

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу механічного оброблення
корпуса КС6В-47.130

Виконав: студент IV курсу, групи МП-41
спеціальності

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Максим РАВЛИК
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Дмитро РАДИК
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Андрій ДЯЧУН
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Ігор ОКІПНИЙ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Тарас ДОВБУШ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувача кафедри

Окіпний І. Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 24 » січня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Равлику Максиму Руслановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу механічного оброблення корпусу КС6В-47.130

Керівник роботи Радик Дмитро Леонідович, к. т. н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «23» січня 2025 року № 4/7-44

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Робоче креслення корпусу КС6В-47.130,

базовий технологічний процес виготовлення, річна програма випуску 1440 шт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Зміст. Реферат. Вступ. Загально-технічна частина. Технологічна частина.

Конструкторська частина. Безпека життєдіяльності та основи охорона праці.

Висновки. Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Креслення заготовки – А1.

Кондуктор накладний для свердління 12-ти отв. в дет. КС6В-47.130 – А1.

Пристрій для оброблення дет. КС6В-47.130 – А1. Шпиндельна головка для свердління – А1.

Пристосування для контролю співвісності отвору Ø80Н7 відносно отвору Ø62Н7 – А1.

Карта технологічного налагодження – А1.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорона праці</i>	<i>Комар Р. В., доц. каф. МТ</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Студент

Максим РАВЛИК

Керівник роботи

Дмитро РАДИК

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	ст.
РЕФЕРЕТ	5
ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва.	7
1.2 Аналіз технічних вимог на виріб.	7
1.3 Аналіз технологічності конструкції виробу.	10
1.4 Аналіз базового технологічного процесу.	12
1.5 Висновки та постановка задачі на кваліфікаційну роботу.	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	15
2.1 Характеристики типу та організаційної форми виробництва.	15
2.2 Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки.	18
2.3 Вибір технологічних баз.	19
2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту механічного оброблення.	24
2.5 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки.	26
2.6 Розробка технологічного процесу оброблення з вибором обладнання та оснащення.	33
2.7 Вибір різального, вимірного та допоміжного інструменту.	37
2.8 Визначення режимів оброблення та технічних норм часу.	37
2.9 Визначення кількості обладнання, побудова графіків завантаження і використання обладнання.	40
2.10 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу для виготовлення деталі.	41
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	46
3.1 Розроблення креслення заготовки.	46
3.2 Опис конструкції, принципу дії та розрахунок параметрів вибраних пристосувань,	46

3.2.1 Розробка конструкції накладного кондуктора для свердління 12-ти отворів Ø6,7.	46
3.2.2 Розробка конструкції пристрою для затиску корпусу КС6В-47.130.	47
3.2.3 Розробка конструкції пристосування для розточування 12-ти отворів в деталі корпус КС6В-47.130.	48
3.2.4 Розробка конструкції механізму захоплення з гідроприводом для важких деталей.	51
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНА ПРАЦІ	53
4.1 Основні причини виробничого травматизму і професійної захворюваності.	53
4.2 Забруднення повітряного середовища шкідливими речовинами	56
ВИСНОВКИ	59
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	60
ДОДАТКИ	61

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи на тему:

«Розроблення технологічного процесу механічного оброблення корпусу КС6В-47.130» Равлика Максима Руслановича для здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка». Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, кафедра інжинірингу машинобудівних технологій, група МП-41. Керівник – канд. техн. наук, доцент Радик Дмитро Леонідович.

Кваліфікаційна робота складається з розрахунково-пояснювальної записки, виконаної на 60 аркушах формату А4, додатків із 45 аркушів формату А4, а також графічної частини на 6 аркушах формату А1.

Вихідними даними для виконання кваліфікаційної роботи були: робоче креслення деталі «Корпус КС6В-47.130», базовий (заводський) технологічний процес її виготовлення та річна програма випуску 1440 шт.

Ключові слова: технологічний процес, технологічна операція, технологічний перехід, технологічне оснащення, інструмент, припуск, поверхня, режим різання, бази, базування, похибки, допуск.

Мета роботи: вдосконалення технології виготовлення даної деталі з наступним техніко-економічним обґрунтуванням.

Для досягнення поставленої мети вирішено задачі:

- Проведено аналіз службового та функціонального призначення корпусу КС6В-47.130, проведено аналіз технічних вимог та технологічності конструкції даного виробу;

- Розроблено технологічний процесу механічного оброблення даної деталі, для якого вибрано обладнання, різальний та вимірювальний інструмент, розраховано режими різання та норми часу;

- Підібрано та розраховано необхідне технологічні пристосування;

- Проведено техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень;

- Оформлено технологічну документацію та графічну частину кваліфікаційної роботи.

ВСТУП

Технічний процес машинобудівного виробництва характеризується покращенням конструкції машин і механізмів, а також безперервним вдосконаленням технології їх виготовлення. Використання спеціалістів, що вміють кваліфіковано вирішувати технологічні задачі – необхідна умова безперервного вдосконалення машинобудівної галузі.

Стійкий, поступовий розвиток народногосподарського комплексу нашої держави багато у чому визначається технічним прогресом машинобудівної галузі. Для народного господарства необхідне збільшення випуску продукції машинобудування і підвищення її якості. Цей ріст досягається переважно шляхом інноваційного розвитку та інтенсифікації виробництва. В його основі лежить глибоке інтегрування новітніх науково-технічних досягнень, а також активна розробка та впровадження провідних, високоефективних технологій.

Процеси оброблення заготовок деталей машин і їх складання взаємопов'язані й трудомісткі. За своїм призначенням процеси виготовлення і складання є визначальними в усьому процесі виготовлення виробів. Глибоке розуміння технологічних закономірностей є фундаментальною передумовою для ефективної розробки виробничих процесів та успішного інтегрування комп'ютерних технологій. Це дозволяє суттєво прискорити терміни проєктування, оптимізувати роботу технологів та гарантувати створення оптимальних варіантів технологічних процесів. Винятково на основі цих закономірностей стає можливим комплексне вирішення задачі автоматизації виробництва.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва

Редуктор роздавальний є складовою частиною редуктора КС6В-47.040, який служить для приводу шістьох редукторів копачів і одного редуктора бітерів. Деталь “Корпус КС6В-47.130” входить в склад роздавального редуктора, який встановлений на бурякозбиральному комбайні. Ця машина випускалася на ВАТ “ТКЗ”. Корпус виконує ключову роль у забезпеченні належного функціонування механізму передачі. Його призначення полягає у надійному розміщенні та точній координації взаємного положення всіх деталей передачі, захисті їх від несприятливих зовнішніх факторів (таких як пил, волога чи механічні пошкодження), створенні умов для ефективного змащування рухомих елементів, а також у сприйнятті та перерозподілі значних силових навантажень, що виникають у процесі зачеплення редукторної пари.

Корпус складається з плоских, торцевих, зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь.

Корпус КС6В-47.130 виготовлений зі сталі 20 ГОСТ 1050-74.

За службовим призначенням всі поверхні деталі поділяють на: робочі, основні, базові, допоміжні та вільні.

Класифікація поверхонь деталі за призначенням наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Класифікація поверхонь за призначенням.

<i>Поверхні деталі</i>	<i>Призначення поверхні</i>
А, Б, В, Г, Д, Е, Є, Ж, З, И, І, Ї В, Б, М, Є К, М, Й, Н, О, П Л	Робочі поверхні деталі Основні поверхні для базування деталі Вільні поверхні Допоміжні базуючі поверхні

1.2 Аналіз технічних вимог на виріб

Основні технічні вимоги відносяться до точності та шорсткості виконання основних поверхонь деталі: І – 7Н, Є – Н8, Ж – Н8, Ї – Н8.

Провівши аналіз основних технічних вимог нами запропоновані методи їх досягнення і контролю, які наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Аналіз основних технічних умов

Познач. пов-нь	Технічна умова	Метод виконання	Метод контролю
Б, В, Г, Д, Е, Є, Ж, З, И, Ї, К, Л, М	Забезпечити точність виконання отворів Н8 і шорсткість поверхонь 2,5 мкм	Забезпечується розвертуванням, фрезеруванням і розсверлюванням	Контроль здійснюється штангенциркулями ШЦ-I- 125-0,1 ГОСТ 166-89 ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-89 Пробка (62) НЕ 81360105Н8 ГОСТ 14816–69 Пробка (62) 8136–0005Н8
I	Забезпечити точність виконання отвору 7Н і шорсткість 2,5 мкм	Забезпечується свердлінням отворів і послідуючого нарізання різі мітчиками класу точності 2	Кутомір тип 2–2 ГОСТ 5318– 66 Калібр 8152–5131 Пробка (М8 –7Н) 8221–3036 ТН ГОСТ 17758–72 Штангенцикуль ШЦ-I–125–0,1 ГОСТ 166–80

Отже:

- поверхні Й, К – торцеві поверхні;
- поверхні Б, В,Г, Д, Є, Ж, З, И, І, Ї – внутрішні циліндричні поверхні;
- поверхні А, Е – внутрішні конусні поверхні;
- поверхні Л, М – плоскі поверхні.

За конструктивним призначенням поверхні поділяються на основні та допоміжні. До основних поверхонь корпусу відносяться Б, В, Д, Ж, І, Ї, які використовують в якості встановлюючих та опорних поверхонь. Їхні поверхні є допоміжними і призначені для встановлення на них інших деталей, служать технологічними базами, а також формують конструкцію корпусу.

Поверхні Ж, Ї призначені для встановлення даного корпусу у вузол машини, а також використовуються як установчі бази при механічному обробленні, тому шорсткість відповідно буде $R_a = 6,3$ мкм. Поверхні Б, В, Д служать технологічними базами і призначені для встановлення і базування деталі в пристосуванні при механічному обробленні. Підвищених вимог до якості та шорсткості до них не ставляться; $R_a = 6,3$ мкм, 14 класу точності.

Торцеві поверхні Й, К є опорними і пов'язані з отворами Б, В, які контролюються на співвісність.

До поверхонь І, Ї, Ж, Є ставляться підвищені вимоги: $R_a = 3,2$ мкм, а також потрібно забезпечити 7-ий (І) та 8-ий (Ї, Ж, Є) класи точності.

Для виготовлення даної деталі слід вибрати матеріал, який має добрі зварювальні властивості та хорошу оброблюваність. В даному випадку конструктивним матеріалом для виготовлення корпусу КС6В-47.130 служить вуглецева сталь марки Ст.20 ГОСТ 7505-55. Основні механіко технологічні властивості цієї сталі та її хімічний склад зведені в таблицях 1.3 та 1.4.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад Ст.20 за ГОСТ 7505-85

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>S</i>	<i>P</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>As</i>
0,32-0,4	0,17-0,32	0,5-0,8	не більше					
			0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

Таблиця 1.4 – Механічні, технологічні та фізичні властивості якісної вуглецевої конструкційної сталі

Марка матер.	Механічні властивості					Фізичні властивості			Технологічні властивості			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	α_H , Дж/см ²	НВ	ϑ , г/см ³	λ , Вт/(м °С)	$\alpha \cdot 10^6$, 1/°С	Оброблюваність різанням	Зварюваність	Інтервал температур, °С	Пластичність при холодному обробленні
Ст.20	245	412	25	–	159	7,82	770	11,1	П	В	80-1280	П

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь виготовляється зі сталі 20 ГОСТ 1050-74, таким чином, особливості конфігурації зовнішнього контуру та внутрішніх поверхонь заготовки значно спрощують її отримання. Це означає, що виготовлення самої заготовки є відносно простим процесом, який не викликає значних технологічних труднощів.

