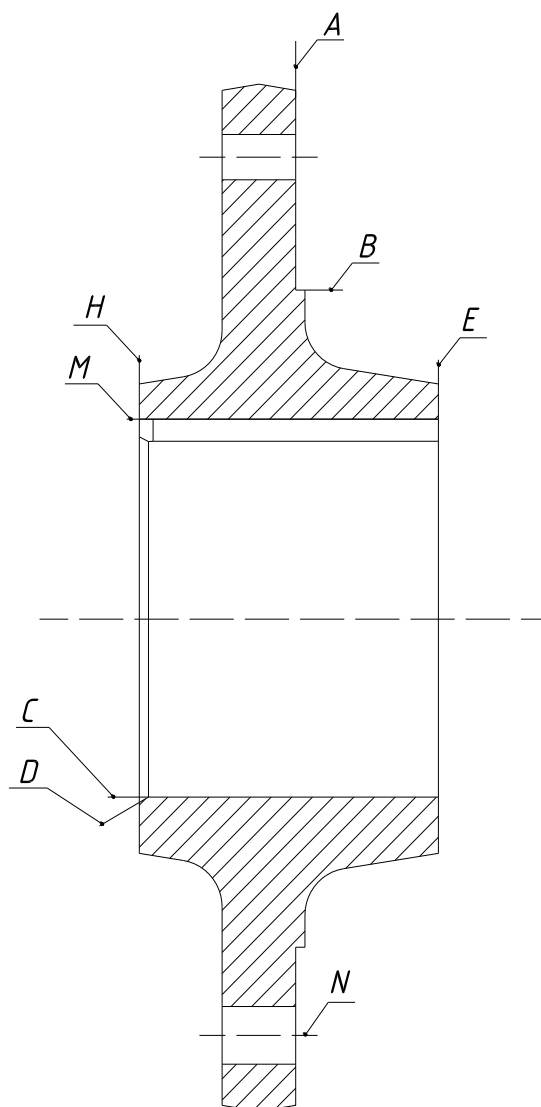


Рис. 1.1. - Оброблювані поверхні фланця

1.5. Висновки до 1-го розділу

В розділі дано техніко-економічне обґрунтування вибору об'єкту проектування - фланця 110.638: проведено аналіз конструкції фланця, його службове призначення, технічні умови на виготовлення. Обґрунтовано вибір методу отримання заготовки - штампування на кривошипних гарячештампованих пресах. Собівартість такої заготовки, за результатами розрахунків, є меншою 1,5 рази за поковку, що використовується у базовому техпроцесі. Це дасть можливість збільшити продуктивність обробки в 2...3 рази, зменшити припуски 20 ...35% та витрата металу на 10...15%. Проведено коректування виробничої

програми випуску виробів із врахування кількості запасних частин та для неї встановлено організаційну форму виробництва.

На основі розрахунків технологічної собівартості показано доцільність впровадження нового техпроцесу виготовлення фланця 110.638.

Запропонований маршрут механічної обробки передбачає заміну універсального обладнання на токарних операціях на напівавтоматичне та свердлильній операції на спеціальне, що дасть змогу зменшити кількість верстатів, виробничу площу, кількість робітників тощо.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБЛЕННЯ КАРТИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ
ОБРОБКИ2.1. Вибір устаткування, технічного оснащення, інструменту для обробки
фланця 110.638

Для обробки фланця балки на виробництві використовується універсальне устаткування, обробка ведеться по черзі. Що приводить до збільшення витрат ручної праці, збільшення трудомісткості виготовлення. В разі збільшення випуску деталей до 105000 шт. в рік, обробка за такою технологією не можлива, оскільки це веде до збільшення кількості устаткування, кількості основних робітників і т.д. Тому в пропонованому технологічному процесі було сконцентровано обробку на одному робочому місці, введено прогресивніше устаткування і ріжучий інструмент.

Запропоновано використовувати пристосування із схемою базування на операціях, що дозволить одержати автоматичні розміри на налагоджених верстатах.

- Для обробки поверхонь А, В (рис. 1.1) за базу застосовуються отвір $\varnothing 71_{-1,5}^{+1,0}$, заготовка затискається в центрах.
- Для обробки поверхонь С, N, D використовується поверхня А, В і заготовка затискається у патроні з пневмозажимом.
- Для обробки поверхні Е використовується поверхня N і отвір С, заготовка затискається у патроні з пневмозажимом.
- Для обробки отворів N використовується отвір С і бічні поверхні, заготовка затискається у кондукторі скальчатому.
- Для обробки паза М використовується поверхня А, В і отвір N, заготовка затискається у пневматичному пристрої.

Вибір устаткування, інструменту і пристосувань зводимо в таблицю Б.1.

Вибране обладнання, інструменту і пристосуванням відображаємо у відповідних графах карти технологічного процесу механічної обробки фланця 110.638.

2.2. Визначення припусків на механічну обробку шляхом розмірних розрахунків

На оброблювальні поверхні фланця припуски і допуски вибираємо за таблицями [5] і записуємо їх значення в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1. - Припуски і допуски на оброблювані поверхні фланця

Поверхня	Розмір	Припуск	Допуск
<i>C</i>	Ø76	2,5	+2,1 -1,1
<i>H, E</i>	65	2·2,0	+2,1 -1,1
<i>B</i>	Ø140	2,0	+2,5 -1,5
<i>N</i>	Ø12,3	6,15	-
<i>M</i>	8	4,5	

На основі даних табл. 2.1 проводимо конструювання заготовки. Креслення заготовки фланця 110.638 представлено у додатку Б.

Для перевірки правильності визначення припусків на механічну обробку проводимо розмірний аналіз [6]. Для цього, за встановленими розмірами заготовки, деталі та міжопераційними, будуємо розмірні схеми: для лінійних та радіальних розмірів відповідно в осьовому напрямку і радіальному напрямку (рис. 2.1).

Розміри заготовки:	Міжопераційні розміри:	Конструкторські розміри:
$A_{01} = 72_{-0,9}^{+1,1}$	$A_{0051} = 2_{-0,1}$	$K_1 = 76^{+0,06}$
$A_{02} = 69_{-0,8}^{+1,2}$	$A_{0101} = 67_{-0,2}$	$K_2 = 101,5 \pm 0,2$

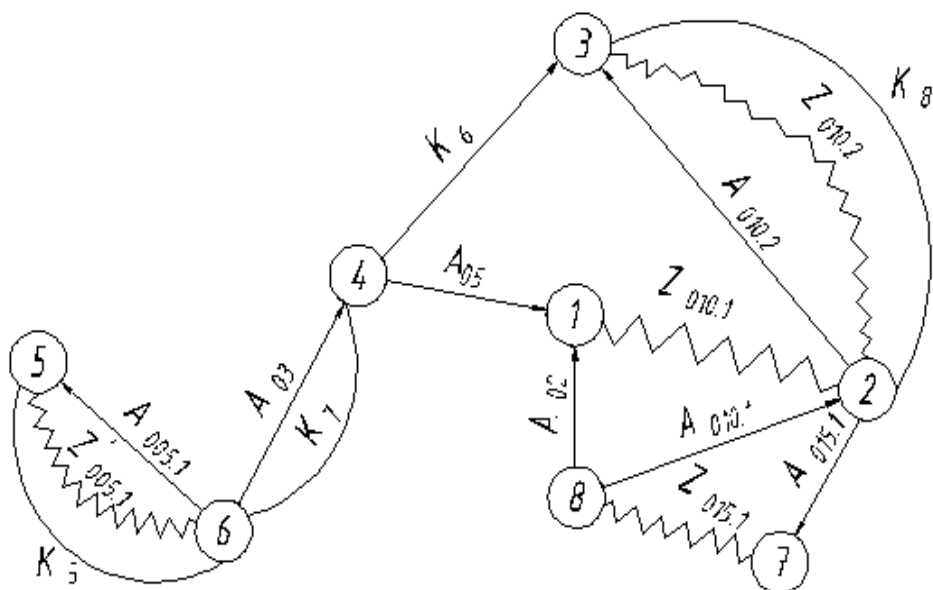
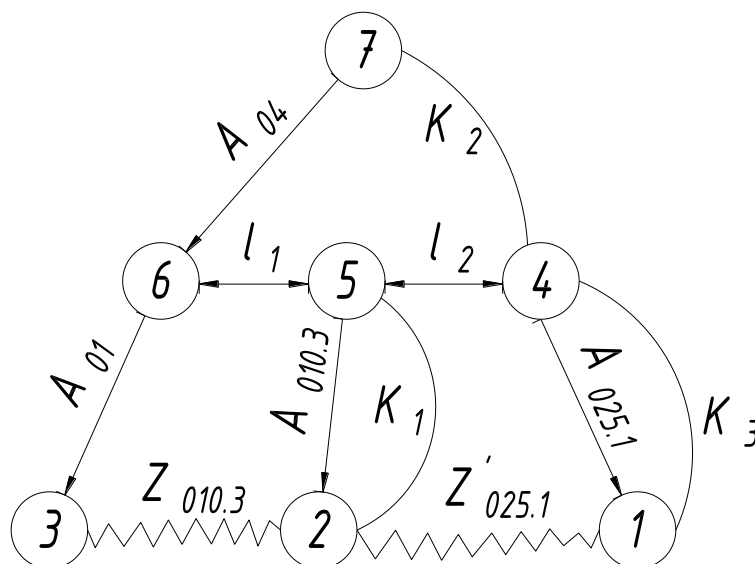


Рис. 2.2. - Граф-дерево механічної обробки в осьовому напрямку



1. Чорнове розточування;
2. Чистове розточування;
3. Підрізування торця;
4. Зняти фаску.

Ріжучий інструмент. Для розточування даного отвору з даним характером і умовами обробки вибираємо різець 2140-0057 HS123 ДЕСТ 18877-2003.

Геометричні параметри розточувального різця [7]:

форма передньої поверхні – радіус з фаскою;

головний кут в плані – $\varphi = 60^\circ$;

форма заточування 3 .

$У = 2 \dots 2,5$ мм.; $R = 4 \dots 6$ мм.

