

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Технологічні особливості виготовлення корпусу
редуктора вантажівки за умов автоматизованого виробництва»

КРБ.133ГМбд_21[1].17.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»
спеціальності 133 *«Галузеве*
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_21[1]
СЕРБАК Максим

Керівник: канд. техн. наук, професор
НАУМЕНКО Олександр

Полтава – 2023 року

ВСТУП

Модернізація автомобільного парку агропромислового комплексу є важливим завданням, тому що від цього безпосередньо залежить врожай та доходи від нього. Вибір окремого транспортного засобу так і цілого технологічного комплексу визначається перш за все організацією виробництва. На даний час сучасні капіталістичні сільськогосподарські підприємства можна поділити на 3 основних типи:

- міні-ферми (сільськогосподарська діяльність приносить до 40% загального прибутку);
- сімейне господарство (сільськогосподарська діяльність приносить до 80% загального прибутку);
- крупнотоварні ферми (перебувають у спільній власності кількох осіб-компаньйонів, сільськогосподарська діяльність приносить 100% загального прибутку)

Розробка та удосконалення вузлів вантажних автомобілів для підприємств сільськогосподарського виробництва та інших галузей є важливою науково-технічною задачею [5-7, 13].

Об'єкт деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною редуктора, що використовується у вантажного автомобілю ЗІЛ-130. Дана вантажівка є актуальною під час використання на міні-фермах та сімейних господарствах. Також існує можливість її використання і на крупнотоварних фермах у якості допоміжного транспортного засобу.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є редуктор вантажівки, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу.

Для вирішення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **задачі**:

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовуються для виготовлення, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;

- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та його деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним та довідниковим методами;

- сконструювати затискне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також здійснити його розрахунок;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також охарактеризувати сучасні проблеми охорони праці та захисту довкілля;

- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб підприємств галузевого машинобудування.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

У роботі на розгляд виносяться один із вузлів вантажного автомобіля ЗІЛ-130 (рисунок 1.1), а саме редуктор відбору потужності. Автомобіль оснащено карбюраторним 8-циліндровим 4-тактним V-подібним верхньоклапанним двигуном. Робочий об'єм становить 5969 см^3 . Потужність 150 кінських сил при 3200 об/хв. Діаметр циліндра – 100 мм. Хід поршня в циліндрі – 95 мм. Ступінь стискання – 6,5. Максимальний обертовий момент при 2000 об/хв. – 401,8 Н·м. Витрата палива – 29 літрів на 100 км за середньої швидкості 60 км/год.

а)

Рисунок 1.1 – Вантажний автомобіль ЗІЛ-130, аркуш 1:

а – вигляд загальний

Рисунок 1.1 – Вантажний автомобіль ЗІЛ-130, аркуш 2:

б – конструктивна схема (* – розміри у спорядженому стані)

Масово-габаритні показники автомобіля наступні:

- довжина – 6,675 м;
- ширина – 2,5 м;
- висота – 2,4 м;
- колісна база – 3,8 м;
- кліренс – 275 мм;
- передня колія – 1,8 м;
- задня колія – 1,79 м;
- маса – 4,3 т;
- розподіл навантаження: на передню вісь – 4,2 т, на задню вісь – 9,9 т;
- кут нахилу, що можливо здолати, – 38°;
- радіус розвороту – 8,9 м.

Призначення редуктора, що винесений на розгляд у роботі, полягає у відборі потужності від трансмісії автомобіля і передачі її до заднього моста автомобіля або

до кінематичних ланцюгів керування та гідронасоса. Максимальний обертовий момент, що може передавати редуктор – 750 Н·м. Передавальне відношення: до заднього моста автомобіля $i = 1$; до кінематичних ланцюгів керування $i = 1$; до гідронасоса $i = 1,1$.