Ця деталь є технологічною з погляду механічної обробки, що гарантує виробнику можливість ефективного використання обладнання, оптимізації часових витрат та досягнення необхідної якості з мінімальними зусиллями, дозволяє оброблювати внутрішні поверхні без труднощів. В конструкції деталі відсутні значні переходи діаметрів. Розміщення отворів, які виконують свердлінням, дозволяє застосовувати багатоопераційні шпиндельні головки, тому технологічний процес виготовлення деталі характеризується економічністю і простотою.

Деталь має добрі базові поверхні; до всіх оброблюваних поверхонь є вільний доступ інструменту.

Проведемо аналіз основних технічних вимог до поверхонь деталі.
Відповідні дані аналізу технічних вимог зводимо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Аналіз технічних вимог

<i>Позначення</i>	<i>Технічна умова</i>	<i>Метод виконання</i>	<i>Метод контролю</i>
Б	Забезпечити розмір отворів під підшипники Ø145H8	Розточування	Штангенциркуль, шаблони
І, Ж	Забезпечити співвісність	Розточування	Пробка
Є	Забезпечити розмір отворів під підшипники Ø90H8	Розточування, розвертування	Штангенциркуль, шаблони

Отже, провівши аналіз робочого креслення деталі, можна зазначити, що деталь має достатню жорсткість, яка дозволяє обробляти деталь різними ріжучими інструментами.

Механічне оброблення деталі слід провести в спеціальних пристосуваннях із установленими отворами на циліндричні пальці. Це дозволить значно зменшити похибку базування, яка впливає на кінцевий результат.

Рівень технологічності конструкції деталі за точністю характеризується коефіцієнтом точності:

$$K_{ТЦ} = 1 - \frac{1}{T_{CP}}; \quad (1.1)$$

$$T_{CP} = \frac{\sum T \cdot n_l}{\sum n_l}; \quad (1.2)$$

$$T_{CP} = \frac{35 \cdot 17 + 3 \cdot 8 + 1 \cdot 13 + 2 \cdot 14}{41} \approx 16;$$

$$K_{ТЦ} = 1 - \frac{1}{16} \approx 0,94;$$

Якщо $K_{ТЦ} \geq 0,94$, то деталь не є високоточною і є технологічною.

Рівень технологічності за шорсткістю:

$$K_{III} = 1 - \frac{1}{III_{CP}}; \quad (1.3)$$

$$III_{CP} = \frac{\sum III \cdot n_i}{\sum n_i}; \quad (1.4)$$

$$III_{CP} = \frac{2 \cdot 4 + 6 \cdot 4 + 3 \cdot 5 + 5 \cdot 5}{16} = 4,5;$$

$$K_{III} = 1 - \frac{1}{4,5} = 78\%; \quad (1.5)$$

Отже, деталь є технологічною.

Коеф. використання матеріалу:

$$K_{BM} = \frac{M_D}{M_3}; \quad (1.6)$$

де M_D – маса деталі, $M_D = 116$ кг;

M_3 – маса заготовки, $M_3 = 119$ кг;

$$K_{BM} = \frac{116}{119} \approx 0,97.$$

Отже, проаналізувавши отримані значення коефіцієнтів технологічності нашої деталі, можна зробити висновок про те, що деталь є технологічною у виготовленні.

1.4 Аналіз базового технологічного процесу

Розглядуваний технологічний процес виробництва корпусу КС6В-47.130 характеризується типовим маршрутом механічного оброблення для деталей даного типу. Базовий ТП виготовлення деталі є нераціональним, оскільки він зорієнтований на використання того обладнання, яке є на механічній дільниці підприємства, хоча воно і забезпечує поставлені вимоги за якістю, точністю і шорсткістю поверхонь деталей. Отже, можна зробити висновок, що даний процес механічного оброблення деталі потребує вдосконалення.

Отримання заготовки деталі методом штампування є доцільним з економічної точки зору, оскільки даний метод забезпечує максимально наближені розміри і форму заготовки до розмірів готової деталі. Також при використанні даного методу забезпечується значна економія матеріалу. Це дозволяє зменшити величину відходів при механічному обробленні.

При розробленні технологічного маршруту оброблення деталі бази вибрано правильно. Виконується необхідна умова, при якій на першій операції обробляється поверхня, яка надалі служить базою для інших.

Деякі операції потрібно було б замінити на більше прогресивніші.

На першій та другій операціях обкатуються індикатором права та ліва сторони корпусу, які далі використовують як базові. Точність базування деталі в пристосуваннях підвищується використанням двох отворів – крайніх правого та лівого. Оброблення цих отворів здійснюється на токарному верстаті з ЧПК моделі С-500. Також в даному корпусі є отвори, які обробляються на радіально-свердлильному верстаті 2М57. Цей верстат доцільно замінити на верстат моделі 2А554. Послідовне свердління шістьох отворів в радіально-свердлильній операції доцільно замінити на свердління за допомогою шестишпindelної головки. Всі інші операції доцільно залишити без змін, оскільки спосіб оброблення і використання обладнання є досить прогресивним та сучасним.

1.5 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

Визначивши службове призначення даної деталі та її роль, можна сказати, що вона має декілька відповідальних функцій, які вона виконує. При оцінці даної деталі встановлено, що дана деталь - технологічна і тому її точність, якість та забезпечення відповідної форми буде залежати від правильності складання технологічного процесу оброблення деталі. При аналізі базового технологічного процесу видно, що його доцільно покращити за рахунок концентрації та об'єднання деяких операцій.

Отже, основним завданням кваліфікаційної роботи є:

1. Розроблення нового, більш економічно ТП механічного оброблення деталі.
2. Правильний підбір технологічного обладнання.
3. Вибір різального та контрольного інструменту.
4. Розробка та розрахунок необхідного технологічного оснащення.
5. Покращення умов виробництва даного виробу при забезпеченні відповідної точності та якості поверхонь.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристики типу та організаційної форми виробництва

Характер та зміст технологічного процесу механічної обробки деталі є прямою функцією таких чинників, як тип виробництва, обрана організаційна форма та методи оброблення. Саме тому, перед безпосередньою розробкою технологічного процесу, спираючись на задану виробничу програму випуску, креслення деталі, а також технічні й економічні умови, вкрай важливо здійснити ґрунтовний аналіз базового технологічного процесу. Це також вимагає чіткого визначення типу виробництва та обґрунтованого вибору оптимальної організаційної форми його виконання.

За ДСТУ31108-44 тип виробництва визначаємо за K_{30} (коефіцієнтом закріплення операцій):

$$K_{30} = \frac{O}{P}; \quad (2.1)$$

Річна програма випуску деталей становить $N = 1440$ шт.

В зв'язку з тим, що існує базовий варіант ТП виготовлення деталі, розрахунок типу виробництва та організаційної форми виробництва проводимо за технологічним маршрутом і трудомісткістю базового варіанту, який наведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Базовий технологічний маршрут

№ опер.	Назва операції	Верстат	Штучний час, хв
1	2	3	4
005	Комплексна з ЧПК	С – 500	1067,3
010	Слюсарна		25
015	Радіально – свердлильна	2A554	102,9
020	Протирання		10
025	Приймальний контроль		30
030	Транспортна		

Місячна програма випуску визначаємо:

$$N_m = \frac{N}{12}; \quad (2.2)$$

$$N_m = \frac{1440}{12} = 120 \text{ шт};$$

Число операцій, закріплених за одним робочим місцем, знаходимо:

$$O = \frac{60 \cdot F_{\partial} \cdot K_B \cdot \eta_M}{T_{шт} \cdot N_n}; \quad (2.3)$$

1. Комплексна з ЧПК:

$$O_{005} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 13 \cdot 0,9}{1067,3 \cdot 120} \approx 0,18;$$

2. Слюсарна:

$$O_{010} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 13 \cdot 0,9}{25 \cdot 120} \approx 7,83;$$

3. Радіально-свердлильна:

$$O_{015} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 13 \cdot 0,9}{102,9 \cdot 120} \approx 1,9;$$

4. Слюсарна:

$$O_{020} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 13 \cdot 0,9}{10 \cdot 120} \approx 19,57;$$

5. Протягування:

$$O_{025} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 13 \cdot 0,9}{30 \cdot 120} \approx 6,52;$$

Отже загальна кількість операцій становить

$$O = \sum_{I=1}^2 O_I = 0,18 + 7,83 + 1,9 + 19,57 + 6,52 = 36,00;$$

$$K_{30} = \frac{36,00}{2} = 18;$$

Звідси тип виробництва – середньосерійний, так як $10 < K_{30} < 20$.

Згідно рекомендацій приймаємо форму організації виробництва – групова, яка характеризується тим, що запуск виробів здійснюється партіями з деякою періодичністю, що є ознакою серійного типу виробництва, розміщенням робочих місць в тій послідовності, який передбачений технологічним процесом.

Величину такту випуску визначаємо:

$$t_B = \frac{F \cdot 60}{N_F}, \frac{хв}{шт} \quad (2.4)$$

$$t_B = \frac{4015 \cdot 60}{1440} = 167,3 \text{ хв/шт.}$$

Кількість деталей для одночасного запуску у виробництво:

$$n = \frac{N \cdot \alpha}{F}, \text{ шт}; \quad (2.5)$$

$$n = \frac{1440 \cdot 5}{253} \approx 28 \text{ шт};$$

Коректування розрахункової величина партії здійснюється:

$$C = \frac{T_{шт.к.ср.} \cdot n}{480 \cdot 0,8}; \quad (2.6)$$

$$C = \frac{247,04 \cdot 28}{480 \cdot 0,8} \approx 18 \text{ змін};$$

Прийняте число деталей в партії визначаємо:

$$n_{IP} = \frac{C_{IP} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{шт.к.ср.}}, \text{ шт}; \quad (2.7)$$

$$n_{IP} = \frac{18 \cdot 480 \cdot 0,8}{247,04} \approx 28 \text{ шт.}$$

2.2 Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки

Вибір оптимального способу одержання заготовки є багатофакторним процесом, який залежить від комплексного аналізу таких критеріїв, як призначення деталі, її габаритні розміри, річна програма випуску, встановлений тип виробництва, а також марка матеріалу з урахуванням його специфічних хімічних та механічних властивостей і суворих технічних вимог до кінцевої деталі.

Якщо тип виробництва – середньосерійний, то вибираємо групову форму організації виробництва.

Заготовку для даної деталі доцільно отримувати методом холодного штампування. Приймаємо:

Перший – штампування на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ).

Другий – штампування на кривошипних пресах (КП).

Техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки

Вартість заготовки, які отримали штампуванням:

$$S_{зат} = \left(\frac{C}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{вдх}}{1000}; \quad (2.8)$$

Вартість заготовки, яку отримали штампуванням на горизонтально-кувальній машині:

$$S_{3A\Gamma} = \left(\frac{25000}{1000} \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 0,8 \right) - (0,73 - 0,662) \cdot \frac{3500}{1000} \approx 15,7 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки, яку отримали штампуванням на кривошипних пресах:

$$S_{3A\Gamma} = \left(\frac{25000}{1000} \cdot 0,665 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 0,8 \right) - (0,665 - 0,662) \cdot \frac{3500}{1000} \approx 14,5 \text{ грн}$$

Отримання заготовки методом штампування на кривошипних пресах, є більш ефективним, тому що він сприяє значній економії витрат на її виробництво. Так, зменшення вартості однієї заготовки на 1,2 грн. в масштабах річної програми випуску деталей призводить до сукупної економії у розмірі $N = 1440$ шт.