Глибина лунки $1,0 \dots 0,15$ мм.

$\gamma = 25^\circ \dots 30^\circ$; $\alpha = 8^\circ \dots 12^\circ$;

$r = 0,2 \dots 0,5$ (для чистового розточування);

$r = 0,75 \dots 1,5$ (для чорнового розточування).

Геометричні параметри підрізного різця 2112-0013 HS123 ДЕСТ 18877-2003.

Кут врізання пластини в стрижень 10°

$\varphi = 60^\circ$; $K1 = 18$; $K2 = 21$.

Довжина робочого ходу інструменту: $L_{р.х} = l + l_1 + l_{дон}$,

де l – довжина різання (для чорнового і чистового розточування рівна 69 мм).

l_1 – величина врізання і перебігу інструменту (для чорнового розточування $l = 2,5$ мм, для чистового розточування $l_1 = 2$ мм, для підрізування торця $l = 2,5$ мм [7]).

$l_{дон}$ – додатковий хід інструменту.

$$L_{р.х.чорнове} = 69 + 2,5 + 2 = 73,5 \text{ мм.}$$

$$L_{р.х.чистове} = 69 + 2 + 2 = 73 \text{ мм.}$$

$$L_{р.х.торець} = 12 + 2,5 + 2 = 16,5 \text{ мм.}$$

$$L_{р.х.фаскі} = 4 \text{ мм.}$$

За величиною загального припуску на обробку $t = 2,5$ мм (на сторону), з урахуванням необхідності залишення припуску на чистову обробку $t = 0,5$ мм,

встановлюємо для чорнового розточування глибину різання $t = 2$ мм. Для торцевого обточування $t = 2$ мм.

За [7] подача, для розточування деталі з глибиною різання $t = 2$ мм, $S = 0,10 \dots 0,20$ мм /об, для $t = 0,5$ мм і радіусом при вершині різця $0,5$ мм $S = 0,25 \dots 0,3$ мм /об. Для підрізування торця $S_0 = 0,6 \dots 0,9$ мм /об. [7] Приймаємо $S = 0,75$ мм /об.

Для зняття фаски приймаємо таку ж подачу.

Для чорнового розточування $S_1 = 0,2$ мм /об.

Для чистового розточування $S = 0,3$ мм /об.

Вибрану подачу порівнюємо з паспортними даними верстата. Прийнята для роботи подача, за паспортом, перевіряється за осьовою силою різання, допустимою міцністю механізму подач.

За [7] визначаємо швидкість різання. Для обробки сталі $\delta_b = 52 \cdot 10^{-7}$ Н/м²

- для чорнового розточування з $t = 2$ мм, $S = 0,2$ мм /об швидкість різання для роботи різцем з кутом в плані $\varphi = 60^\circ$ складає $V = 148$ м/хв з урахуванням

$$\text{коефіцієнта: } V = 148 \cdot K_{TV} \cdot K_{UV} \cdot 0,85 = 148 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 100,6 \frac{\text{м}}{\text{хв}} = 1,67 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

- для чистового розточування з $t = 0,05$ мм, $S = 0,30$ мм /об швидкість різання для роботи різцем з кутом в плані $\varphi = 60^\circ$ складає $V = 168$ м/хв :

$$V = 167 \cdot K_{TV} \cdot K_{UV} \cdot 0,85 = 167 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 141,9 \frac{\text{м}}{\text{хв}} = 2,36 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\text{Для підрізування торця } V = 104 \frac{\text{м}}{\text{хв}} = 1,73 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad [7]$$

$$V = 104 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 70,7 \frac{\text{м}}{\text{хв}} = 1,18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

За встановленою швидкістю різання визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

$$\text{- для чорнового розточування: } n = \frac{100,6 \cdot 1000}{3,14 \cdot 100} = 451 \frac{\text{об}}{\text{хв.}}$$

$$\text{- для чистового розточування: } n = \frac{141,9 \cdot 1000}{3,14 \cdot 75} = 602 \frac{\text{об}}{\text{хв.}}$$

$$\text{- для підрізування торця: } n = \frac{70,7 \cdot 1000}{3,14 \cdot 100} = 225 \frac{\text{об}}{\text{хв.}}$$

Знайдені частоти обертання коректуємо за паспортом верстата.

- для чорнового розточування: $n = 500 \text{ об/хв} = 8,3 \text{ с}^{-1}$;

- для чистового розточування: $n = 630 \text{ об/хв} = 10,5 \text{ с}^{-1}$;

- для підрізування торця: $n = 250 \text{ об/хв} = 4,16 \text{ с}^{-1}$

- для зняття фаски: $n = 250 \text{ об/хв} = 4,16 \text{ с}^{-1}$

Тоді фактична швидкість різання: $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$.

- для чорнового розточування: $V = \frac{3,14 \cdot 71 \cdot 500}{1000} = 111,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}} = 1,86 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

- для чистового розточування: $V = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 630}{1000} = 148,4 \frac{\text{м}}{\text{хв}} = 2,47 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

- для підрізування торця: $V = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 250}{1000} = 78,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}} = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

- для зняття фаски: $V = 149 \frac{\text{м}}{\text{хв}} = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Перевіряємо вибрані режими за потужністю верстата.

Для обробки сталі $\delta_{\text{в}} = 52 \cdot 10^{-7} \text{ Н/м}^2$ з $t = 2 \text{ мм}$, $S = 0,2 \text{ мм/об}$ і $V = 100,6 \text{ м/хв}$ потужність на різання (за найбільш завантаженим переходом) складе $1,7 \text{ кВт}$. Згідно паспортним даним потужність на шпинделі за приводом верстату під час роботи з частотою обертання шпинделя $n = 500 \text{ об/хв}$ складає 5 кВт . Отже, встановлений режим різання по потужності є майже у 2 рази меншим за потужність верстату. Аналогічні розрахунки проводимо і для інших операцій і результати розрахунків режимів різання зводимо в таблицю Б.2.

2.4. Нормування технологічного процесу уточнення типу виробництва

Технологічні норми часу в умовах багатосерійного виробництва встановлюються розрахунково-аналітичним методом.

Норма штучного часу: $T_{\text{шт}} = T_o + T_d + T_{\text{об.}} + T_{\text{від.}}$

де $T_{\text{шт}}$ – штучний час, хв.

T_o – основний технічний час на операцію, хв.

T_d – допоміжний час на операцію, хв.

Тоб – час на обслуговування робочого місця, хв.

Твід – час на відпочинок робітника, хв.

Проведемо розрахунок на прикладі операції 020 агрегатно-свердлильна на якій свердяться 6 отворів $\varnothing 12,3$ мм в розмір креслення.

Основний технологічний час:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_m} \cdot i$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу;

S_m – мінімальна подача, мм/хв;

i – число проходів.

$$T_o = \frac{29}{63.8} \cdot 1 = 0,45 \text{ хв.}$$

Допоміжний час. Допоміжний час на установку і зняття деталі вагою 4 кг на спеціальній оправці з пневматичним затискачем встановлюється у розмірі 0,15 хв [8]. Він складається з часу:

- на встановлення і зняття деталі (без закріплення) 0,12 хв;

- на закріплення пневмозажимом 0,03 хв.

$$t_{уст} = 0,15 \text{ хв.}$$

Допоміжний час пов'язане з переходом $t_{пер}$.

$$t'_{пер} = 0,09 \text{ хв [8].}$$

Час на прийоми пов'язані з переходом, що не увійшли до комплексів:

$t''_{пер}$ – включити і вимкнути обертання шпінделя.

$$t''_{пер} = 0,015 \text{ хв [8].}$$

$$t_{пер} = 0,09 + 0,015 = 0,105 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на контрольні вимірювання обробленої поверхні. Для вимірювання пробкою час рівний 0,05 хв [8], для вимірювання шаблоном розташування отворів цей час становить 0,12 хв [8].

Величина періодичності контрольних вимірювань. Для деталі фланець і характері її обробки коефіцієнт періодичності рівний 0,02. З урахуванням цього коефіцієнт часу на вимірювання складається: $t_{вим} = (0,05 + 0,12) \cdot 0,02 = 0,003 \text{ хв.}$

Допоміжний час на операцію:

$$T'_e = t_{yct} + t_{nep} + t_{вум} = 0,15 + 0,105 + 0,003 = 0,258 \text{ хв.}$$

Поправочний коефіцієнт на допоміжний час залежно від сумарної тривалості обробки партії деталей за трудомісткістю: $K_{т.в} = 1,11$ [8]. З урахуванням поправочного коефіцієнта допоміжний час на операцію складе:

$$T'_e = T_e \cdot K_{т.в} = 0,258 \cdot 1,11 = 0,286 \text{ хв. Оперативний час:}$$

$$T_{on} = T_o + T'_e = 0,45 + 0,286 = 0,736 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця: $T_{обс.} = 5\%$ від $T_{оп.}$ [8]

$$T_{обс.} = \frac{0,736 \cdot 5}{100} = 0,0368 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і особисті потреби: $T_{від.} = 6\%$ від $T_{оп.}$ [8]

$$T_{від.} = \frac{0,736 \cdot 6}{100} = 0,044 \text{ хв.}$$

Штучний час на обробку:

$$T_{ум} = T_{on} + T_{обс.} + T_{від.} = 0,736 + 0,0368 + 0,044 = 0,817 \text{ хв.}$$

Аналогічні розрахунки проводимо і для інших операцій, результати розрахунків заносимо в таблицю Б.3.

На основі встановленої норми часу уточнюємо кількість верстатів необхідних для виготовлення фланця. Для багатосерійного виробництва кількість устаткування розраховується за формулою [3]:

$$C = \frac{\sum T_{ум} \cdot N_p}{60 \cdot \Phi_\partial \cdot m \cdot K_e},$$

де $\sum T_{ум}$ – штучний час на операцію, хв.

N_p – річна програма випуску в, шт.

Φ_∂ – дійсний річний фонд часу роботи верстата в 1 зміни;

m – число змін;

K_e – коефіцієнт виконання норм.

$$t_e = \frac{60 \cdot \Phi_\partial \cdot m}{N_p} \text{ (год),}$$

де t_e – такт випуску деталей на потоковій лінії.