Редуктор (див. графічну частину роботи) являє собою корпус 1 із циліндричними прямозубими зубчастими колесами. Ведучий вал 8 редуктора встановлений на підшипниках 61 і 63. Відомий вал-шестерня 48, встановлений на підшипниках 61, що приймають радіальне навантаження виникаюче в шліцьовому з'єднанні карданного валу при русі автомобіля. На ведучому валу рухомо встановлена (на шліцьовому з'єднанні) перекидна шестерня 35. Вона переміщується валкою 34, котра закріплена на штоковій 29 за допомогою різьби. Переміщення штока має два кінцеві положення, котрі фіксуються кулькою 72. Таким чином, рухаючись, шток, поступальний рух передається перекидній шестерні 35, переміщуючи її по ведучому валу. В одному положенні перекидна шестерня входить у зачеплення з відомим валом, котрий передає обертовий момент на задній міст автомобіля. В іншому, входить у зачеплення із проміжною шестернею 4, котра передає обертовий момент на відомий вал-шестерню 22 механізмів керування та на шестерню насоса 3. Проміжна шестерня встановлена на підшипниках 64 проміжного вала 5. На кінцях ведучого та відомих валів встановлені фланці, за допомогою яких до редуктора під'єднуються карданні вали. Вихідні кінці валів ущільнюються манжетами 67, 68. Заливання мастила в редуктор відбувається через пробку 44. Злив оливи відбувається через пробку 18. Змащування підшипників та зубчастих коліс відбувається за допомогою розприскування оливи. Закріплення редуктора на кузові автомобіля відбувається за допомогою двох осей, що вставляються у проушини редуктора діаметром 50 мм.

На розгляд виноситься деталь корпус редуктора відбору потужності, що виготовлений із чавуну СЧ 15 ДСТУ 8833:2019 [16, 36]. При доволі невисокій вартості він володіє гарними ливарними властивостями, що дозволяє одержувати виливки складної конфігурації. Сірий чавун добре обробляється і має непогані

фізико-механічні властивості, які можна змінювати в необхідному напрямку за допомогою модифікації і термічного оброблення. Виливки із сірого чавуна володіють високою циклічною в'язкістю, що сприяє демпфуванню коливань у процесі експлуатації редуктора.

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу точності параметрів корпусу (рисунок 1.2) заповнюємо таблицю 1.1. У ній наведені дані про точність виготовлення даної деталі, а також вимоги до точності. Під час виконання даного підрозділу використовуємо джерела інформації [17, 22, 47, 48].

Рисунок 1.2 – Корпус редуктора, аркуш 1

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 1.2 – Корпус редуکتора, аркуш 2

Таблиця 1.1 – Аналіз точності корпусу редуктора

Тип поверхні	Розмір і допуск	Квалітет	Відхилення		Шорсткість Ra, мкм
			Форми	Положення	
1	2	3	4	5	6
Циліндрична	$\varnothing 125^{+0,04}$	H7	—	—	1,25
Циліндрична	$\varnothing 114^{+0,35}$	H12	—	—	6,3
Циліндрична	$\varnothing 110^{+0,035}$	H7	—	◎ 0,05 P	1,25
Циліндрична	$\varnothing 90^{+0,054}$	H8	—	◎ 0,05 П	1,25
Циліндрична	$\varnothing 80^{+0,046}$	H8	—	—	1,25
Циліндрична	$\varnothing 50^{+0,025}$	H7	—	◎ 0,3 T	1,25
Циліндрична	$\varnothing 45^{+0,025}$	H7	—	◎ 0,05 C	1,25
Циліндрична	$\varnothing 19^{+0,021}$	H7	—	—	1,25
Циліндрична	$\varnothing 14^{+0,018}$	H7	—	—	1,25
Міжвісьова відстань	$170 \pm 0,31$	Js13	—	—	—
Міжвісьова відстань	$118,5 \pm 0,11$	Js11	—	—	—
Міжвісьова відстань	$114 \pm 0,11$	Js11	—	—	—
Міжвісьова відстань	$163 \pm 0,125$	Js11	—	—	—
Міжвісьова відстань	$108 \pm 0,43$	Js14	—	—	—
Міжвісьова відстань	$100 \pm 0,43$	Js14	—	—	—
Міжвісьова відстань	$98,5 \pm 0,43$	Js14	—	—	—