2.3 Вибір технологічних баз

Вирішальне значення для досягнення бажаної точності та економічної ефективності механічної обробки деталі має правильний та раціональний вибір технологічних і вимірювальних баз на етапі розроблення технологічного маршруту. Саме від цього вибору значною мірою залежить не лише фактична точність отриманих розмірів та правильність взаємного розташування поверхонь, але й оптимальна конструкція необхідних пристосувань, ефективність ріжучого та вимірювального інструменту, а також загальна продуктивність і кінцева собівартість оброблення заготовок.

Особливу увагу слід приділяти обробленню технологічних баз. Ключовою умовою при виконанні першої операції є вибір таких поверхонь як базових, які надалі не підлягатимуть подальшій механічній обробці. Це забезпечує стабільність базової поверхні протягом усього технологічного циклу.

На всіх наступних операціях критично важливо неухильно дотримуватися принципів суміщення та сталості баз.

Принцип суміщення баз: передбачає максимально можливе суміщення технологічних, конструкторських та вимірювальних баз. Це мінімізує похибки перебазування та забезпечує високу точність на всіх етапах виробництва.

Принцип сталості баз: полягає у збереженні одних і тих самих базових поверхонь протягом максимально можливої кількості послідовних операцій, що сприяє накопиченню меншої кількості похибок.

За наявності високих вимог до точності оброблення поверхонь деталі, необхідно ретельно обирати схему базування. Вона повинна забезпечувати найменшу можливу похибку встановлення та надійного закріплення заготовки.

Для гарантування високої та стабільної точності виготовлення деталі в цілому, є абсолютно незаперечною необхідність неухильного дотримання принципу суміщення всіх видів баз. Це означає, що технологічні бази (використовувані для обробки), вимірювальні бази (для контролю параметрів) та установочні бази (для надійного закріплення заготовки) повинні бути максимально узгоджені між собою.

Водночас, життєво важливо прагнути забезпечити постійність та незмінність цих баз протягом усього технологічного циклу оброблення. Цей комплексний підхід до базування є фундаментальною запорукою стабільної якості та відповідності кінцевого продукту заданим вимогам.

Слід наголосити, що будь-яка зміна баз у процесі оброблення несе значні ризики. Кожен такий перехід неминуче призводить до зниження точності оброблення. Це зумовлено виникненням додаткових похибок взаємного розміщення нових і раніше застосовуваних баз, що негативно впливає на загальну точність деталі та може вимагати додаткових коригувань або жорсткішого контролю. Тому мінімізація кількості перебазувань є критично важливою стратегією.

Вибір баз для чорнового оброблення:

1. При обробленні заготовок, отриманих методом штампування, використання необроблених поверхонь як технологічних баз є прийнятним винятково на початкових операціях. Це обмеження зумовлене тим, що штамповані поверхні часто мають значні відхилення від форми та розмірів, а

також високу шорсткість. Відтак, при подальших, більш точних етапах оброблення, застосування таких баз є неприпустимим, оскільки це неминуче призведе до накопичення похибок та невідповідності кінцевої деталі заданим вимогам точності.

2. При виборі технологічних баз є обов'язковим використання поверхонь, що володіють достатніми геометричними розмірами. Це критично важливо для забезпечення високої точності базування та надійного, стабільного закріплення заготовки у відповідному пристосуванні. Крім того, поверхні мають мати не лише високий клас точності, але й мінімальну шорсткість, що сукупно сприяє зменшенню похибок установки та гарантує передбачувану якість оброблення.

3. У випадках, коли деталі не вимагають повного механічного оброблення, для першої технологічної операції рекомендується обирати в якості баз ті поверхні, які в подальшому залишатимуться необробленими. Такий підхід є оптимальним для забезпечення мінімального зміщення оброблених поверхонь відносно необроблених, що критично важливо для збереження заданої геометрії та функціональності деталі.

4. Вибір бази для першої операції є стратегічно важливим етапом і повинен здійснюватися з обов'язковим урахуванням забезпечення оптимальних умов для подальшого оброблення тих поверхонь, які будуть використовуватися - як технологічні бази у наступних операціях. Це гарантує послідовність та мінімізацію похибок протягом усього технологічного маршруту.

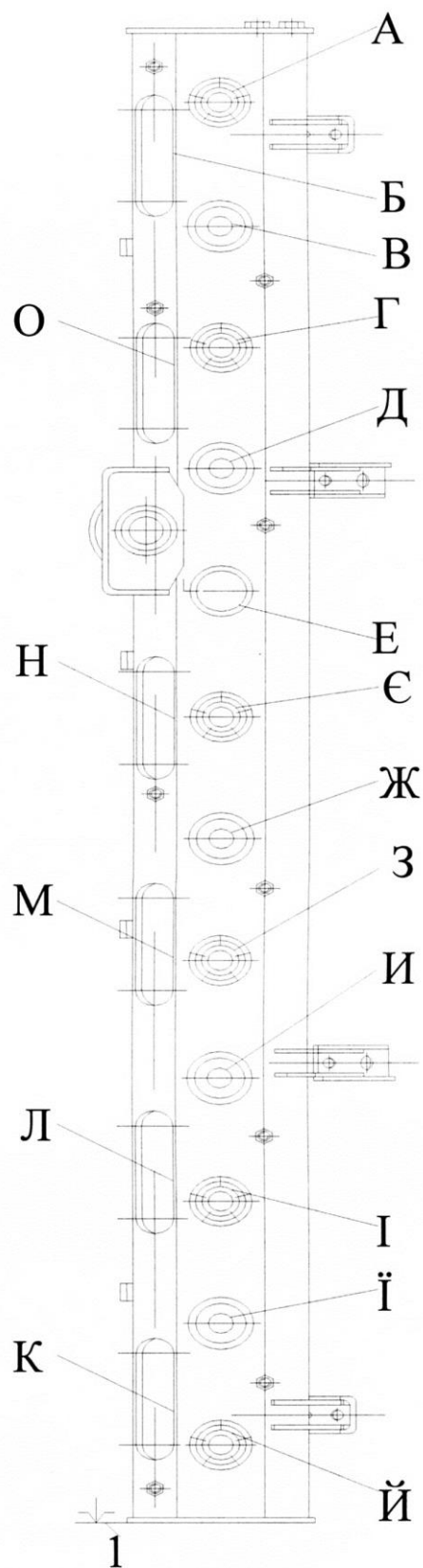
Вибір баз для чистового оброблення:

1. При виборі баз потрібно враховувати, що найбільша точність оброблення досягається при умові використання на всіх операціях механічного оброблення одних і тих же базових поверхонь, тобто дотримання єдності баз.

2. При чистовому обробленні рекомендується також дотримуватись принципу суміщення баз, відповідно якому в якості технологічної бази використовуються конструкторські та вимірні бази.

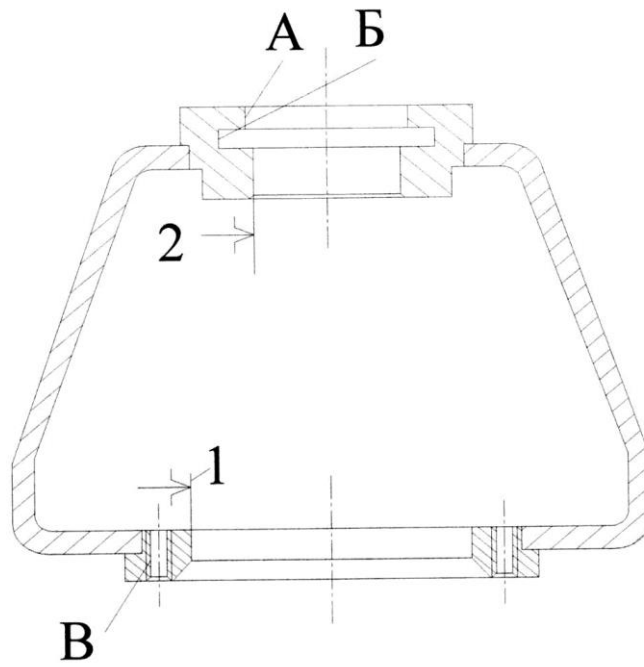
3. Бази для остаточного оброблення повинні мати найбільшу точність.

Ураховуючи ці рекомендації, схеми базування приведені на рисунку 2.1.



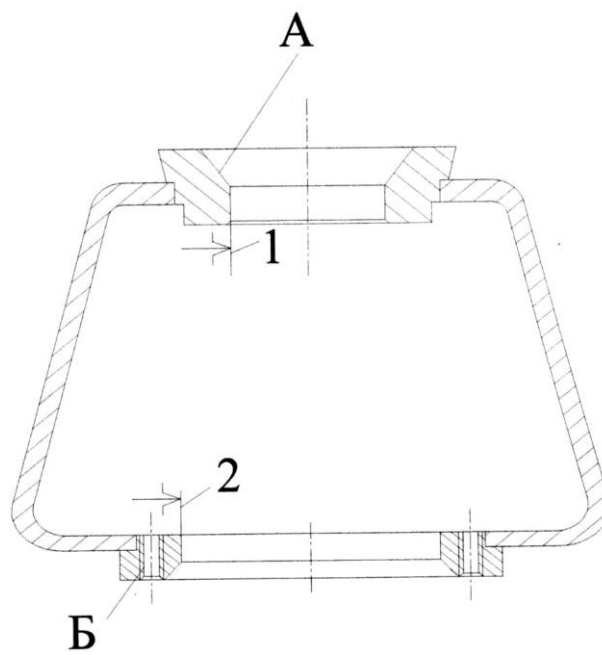
1– базуюча поверхня;

А, Б, В, Г, Д, Е, Є, Ж, З, И, І, Ї, Й, К, Л, М, Н, О – поверхні які обробляються.



1, 2 – базуючі поверхні;

А, Б, В – поверхні які обробляються.



1, 2 – базуючі поверхні;

А, Б – поверхні які обробляються.

Рисунок 2.1 – Схеми базування

2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту механічного оброблення

Спираючись на базовий технологічний процес, ми розробляємо новий ТП механічного оброблення корпусу. Цей новий процес формується системно, починаючи від характеристик проєктованої заготовки та обов'язково враховуючи специфіку обраного типу та організаційної форми виробництва. Визначаються поверхні, які підлягають обробленню, потім для кожної деталі поверхні визначають можливі методи оброблення, які забезпечують виконання вимог до цих поверхонь. З цих операцій і складається маршрут оброблення.

Таблиця 2.2 – Базовий ТП оброблення деталі

№ опер.	Назва операції	Обладнання
1	2	3
005	<u>Комплексна з ЧПК</u> 1. Фрезерувати торці 6-ти отворів. 2. Фрезерувати торці 7-ми отворів. 3. Розточити 6 отворів до Ø140 і 6 отворів Ø58. 4. Розточити послідовно 2 отвори до Ø58. 5. Розточити 6 отворів до Ø144,5, 6 отворів до Ø61,5, 6 фасок. 6. Розточити 6 отворів. 7. Розвернути 6 отворів. 8. Розточити 1 отвір Ø144,5 на глибину 8 мм. 9. Розточити 1 отвір Ø145 на глибину 8 мм. 10. Розточити послідовно 2 отвори до Ø61,5. 11. Розвернути 2 отвори. 12. Фрезерувати послідовно 2 канавки	C-500
010	<u>Слюсарна</u> Зачистити задири з внутрішніх сторін в 12-ти отворів Ø145 і отвори Ø62H8 та притупити гострі краї після фрезерування.	Верстак
015	<u>Радіальносвердлильна</u> 1. Свердлити послідовно 12 отворів. 2. Зенкерувати послідовно 12 фасок. 3. Нарізати послідовно різь в 12-ти отворах.	2A554

1	2	3
020	<u>Слюсарна</u> Зачистити задири на виході свердла в 12-ти отворах.	Верстак
025	<u>Протирання</u> Очистити порожнину корпусу 12-ти отворів Ø145, отворів Ø62H8 та 72 різбових отвори від стружки, протерти деталь, забезпечити чистоту ззовні та всередині.	Щітка ЩТФ ОСТ 12.83080
030	<u>Приймальний контроль</u>	ІР 1466

Новий розроблений технологічний процес (табл. 2.3) є кращим від базового, оскільки на радіально-свердлильній операції час на свердління 12 отворів та їх зенкування в 6 разів скоротився, завдяки розробленій новій багатошпиндельній головці.