За нормативними даними для машинобудівної промисловості $\Phi_0 = 4015$ год в рік для 2-х змінного режиму роботи устаткування:

$$t_6 = \frac{60 \cdot 4015}{105000} = 2,29 \text{ (хв / ум)}.$$

Тоді $C = \frac{\sum T_{ум}}{t_6 \cdot K_6}$

Коефіцієнт завантаження устаткування (%): $K_3 = \frac{C_p}{C_{np}} \cdot 100$,

де C_p – розрахункова кількість устаткування;

C_{np} – прийнята кількість устаткування.

Результати розрахунків устаткування зводимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2.

№ опер	Найменування операції	Модель верстата	$\sum T_{ум}$ хв.	$t_в$, хв.	$K_в$	К-ть верстатів		Коефіцієнт використання устаткування, %
						C_p	C_{np}	
005	Токарна-напівавтоматна	1A730	1,96	1,14	1,05	0,815	1	81,5
010	Токарна-напівавтоматна	1A730	1,75	2,29	1,05	0,73	1	73
015	Токарна-напівавтоматна	1A730	0,432	2,29	1,05	0,18	1	18
020	Агрегатно-свердлильна	Спец. верстат	0,817	2,29	1,05	0,34	1	34
025	Горизонтально-протяжна	7Б510	1,283	2,29	1,05	0,53	1	53
Всього						2,59	5	64,8

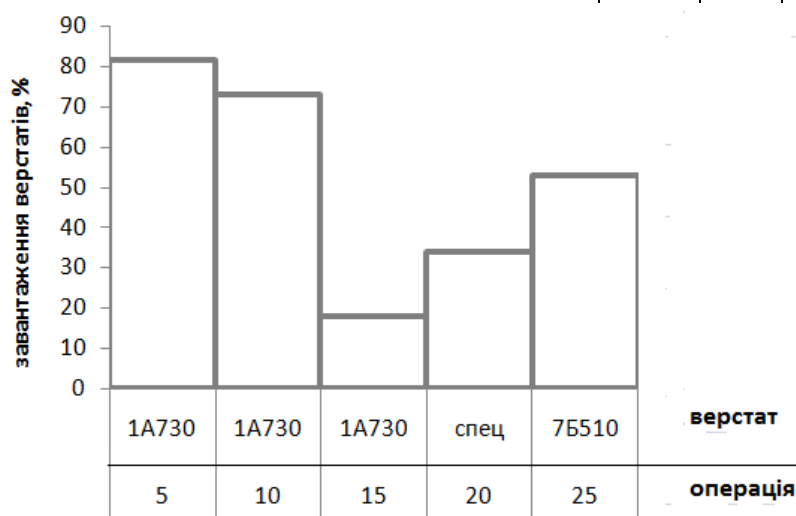


Рис. 2.4. - Графік завантаження устаткування

З даного графіка видно, що дуже завантажені токарні верстати, можливо в цьому випадку доцільно застосувати верстати з високою продуктивністю. Спеціальний верстат мало завантажений, але в той самий час він може бути використаний і для обробки інших деталей. Оскільки легко замінюється вузол шпинделя і пристосування. Протяжний верстат можна також використовувати для інших цілей.

2.5. Висновки до 2-го розділу

В розділі проведено аналіз схем базування на операціях, що дозволить одержати автоматичні розміри на налагоджених верстатах. Проведено вибір верстатів, інструменту і пристосувань для спроектованого техпроцесу виготовлення фланця 110.638. Підтверджено правильність встановлених припусків на обробку поверхонь шляхом проведення розмірних розрахунків. Вибрано оптимальні режими обробки на операціях за переходами та перевірено їх за потужністю верстата. Прийняті режими різання за потужністю майже у 2 рази менші за потужність верстатів, що скорочує витрати на енергоносії під час обробки. Здійснено нормування техпроцесу із встановленням трудомісткості обробки фланця за операціями.

На основі проведених розрахунків для прийнятого маршруту механічної обробки фланця з використанням автоматизованих і спеціальних верстатів розроблено карту технологічного процесу (КТП).

Виконане уточнене визначення типу , що відповідає багатосерійному з потоковою формою організації роботи . Такт випуску деталей попередньо становить – 2,29 хв/шт . Коефіцієнт завантаження обладнання на операціях знаходиться в межах нормативного значення для серійного виробництва.

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУЮВАННЯ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ОБРОБКИ ФЛАНЦЯ 110.638

3.1. Кондуктор для свердління 6 отворів Ø12,3 мм

Пристрій призначений для свердлення 6 отворів Ø12,3 мм у фланці. Фланець базується у пристрої за отвором Ø76^{+0,06} мм. Затискання заготовки відбувається за допомогою плити, що встановлена на рухомих скалках які рухаються під дією пневматичного приводу - пневмоциліндра.

Пристосування складається з корпусу, базуючих елементів, скалок з плитою і пневмоциліндра.

Принцип дії пристрою полягає в наступному деталь встановлюють на базову поверхню торець Ø 100 мм та на циліндричний палець по отвору Ø76^{+0,06} мм. Для здійснення затискання заготовки у скальчастому кондукторі повітря подається у верхню порожнину пневмоциліндра. Шток циліндра рухається вниз разом із скалками і встановленою на них кондукторною плитою внаслідок чого відбувається затиск деталі.

Свердлення 6 отворів проходить одночасно свердлами, що встановлені на револьверній головці у шпindelному вузлі на робочих ходах, а відведення на холостому ходу. Направлення свердел для обробки здійснюється за допомогою кондукторних втулок, що кріпляться у плиті. Під час роз стискання заготовки повітря із пневмоциліндра стравлюється скалки із кондукторною плитою піднімаються вгору. Заготовка знімається із пристосування. Для обробки наступної заготовки цикл повторюється.

Оброблювана деталь знаходиться в рівновазі як під дією сил, що виникають у процесі обробки, так і сил затиску і реакцій опор. Основними силами процесу обробки є сила різання, що визначається з врахуванням збереження контакту базових поверхонь заготовки з установочними елементами пристрою і виключенням можливості зміщення в процесі обробки. Схема базування фланця для свердління 6 отворів Ø 12,3 мм представлено на рис. 3.1.

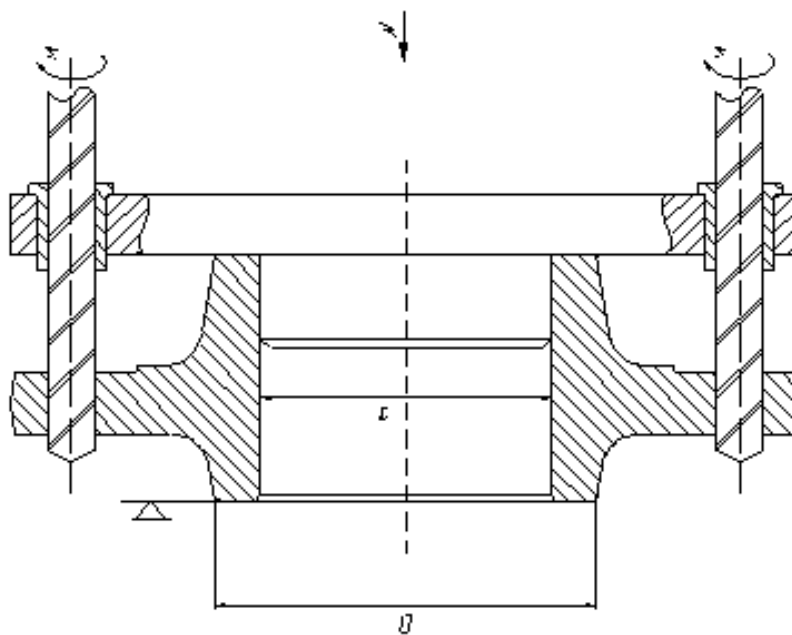


Рис. 3.1.

Зусилля затискання деталі:

$$W = \frac{K \cdot M_K^n}{\frac{1}{3} \cdot f \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 + d^2}} - n \cdot P_o ,$$

де K – коефіцієнт запасу.

M_K – крутний момент на свердлі в Н·м;

n – кількість одночасно працюючих свердел;

$f=0,45$ – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях затискачів.

Коефіцієнт K розраховується за формулою [9]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 ,$$

де $K_0=1,5$ - гарантований коефіцієнт запасу надійності закріплення;

$K_1=1,0$ - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через випадкові нерівності на заготовці;

$K_2=1,4$ - коефіцієнт затуплення інструменту;

$K_3=1,0$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сили різання при перервному різанні;

$K_4=1,0$ – коефіцієнт, який враховує постійність сили затиску, яка розвивається силовим приводом пристосування;

$K_5 = 1,5$ – коефіцієнт, який враховує тільки при наявності крутних моментів, які намагаються повернути оброблювану деталь.

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 1,0 = 2,25$$

$$W = \frac{2,25 \cdot 11,8 \cdot 6}{\frac{1}{3} \cdot 0,45 \cdot \frac{0,1^3 - 0,076^3}{0,1^2 + 0,076^2}} - 6 \cdot 2203 = 15680,6 \text{ Н}$$

Штовхаюче зусилля пневмоциліндра визначається за формулою [7]:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta,$$

де D – діаметр пневмоциліндра, мм;

$p = 0,6$ – робочий тиск повітря в пневмосистемі, МПа ;

$\eta = 0,85$ – к.к.д – пневмоциліндра.

Звідси діаметр пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 15680,6}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,85}} = 197,9 \text{ мм}$$

Приймаємо $D = 200$ мм для $Q = 16014$ Н.

3.2. Конструкція токарного патрону

Патрон призначений для закріплення деталі на токарному верстаті з метою підрізати торець в розмір $65_{-0,6}^{0,4}$ мм. При закріпленні деталь притискується двома зажимами 2 до упорного пальця 3 і розжимається кулачками в радіальному напрямку. Для того, щоб встановити деталь в патрон, зажими 2, насамперед, повертають на 90^0 (по відношенню до зображеного на кресленні положення), а після встановлення деталі повертають у попереднє положення. Після чого починають загвинчувати гайку 17.