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
Міжвісьова відстань	90±0,11	Js11	—	—	—
Міжвісьова відстань	60±0,23	Js13	—	—	—
Лінійний	430 _{-2,5}	±IT15/2	—	—	6,3
Лінійний	176±0,5	Js14	—	—	6,3
Лінійний	164 _{-0,25}	±IT11/2	—	—	6,3
Лінійний	40 _{-2,5}	±IT17/2	—	—	6,3
Лінійний	2,8 ^{+0,25}	±IT14/2	—	—	6,3
Площина	—	—	—	⊥ 0,05 Н М	—
Площина	—	—	—	⊥ 0,05 Л	—
Площина	—	—	—	⊥ 0,05 О Н	—

Проаналізувавши точність параметрів корпусу, можна зробити висновок, що вимоги до точності розмірів і шорсткості не завищені. Максимальний клас точності 7-ий, а мінімальна шорсткість $R_a=1,25$ мкм, що без будь-яких ускладнень досягається за умов середньосерійного виробництва.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

При проектуванні технологічного процесу одержання виливків корпусів, оброблених у автоматизованому виробництві, необхідно врахувати технологічні бази, що використовуються для оброблення різанням. Ці поверхні повинні бути вихідними при виготовленні моделі і контролюванні точності вилівка. Базові поверхні необхідно розташовувати так, щоб на їхню точність не впливав можливий відносний зсув опок або стрижнів. Поверхні, до яких пред'являються вимоги рівномірного припуску або високої точності розмірів, необхідно розташовувати в

одній напівформі або одержувати за допомогою одного стрижня, не допускаючи перетинання площиною рознімання. Для зняття внутрішніх напружень, підвищення в'язкості і стабільності розмірів деталей необхідна операція низькотемпературного відпалювання (нагрівання до 500...600°C зі швидкістю 50...150°C/год, витримка протягом 2,5...5 год. і охолодження до 250...300°C зі швидкістю 30...50°C/год). Найбільш універсальним методом отримання заготовок, придатним як для одиначного так і серійного виробництва відливок масою від десятків грам до десятків тон являється метод лиття в піщані форми по дерев'яних моделях. СЧ 15 – сірий чавун з пластинчастим графітом відноситься до феритних та феритно-перлітних чавунів, має щільність 7000-7200 кг/м³ [7, 34, 36]. Хімічний склад, властивості матеріалу та його заміника наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу корпусу

Чавун	σ_b , МПа	Твердість НВ·10 ⁻¹ , МПа	Масова частка хімічних елементів, %				
			C	Si	Mn	Не більше	
						P	S
СЧ 15	285	187-217	3,4-3,6	1,9-2,3	0,5-0,7	0,2	0,15
СЧ 18	315	192-241	3,3-3,5	1,4-2,2	0,7-1,0	0,2	0,15

1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало попит ринку у корпусах редуктора вантажного автомобіля у кількості 600 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою [28, 30, 35]:

$$N_{зан} = (N_{вип} + N_{зч}) \cdot (1 + k_{бр}), \quad (11)$$

де $N_{вип}$ – річна програма випуску виробів, шт.

$N_{зч}$ – кількість виробів, що йдуть на запчастини, приймаємо рівною 3-5% від програми випуску, тис. од;

$k_{тв}$ – коефіцієнт, що враховує технологічні витрати, які неможливо уникнути.

Приймаємо рівним 2-3% від сумарної кількості виробів, що формують програму випуску та йдуть на запчастини.

$$N_{зч} = (600 + 0,04 \cdot 600) \cdot (1 + 0,025) = 640 \text{ (шт.)}.$$

Максимальна маса оброблених заготовок деталей вузла не перевищує 200 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Взагалі корпусні деталі являють собою базові деталі. На них встановлюються різні складальні одиниці та деталі, точність відносного положення яких повинна забезпечуватись як в статиці, так і в процесі роботи редуктора під навантаженням.

Конструкція машини, вузла, деталі являється технологічною коли вона відповідає усім технічним та експлуатаційним вимогам і коли на неї витрачається мінімальна кількість суспільної праці.