Таблиці 2.3 – Розроблений технологічний процес оброблення деталі

№ опер.	Назва операції	Обладнання
1	2	3
005	<u>Комплексна з ЧПК</u> 1. Фрезерувати торці 6-ти отворів. 2. Фрезерувати торці 7-ми отворів. 3. Розточити 6 отворів до Ø140 і 6 отворів до Ø58. 4. Розточити послідовно 2 отвори до Ø58. 5. Розточити 6 отворів до Ø144,5, 6 отворів до Ø61,5, 6 фасок. 6. Розточити 6 отворів. 7. Розвернути 6 отворів. 8. Розточити 1 отвір Ø144,5 на глибину 8 мм. 9. Розточити 1 отвір Ø145 на глибину 8 мм. 10. Розточити послідовно 2 отвори до Ø61,5. 11. Розвернути 2 отвори. 12. Фрезерувати послідовно 2 канавки.	С-500

1	2	3
010	<u>Слюсарна</u> Зачистити задири з внутрішніх сторін в 12-ти отворів Ø145 і отвори Ø62H8 та притупити гострі краї після фрезерування.	Верстак
015	<u>Радіально–свердлильна</u> 1. Свердлити одночасно 12 отворів. 2. Зенкувати одночасно 12 фасок. 3. Нарізати послідовно різь в 12-ти отворах.	2A554
020	<u>Слюсарна</u> Зачистити задири на виході свердла в 12-ти отворах.	Верстак
025	<u>Протирання</u> Очистити порожнину корпусу 12-ти отворів Ø145, отворів Ø62H8 та 72 різбових отвори від стружки, протерти деталь, забезпечивши чистоту ззовні і всередині.	Щітка ЩТФ ОСТ 12.830 – 80
030	<u>Приймальний контроль</u>	ПР 1466

2.5 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки

Аналітичний метод розрахунку ґрунтується на детальному аналізі виробничих похибок, що неминуче виникають за певних умов виготовлення заготовок та їх подальшого оброблення. Він передбачає чітке визначення величин усіх елементів, які формують припуск, та їх подальше сумування. Такий прецизійний розрахунок припусків дозволяє встановити оптимальні проміжні розміри заготовок для кожного технологічного переходу – від початкової чорнової заготовки до фінальної готової деталі. Це забезпечує не лише ефективність обробки, а й мінімізацію відходів матеріалу.

Запорукою мінімальної кількості технологічних переходів є раціональний вибір установочних баз у поєднанні з оптимізованими методами оброблення. Окрім цього, аналітичний розрахунок припусків забезпечує багатоаспектну економію: він дозволяє значно заощадити метал, суттєво зменшити трудомісткість процесів механічного оброблення, скоротити витрати на різальний інструмент, а також оптимізувати та зменшити номенклатуру необхідного вимірювального інструменту.

Для розміру Ø90H8 розраховуємо припуск на оброблення та його міжопераційні значення.

Технологічний маршрут оброблення отвору Ø90H8^(+0,054) складається з чорнового, напівчистового та чистового розточувань.

Розрахунок припусків на оброблення отвору здійснюється за допомогою аналітичного методу, що візуалізується шляхом послідовного складання таблиці 2.4. До цієї таблиці послідовно вносяться всі етапи технологічного маршруту оброблення отвору, а також відповідні значення кожного елемента припуску. Це забезпечує систематизацію даних і прозорість розрахунків.

Таблиця 2.4 – Розрахункові припуски на механічне оброблення отвору

Технологічні переходи отвору	Елементи припуску				Розрахунковий припуск, $2Z_{\text{мл}}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мкм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	Rz	T	ρ	ϵ				D_{min}	D_{max}	$2Z_{\text{min}}^{\text{пр}}$	$2Z_{\text{max}}^{\text{пр}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
– Заготовка	150	200	1750	394	4288	85,1	106	90	90,054	4288	4000
Розточування:											
– Чорнове	50	50	88	394	4288	89,39	394	89	89,81	4288	4000
– Напівчистове	30	35	53	384	416	89,81	810	89	89,394	416	0
– Чистове	20	25	35	360	244	90,05	54	90	90,054	244	1000

Знаючи $R_z = 150$, $T = 250$ мкм, які характеризують якість поверхні заготовки, знаходимо за [1]. Для чорнового розточування $R_z = 50$, $T = 50$ мкм; для напівчистового $R_z = 30$, $T = 35$ мкм; для чистового $R_z = 20$, $T = 25$ мкм.

Сумарне значення просторового відхилення:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2 + \rho_{ц}^2}; \quad (2.8)$$

$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2}; \quad (2.9)$$

$$\delta_3 = H_{од} + I_{ш} + K_y;$$

$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{1,79}{2}\right)^2 + 0,25^2} \approx 0,93;$$

$$\rho_3 = \sqrt{1,4^2 + 0,5^2 + 0,93^2} \approx 1,75 \text{ мм} = 1750 \text{ мкм}.$$

Величина залишкового просторового відхилення після чорнового розточування:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 1750 = 88 \text{ мкм};$$

– Після напівчистового розточування:

$$\rho_2 = 0,03 \cdot \rho_3 = 0,03 \cdot 1750 = 53 \text{ мкм};$$

– Після чистового розточування:

$$\rho_3 = 0,02 \cdot \rho_3 = 0,02 \cdot 1750 = 35 \text{ мкм}.$$

Похибка установки при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_I = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}; \quad (2.10)$$

Похибка базування в даному випадку виникає за рахунок перекосу в горизонтальній площині:

$$E_{\sigma}=l \cdot \operatorname{tg} \alpha ; \quad (2.11)$$

$$E_{\sigma}=90 \cdot 0,004=0,36 \text{ мм}=360 \text{ мкм.}$$

Тоді похибка встановлення при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1=\sqrt{360^2+160^2}=394 \text{ мкм.}$$

Залишкова похибка установки при напівчистовому розточуванні:

$$\varepsilon=0,05 \cdot \varepsilon_1=0,05 \cdot 394=20 \text{ мкм.}$$

Розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків:

$$2Z_{\min}=2\left(Rz_{i-1}+T_{i-1}+\sqrt{\rho_{i-1}^2+\varepsilon_{i-1}^2}\right), \text{ мкм.} \quad (2.12)$$

Мінімальний припуск під чорнове розточування:

$$2Z_{\min 1}=2\left(150+200+\sqrt{1750^2+394^2}\right)=2 \cdot 2144 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск під напівчистове розточування:

$$2Z_{\min 2}=2\left(50+50+\sqrt{88^2+20^2}\right)=2 \cdot 208 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск під чистове розточування:

$$2Z_{\min 3}=2\left(30+35+\sqrt{53^2+20^2}\right)=2 \cdot 122 \text{ мкм.}$$

Розрахункові розміри після кожного переходу:

— Для напівчистового розточування:

$$dP_1=90,054-0,244=89,81 \text{ мм;}$$

— Для чорнового розточування:

$$dP_2 = 89,81 - 0,416 = 89,394 \text{ мм};$$

– Для заготовки:

$$dP_{заг} = 89,394 - 4,288 = 85,106 \text{ мм};$$

– Для чистового розточування:

$$dP_3 = 90,054 \text{ мм}.$$

Значення допусків кожного переходу приймають залежно від класу точності оброблення:

- Для чистового розточування $\delta = 54 \text{ мкм}$;
- Для напівчистового розточування $\delta = 810 \text{ мкм}$;
- Для чорнового розточування $\delta = 394 \text{ мкм}$;
- Для заготовки $\delta = 106 \text{ мкм}$.

Значення $d_{\max}$ одержуємо з розрахункових розмірів, заокруглених до точності допуску.

Знайдемо $d_{\min}$ для переходів:

$$d_{\min заг} = 85,106 - 0,106 = 85 \text{ мм};$$

$$d_{\min 1} = 89,394 - 0,394 = 89 \text{ мм};$$

$$d_{\min 2} = 89,81 - 0,81 = 89 \text{ мм};$$

$$d_{\min 3} = 90,054 - 0,054 = 90 \text{ м}.$$

Знайдемо $Z_{\min}^{np}$, $Z_{\max}^{np}$ для кожного переходу:

– Для чорнового розточування:

$$2Z_{\min 1}^{np} = 89,394 - 85,106 = 4,288 \text{ мм} = 4288 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 1}^{np} = 89 - 85 = 4 \text{ мм} = 4000 \text{ мкм};$$

– Для напівчистового розточування

$$2Z_{min2}^{np}=89,81-89,394=0,416 \text{ мм}=416 \text{ мкм};$$

$$2Z_{max2}^{np}=121-121=0 \text{ мм}=0 \text{ мкм};$$

– Для чистового розточування

$$2Z_{min3}^{np}=90,054-89,81=0,244 \text{ мм}=244 \text{ мкм};$$

$$2Z_{max3}^{np}=90-89=1 \text{ мм}=1000 \text{ мкм}.$$

Будуємо схему графічного положення припусків та допусків при обробленні отвору $\varnothing 90H8(^{+0,054})$, рис. 2.2:

Загальні припуски $Z_{o \min}$, $Z_{o \max}$:

$$2Z_{o \min}=4288+416+244=4948;$$

$$2Z_{o \max}=4000+0+1000=5000.$$

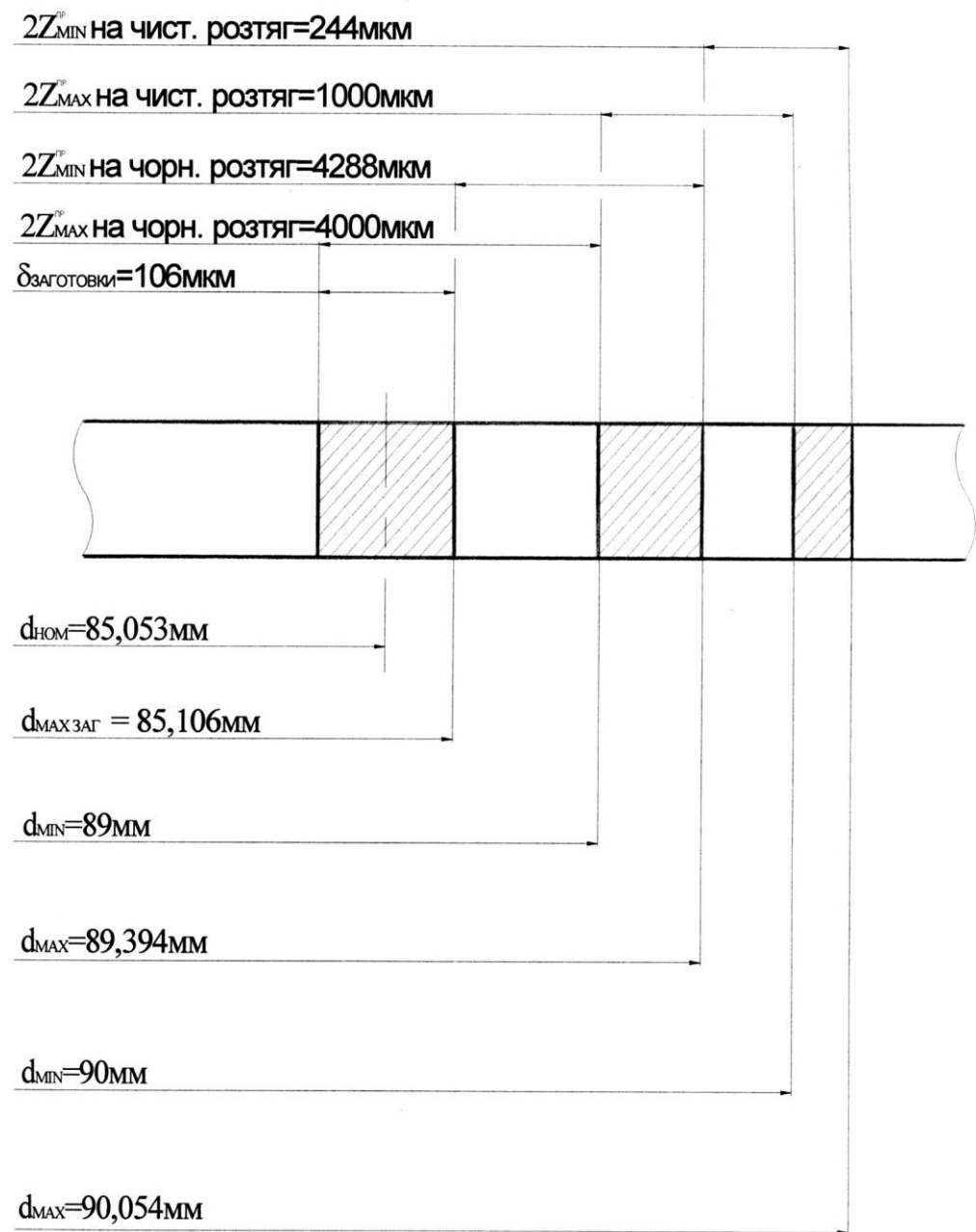


Рисунок 2.2 – Схема розміщення полів допусків на оброблення отворів $\varnothing 90H8(+0,054)$.

Проведемо перевірку правильності розрахунків:

$$Z_{max1}^{пр} - Z_{min1}^{пр} = |4000 - 4288| = 288 \text{ мкм};$$

$$\delta = \delta_{заг1} - \delta_1 = |106 - 394| = 288 \text{ мкм};$$

$$Z_{max2}^{пр} - Z_{min2}^{пр} = |0 - 416| = 416 \text{ мкм};$$

$$\delta = \delta_{заг2} - \delta_2 = |394 - 810| = 416 \text{ мкм};$$

$$Z_{max3}^{пр} - Z_{min3}^{пр} = |1000 - 244| = 756 \text{ мкм};$$

$$\delta = \delta_{заг3} - \delta_3 = |810 - 54| = 756 \text{ мкм}.$$

2.6 Розроблення технологічного процесу оброблення з вибором обладнання та оснащення

Сучасне машинобудування характеризується значною різноманітністю технологічних методів оброблення заготовок, високим рівнем їхнього технологічного забезпечення та великою кількістю різноманітних засобів оснащення. Цей багатогранний арсенал ставить перед технологом комплекс надзвичайно складних завдань. Вони полягають у раціональному виборі серед численних альтернативних варіантів технології найбільш оптимальних рішень, які відповідатимуть конкретним умовам виробництва.

Серед широкого спектру критеріїв оцінки оптимальності технологічних варіантів, на перший план висуваються економічні показники. Це зумовлено сучасними реаліями господарювання, де невідпинно зростає відповідальність колективів підприємств за фінансові результати їхньої діяльності. Такий економічний тиск піднімає на якісно новий рівень вимоги до всебічної економічної обґрунтованості будь-якого інженерного рішення, перетворюючи економічну доцільність на визначальний фактор у процесі прийняття технологічних рішень. Ефективний вибір технології тепер означає не лише

технічну можливість, а й максимальну рентабельність та конкурентоспроможність продукції.

Визначення економічної ефективності розробленого технологічного процесу відбувається шляхом зіставлення його технологічної собівартості, розрахованої нормативним методом, з відповідним показником базового (заводського) варіанту. Важливою умовою цього розрахунку є прагнення до якомога повнішого охоплення прямих витрат, що стосуються реалізації конкретного процесу. Саме така методика демонструє свої найбільші переваги при аналізі множинних варіантів технології з метою вибору найбільш раціонального.

Часові виробничі затрати:

$$C_n^3 = \frac{C_3}{M} + C_{\text{з.з.}} + E_n \cdot (k_c + k_3); \quad (2.13)$$

Основна і додаткова заробітна плата з відрахуванням

$$C_3 = \varepsilon \cdot C_{\text{м.ф.}} \cdot k \cdot y; \quad (2.14)$$

Годинні затрати по експлуатації робочого місця:

$$C_{\text{ч.з.}} = C_{\text{з.з.}} \cdot k_{\text{м}}; \quad (2.15)$$

Коефіцієнтом, який відображає, у скільки разів питомі витрати, пов'язані з експлуатацією даного верстата, перевищують аналогічні витрати при використанні базового верстата. Він слугує для кількісної оцінки відносної економічної ефективності або неефективності обладнання.

$$k_3 = \frac{Ц \cdot 100}{F_{\text{д}} \cdot \eta_3}; \quad (2.16)$$

$$k_3 = \frac{F \cdot 75 \cdot 100}{F_{\text{д}} \cdot \eta_3}; \quad (2.17)$$

$$C_o = \frac{C_{n.з.} \cdot T_{шт}}{k_6 \cdot 60}; \quad (2.18)$$

Оскільки базовий і технологічний варіанти різняться між собою операціями технологічного процесу то співставлення проводимо по цих відмінних операціях.

Базовий варіант.

Операція 005—комплексна з ЧПК, верстат моделі С-500. За даними [3]: Ц=31000 грн.; $T_{шт}=169,73$ хв.; $M=1$; $k_m=1,8$; $C_3=2,9 \times 1,53 \times 1,15 \times 1,0=5,10$ грн/год; $E_n=0,18$; $C_{ч.з.}=5,10 \times 1,8=9,18$ грн/год; $F=18$ м²; 2-ий розряд роботи.

$$k_c = \frac{31000 \cdot 100}{3200 \cdot 0,92} = 1052,99 \text{ грн / год.};$$

$$k_3 = \frac{18 \cdot 75 \cdot 100}{3200 \cdot 0,92} = 45,86 \text{ грн / год.};$$

$$C_n^3 = \frac{5,10}{1} + 9,18 + 0,15 \cdot (1052,99 + 45,86) \approx 179,1 \text{ грн / год.}$$

Вартість механічного оброблення по даній операції технологічного процесу становить:

$$C_o = \frac{179,1 \cdot 169,73}{1,3 \cdot 60} \approx 389,7 \text{ грн.};$$

Операція 015—радіально-свердлильна, верстат моделі 2М57. За даними [3]: Ц = 17000 грн.; $T_{шт} = 40,938$ хв.; $M = 1$; $k_m = 1,6$; $C_3 = 2,9 \times 1,53 \times 1,15 \times 1,0 = 5,10$ грн/год; $E_n = 0,18$; $C_{ч.з.} = 5,10 \times 1,6 = 8,16$ грн/год; $F = 30$ м²; 3-ий розряд роботи.

$$k_c = \frac{17000 \cdot 100}{3200 \cdot 0,6} = 885,4 \text{ грн / год.};$$

$$k_3 = \frac{30 \cdot 75 \cdot 100}{3200 \cdot 0,6} = 117,19 \text{ грн / год.};$$

$$C_n^3 = \frac{5,10}{1} + 8,16 + 0,20 \cdot (885,4 + 117,19) \approx 213,778 \text{ грн / год}.$$

Вартість механічного оброблення по даній операції технологічного процесу становить:

$$C_o = \frac{213,778 \cdot 40,938}{1,3 \cdot 60} \approx 112,2 \text{ грн.};$$

Проектний варіант.

Операція 015–радіально-свердлильна, верстат моделі 2A554. За даними [3]: Ц=15000 грн.; $T_{шт}=6,823$ хв.; $M=1$; $k_m = 1,6$; $C_3=2,9 \times 1,53 \times 1,15 \times 1,0=5,10$ грн/год; $E_{п}=0,18$; $C_{ч.з.}=5,10 \times 1,6=8,16$ грн/год; $F=23 \text{ м}^2$; 3-ий розряд роботи.

$$k_c = \frac{15000 \cdot 100}{3200 \cdot 0,6} = 781,25 \text{ грн / год.};$$

$$k_s = \frac{23 \cdot 75 \cdot 100}{3200 \cdot 0,6} = 89,84 \text{ грн / год.};$$

$$C_n^3 = \frac{5,10}{1} + 8,16 + 0,20 \cdot (781,25 + 89,84) \approx 190,54 \text{ грн / год}.$$

Вартість механічного оброблення за даною операцією технологічного процесу становить:

$$C_o = \frac{190,54 \cdot 6,823}{1,3 \cdot 60} \approx 16,7 \text{ грн.};$$

Економічний ефект на річну програму випуску:

$$E_m = \left(\sum C_{об} - \sum C_{оп} \right) \cdot N;$$

$$\text{де } \sum C_{об} = C_{005} + C_{015} = 389,7 + 112,2 = 501,9 \text{ грн.};$$

$$\sum C_{оп} = C_{005} + C_{015} = 389,7 + 16,7 = 406,4 \text{ грн.};$$

$$E_m = (501,9 - 406,4) \cdot 1440 = 13750 \text{ грн.}$$

Отже, перспективним є проектний варіант маршруту механічного оброблення корпуса роздавального редуктора КС6В–47.130, оскільки він є економічно доцільним.

2.7 Вибір різального, вимірного та допоміжного інструменту.

Вибір різального інструменту, як правило, здійснюється з асортименту найбільш поширених стандартних рішень. Однак, за потреби, допускається також застосування спеціалізованого інструменту. При цьому, процес вибору типу та конструкції різального інструменту вимагає всебічного врахування низки критичних факторів. До них належать: характер виробництва, обраний метод оброблення, тип верстату, геометричні розміри та конфігурація оброблюваної заготовки, її матеріал, а також задані вимоги до якості та точності оброблення.

Дані з вибору різального та вимірювального інструменту по операціях технологічного процесу наведені в табл. 5.9, Додаток В.

2.8 Визначення режимів оброблення та технічних норм часу.

Визначаємо розрахунково–аналітичним методом режими оброблення для нової операції, а на інші переходи та операції визначаємо режими оброблення за нормативними даними.