В перший момент нижня вісь 8 нерухома, гайка 17, загвинчуючись, стискає пружину 9 і лапка зажиму 2 підходить до деталі. Після чого нижня вісь 8 переміщується вправо, коромисло 6 повертається проти годинникової стрілки навколо осі 8 і переміщується вліво. Лапка верхнього зажиму також підходить до деталі. Під час подальшого загвинчування гайки 17 починає стискуватися

пружина 9 і клин 6 переміщується вправо, переміщуючи при цьому своїми скосами кулачки і притискуючи їх до деталі. Закріплення закінчено. Для звільнення деталі, що оброблена, гайку 17 згвинчують. Під дією пружини 9 коромисло 6 відходить вліво. Кулачки під дією пружини переміщуються до осі, звільняючи деталь. Лапки зажимів 2 під дією пружини 17 відходять від деталі. Зажими повертають на 90^0 , і деталь знімають.

Для зменшення тертя між болтами і корпусом служить набивка, просочена маслом. Зажими 2 мають три точки опори: одну в корпусі і дві на деталі. Щоб зусилля болта завжди діяло нормально, гайка 17 має сферичну опору. Гайками 18 користуються при регулюванні всього механізму. Корпус патрона кріплять до планшайби верстату шістьма болтами 14 *M10*.

3.3. Пристрій для контролю розміщення 6 отворів діаметром $\varnothing 12,3^{+0,24}$ мм

Зміщення осей отворів $\varnothing 12,3^{+0,24}$ мм від номінального розташування не повинно перевищувати 0,15 мм, допуск залежить від базового отвору $\varnothing 76^{+0,06}$ мм.

Граничне відхилення і допуски діаметрів пробок калібру згідно [10] для $\Delta = 0,15$ мм:

- пробка для контролю розташування отворів діаметром $\varnothing 12,3^{+0,24}$:

$$F = 0,032 \text{ мм}; \delta_k = 0,01 \text{ мм}; \delta_u = 0,012 \text{ мм}$$

- базова пробка: $\delta_{ko} = \delta_k = 0,01 \text{ мм}; \delta_{uo} = \delta_o = 0,012 \text{ мм}$

Граничний розмір пробок калібру [8]:

- для базової пробки:

$$d_{ko \text{ max}} = d_{\text{пр зп}} = 76 - 0,005 = 75,995 \text{ мм (розмір } d_{\text{пр зм}} \text{ [8])}$$

$$d_{ko \text{ min}} = 75,995 - 0,010 = 75,985 \text{ мм};$$

$$d_{ko \text{ зп}} = 75,995 - 0,010 - 0,012 = 75,973 \text{ мм.}$$

- інших пробок:

$$d_{k \text{ max}} = 12,3 - 2 \cdot 0,15 + 0,032 + 0,010 = 11,985 \text{ мм.}$$

$$d_{k \min} = 11,958 - 0,010 = 11,948 \text{ мм.}$$

$$d_{k \text{ зп}} = 11,958 - 0,010 - 0,012 = 11,936 \text{ мм.}$$

Граничне зміщення осей пробок від номінального розташування становить $\Delta_k = 0,010$ мм [8].

Графічне зображення пристроїв наведено у додатку В.

3.4. Висновки до 3-го розділу

Під час виконання розділу було вирішено задачі проектування пов'язані із розробленням пристосувань для обробки на верстатах, зокрема спеціальний токарний патрон для обробки торця в розмір $65_{-0,6}^{-0,4}$ мм фланця на токарній-напівавтоматній та скальчастий кондуктор для свердління 6 отворів діаметром $\text{Ø}12,3^{+0,24}$ мм, що виконується на верстаті спеціальної конструкції.

Результати виконання проектування пристосування: дано опис конструкцій пристроїв, розраховані основні параметри приводу, необхідне зусилля затиску, розроблено конструкції пристосувань та вкладено до них специфікацію.

Для спроектованого спеціального вимірювального пристосування для контролю розміщення 6 отворів діаметром $\text{Ø}12,3^{+0,24}$ мм встановлено, що пристрій забезпечує необхідну точність вимірювання, оскільки граничне значення зміщення осей вимірювальних пробок від номінального розташування становить $\Delta_k = 0,010$ мм, що є більш як у 10 разів меншим за допустиме значення 0,15 мм.

РОЗДІЛ 4

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ

4.1. Статична обробка даних контролю якості виробів машинобудування

Успішний розвиток багатьох галузей машинобудівної промисловості пов'язаний з використанням великої кількості різноманітних деталей, що виготовляються в умовах серійних виробництв. Часто якість функціонування машин залежить від експлуатаційних характеристик деталей, що забезпечуються показниками якості під час виготовлення. Через це вимоги до якості виготовлення і до експлуатаційних показників деталей постійно зростають, а технологічне забезпечення цих вимог стає все проблематичнішим [14]. Саме якість продукції є одним з найважливіших засобів конкурентної боротьби, завоювання і утримання позицій на ринку. Тому підприємства приділяють особливу увагу забезпеченню високої якості продукції. Одним з таких факторів підвищення якості вироблених деталей є своєчасне усунення похибок під час обробки [15]. У цих умовах актуальною є проблема виявлення резервів підвищення якості оброблюваних поверхонь, що вирішується впровадженням аналітичної обробки за допомогою програмного забезпечення для управління якістю.

Аналітична обробка інформації дуже трудомістка сама по собі і вимагає великого обсягу різноманітних обчислень. З переходом до ринкових відносин потреба в аналітичній інформації значно збільшується. У зв'язку з цим автоматизація аналітичних розрахунків стала об'єктивною необхідністю, обумовленою зростанням значення якісного інформаційного обслуговування процесу виготовлення виробів, стрімким розвитком технічних можливостей сучасних комп'ютерних технологій. Застосування комп'ютерних технологій підвищує ефективність аналітичної роботи, що досягається за рахунок скорочення термінів проведення аналізу, більш повного охоплення впливу факторів на результати обробки, заміни наближених чи спрощених розрахунків точними обчисленнями, що потребують значних затрат у часі в разі використання традиційних методів.

Обробка статистичних даних полягає у систематизації та встановленні якісних і кількісних залежностей між факторами, що досліджувались. Їх оцінка, зведення та інтерпретація проводиться на основі методів математичної статистики.

Для підвищення якості обробки різанням в технології машинобудування важливим елементом є дослідження технологічних процесів обробки поверхонь деталей. Найбільше застосування отримав статистичний метод, що має невисоку вартість і трудомісткість та дає можливість встановити умови оптимального функціонування досліджуваного процесу. Статистичний метод ґрунтується на отриманні та обробці великої кількості фактичних даних, які забезпечують необхідний обсяг інформації. Його застосовують для дослідження якості технологічних процесів у серійному виробництві [16]. Статистичний метод базується на понятті розсіювання даних. Застосування його для контролю за розсіюванням параметрів продукції, що випускається, передбачає подання результатів аналізу в графічному вигляді, простому для розуміння статистичних величин. Якщо розсіювання величин мале, контроль може бути ослаблений. Якщо велике, то це слід сприймати як сигнал про необхідність регулювання процесу, його стабілізації, підвищення якості вихідного матеріалу, виявлення неполадок в устаткуванні і т.д.

Для наочного уявлення про тенденції зміни значень величин виробничого процесу застосовують графічне зображення статистичного матеріалу. Найбільш поширеними графіками, до яких вдаються під час аналізу розподілу випадкової величини, є полігон, гістограма і кумулятивна крива. Однак, серед інструментів контролю якості, найбільш часто на практиці застосовується гістограма для графічного зображення розподілу [17]. Якщо графік має форму нормального або подібного до нього розподілу (рис. 4.1), це означає процес є стабільним. Коли форма розподілу відхиляється від нормального (рис. 4.2), то це означає, що є відхилення у техпроцесі. В такому випадку потрібно втручання у процес виробництва та внесення до нього певних коректив.

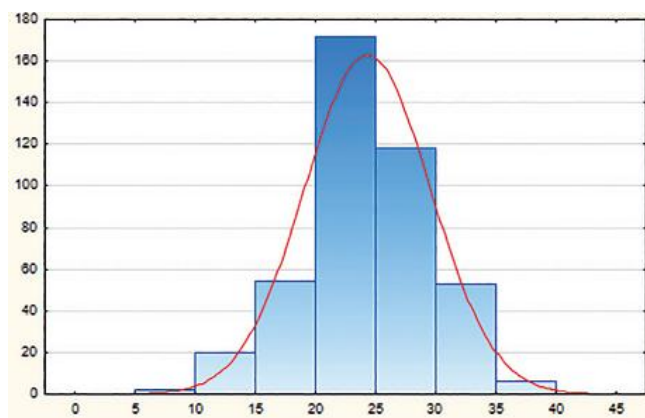


Рис. 4.1.

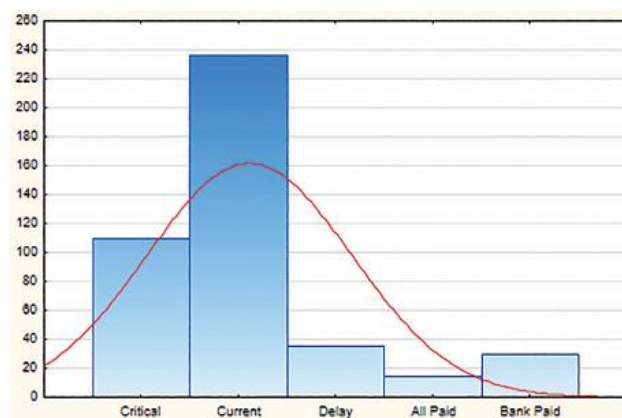


Рис. 4.2.