В автоматизованому виробництві вимоги до технологічності базуються на таких самих вимогах, що і вимоги до виготовлення на універсальному обладнанні. При використанні верстатів із ЧПК конструктор може створити деталі зі складною поверхнею, а не спрощувати її. Це має значення для міцності, а багатоінструментальна обробка та велика концентрація переходів вимагають більш точних базових поверхонь, а також досяжності інструменту до близькості поверхонь.

Основні та спеціальні вимоги до технологічності корпусу в умовах автоматизованого виробництва зводимо до таблиці 2.1 з урахуванням [2].

Розглянувши таблицю, можна зробити висновки, що в цілому корпус редуктора за більшістю показників є технологічною для умов автоматизованого виробництва.

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності корпусу

№ з.п.	Вимоги технологічності	Висновки по показникам технологічності	Міри з покращення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних технологічних баз, які забезпечують жорстке і надійне закріплення заготовки, вільний підхід інструмента до оброблюваної поверхні.	Так як дана деталь має непросту форму, базування її на верстаті ускладнене.	Для покращення умов закріплення та базування деталі, рекомендується на початку обробки провести фрезерування площини в розмірі свердління двох отв. Ø8,5H7 під установчі штифти для створення технологічної бази.
2	Нежорсткі корпусні деталі повинні мати ребра жорсткості.	Дана деталь є досить жорсткою.	
3	Конструкція деталі повинна забезпечувати її установку за допомогою простих затискних пристроїв та пристосувань.	Так як деталь має складну конфігурацію використання стандартних затискних пристроїв неможливе.	Для затискання і базування деталі на верстаті потрібно застосовувати спеціальне оснащення.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
4	Отвори повинні бути такими, щоб їх можна було обробляти на прохід	Дана деталь не має глухих отворів крім різбових. Тому при розточуванні і свердлінні операції виконуються на прохід.	-
5	Для можливості автоматизації обробки в корпусі деталі не бажано застосовувати різбові отвори менше 6 мм.	В корпусі деталі різбові отвори менше 6 мм не застосовуються.	-
6	В конструкції деталі необхідно передбачити можливість захвату її роботом.	Конструкція деталі дозволяє можливість захвату роботом.	-
7	Конструкція деталі не повинна мати отвори не перпендикулярні до площини.	Дана деталь не має таких отворів.	-
8	В конструкції деталі повинно бути якнайменше внутрішніх торців когрі потрібно обробляти.	Дана деталь немає таких торців	-
9	Конструкція деталі повинна забезпечувати багатошпindelьну і багаторізцеву обробку.	Конструкція деталі дозволяє багатошпindelьну і багаторізцеву обробки.	-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
10	Для можливості автоматизованого складання необхідно передбачити на установчих поверхнях фаски та лиски.	Дана деталь має фаски та лиски на установчих поверхнях.	-

2.2 Вибір технологічних баз

Одним із найскладніших та принципових розділів проектування технологічних процесів є призначення технологічних та вимірювальних баз. Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежить: фактична точність виконання розмірів; правильність взаємного розташування поверхонь; ступінь складності пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів; загальна продуктивність обробки заготовок.

Вихідними даними при виборі баз є: робоче креслення деталі, технічні умови на її виготовлення, вид заготовки та стан її поверхонь, базаний ступінь автоматизації. Вибору баз на першій операції передує визначення поверхонь, що будуть використовуватись як бази на дальших операціях. Такими поверхнями є, як правило, основні бази, від яких задано більшість розмірів, що координують розташування інших відповідальних поверхонь деталі. При виборі технологічних баз ми будемо притримуватися таких рекомендацій:

1. Базові поверхні мають бути простими за формою та мати достатню протяжність. Заготовка повинна займати відповідне місце у пристосуванні під дією власної ваги.
2. Базові поверхні повинні бути чистими для забезпечення однозначності базування. Неприпустимо використовувати поверхні зі слідами роз'єму штампів, ливарних форм, залишками ливникової системи та іншими дефектами.