Визначаємо режими оброблення для радіально–свердлильної операції. Глибина свердління $t = 3,4$ мм; $S_{\text{табл}} = 0,5$ мм/об :

$$S = S_{\text{табл}} \cdot K_{is} \cdot K_{жс} \cdot K_{us}; \quad (2.19)$$

$$S = 0,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,6 = 0,2 \text{ мм/об} .$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q \cdot K_V}{T^M \cdot t^X \cdot S^Y}; \quad (2.20)$$

$$V = \frac{16,2 \cdot 8^{0,4} \cdot 1}{60^{0,2} \cdot 3,4^{0,2} \cdot 0,2^{0,5}} = 14,3 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}; \quad (2.21)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 14,3}{3,14 \cdot 8} \approx 569 \text{ об/хв.}$$

Знайдемо дійсну швидкість різання

$$V_\delta = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\delta}{1000}; \quad (2.22)$$

$$V_\delta = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 630}{1000} \approx 16 \text{ м/хв}$$

Крутний момент

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^X \cdot S^Y \cdot K_p; \quad (2.23)$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8^2 \cdot 1 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,89 = 6,1 \text{ Н·м;}$$

Осьова сила

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot K_p; \quad (2.24)$$

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 3,4^{1,2} \cdot 1 \cdot 0,89 \approx 2590 \text{ Н.}$$

Потужність різання

$$N_E \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}; \quad (2.25)$$

$$N_E \frac{6,1 \cdot 630}{9750} \approx 0,4 \text{ кВт.}$$

Основний час на обробку

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_0 \cdot n_0}; \quad (2.26)$$

де $L_{P.X} = L_{piz} + L_{epiz} = 22 + 3 = 25$ мм – довжина різання;

$$T_0 = \frac{25}{0,2 \cdot 630} = 0,2 \text{ хв} = 12 \text{ с.}$$

Таблиця 2.6 – Режими різання для радіально-свердлильної операції

№ опер.	Назва операції	T ₀ , хв.	S, мм/об	t, мм	V, м/хв	n, об/хв
1	2	3	4	5	6	7
005	<u>Комплексна з ЧПК</u>					
	1. Фрезерувати посл. торці 7-ми отворів.	156	23	1,5	70	160
	2. Розточити посл. 6 отв. до Ø140 і 6 отв. до Ø58.	70,2	7	2	70	160
	3. Розточити посл. 6 отв. до Ø140 і 6 отв. до Ø58.	70,2	7	2	70	160
	4. Розточити посл. 2 отв. до Ø58.	18,1	6	2	32	160
	5. Розточити 6 отв. до Ø144,5 і 6 отв. до Ø61,5; 6 фасок.	70,2	7	2	70	160
	6. Розточити 6 отворів.	33	6	0,25	70	160
	7. Розвернути 6 отворів.	43,8	11	0,1	5	25
	8. Розточити 1 отв. Ø144,5.	4,0	4	2	70	160
	9. Розточити 1 отв. Ø145.	4,0	4	2	70	160
	10. Розточити посл. 6 отв. Ø144,5 і 6 отв. до Ø61,5.	70,2	7	2	70	160
	11. Розвернути 6 отворів.	29	11	0,1	5	25
	12. Розточити отв. до Ø87.	8,1	10	2	160	45
		8,1	10	1,25	45	160
		8,1	5	1,5	31	160
		18,1	5	0,1	5	25

13. Розточити отв. до Ø89,5.	18,1	3	1,5	5	25
14. Розточити посл. 2 отв. до Ø61,5.					
15. Розвернути 2 отвори.					
16. Фрезерувати послідовно.					

2.9 Визначення кількості обладнання, побудова графіків завантаження і використання обладнання

Розрахункова к-сть верстатів

$$m_p = \frac{T_{\text{шт.к.}}}{t_g}; \quad (2.27)$$

$$\text{C-500} \quad m_p = \frac{1067,3}{167,29} = 6,4;$$

$$2\text{A554} \quad m_p = \frac{102,3}{167,29} = 0,6.$$

Коефіцієнт завантаження верстата

$$\eta_3 = \frac{m_p}{m_{\phi}} \cdot 100\%; \quad (2.28)$$

$$\text{C-500} \quad \eta_3 = \frac{6,4}{7} \cdot 100\% = 92\%;$$

$$2\text{A554} \quad \eta_3 = \frac{0,6}{1} \cdot 100\% = 60\%.$$

Коефіцієнт використання обладнання по основному часу:

$$\eta_0 = \frac{T_0}{T_{\text{шт.к.}}} \cdot 100\%; \quad (2.23)$$

$$\text{C-500} \quad \eta_0 = \frac{156}{169,73} \cdot 100\% = 92\%;$$

Верстат перевантажений.

2A554

$$\eta_0 = \frac{5,28}{7,18} \cdot 100\% = 74\%.$$

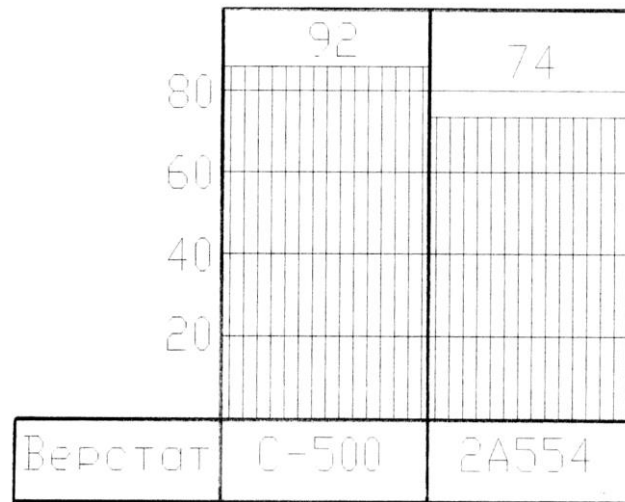
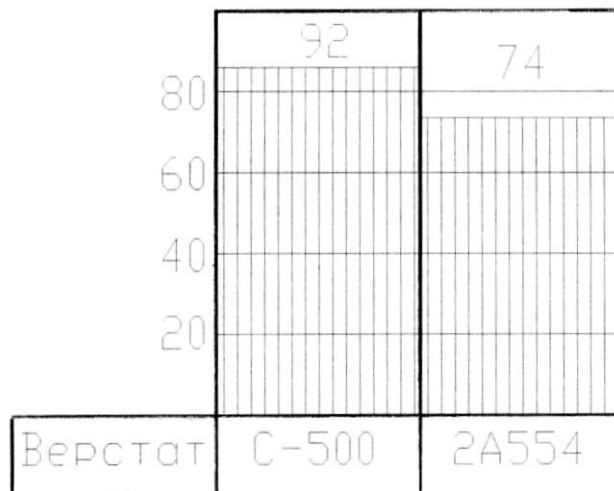


Рисунок 2.3 – Графік завантаження обладнання



Графік 2.4 – Графік використання верстатів по основному часі.

2.10 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу для виготовлення деталі

Проведемо техніко-економічний розрахунок собівартості ТП виготовлення корпусу КС6В-47.130.

Вихідні дані:

– Програма випуску – 1440 шт/рік;

- Маса деталі – 116 кг;
- Маса заготовки – 119 кг;
- Кількість змін – 2.

1. Технологічна собівартість операції ТП.

Собівартість визначають

$$C_{m\partial} = \sum C_{mo}; \quad (2.4)$$

Технологічна собівартість операції ТП для виготовлення деталі:

$$C_{mo} = M_{\partial m} + \Pi_m + E_m + Z_{op} + Z_{ip} + B_{mo} + B_{\partial o} + B_{np} + B_{in} + B_{m\partial} + B_{nc} + B_{nl} + B_{ni}; \quad (2.5)$$

Технологічна собівартість виготовлення деталі є сумою технологічних собівартостей за всіма операціями:

$$C_{m.\partial.} = \sum C_{mo}; \quad (2.6)$$

Технологічна собівартість деталі

$$C_{m.\partial.} = M_o + \sum C_{mo}; \quad (2.7)$$

Для операції мех. обробки - технологічна собівартість операції:

$$C_{mo} = \frac{\sum H \cdot T_n}{60 \cdot 100}; \quad (2.8)$$

2. Витрати на осн. матеріали

$$M_o = H_{\partial om} \cdot K_{m3} \cdot \Pi_m + B_{\partial ix} \cdot \Pi_{\partial ix}; \quad (2.9)$$

$$H_{\partial om} = M_{\partial} = 116 \text{ кг};$$

$$B_{\partial ix} = M_3 - M_{\partial} = 119 - 116 = 3 \text{ кг};$$

Підставивши відповідні дані отримаємо:

$$M_o = 116 \cdot 1,08 \cdot 25 + 3 \cdot 0,8 = 7516,8 \text{ грн/шт.}$$

3. Витрати на допоміж. матеріали.

Витрати на допоміжні матеріали для технологічних цілей враховують за всією ж номенклатурою, яка застосовується в ТП:

$$M_{\partial m} = \sum H_{\partial m} \cdot \Pi_{\partial m} \cdot K_{mз}; \quad (2.10)$$

4. Витрати на електроенерг. для технологічних цілей.

$$E_m = \sum H_{\partial e} \cdot \Pi_e \cdot k; \quad (2.12)$$

$$k = \frac{k_n \cdot k_m \cdot k_3}{k_m \cdot k_{\partial} \cdot 60}; \quad (2.13)$$

$$k_1 = \frac{0,92 \cdot 0,92 \cdot 1,2}{0,85 \cdot 0,9 \cdot 60} = 0,022;$$

$$k_2 = \frac{0,74 \cdot 0,74 \cdot 1,2}{0,85 \cdot 0,9 \cdot 60} = 0,014.$$

Дані розрахунку заносимо в таблицю 5.3, Додаток А.

5. Витрати на оплату праці основних робітників

Оплата праці:

$$З_{op} = \frac{T_n \cdot \Gamma_{mc} \cdot \Pi_{\partial p} \cdot K_{\partial n} \cdot K_{\partial в} \cdot K_{cc}}{60 \cdot H_{об}}; \quad (2.14)$$

6. Витрати на оплату праці інших категорій працюючих

Відносяться наладчики, електронники, та ін.

Наладчику оплачується кожне налагодження обладнання, тому витрати на операцію складатимуть:

$$З_{ip} = \frac{T_{нал} \cdot \Gamma_{мс} \cdot K_n \cdot K_{оп} \cdot K_{ов} \cdot K_{сс}}{Ч_p}; \quad (2.15)$$

Для спрощення розрахунку витрат праці основних і допоміжних робітників їх зводять до визначення сумарної величини:

$$З_{op} + З_{ip} = \frac{T_n \cdot k_c \cdot k}{M \cdot 60}; \quad (2.16)$$

де $k_c = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3; \quad (2.17)$

$$k_c = 1,35 \cdot 1,08 \cdot 1,077 = 1,57.$$

Отримані розрахункові значення заносимо в таблицю 5.4, Додаток А.

7. Витрати на експлуатацію технологічного оснащення

Витрати на експлуатацію ТО, становлять:

– для універсальних пристроїв (приладів):

$$B_{ппу} = \frac{B_{опр} \cdot K_{сп} \cdot T_o}{\Phi_o \cdot T_a \cdot 60}, \text{ грн}; \quad (2.23)$$

– для спеціальних пристроїв (приладів):

$$B_{прс} = \frac{K_o \cdot B_{опр} \cdot K_{сп}}{Ч_p \cdot T_a}, \text{ грн}; \quad (2.24)$$

Отримані результати заносимо в таблицю 5.8, Додаток А.

8. Витрати на різальний та вимірювальний інструменти

Дані витрати, включають витрати на заточування, ремонт і їх відновлення:

– на універсальний різальний інструмент:

$$B_{iny} = \frac{Ч_{ин} \cdot K_{зб} \cdot K_{сп} + K_{нер} \cdot B_{нер}}{60 \cdot T_{см} \cdot (K_{нер} + 1)}; \quad (2.25)$$

– на спеціальний різальний інструмент:

$$B_{inst} = \frac{C_{in} \cdot K_{зб} \cdot K_{вр} + K_{пер} \cdot B_{пер}}{C_p \cdot T_a}; \quad (2.26)$$

де
$$B_{пер} = T_{пер} \cdot \Gamma_{мс} \cdot K_{дм} \cdot K_{дв} \cdot K_{се} \cdot K_{нв}. \quad (2.27)$$

Отримані результати розрахунку ріжучого та вимірювального інструментів заносимо в таблицю 5.9, Додаток А.

Технологічну собівартості одиниці продукції за базовим та проєктним варіантами технологічного процесу наведено в табл.5.12, Додаток А.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розроблення креслення заготовки

З попередніх розрахунків маємо, що дана заготовка виготовляється штампуванням на кривошипних пресах.