В сучасних умовах на шляху комп'ютеризації та інформатизації всіх процесів математична обробка результатів дослідження точності механічної обробки ведеться на основі комп'ютерних пакетів статистичного аналізу. Набір комп'ютерних систем та статистичних програмних продуктів на світовому ринку дуже великий і різноманітний. Для реалізації статистичного методу широко застосовують програми: Statistica; SPSS; SAS; Statgraphics+; Minitab; Systat; Stadia; Excel, тощо [18]. Для прикладу наведено знаходження числових характеристик вибірки засобами пакету Statistica [19]: вибір змінних та функції статистики, які потрібно обчислити (рис. 4.3); інтервальний статистичний розподіл сумарної кількості параметрів з обчисленими кумулятивними характеристиками (рис. 4.4); гістограма з накладеною на неї очікуваною щільністю нормального розподілу (рис. 4.5).

Описательные статистики (Accident1.sta)	Среднее	Доверит.	Доверит.	Медиана	Сумма	Дисперс.	Стд. откл.	Асимметрия	Эксцесс
Переменная		-95,0000%	+95,0000%						
Y_1983	77,7500	56,6700	98,8300	77,5000	933,0000	1100,7500	33,17755	1,037178	0,78159
Y_1985	58,9167	45,6402	72,1931	47,5000	707,0000	436,629	20,89566	0,333954	-2,12059
Сумма	136,6667	105,6093	167,7240	125,0000	1640,0000	2389,333	48,88081	0,794577	-0,43616

Рис. 4.3.

Группа	Частота	Кумул. частота	Процент допуст.	Кумул. % допуст.	% всех наблюд.	Кумул. % от всех
Описательные	0	0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Описательные	60,00000<=x<=80,00000	0	0	0,00000	0,00000	0,00000
Описательные	80,00000<=x<=100,00000	3	3	25,00000	25,00000	25,00000
Таблица час	100,00000<=x<=120,00000	2	5	16,66667	41,66667	16,66667
Таблица час	120,00000<=x<=140,00000	3	8	25,00000	66,66667	25,00000
Таблица час	140,00000<=x<=160,00000	0	8	0,00000	66,66667	0,00000
Таблица час	160,00000<=x<=180,00000	2	10	16,66667	83,33333	16,66667
Таблица час	180,00000<=x<=200,00000	0	10	0,00000	83,33333	0,00000
Таблица час	200,00000<=x<=220,00000	1	11	8,33333	91,66667	8,33333
Таблица час	220,00000<=x<=240,00000	1	12	8,33333	100,00000	8,33333
Пропущ.	0	12	0,00000	0,00000	100,00000	100,00000

Рис. 4.4.

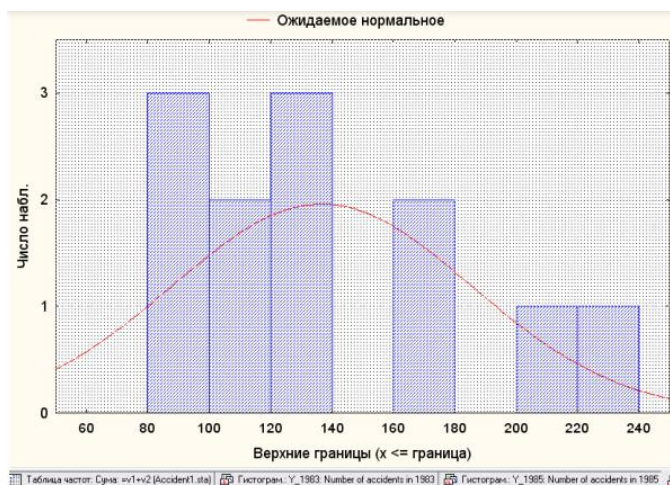


Рис. 4.5.

Таким чином для забезпечення керованості виробничих процесів на підприємствах, контролю якості продукції необхідною процедурою є належний статистичний моніторинг та проведення об'єктивного аналізу на основі статистичних методів контролю якості. Ці методи можуть застосовуватись як у комплексі, так і поодинокі. Слід відмітити, що в сучасних умовах накопичення масштабних об'ємів вихідної інформації і використання статистичних пакетів обробки даних є ефективним інструментом для фахівців.

4.2. Управління якістю обробки фланця 110.638

Для дослідження якості обробки фланця за вдосконаленим техпроцесом вибираємо для прикладу поверхню отвір $\varnothing 76$ мм. Так як забезпечення отримання розміру повинно виконуватися ще на етапі чорнової обробки встановлюємо точність його для чорнового розточування - $\varnothing 76^{+0,19}$ мм. Використовувати будемо метод побудови гістограм, оскільки як зазначалося вище, він найчастіше застосовується під час розв'язанні таких завдань як: аналіз значень показників у динаміці; дослідження сукупності на однорідність та нормальність розподілу тощо. Також основною перевагою методу гістограм є його наочність та простота.

Побудова емпіричної кривої розподілу похибок та гістограми проводимо в такій послідовності:

• Генератором випадкових чисел на комп'ютері видається ряд числових значень в певних межах у відповідності до завдання. Отримані значення заносимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1. – Результати вимірювань

№	Розмір	№	Розмір	№	Розмір	№	Розмір
1	76,095	39	76,108	77	76,122	115	76,043
2	76,141	40	76,102	78	76,136	116	76,018
3	76,077	41	76,167	79	76,043	117	76,027
4	76,141	42	76,071	80	76,128	118	76,115
5	76,077	43	76,069	81	76,046	119	76,042
6	76,044	44	76,067	82	76,135	120	76,122
7	76,023	45	76,132	83	76,148	121	76,030
8	76,197	46	76,012	84	76,075	122	76,157
9	76,105	47	76,053	85	76,179	123	76,056
10	76,151	48	76,066	86	76,015	124	76,007
11	76,016	49	76,165	87	76,096	125	76,106
12	76,014	50	76,002	88	76,023	126	76,143
13	76,060	51	76,129	89	76,004	127	76,027
14	76,168	52	76,033	90	76,022	128	76,064
15	76,161	53	76,022	91	76,035	129	76,144
16	76,050	54	76,036	92	76,162	130	76,048
17	76,111	55	76,186	93	76,175	131	76,175
18	76,113	56	76,086	94	76,021	132	76,102
19	76,155	57	76,013	95	76,129	133	76,092
20	76,138	58	76,140	96	76,123	134	76,168
21	76,160	59	76,129	97	76,026	135	76,185
22	76,029	60	76,033	98	76,130	136	76,089
23	50,094	61	76,046	99	76,143	137	76,102
24	76,148	62	76,003	100	76,161	138	76,029
25	76,061	63	76,130	101	76,154	139	76,042
26	76,153	64	76,010	102	76,062	140	76,079
27	76,109	65	76,137	103	76,099	141	76,092
28	76,197	66	76,041	104	76,183	142	76,105
29	76,145	67	76,058	105	76,104	143	76,119
30	76,029	68	76,072	106	76,079	144	76,155
31	76,004	69	76,175	107	76,069	145	76,034
32	76,048	70	76,131	108	76,109	146	76,122
33	76,113	71	76,173	109	76,123	147	76,112
34	76,107	72	76,100	110	76,112	148	76,020
35	76,014	73	76,027	111	76,149	149	76,123
36	76,032	74	76,126	112	76,186	150	76,050
37	76,093	75	76,186	113	76,085		
38	76,177	76	76,109	114	76,097		

• Визначаємо різницю між найбільшим і найменшим розмірами деталей у виборці – розмах виборки R .

$$R = X_{\max} - X_{\min},$$

де X_{\max} – максимальний розмір, (мм);

X_{\min} – мінімальний розмір, (мм).

$R = 50,197 - 50,002 = 0,195$ Величину R ділимо на рад рівних інтервалів. Кількість інтервалів $f=10$.

Знаходимо ширину інтервалу a за формулою:

$$a = \frac{R}{f},$$

$$a = \frac{0,195}{10} = 0,0195$$

- Визначаємо середини інтервалів X_i . Підраховуємо емпіричну частоту n_i для кожного інтервалу. Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.2

Таблиця 4.2. – Результати розрахунків

Інтервал розмірів		Середина інтервалу X_i	Емпірична частота n_i
від	до		
76,002	76,0215	76,01175	15
76,0215	76,041	76,03125	18
76,041	76,0605	76,05075	16
76,0605	76,08	76,07025	14
76,08	76,0995	76,08975	12
76,0995	76,119	76,10925	19
76,119	76,1385	76,12875	20
76,1385	76,158	76,14825	16
76,158	76,1775	76,16775	13
76,1775	76,197	76,18725	7

- За одержаними значеннями будуюмо гістограму та емпіричну криву розподілу розмірів (рис. 4.6). Для побудови гістограми розподілу на осі абсцис відкладають інтервали розмірів і на кожному з цих інтервалів, як на основі, будують прямокутник, висота якого визначається емпіричною частотою.

З'єднуючи середини верхніх сторін прямокутників, отримують графік розподілу, який називається емпіричною кривою розподілу.

- Для більш точного висновку необхідно співставити емпіричну криву розподілу з майбутньою теоретичною. З цією метою, для кожного інтервалу значень необхідно порахувати теоретичні частоти і по них побудувати теоретичну криву розподілу.

Знаходимо вибіркове середнє значення \bar{x} :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^f x_i n_i}{n},$$

де n - обсяг вибірки (150 шт);

x_i - середина інтервалу;

n_i - емпірична частота.

$$\bar{x} = 76,09417$$

Знаходимо вибіркове середнє квадратичне відхилення S :

$$S = \sqrt{\frac{\sum n_i (x_i - \bar{x})^2}{n}}.$$

$$S = 0,052785268 \text{ мм}$$

Визначаємо теоретичні частоти n_i нормального розподілу для кожного інтервалу.

Для розрахунку теоретичних частот для кожного інтервалу розмірів визначаємо значення t :

$$t = \frac{|\bar{x} - x_i|}{S}$$

Значення Z_t [20].

$$t_1 = \frac{|76,09417 - 76,01175|}{0,052765268} = 1,562 \qquad Z_{t_1} = 0,1182$$

Подальші розрахунки аналогічні, тому запишемо результати у вигляді таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.