3. З точки зору експлуатації деталі, чорнові базові поверхні повинні бути найбільш відповідальними. В цьому разі при їх обробці на наступних операціях забезпечується рівномірність припусків та однорідна за якістю поверхня.

4. Після першої операції технологічні бази повинні бути замінені, оскільки двічі використовувати одні й ті ж самі бази вкрай небажано, а в більшості випадків недопустимо.

5. Бази повинні забезпечувати можливість обробки з однієї установки максимальної кількості поверхонь.

Вибір схем базування (правильний вибір) має дуже важливе значення на стадії розробки технологічного процесу виготовлення, так як правильний вибір схем базування деталі дає найвищу якість поверхонь, їх точність, правильну послідовність обробки. Для вибору схем базування використовуємо креслення деталі.

2.3 Маршрути обробки поверхонь

Створюючи маршрут обробки поверхні (МОП), виходимо з того, що кожен наступний метод повинен бути точнішим від попереднього. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки, повинні мати числові значення, за яких можливе нормальне використання дальшого методу обробки, що намічається.

Вибираючи метод обробки поверхонь виходимо з того, яка точність цієї поверхні, її шорсткість та інше. Кількість ступенів обробки приймаємо за формулою:

$$n_p = \lg(\varepsilon)0,46 \quad (2.1)$$

Достатність та економічну доцільність вибору того чи іншого маршруту обробки поверхонь перевіряємо за умовою:

$$\varepsilon_{заг} < \prod_{i=1}^m \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 \dots \varepsilon_m, \quad (2.2)$$

де m – число переходів обробки поверхні.

Перевага надається тому варіанту, який при дотриманні вище вказаної нерівності ближче відповідає рівності:

$$\varepsilon_{заг} = \prod_{i=1}^m \varepsilon_i. \quad (2.3)$$

Потрібно також врахувати типові рекомендації для першого ступеня чорнкової обробки досяжними є величини уточнення $\varepsilon < 6$, для проміжних ступенів напівчистої обробки $\varepsilon = 3 \dots 4$; для ступенів чистої обробки $\varepsilon = 1,5 \dots 2$.

Як правило, для досягнення однієї і тєї ж кінцевої мети можливі декілька варіантів МОП. При цьому число переходів при обробці кожної поверхні в різних варіантах може виявитись різним. Перевагу віддають тому МОП, який забезпечує найкоротший шлях до досягнення мети, тобто необхідно прагнути до можливо меншого числа переходів. В той же час можливі варіанти МОП перевіряють на технологічну сумісність та можливість застосування цих рішень для інших поверхонь того ж типу. При цьому бажано, щоб у маршрутах обробки різних поверхонь, які належать одній деталі, повторюваність методів обробки була максимальною. Це скорочує номенклатуру необхідного різального інструменту та дає змогу проектувати технологічний процес за принципом концентрації операцій з максимальним суміщенням обробки різних поверхонь, зменшує кількість установів, збільшує продуктивність та точність обробки [48].

Результати розрахунків маршрутів обробки поверхонь корпусу занесимо до таблиці 2.2.