Серед переваг даного способу слід відмітити дотримання високої точності розмірів деталі, якість поверхні, високу продуктивність, придатність до механізації, автоматизації та організації штучних виробництв, економія матеріалу.

Для правильного розроблення креслення заготовки нам насамперед необхідно визначитись із моделлю штампа. Саме від точності штампування залежить подальше призначення операцій, переходів, режимів різання, а це виливається в значні затрати часу та коштів. Отже, вибираємо штамп моделі КД 2128.

Креслення заготовки виконуємо на форматі А1 із зазначенням припусків на оброблення і всіх необхідних розмірів, а також із зазначенням технічних умов на виготовлення.

3.2 Опис конструкції, принципу дії та розрахунок параметрів вибраних пристосувань

3.2.1 Розробка конструкції накладного кондуктора для свердління 12-ти отворів Ø6.7

Накладний кондуктор для свердління 12-ти отворів складається із однієї плити, двох ручок, двох притискачів, двох пальців і шести гвинтів.

Дане пристосування призначене для свердління отворів в стакані із зовнішнім діаметром, рівним 175 мм, та внутрішнім – 145 мм. Базування кондуктора відбувається по внутрішньому діаметрі за допомогою шести гвинтів. Свердління отворів відбувається по колу Ø160 мм. Накладний кондуктор використовується разом із радіально–свердильним верстатом моделі 2А554.

Надійним затиск заготовки забезпечується при умові, якщо:

$$2Q_{\text{зат}} = f \geq KP; \quad (3.1)$$

$$Q_{\text{зат}} = \frac{KP}{2f}; \quad (3.2)$$

де $K = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_0; \quad (3.3)$

$$K = 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,5 = 3,63;$$

$$f = 0,35;$$

$$P = 150 \text{ Н};$$

$$Q_{\text{зат}} = \frac{3,63 \cdot 150}{2 \cdot 0,35} = 778 \text{ Н}.$$

Отже, необхідна сила для затиску деталі становить 778 Н.

3.2.2 Розроблення конструкції пристрою для затиску корпусу КС6В-47.130

Пристрій для затиску складається з однієї, п'яти та чотирьох опор. Корпус встановлюється на п'яту і за допомогою опор фіксується. Даний пристрій використовується разом із радіально-свердлильним верстатом моделі 2А554, а також із накладним кондуктором.

Надійний затиск заготовки забезпечується при умові, якщо:

$$2Q_{\text{зат}} = f \geq KP;$$

$$Q_{\text{зат}} = \frac{KP}{2f};$$

де $K = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_0;$

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,98;$$

$$f = 0,35;$$

$$P = 150 \text{ Н};$$

$$Q_{зат} = \frac{2,98 \cdot 150}{2 \cdot 0,35} \approx 639 \text{ Н.}$$

Отже, необхідна сила для затиску деталі становить 639 Н.

3.2.3 Розроблення конструкції пристосування для розточування 12-ти отворів в деталі корпус КС6В-47.130

Даний пристрій складається із пневморозподільювача, корпусу, однієї карети, двох трубопроводів. Для механічного оброблення розточуванням поверхні можна використати пристрій, принцип роботи і конструкція якого наступні. Він складається з корпусу, на якому змонтовані інші його елементи. Базами для встановлення заготовки під час механічного оброблення служать два упори, які знаходяться по обидва кінці пристосування. Заготовка встановлюється горизонтально. Встановлення і центрування заготовки здійснюється за допомогою двох упор, які мають форму внутрішньої поверхні стаканів, а тому останні легко входять в упори. Затиск здійснюється важелем. Притискне зусилля передається із пневмоциліндра через важільний механізм. Для здійснення технологічних переходів із встановлення та затиску деталі, а також її розтиску використовуємо пневморозподільну ручку, яка з'єднана з пневмоциліндром. Подача стисненого повітря у пневмоциліндр здійснюється від пневмосистеми. Встановлення і монтаж пристрою на робочому столі верстата здійснюємо за допомогою спеціальних монтажних болтів через пази на бічних сторонах плити корпусу.

Точність пристрою

$$\varepsilon_{np} = \delta - k \sqrt{(k_1 \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{yct}^2 + \varepsilon_{zn}^2 + \varepsilon_{p.i}^2 + (k_2 \omega)^2}; \quad (3.4)$$

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{\delta_D}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}; \quad (3.5)$$

Отримаємо

$$\varepsilon_6 = \frac{0,046}{2 \cdot \sin 90^\circ} = 0,023 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{np} = 0,75 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0,023)^2 + 0,01^2 + 0,041^2 + 0,02^2 + 0,02^2 + (0,6 \cdot 0,08)^2} \\ \approx 0,09 \text{ мм.}$$

Отже, точність оброблення забезпечується.

У верстатному пристосуванні, призначеному для одночасного розточування 12-ти отворів основною є сила затиску, яка необхідна для надійного утримання деталі, яку обробляємо. Це є основою і вихідними даними для розрахунку конструктивних параметрів силового пневмоциліндра.

Під час процесу оброблення отворів методом розточування, заготовка, що підлягає обробці, перебуває під постійним впливом крутного моменту M та осьової сили P_o . При цьому сила подачі та сила затиску активно взаємодіють, створюючи необхідне зусилля, що надійно притискає заготовку до опорних поверхонь технологічного пристрою, які виконують функцію її встановлення та фіксації.

Під час процесу механічного оброблення, деталь, що перебуває під впливом крутного моменту різання M , має тенденцію до обертання навколо осі розточування. Однак цьому небажаному крутному моменту активно протидіє момент тертя. Цей протидіючий момент формується синергією осьової сили різання та зусилля затиску деталі, забезпечуючи її стабільне положення та запобігаючи неконтрольованому обертанню.

Сила затиску:

$$Q = \frac{2M \cdot k \cdot R}{d \cdot f \cdot R_l} \cdot P_o, \text{ Н;} \quad (3.6)$$

де

$$M = 10 \cdot C_m \cdot d^q \cdot S^y \cdot k_p; \quad (3.7)$$

$$M=10\cdot0,0345\cdot145^2\cdot10^{0,8}\cdot0,75\approx3432\text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$k_0 = 1,5; \quad k_1 = 1,0; \quad k_2 = 1,15; \quad k_3 = 1,2; \quad k_4 = 1; \quad k_5 = 1; \quad k_6 = 1.$$

$$k=1,5\cdot(1\cdot1,15\cdot1,2\cdot1\cdot1\cdot1)=2,07.$$

$$P_o=10\cdot C_p\cdot d^A\cdot S^y\cdot k_p; \quad (3.8)$$

Отримаємо

$$P_o=10\cdot68\cdot14,25^1\cdot0,1^{0,7}\cdot0,75=1450\text{ Н}.$$

Тоді необхідне зусилля пневмоциліндра

$$Q=\frac{2\cdot3432\cdot2,07\cdot1,4}{0,145\cdot0,15\cdot2,8}\cdot1450\approx325\text{ кН}.$$

Розрахунок діаметра пневмоциліндра затискного пристрою можна проводити за рівністю:

$$D=\sqrt{\frac{4Q}{\pi\cdot p}}+d^2; \quad (3.9)$$

Відповідно підставивши числові дані отримаємо:

$$D=\sqrt{\frac{4\cdot325\cdot10^3}{3,14\cdot4}}+4^2=12,7\text{ см}=322\text{ мм}.$$

Із стандартних значень діаметрів пневмоциліндрів приймаємо найближче: діаметр пневмоциліндра $D = 325\text{ мм}$, діаметра штока $d = 52\text{ мм}$.

3.2.4 Розробка конструкції механізму захоплення з гідроприводом для важких деталей

Границя контактної витривалості зубців зубчастого колеса буде рівна:

$$\sigma_{H_{lim}} = 2H + 70,$$

де $H = 302$ НВ – твердість поверхні зубців.

Матеріал зубчастого колеса – легована сталь 40Х із термообробленням методом гартування.

$\sigma_B = 900$ МПа; $\sigma_T = 750$ МПа.

$$\sigma_{H_{lim}} = 2 \cdot 302 + 70 = 674 \text{ МПа.}$$

Базу випробувань для матеріалу зубчастого колеса визначають за формулою:

$$N_{HO} = 30 \cdot H^{2,4};$$

$$N_{HO} = 30 \cdot 302^{2,4} = 2,7 \cdot 10^7 \text{ МПа.}$$

Допустиме контактне напруження для зубців колеса:

$$[\sigma]_H = \sigma_{H_{lim}} \cdot Z_R \cdot K_{HL} / S_H;$$

$$[\sigma]_H = 674 \cdot 1 \cdot 1 / 1,1 = 613 \text{ МПа.}$$

Допустиме граничне контактне напруження:

$$[\sigma]_{H_{max}} = 2,8 \cdot \sigma_T;$$

$$[\sigma]_{H_{max}} = 2,8 \cdot 750 = 2100 \text{ МПа.}$$

Отже, $[\sigma]_H \leq [\sigma]_{H_{max}}$.

Границя витривалості зубців при згині рівна:

$$\sigma_{F_{lim}} = 1,8 \cdot H;$$

$$\sigma_{F_{lim}} = 1,8 \cdot 302 = 543,6 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження на згин зубців зубчастого колеса рівне:

$$[\sigma]_F = [\sigma]_{F_{lim}} \cdot K_{FC} \cdot K_{FL} / S_F;$$

$$[\sigma]_F = 543,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 / 2,2 = 247 \text{ МПа.}$$

Гранично допустиме напруження на згин рівне:

$$[\sigma]_{F_{max}} = 4,8 \cdot H / S_F;$$

$$[\sigma]_{F_{max}} = 4,8 \cdot 302 / 2,2 = 659 \text{ МПа.}$$

Вал працює на зминання:

$$\sigma_{зм} = F / A \leq [\sigma]_{зм};$$

де F – сила, яка діє на вал в процесі роботи;

A – площа поверхні вала, що підлягає зминанню .

$$F = m \cdot g;$$

$$F = 116 \cdot 9,81 = 1137,96 \text{ Н} \approx 1,2 \text{ кН};$$

$$A = 2 \cdot 3,14 \cdot 20 \cdot 78 = 9796,8 \text{ мм}^2 \approx 9,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2;$$

$$\sigma_{зм} = 1200 / 9,8 \cdot 10^{-6} = 12,2 \text{ МПа.}$$

$[\sigma]_{зм} = (80..100) \text{ МПа.}$ Отже, $\sigma_{зм} \leq [\sigma]_{зм}$.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Основні причини виробничого травматизму і професійної захворюваності

Рівень виробничого травматизму стабільно залишається в кілька разів вищим, ніж в економічно розвинених країнах. Коли до цього додати ще й чималу кількість травм, зокрема і смертельних, які під час розслідувань не беруться до уваги як такі, що пов'язані з виробництвом, і де значною мірою спрацьовує суб'єктивний фактор, що достеменно окреслити загальну щорічну картину стає досить складно.

Щороку на виробництві виявляються професійні захворювання в середньому у 6–6,5 тис. працівників, травмується близько 20–25 тис, з яких майже 1–1,5 тис. із смертельним наслідком.

Найвищий рівень ризику загибелі та травмування людей на виробництві у вугільній галузі, де майже 7,8 тис. працівників, за оперативними даними, у 2005 році травмовано, а 157 загинуло. У будівництві травмовано близько 1,2 тис. і загинуло 129 працівників. На транспорті ці показники відповідно становлять майже 1 тис. і 101 працівник, в агропромисловому комплексі — 2,9 тис. і 236, машинобудуванні — більш як 2,3 тис. і 67, соціально-культурній сфері та торгівлі — більш як 1,7 тис. і 137 працівників. Майже 73 відсотки нещасних випадків і аварій на виробництві сталися з організаційних причин, 14 відсотків – з технічних, 13 відсотків – з психофізіологічних.