№	t	Z_t
2	1,19	0,1965
3	0,8	0,2661
4	0,45	0,3605
5	0,084	0,3977
6	0,285	0,3836
7	0,66	0,3209
8	1,02	0,2179
9	1,39	0,1518
10	1,76	0,0848

Розраховуємо теоретичні частоти нормального розподілу:

$$n = \frac{(n \cdot a \cdot Z_t)}{S}$$

$$n_1 = \frac{150 \cdot 0,0195 \cdot 0,1182}{0,052765} = 6,55$$

Подальші розрахунки аналогічні, тому запишемо результати у вигляді таблиці 4.4.

Таблиця 4.4.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n	6,55	10,81	14,75	19,98	22,05	21,26	17,79	12,08	12,08	4,7

- Будуємо графік теоретичної кривої нормального розподілу, сумістивши його з графіком емпіричної кривої (рис. 4.6).
- Заносимо дані в контрольну карту.

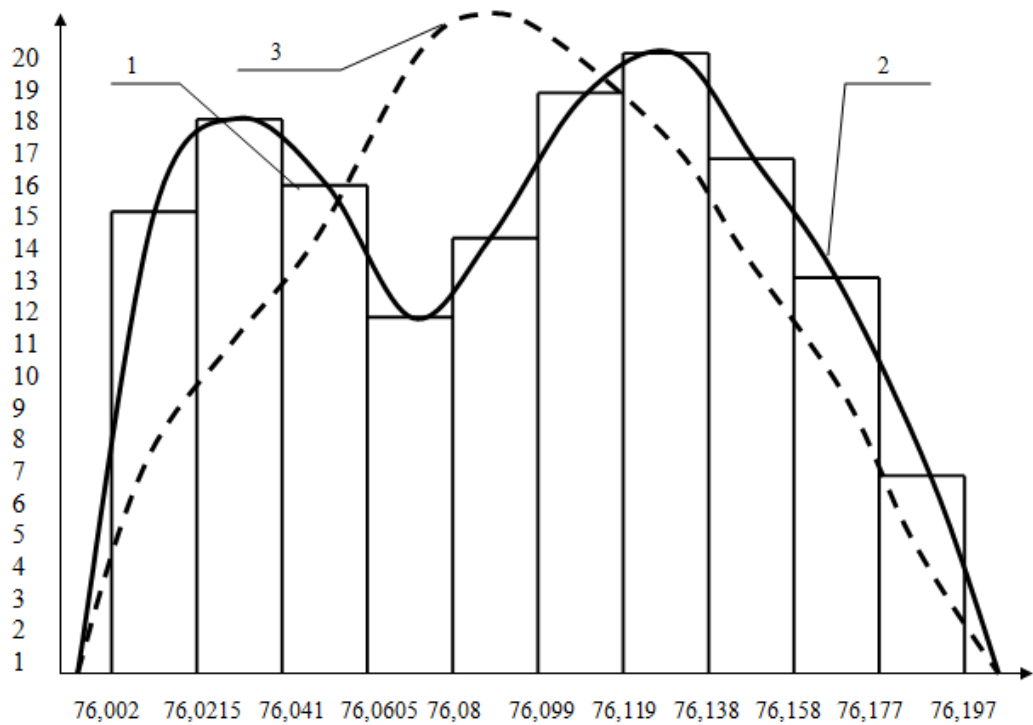


Рис. 4.6. - Гістограма (1), емпірична крива (2), крива нормального розподілу розмірів деталей (3)

Розраховуємо середнє значення і розмахи для кожної підгрупи:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad ,$$

$$\bar{X} = \frac{76,095 + 76,141 + 76,077 + 76,141 + 76,077}{5} = 76,1062 \quad ,$$

$$R = 76,141 - 76,077 = 0,064 \quad ,$$

$$\bar{X} = \frac{76,044 + 76,023 + 76,197 + 76,151 + 76,016}{5} = 76,0862 \quad ,$$

$$R = 76,197 - 76,016 = 0,181 \quad .$$

Подальші розрахунки аналогічні, тому результати запишемо у вигляді таблиці 4.5.

Таблиця 4.5.

№	\bar{X}	R
1	76,1062	0,064
2	76,0862	0,181
3	76,0906	0,158
4	76,1354	0,049
5	76,097	0,124
6	76,0968	0,193
7	76,0628	0,099
8	76,12994	0,084
9	76,0702	0,120
10	76,083	0,163
11	76,0726	0,164
12	76,0722	0,127
13	76,0642	0,134
14	76,1218	0,117
15	76,1096	0,159
16	76,095	0,093
17	76,1104	0,164
18	76,03	0,092
19	76,1222	0,154
20	76,1228	0,135
21	76,1054	0,121
22	76,1124	0,08
23	76,0858	0,168
24	76,0672	0,095

Вибираємо шкалу для контрольних карт. Наносимо середні значення та розмахи на контрольну карту (рис. 4.7).

Розраховуємо центральну лінію (середній розмах і середнє для процесу):

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{k}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_n}{k}$$

$$\bar{R} = 0,12658$$

$$\bar{\bar{X}} = 76,09398917$$

Розраховуємо контрольні границі.

Обчислюємо верхню і нижню контрольні границі для розмахів і середніх:

$$UCL_{\bar{R}} = D_4 \bar{R}$$

$$LCL_{\bar{R}} = D_3 \bar{R}$$

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

де D_4 , D_3 , A_2 - константи, які залежать від об'єму підгрупи.

$$UCL_{\bar{R}} = 2,11 \cdot 0,12658 = 0,2670838$$

$$LCL_{\bar{R}} = 0$$

$$UCL_{\bar{X}} = 76,093989 + 0,58 \cdot 0,12658 = 76,1674054$$

$$LCL_{\bar{X}} = 76,093989 - 0,58 \cdot 0,12658 = 76,0205726$$

Проводимо лінії середніх та контрольних границь на картах.

З отриманих результатів розрахунків робимо висновок, що процес обробки знаходиться в керованому стані.

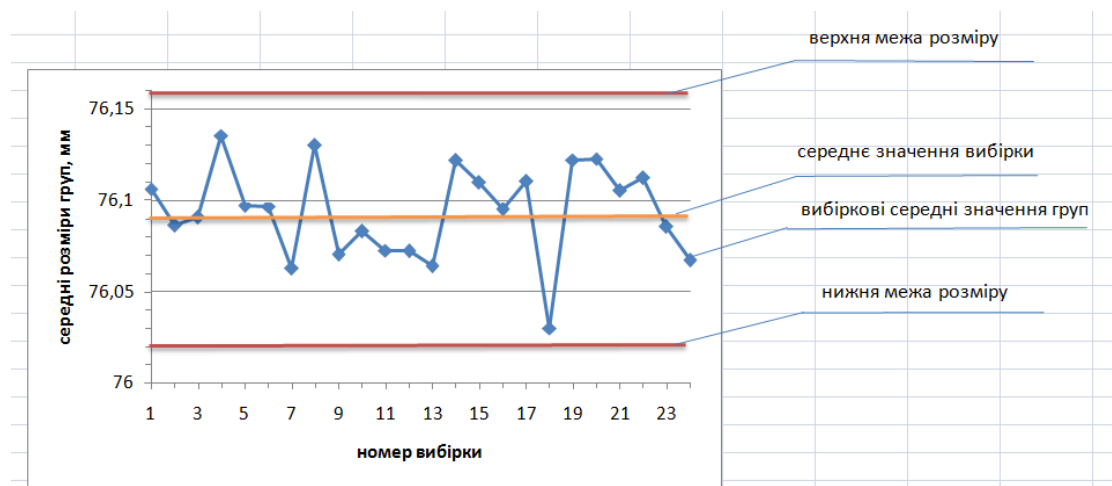


Рис. 4.7. - Контрольна карта середніх значень і розмахів варіації

4.3. Висновки до 4-го розділу

У розділі обґрунтовано застосування статистичних методів аналізу для оцінювання якості продукції. Зосереджена увага на основних методах контролю якості, які вважаються найактуальнішими і найбільше використовуються.

Зроблено аналіз застосування методів контролю якості таких як: контрольні листки, побудова гістограм, графік розсіювання та контрольні карти.

Для дослідження якості обробки фланця перевагу надано методу гістограм. Цей метод є наочним і простим для вивчення однорідності розподілу та перевірки на достовірність. Використання діаграм розподілу дає змогу оцінити кореляційні зв'язки, графічно описати залежність між факторами виробництва та виявити їх вплив на кінцевий результат. Зазначено, що використання контрольних карт дозволяє аналізувати стан технологічного процесу обробки деталі в динаміці.

Було практично реалізовано процес управління якістю обробки фланця 110.638 із побудовою кривих розподілу та контрольної карти на основі даних контрольних розмірів, отриманих під час обробки деталі за розробленою технологією. Числові значення вибірки розміром 150 штук комп'ютерно згенеровано в межах допуску обробки у відповідності до завдання. Результати розрахунків вказують, що процес обробки є керованим.

Дослідження показують важливість використання статистичних інструментів у поєднанні із комп'ютерною обробкою даних для прийняття ефективних рішень щодо забезпечення якості.

РОЗДІЛ 5

ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА ФЛАНЦЯ 110.638

5.1. Визначення річної трудомісткості по значенню верстатного парку

Верстатомісткість річного випуску виробів :

$$T_{p.v.g.} = \Phi_0 \cdot C_3 \cdot K_{з.сер.},$$

де $T_{p.v.g.}$ – верстатомісткість для річного випуску виробів, верстатогодин, якими володіє цех;

C_3 – кількість верстатів по завданню;

$K_{з.сер.}$ – середній коефіцієнт завантаження

$$T_{p.v.g.} = 4015 \cdot 5 \cdot 0,648 = 13009 \text{ верст. год.}$$

Трудомісткість з верстат-годин в людино-години:

$$T_{p.l.g.} = \frac{T_{p.v.g.}}{K_M},$$

де $T_{p.l.g.}$ – трудомісткість верстатників які є в механоскладальному цеху за рік;

K_M – коефіцієнт багатостанкового обслуговування $K_M=1,8$ для багатосерійного виробництва.

$$T_{p.l.g.} = \frac{13009}{1,8} = 7227 \text{ год.}$$

Трудомісткість складальних робіт механоскладальних цехів складає для масового і багатосерійного виробництва – 25...30% від трудомісткості верстатних робіт [11].