Таблиця 22 – Маршрут обробки поверхонь корпусу редуктора

Познач. поверхні	Квалітет точності	Допуск за кресл.	Щорсткість за кр.	Допуск заготовки	Припуск в вал.	Загальне уточн.	Номер маршруту	Можливі маршрути обробки поверхонь	Квалітет після обр	Досягн. допуск	Коеф. уточнення	Загальне уточн.
								Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7	7	0,035	1,25	2	16	57,1	1	Розточування чорнове	11	0,22	9	54
								Розточування напівчистове	8	0,054	4	
								Розточування чистове	7	0,035	1,5	
								Розточування чорнове	11	0,22	9	
								Розточування напівчистове	8	0,054	4	
								Розточування чистове	7	0,035	1,5	
								Розточування чорнове	11	0,16	10	
								Розточування напівчистове	8	0,039	4,1	
								Розточування чистове	7	0,025	1,5	
6	7	0,025	1,25	1,6	16	64	1	Розточування чорнове	11	0,16	10	61,5
								Розточування напівчистове	8	0,039	4,1	
								Розточування чистове	7	0,025	1,5	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
6	7	0,025	1,25	1,6	16	64	2	Розточування чорнове	11	0,16	10	61,5	
								Розточування напівчистове	8	0,039	4,1		
								Розточування тонке	7	0,025	1,5		
4	1	0,04	1,25	2	16	30	1	Розточування чорнове	11	0,25	8	46,8	
								Розточування напівчистове	8	0,063	3,9		
								Розточування чистове	7	0,04	1,5		
								2	Розточування попереднє	11	0,25		8
									Розточування напівчистове	8	0,063		3,9
									Розточування тонке	7	0,04		1,5
5	8	0,054	1,25	1,8	16	33,3	1	Розточування чорнове	12	0,35	5,1	32,6	
								Розточування напівчистове	9	0,087	4		
								Розточування чистове	8	0,054	1,6		

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	8	0,054	1,25	1,8	16	33,3	2	Розточування попереднє	12	0,35	6,3	32,6
								Розточування напівчистове	9	0,087	4	
								Розточування тонке	8	0,054	1,6	
22	8	0,046	1,25	1,8	16	29,7	1	Розточування чорнове	12	0,3	6	38,4
								Розточування напівчистове	9	0,074	4	
								Розточування чистове	8	0,046	1,6	
15	7	0,025	1,25	1,6	16	64	1	Розточування попереднє	12	0,3	7,3	38,4
								Розточування напівчистове	9	0,074	4	
								Розточування тонке	8	0,046	1,6	
15	7	0,025	1,25	1,6	16	64	1	Розточування чорнове	11	0,16	10	61,5
								Розточування напівчистове	8	0,025	4,1	
								Розточування чистове	7	0,025	1,5	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
15	7	0,025	1,25	1,6	16	64	2	Розточування чорнове	11	0,16	10	61,5
								Розточування напівчистове	8	0,039	4,1	
								Розточування тонке	7	0,025	1,5	
18	11	0,25	3,2	2	16	8	1	Фрезерування чорнове	11	0,25	8	8
							2	Фрезерування чорнове	13	0,63	3,1	7,75
								Фрезерування напівчистове	11	0,25	2,5	

При маршруті обробки поверхонь корпусу керуємося застосуванням прогресивних та найекономічніших методів обробки. Таким чином, для усіх поверхонь обираємо 1 номер маршруту.

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Встановивши кількість переходів з обробки поверхонь, намітивши маршрут обробки заготовки з вибором схем базування, приступаємо до проектування операцій технологічного процесу, при цьому слід прагнути підібрати таку структуру операції, яка б забезпечила зменшення штучного часу.

Розробку маршруту технологічних операцій проводимо на підставі вже обраних технологічних маршрутів обробки поверхонь. Розробку маршрутів проводимо для корпусу в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розробка маршруту обробки корпусу

№ операції	Обладнання	Зміст обробки
1	2	3
005 Заготівельна	-	Литво в піщано-глиняні форми, виліток класу точності 9т-9т-7-3 ДСТУ 8833:2019.
010 Термічна	Піч	Низькотемпературне відпалювання: нагрівання до 500...600°C зі швидкістю 50...150°C/год, витримка на протязі 2,5...5 год та охолодження до 250...300°C зі швидкістю 50...150°C/год.
015 Фрезерно-свердильно-різбно-нарізно-розвертальна	Верстат вертикально-фрезерний з ЧПК 6550Ф3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити, зняти. 2. Фрезерувати поверхню (технологічна база). 3. Центрувати отвори. 4. Свердлити 4 отв. $\varnothing 10,25$ наскрізь. 5. Свердлити 6 отв. $\varnothing 8,5$ на глибину 20. 6. Свердлити 2 отв. $\varnothing 8,4$ на глибину 20, витримавши розміри $324 \pm 0,18$; $163 \pm 0,125$; $90 \pm 0,11$. 7. Нарізати різьбу M12-7H наскрізь. 8. Нарізати різьбу M10-7H на глибину 15. 9. Розвернути 2 отвори під $\varnothing 8,5H7$ (технологічна база).