Рівень професійної захворюваності безпосередньо пов'язаний з важкими та шкідливими умовами праці на виробництві. Майже 27 відсотків громадян працюють в умовах, що не відповідають санітарним і гігієнічним правилам та нормам за рівнем або концентрацією шкідливих виробничих

факторів, негативний вплив яких призводить до виникнення

професійних захворювань. За останні роки істотно зросло хімічне навантаження на організм працівника, важкість та напруженість праці.

4.1.1 Поняття про виробничий травматизм та професійні захворювання

Травматизм - слово грецького походження (trauma - пошкодження, поранення). На виробництві травми (нещасні випадки) головним чином стаються внаслідок непередбаченої дії на робітника небезпечного виробничого фактору при виконанні ним своїх трудових обов'язків.

Травма - порушення анатомічної цілісності організму людини або його функцій внаслідок дії небезпечних виробничих факторів.

Виробнича травма - це раптове механічне (забої, переломи, рани тощо), фізичне (рухомі вузли машин, механізмів, інструмент, оброблюваний матеріал, ненормальні метеорологічні умови, недостатня освітленість робочої зони, шум та вібрація тощо), хімічне (хімічні опіки, загальнотоксичні гострі отруєння тощо), біологічне (мікроорганізми, бактерії, віруси, рослинні та тваринні макроорганізми), психофізіологічне (фізичне та нервово перевантаження організму людини), комбіноване та інше пошкодження людини у виробничих умовах. За ступенем важкості наслідків нещасні випадки поділяють на легкі (втрата працездатності на 1 день), важкі (втрата працездатності більше як на 1 день) і смертельні. Висновок про важкість травм дають лікарі медичних установ згідно з відповідними нормативними документами. Залежно від кількості потерпілих, нещасні випадки поділяються на поодинокі і групові. До останніх відносяться нещасні випадки, які сталися одночасно з двома і більше потерпілими. Незалежно від важкості отриманих травм, такі нещасні випадки кваліфікують як важкі.

Механічні та фізичні фактори переважно викликають травми. Теплові, хімічні, біологічні та психофізіологічні у більшості випадків зумовлюють захворювання. Однак, різкої межі за характером дії на організм людини між згаданими факторами немає.

Нещасний випадок - випадок з людиною внаслідок непередбаченого збігу обставин та умов, за котрих завдається шкода здоров'ю або настає смерть потерпілого. Нещасний випадок на виробництві пов'язується з дією на працівника небезпечного виробничого фактора.

Усі нещасні випадки відносяться до таких, що пов'язані з роботою, і до побутових. Віднесення травми до тієї чи іншої категорії являє собою юридичний акт і здійснюється на основі спеціальних правових норм і правил. Нещасний випадок на виробництві можна кваліфікувати як раптове пошкодження здоров'я працівника при виконанні трудових обов'язків або при обставинах, спеціально зумовлених законом. При цьому не має значення, чи працює робітник на підприємстві постійно, тимчасово або сезонно, є штатним чи позаштатним, працює на основній роботі чи за сумісництвом, оскільки у перерахованих випадках він вступив у трудові відносини з підприємством.

Статистика нещасних випадків свідчить про те, що, незважаючи на різноманітність засобів безпеки праці під час роботи на машинах (особливо універсальних), виробничий травматизм поки що має місце. Одна з причин цього - мала ефективність цих засобів. У зв'язку з викладеним існує гіпотеза про хвилеподібність уваги працюючих до небезпеки, коли формується деякий середній рівень уваги до небезпеки. Після того, як стався нещасний випадок, рівень уваги до безпеки праці на підприємстві різко зростає, а з часом поступово спадає.

Професійне захворювання - патологічний стан, зумовлений тривалою роботою за шкідливих умов праці і пов'язаний з надмірним напруженням організму або несприятливою дією виробничих факторів.

Професійні захворювання і отруєння (надалі - профзахворювання) - це захворювання, котрі викликані впливом виробничих факторів і трудового процесу, а також захворювання, щодо яких встановлено причинний зв'язок з впливом певного виробничого фактора чи процесу та непрофесійні фактори, що викликають аналогічні зміни в організмі (бронхіт, алергійні захворювання, катаракта, втрата зору і слуху, силікоз та інші). Віднесення захворювання до професійного проводиться відповідно до списку професійних захворювань, затвердженого МОЗ.

Крім професійних, на виробництві виділяють групу, яку називають умовно виробничими захворюваннями. До них відносять хвороби, які не відрізняються від звичайних хвороб. Наприклад, у працівників, котрі виконують фізичну роботу

в незадовільних умовах, часто виникають захворювання, такі як радикуліт, варикозне розширення судин, виразка шлунку та інші. Якщо праця вимагає великого нервово-психічного напруження, то частіше виникають різні неврози і хвороби серцево-судинної системи.

Згідно з "Положенням про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах і організаціях, затвердженим Постановою Кабінету Міністрів України від 11 серпня 1993р. № 623, травми поділяють на легкі, важкі та зі смертельним наслідком. Крім того, травми можуть бути груповими (якщо травмується два і більше робітників).

4.2 Забруднення повітряного середовища шкідливими речовинами

Виробничий пил.

Предметна діяльність людини спричиняє надходження у повітряне середовище виробничих приміщень пилу. Забруднення повітряного середовища пилом обумовлено невідповідністю між розвитком промислового виробництва та технічними засобами очистки його відходів.

Пил – це поняття, що визначає фізичний стан речовини, подрібненої на маленькі частки.

За походженням пил поділяється на два класи:

- органічний: рослинний (дерев'яний, бавовняний), тваринний (кістковий, вовняний), штучний (пластмасовий);
- неорганічний: мінеральний (кварцовий, силікатний), металевий (залізний, алюмінієвий).

Пил відноситься до аеродисперсних систем, а відтак має здатність перебувати у завислому стані. Ступінь дисперсності пилу визначає тривалість перебування його у повітрі та глибину проникнення у дихальні шляхи.

За дисперсністю пил буває:

- видимий $>10\text{мкм}$;
- мікроскопічний $< 10\text{--}0,25\text{мкм}$;
- ультрамікроскопічний $<0,25\text{мкм}$.

За способом утворення розрізняють аерозолі дезінтеграції і конденсації.

Аерозолі дезінтеграції утворюються під час подрібнення твердих речовин і складаються з пилинок великих розмірів.

Аерозолі конденсації утворюються з пари металів та їх сполук, які під час охолодження стають твердими частками, розміри яких значно менші ніж аерозолів дезінтеграції.

Дія пилу на організм людини залежить від його фізико-хімічних властивостей, тривалості впливу та концентрації. Дані про концентрацію пилу дають уяву про ступінь забруднення повітря і про ймовірність фіброгенної, подразнюючої і токсичної дії пилу на організм людини.

Найбільшу фіброгенну дію мають аерозолі дезінтеграції з розміром часток до 5мкм та аерозолі конденсації з частками меншими за 0,3-0,4мкм. Вони найглибше проникають і найдовше затримуються в альвеолах легенів.

Залежно від агресивності пилу можуть розвиватись специфічні (фібрози) і неспецифічні патологічні легеневі процеси (туберкульоз. рак).

Розвиток професійних захворювань починається після накопичення пилу в альвеолах, в дрібних лімфатичних вузлах і по ходу лімфатичних судин. Накопичення пилу призводить до розростання сполученої тканини, що поступово веде до порушення функції легенів і серця. Сполучна тканина зморщується, утворює рубці, здавлює судини, порушуючи функцію дихання та кровообігу. Так розвивається картина легеневого фіброзу, відомого як пневмоконіоз (від грецьк. рнеуптон- легені та сопіа-пил). Під цим терміном розуміють численні види пилових легневих фіброзів.

За класифікацією МОЗ пневмоконіоз поділяють на шість груп: силікоз, силікатоз, металоконіоз, карбоконіоз, пневмоконіоз від змішаного пилу і пневмоконіоз від органічного пилу.

Найпоширенішим серед всіх пневмоконіозів є силікоз, який розвивається тоді, коли людина вдихає пил кварцу, що містить кремній у вільному стані. При цьому захворюванні уражається весь організм, пригнічується функція нервової системи, відчуття смакового, слухового та шкіряного аналізаторів і т. ін.

Прояви пневмоконіозів різні, але всім їм притаманні загальні риси: задишка, біль у грудях і сильний кашель. У прогресуючих формах легеневих пневмоконіозів виникає легенева недостатність – зменшується легенева вентиляція, скорочується час затримки дихання.

Окрім вище описаного пил може призвести до розвитку професійних бронхітів, пневмоній, астматичних ринітів, бронхіальної астми, кон'юнктивітів, ураження шкіри (дерміти).

Пил може виявляти чисто механічну дію – подразнювати слизові оболонки дихальних шляхів та очей, порушувати цілісність шкіри і створювати вхідні ворота для інфекційних збудників.

Запобігання професійної пилової патології зводиться до технологічних, технічних, санітарно-гігієнічних і медико-профілактичних заходів.

Ефективним заходом боротьби з пилом є дистанційне управління технологічними процесами. Надійно вирішує питання боротьби з пилом герметизація обладнання, ізоляція пиловидних матеріалів, механізація праці.

Санітарно-гігієнічні заходи ґрунтуються на правильній експлуатації устаткування й систематичному контролюванні вмісту пилу в повітрі виробничих приміщень.

До колективних засобів захисту належить система вентиляції, що забезпечує розбавлення пилового аерозолю й видалення його за межі робочої зони.

Для профілактики пилових захворювань використовують індивідуальні засоби захисту – респіратори, спеціальні шоломи й скафандри з подачею до них чистого повітря, а також окуляри та спецодяг.

Медико-профілактичні заходи (попередні й періодичні медичні огляди працівників) мають велике значення у боротьбі з пиловою професійною патологією.

Для санітарної оцінки повітряного середовища важливе значення має систематичний контроль за наявністю пилу в повітрі робочої зони, що дає можливість охарактеризувати повітряне середовище й накреслити шляхи його нормалізації.

ВИСНОВКИ

Розробивши в кваліфікаційній роботі технологічний процес механічного оброблення корпусу КС6В-47.130 було розглянуто та розраховано: аналіз даної деталі, визначення типу виробництва, вибір заготовки, розробка ТП, визначення режимів різання та норм часу.

Для виготовлення деталі було розроблене спеціальне оснащення та контрольний інструмент, були проведені організаційно – економічні розрахунки а також розглянуті питання з ОП.

В загальному було створено новий технологічний маршрут механічного оброблення деталі, що дало змогу зменшити кількість обладнання для виготовлення деталі та знизити собівартість її виготовлення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гандзюк М. П., Желібо Є. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці. – К. : Каравела; Львів : Новий Світ – 2000, 2003. – 408 с.
2. Дичковський М. Г. Спеціальна технологічна оснастка. Тернопіль : ТНТУ, 2014. 243 с.
3. Дячун А. Є., Капаціла Ю. Б., Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин». Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.
4. Захаркін О. У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та сучасні Т-системи для їх реалізації): навчальний посібник./ О.У. Захаркін.– Суми : Вид-во СумДУ, 2011. – 137 с.
5. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : Навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
6. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навч.-метод. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 240 с.
7. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.
8. Пилипець М. І., Данильченко Л. М., Ткаченко І. Г. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Організація виробництва». Тернопіль : ТНТУ, 2018. 60 с.
9. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навчальний посібник. – К.: Вища школа, 1993.– 414 с.