Сумарна трудомісткість в людино-годинах на основному виробництві механоскладального цеху:

$$T \sum_{л.г.} = T_{p.l.g.} \cdot K_p \cdot K_{ск.},$$

де K_p – коефіцієнт ручних робіт становить для багатосерійного виробництва $K_p = 1,02$;

K_c – коефіцієнт складальних робіт $K_c = 1,25$.

$$T \sum_{л.з} = 7227 \cdot 1,02 \cdot 1,25 = 9214 \text{ год.}$$

Кількість робітників-верстатників механічного відділення визначається за формулою [12]: $P_e = \frac{C_{np} \cdot F_d \cdot k_z}{F_{op} \cdot k_b}$,

де C_{np} - прийнята кількість обладнання;

$F_d = 4015$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.;

$k_z = 0,5$ – середній коефіцієнт завантаження обладнання;

F_{op} – дійсний річний фонд часу роботи робітників;

$k_b = 1,2$ – коефіцієнт багатостанкового обслуговування.

$$P_e = \frac{5 \cdot 4015 \cdot 0,5}{1820 \cdot 1,2} = 4,6. \text{ Приймаємо } P_e = 5 \text{ чоловік.}$$

Кількість робітників слюсарів визначається в процентах від кількості робітників-верстатників. Кількість службовців, керівників та спеціалістів визначається в процентному співвідношенні від загальної кількості робітників дільниці. Всі дані, отримані в результаті розрахунку кількості працюючих зводяться в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1. – Відомість складу працюючих дільниці

Категорія працюючих	Спосіб визначення	Процентне відношення [13]	Кількість
Верстатники	за формулою	—	5
Допоміжні робітники	у % відношенні	35	2
службовці	у % відношенні	4	1
спеціалісти	у % відношенні	10	1
керівники	у % відношенні	2	1
Всього			10

Кількість контролерів приймається в межах 8...10% від кількості виробничих робітників [12]. Приймаємо кількість контролерів рівною 1.

5.2. Розрахунок виробничої площі механоскладального цеху за нормативами ПІТОМИХ ПЛОЩ

Загальна площа цеху поділяється на виробничу, допоміжну і службово-побутову. В склад виробничої площі входять площі механічної, складальної та випробувальної дільниць. У механоскладальному цеху рекомендовано мати не менше 100 верстатів основного виробництва [12].

Для завантаження виробництва знаходимо наближено кількість подібних виробів, які виготовляються в цеху: $B = \frac{C_n}{m_{np}}$,

де C_n – прийнята кількість верстатів в цеху;

m_{np} - прийнята кількість верстатів на дільниці виготовлення деталей.

$$B = \frac{100}{5} = 20.$$

Кількість виробів прийнята: $B_n = 20$.

Остаточо приймаємо кількість верстатів в цеху $C_n = 105$ шт.

Виробнича площа механічного відділення укрупнено підраховується за питомою площею на один верстат відповідно до норм технологічного проектування.

$$S_M = N \cdot S_{\Pi}$$

де N – кількість верстатів в цеху;

S_{Π} – питома площа на один верстат.

Питома площа для легких верстатів в межах 12...14 м², для середніх – 18...21 м², для важких – 22...25 м². В цеху 75 верстатів – середніх, 15 верстатів – легких та

15 верстатів – важких.

$$\text{Отже, } S_M = 75 \cdot 20 + 15 \cdot 14 + 15 \cdot 25 = 2085 \text{ м}^2.$$

Площа складально-випробувального відділення згідно рекомендацій [12] становить 30...40% від площі механічного відділення. Приймаємо 35% від $2085 \cdot 0,35 = 730 \text{ м}^2$.

Допоміжна площа складається з площ допоміжних відділень:

- Відділення заточування інструменту.

Кількість заточувальних верстатів приймаємо рівною: $C_{зат.} = 0,04 \cdot 105 \approx 4$.

Площа відділення заточування $4 \cdot 10 = 40 \text{ м}^2$.

- Цехова ремонтна база.

Кількість верстатів ЦРБ : $M_m = 0,02 \cdot 105 \approx 2$.

Питома площа – 20 м^2 , отже, загальна площа – $2 \cdot 20 = 40 \text{ м}^2$.

- Відділення виробничого спорядження та інструменту.

Кількість верстатів групи ремонту пристроїв та інструменту: $C_{p.n.i.} = 0,04 \cdot 105 \approx 4$.

Питома площа 20...22 м^2 , площа відділення $22 \cdot 4 = 88 \text{ м}^2$.

- Контрольне відділення.

Площа відділення визначається: $F_{контр} = 0,05 \cdot 2085 = 105 \text{ м}^2$.

- Склади матеріалів і заготовок.

Площа складу матеріалів та заготовок [12]: $F_3 = \frac{Q \cdot t}{q \cdot k \cdot m}$,

де $Q = 426$ – маса матеріалів і заготовок, які зберігаються на складі протягом року, т;

$t = 5$ – час зберігання матеріалів і заготовок, днів;

$q = 1,5$ – допустиме навантаження на 1 м^2 корисної площі підлоги складу,

t/m^2 ;

$k=0,3$ – коефіцієнт використання площі складу;

$m=254$ – кількість робочих днів в році.

$$F_3 = \frac{426 \cdot 5}{1,5 \cdot 0,3 \cdot 254} = 18,6 \text{ м}^2.$$

- Проміжний склад.

Проміжний склад його площа: $F_{II} = \frac{400 \cdot 5}{1,5 \cdot 0,3 \cdot 254} = 17,5 \text{ м}^2$.

- Відділення для приготування і роздачі охолоджуючих рідин, склад масел.

Площа цього відділення визначається за рекомендаціями [12] в залежності від кількості верстатів, які обслуговуються і приймається рівною 70 м^2 .

- Відділення для збирання і перероблення стружки.

Площа цього відділення визначається із умови 1 м^2 на 1 верстат і приймається рівною 105 м^2 .

$$\text{Отже, } F_{\text{мор.стр}} = 70 + 105 = 175 \text{ м}^2.$$

- Інструментальна комора.

Площі цехових комор визначаються, як: $F_{\text{ком}} = C_n \cdot f_{\text{кл}}$;

де $f_{\text{кл}}$ – норми площі комор на один верстат для двохзмінної роботи: для комори ІРК – $(0,3 \dots 0,8) \text{ м}^2$, для комори пристроїв – $(0,25 \dots 0,6) \text{ м}^2$, для комори допоміжних матеріалів – $0,1 \text{ м}^2$.

Площа комори ІК становить: $F_{\text{ком1}} = 105 \cdot 0,3 = 32 \text{ м}^2$.

Площа комори пристроїв становить: $F_{\text{ком2}} = 105 \cdot 0,25 = 26 (\text{м}^2)$.

Площа комори допоміжних матеріалів становить: $F_{\text{ком3}} = 105 \cdot 0,1 = 11 (\text{м}^2)$.

Загальна площа комор:

$$F_{\text{ком}} = F_{\text{ком1}} + F_{\text{ком2}} + F_{\text{ком3}} = 32 + 26 + 11 = 69 \text{ м}^2.$$

$$F_{\text{заг.доп}} = 730 + 40 + 40 + 132 + 88 + 105 + 36 + 70 + 175 + 69 = 1485 \text{ м}^2$$

- Службово-побутові приміщення.

Площа службово-побутових приміщень приймається рівною 10...12% виробничої площі цеху, а саме $F_{\text{сл.поб}} = 2085 \cdot 0,12 = 250 \text{ м}^2$.

Площа магістральних проїздів:

$$F_{\text{проїзд}} = 0,1 \cdot (2085 + 1485) = 357 \text{ м}^2.$$

Отже, загальна площа цеху становить:

$$F_{\text{заг}} = 2085 + 1485 + 357 + 250 = 4177 \text{ м}^2$$

На основі проведених розрахунків проводимо компонування виробничого підрозділу (цеху) та його складової механічної дільниці для виготовлення деталі фланець 110.638 (додаток Г).

5.3. Основні техніко-економічних показники вдосконаленого техпроцесу виготовлення фланця 110.638

Калькуляція собівартості виготовлення фланця 110.638 за удосконаленою технологією:

№ п/п	Найменування статей калькуляції	Сума, грн
1	Сировина і матеріали	14093755
2	Зворотні відходи	546000
3	Паливо та енергія на технологічні цілі	630230
4	Основна зарплата	2013350

5	Додаткова зарплата	302000
6	Відрахування на соцстрах	868260
7	Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	1742290
8	Загально виробничі витрати	2214690
9	Загальногосподарські витрати	3020030
10	Витрати в наслідок неминучого браку	704690
11	Інші витрати	1578920
12	Виробнича собівартість	27714215
13	Поза виробничі витрати	277142
14	Повна собівартість	27722499

Зведені капітальні затрати на впровадження розробленої технології [21]:

Назва і склад груп	Сума, грн.	Амортизація	
		Норма, %	Сума, грн
I. група		8	
1. Виробничі приміщення	432900		34630
2. Допоміжні приміщення	159900		12790
II. група		40	
1. Транспортне обладнання	35000		14000
2. Контрольно-вимірювальне обладнання	42000		16800
3. Енергетичне обладнання	109500		43800
4. Інструмент і пристосування	1127500		451000

5. Виробничий і господарський інвентар	21010		8400
III. група		24	
1. Виробниче обладнання	4510000		476260
Всього	6437810		

$$\text{Норматив оборотних засобів: } \Phi_{об} = \frac{3 \cdot T_{об}}{365},$$

де 3 – затрати по даному елементу оборотних фондів;

$T_{об}$ – норма запасу елементу оборотних фондів в днях.