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
<p>020 Фрезерно-розточна-свердлильно-різьбонорізна-розвертальна</p>	<p>Верстат багатопільовий з ЧПК спеціальний ИР500ПМФ4-09</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити, зняти. 2. Фрезерувати пов. у розмір 174 і 140 3. Фрезерувати пов. в розмір 193. 4. Розточити пов. начорно до $\varnothing 122,12$ напівчисто до $\varnothing 124,64$ та зняти фаску $1,6 \times 45^\circ$. 5. Розточити пов. до $\varnothing 125H7^{(+0,04)}$ начисто. 6. Розточити пов. начорно до $\varnothing 87,6$ напівчисто до $\varnothing 89,7$ та зняти фаску $1,6 \times 45^\circ$. 7. Розточити пов. до $\varnothing 93H8^{(+0,046)}$ начисто. 8. Розточити пов. начорно, до $\varnothing 42,92$ напівчисто до $\varnothing 44,74$ та зняти фаску $1,6 \times 45^\circ$. 9. Розточити пов. до $\varnothing 45H7^{(+0,025)}$ начисто. 10. Розточити пов. начорно до $\varnothing 107,37$, напівчисто до $\varnothing 109,85$ та зняти фаску $1,6 \times 45^\circ$. 11. Розточити пов. до $\varnothing 110H7^{(+0,035)}$ начисто. 12. Центрувати отвори. 13. Свердлити $\varnothing 8,5$: 5 отв. на глибину 26 і 2 отв. на глибину 20. 14. Свердлити $\varnothing 10,25$: 4 отв. і 5 отв. на глибину 26. 15. Свердлити начорно отв. $\varnothing 13,5$ наскрізь. 16. Розсверлити отв. $\varnothing 16,5$ на глибину 16. 17. Зенкерувати отв. $\varnothing 13,95$. 18. Нарізати різьбу $KM13 \times 1,5-7H$ в отв. на глибину 12.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
<p>020 Фрезерно-розточна-свердлильно-різбно-різна-розвертальна</p>	<p>Верстат багатопільовий з ЧПК спеціальний ІР500ІМФ4-09</p>	<p>19. Нарізати різь М8-7Н в 5 отв. на глибину 22 і в 2 отв. на глибину 16. 20. Нарізати різьбу М12-7Н в 4 отв. і в 5 отв. на глибину 22. 21. Розвернути отв. під 14Н7(+0,018). Повернути стіл на 90° в гориз. площині. 22. Фрезерувати пов. в розмір 40-2,5 і 20. 23. Розточити пов. начорно до Ø49,74, напівчисто до Ø49,74 та зняти фаску 1,6×45°. 24. Розточити пов. до Ø50Н7(+0,025) начисто. 25. Цеф гувати отв. 26. Свердлити отв. Ø16,5 наскрізь. 27. Свердлити отв. Ø10,25 наскрізь. 28. Нарізати різь КМ18×1,5-7Н на глибину 14. 29. Нарізати різь М12-7Н на глибину 20. Повернути стіл на 90° в горизонтальній площині. 30. Фрезерувати пов. в розмір 164 і 304. 31. Розточити пов. начорно до Ø107,37 напівчисто до Ø109,86 та зняти фаску 1,6×45°. 32. Розточити пов. до Ø110Н7(+0,035) начисто. 33. Розточити пов. начорно до Ø42,92, напівчисто до Ø44,74 та зняти фаску 1,6×45°. 34. Розточити пов. 21 до Ø45Н7(+0,025) начисто 35. Розточити пов. начорно до Ø77,6 напівчисто до Ø79,7 та зняти фаску 1,6×45°. 36. Розточити пов. до Ø80Н8(+0,035) начисто. 37. Точити канавку на пов. глибиною Ø114+0,35.</p>