Результати розрахунку представлено у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2. – Норматив оборотних засобів [22]

№ п/п	Назва оборотних засобів	Річні витрати, грн	Запас у днях	Норматив оборотних засобів
1	Основні матеріали	13420000	30	108493
2	Допоміжні матеріали	27060	60	4450
3	Малоцінний інвентар інструмент	451000	120	148270
4	Запасні частини для поточного ремонту	253690	90	62550
5	Готові вироби	27722499	3	227856
6	Незавершене виробництво	-	-	8315161
7	Витрати майбутніх періодів	-	-	415837
8	Інші витрати	-	-	649783
	Всього			9932400

На основі затрат на виробництво визначаємо об'єм валової продукції цеху в оптових цінах [14]: $O_{ц} = C_{п} + \Pi_{п}$,

де $O_{ц}$ – оптова ціна річного випуску продукції;

$C_{п}$ – повна собівартість річного випуску продукції;

$\Pi_{п}$ – прибуток (20% собівартості).

$$O_{ц} = 27722499 + 5544499 = 33266999 \text{ грн.}$$

Рівень рентабельності :

$$P = \frac{\Pi}{\Phi_{осн} + \Phi_{об}} \cdot 100\%,$$

де Π – прибуток;

$\Phi_{осн}$ - вартість основних фондів, грн.;

$\Phi_{об}$ - вартість оборотних фондів, грн.

$$P = \frac{5544499}{6437810 + 9932400} \cdot 100\% = 34\%$$

Економічна ефективність капітальних вкладень: $E = \frac{\Pi}{K}$,

де Π – прибуток отриманий в результаті впровадження техпроцесу;

K – сума капітальних вкладень.

$$E = \frac{5544499}{6437810} = 0,86$$

Розрахункове значення коефіцієнту економічної ефективності повинно задовольняти умову: $E \geq E_{н}$,

де $E_{н} = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Термін окупності додаткових капіталовкладень, які пов'язані з вдосконаленням технологічного процесу: $T_{ок} = \frac{K}{\Pi}$,

де K – сума капіталовкладень, грн;

Π – прибуток, грн.

$$T_{ок} = \frac{6437819}{5544499} = 1,15 \text{ роки}$$

Виробіток на одного працюючого розраховується в оптових цінах: $\Pi_{пр} = \frac{O_{ц}}{P}$,

де Р – загальна кількість працюючих.

$$P_{np} = \frac{33266999}{12} = 2772250 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект: $E_p = (C_6 + E_n \cdot K_6) - (C_n + E_n \cdot K_n)$,

де C_6, C_n – собівартість річного обсягу продукції по варіантах, грн.;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

K_6, K_n – капітальні вкладення по варіантах, грн.

Базові значення показників узяті із виробництва.

$$E_p = (37590943 + 0,15 \cdot 6746640) - (27722499 + 0,15 \cdot 6437810) = 9914758,5 \text{ грн.}$$

Основні техніко-економічні показники представляємо у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3. – Техніко-економічні показники

№ п/п	Показник	Одиниці виміру	Сума
1	2	3	4
1	Річний випуск продукції: - в натуральному вираженні	шт.	105000
2	Капітальні затрати: - загальні - питомі	грн грн	6437810 64,4
3	Виробіток на одного працюючого валової продукції	грн	2772250
4	Кількість верстатів - на дільниці - - в цеху	шт	5 105
5	Енергопотужність обладнання	кВт	73
6	Площа виробнича та допоміжна	м ²	186,5
7	Кількість працівників	чол	11
8	Річний фонд зарплати	грн	2315350
9	Середньомісячна зарплата	грн	17540
10	Випуск продукції: - на 1 м ² площі - на 1 грн основних фондів	грн. грн	536 51,3

Продовження табл.5.3

1	2	3	4
11	Завантаження верстатів	%	0,44
12	Повна собівартість:		
	- одиниці продукції	грн	264
	- річного обсягу	грн	27722499
13	Ефективність капіталовкладень		0,86
14	Рентабельність	%	34
15	Окупність капітальних вкладень	рік	1,15
16	Річний економічний ефект	грн	27722499

Аналізуючи результати розрахунків техніко-економічних показників робимо висновок про доцільність впровадження вдосконаленого варіанту техпроцесу механічної обробки фланця. Економічний ефект свідчить про економічну ефективність проекту.

5.4. Висновки до 5-го розділу

В даному розділі визначено річну трудомісткість за прийнятою кількістю верстатів на дільниці виготовлення фланця, що склала 9214 год. Розраховано кількість робітників для виготовлення фланця з врахуванням коефіцієнту багатостатного обслуговування. Розраховано виробничу та загальну площі механоскладального цеху за нормативами питомих площ. На основі розрахунків зроблено планування дільниці для механічної обробки фланця та загальне компанування цеху за допомогою графічний пакет Auto CAD. На основі проведених розрахунків техніко-економічних показників та аналізу їх результатів зроблено висновок про доцільність впровадження вдосконаленого варіанту техпроцесу механічної обробки фланця. Про економічну ефективність проекту свідчать такі отримані показники як: економічна ефективність капітальних - 0,86; рентабельність 34%; термін окупності 1,15 роки. Річний економічний ефект внаслідок вдосконалення техпроцесу становить майже 30 млн. грн.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі запропоновано вирішення забезпечення якості обробки виробів шляхом вдосконалення технологічного процесу механічної обробки на прикладі деталі типу «Фланець 110.638». Показано на основі досліджень важливість використання статистичних інструментів у поєднанні із комп'ютерною обробкою даних для прийняття ефективних рішень щодо забезпечення якості.

Для вирішено задач, що поставлені у завданні було:

- проведено ТЕО вибору об'єкту проектування - фланець 110.638; вибрано заготовку - штамповку на КГП, що збільшить продуктивність обробки в 2...3 рази та зменшить витрати металу на 10...15%.

- удосконалено базовий маршрут механічної обробки фланця 110.638 з розробленням КТП та проектуванням технологічного оснащення для його реалізації;

- проаналізовано статистичні методи контролю якості обробки та вибрано для механічної обробки фланця 110.638 метод гістограм, який графічно описує та дає змогу встановити вплив факторів виробництва на якість обробки. Для аналізу процесу обробки деталі в динаміці застосовано контрольні карти. Отримані результати вказують на керованість процесу обробки.

- на основі розрахунків зроблено планування виробничих підрозділів, зокрема дільниці для механічної обробки фланця та цеху за допомогою графічного пакету Auto CAD.

Визначені основні економічні показники виробництва фланця за вдосконаленим техпроцесом, а саме: економічна ефективність капвкладень – 0,86; рентабельність - 34%; термін окупності - 1,15 роки. Річний економічний ефект внаслідок впровадження вдосконалення техпроцесу становить майже 30 млн. грн.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Марочник сталі та сплавів – закордонні аналоги. URL: http://www.splav-kharkov.com/analog/zm_tabl_rus.php (дата звернення: 22.03.2024).
2. Гущин О. В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 131 – «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування». Краматорськ: ДДМА, 2019. 159 с.
3. Рудь В.Д., Божко Т.Є., Гальчук Т.Н. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131- Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр; спеціалізація – технології машинобудування): навчальний посібник. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2017. 487с.
4. Купівля брухту – Vikkon. URL: <http://vikkon.com>, вільний (дата звернення: 01.04.2023). – Назва з екрана.
5. ДСТУ 9182:2022 Поковки з вуглецевої і легованої сталі, виготовлені куванням на пресах. Припуски і допуски. – К.: Держстандарт України, 2022.
6. Рудь В.Д., [Герасимчук](#) О.О., Маркова Т.П. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій: навчальний посібник. Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2008. 344с.
7. Ревнівцев М. П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні: навч. посіб. К. : А.С.К., 2006. 416 с.
8. Технологія машинобудування: Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт : навч. посіб. / І.І. Юрчишин, Я.М. Литвиняк, І.Є. Грицай та ін.; за ред. І.І. Юрчишина. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2009. 27 с.
9. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: підручник. К.: Кондор, 2008. 726 с
10. Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої: навч. посіб. К.: Кондор, 2009. 220 с.
11. Джур Є.О., Бондаренко О.В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д.: “Інновація”, 2011. 109с.

12. Гальчук Т.Н. Проектування та організація підрозділів сучасного машинобудівного виробництва: елект. навч. посіб. для студентів спеціальності 131 – „Прикладна механіка” денної та заочної форм навчання. Луцьк: ЛНТУ, 2022. URL: <https://elib.lntu.edu.ua>
13. Дусанюк Ж.П., Семичеснов Н.С., Гунько І.В. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні. Вінниця: ВДТУ, 2003. 262 с.
14. Вардеман С. Б., Джоуб Дж. М. Статистичні методи забезпечення якості. Київ: ВЦ КНТЕУ, 2003. 254 с.
15. Демчук Л., Байцар Р. Статистичні методи в управлінні якістю виробничих процесів. Вимірювальна техніка та метрологія. 2014. Вип. 75. С. 131–137. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/3644/vtm75st26.pdf>
16. Фурман Т. Ю., Загоруйко М. О. Статистичні методи контролю якості продукції. Сучасність. Наука. Час. Взаємодія та взаємовплив. 2013. URL: <https://int-konf.org/uk/2013/suchasnist-nauka-chas-vzaemodiya-ta-vzaemovpliv-18-20-11-2013-r/570-furman-t-yu-zagorujko-m-o-statistichni-metodi-kontrolyu-yakosti-produktsiji>
17. ДСТУ ISO/TR 10017:2005. Настанови щодо застосування статистичних методів згідно з ISO 9001:2000 (ISO/TR 10017:2003, IDT). З Поправкою. Київ, 2005. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=52431
18. Парфенцева Н. О., Голубова Г. В. Статистичні методи контролю якості як інструмент дослідження даних у пакеті Statistica. Теорія та методологія статистики. 2023. №1. С. 19-26. DOI: 10.31767/SU.1(100)2023.01.02
19. Давидюк М. Статична обробка даних контролю якості виробів машинобудування: тези V студентської науково-технічної конференції «Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії». Луцьк: ЛНТУ, 2025. С. 148-151. URL: <https://drive.google.com/>
20. *Сеньо П. С. Теорія ймовірностей та математична статистика : підручник. Київ : Знання, 2007. 556 с.*

21. Нікіфорова Л.О. Економіка та організація виробництва: електронний навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2015. 132 с. URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2025/Nikiforova_2015_132.pdf

22. Горбонос Ф. В. Економіка підприємств: підручник. К.: Знання, 2010. 463 с.

ДОДАТКИ