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
<p>020</p> <p>Фрезерно-розточна-свердлильно-різально-різально-розвертальна</p>	<p>Верстат багатопільовий з ЧПК спеціальний ИР560ПМФ4-09</p>	<p>38. Центрувати отвори.</p> <p>39. Свердлити Ø6,75 5 отв. на глибину 26 і 2 отв. на глибину 20.</p> <p>40. Свердлити 5 отв. Ø10,25 на глибину 26.</p> <p>41. Свердлити наскрізь отв. Ø18,5 і розсвердлити його до Ø 31,5 на глибину 16.</p> <p>42. Нарізати різьбу М8-7Н в 5 отв. на глибину 22 і в 2 отв. на глибину 16.</p> <p>43. Нарізати різьбу М12-7Н в 5 отв. на глиб. 22.</p> <p>44. Зенкерувати отв. Ø18,95.</p> <p>45. Нарізати різьбу М33×1,5-7Н на глибину 14.</p> <p>46. Розвернути отв. Ø19Н7^(+0,021).</p> <p>Повернути стіл на 99° в горизонтальній площині.</p> <p>47. Фрезерувати пов. в розмір 430-2,5 .</p> <p>48. Розточити пов. начорно до Ø49,74, напівчисто до Ø49,74 та зняти фаску 1,6×45° .</p> <p>49. Розточити пов. до Ø50Н7^(+0,025) начисто</p> <p>Повернути стіл на 90° в вертикальній площині</p> <p>50. Фрезерувати пов. в розмір 8.</p> <p>51. Центрувати отв.</p> <p>52. Свердлити отв. Ø22,5 наскрізь.</p> <p>53. Нарізати різьбу М24×1,5-7Н .</p>
<p>025</p> <p>Слюсарна</p>	<p>Верстак слюсарний</p>	<p>1. Нарізати різьбу М10-7Н в 2 отв.</p> <p>2. Притупити гострі крайки.</p>

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
Ø30 Мийна		Промити деталь

2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Проведемо визначення припусків розрахунково-аналітичним методом для Ø110H7(+0,035) мм поверхні корпусу з урахуванням [39], а припуски на інші поверхні – за відповідними таблицями (таблиця 2.4).

За розрахунковим методом мінімальний припуск по кожному з технологічних переходів визначається за формулою:

$$Z_{\min} = 2(R_{z-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (2.4)$$

де R_{z-1} – висота мікронерівностей на попередньому переході;

T_{i-1} – глибина дефектного шару;

ρ_{i-1} – просторові відхилення;

ε_{yi} – похибка установки, яка визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_{np}^2} \quad (2.5)$$

де ε_{σ} – похибка базування заготовки,

ε_s – похибка закріплення заготовки,

ε_{np} – похибка пристосування.

Враховуючи специфіку даної деталі визначаємо складові формули, для заготовки корпусу, отриманої в піщано-глиняній формі із даною схемою затискання, користуючись [39].

Для заготовки:

R_{z-1} - 200 мкм;

T_{i-1} - 200 мкм;

ρ_1 - розташування отвору відносно технологічної бази : $\rho_1 = 1200$ мкм;

ρ_2 - перекіс отвору: $\rho_2 = 312$ мкм;

ρ_3 - короблення отвору: $\rho_3 = 31,2$ мкм;

Загальне значення просторових відхилень буде дорівнювати:

$$\rho = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2 + \rho_3^2} \quad (2.6)$$

Підставивши значення одержимо:

$$\rho = \sqrt{1200^2 + 312^2 + 31,2^2} = 1240 \text{ мкм};$$

$\varepsilon_6 = 1008$ мкм;

$\varepsilon_3 = 220$ мкм;

$\varepsilon_{\text{вп}} = 0$.

Підставивши значення одержимо:

$$\varepsilon = \sqrt{1008^2 + 220^2} = 1032 \text{ мкм}$$

На напівчистовому та чистовому переходах похибка установки $\varepsilon_y = 0$, так як деталь не переустановлюється.

На напівчистовому та чистовому переходах просторові відхилення будуть дорівнювати:

- розточування чорнове $\rho_1 = 0,06 \cdot \rho = 74,4$ мкм;
- розточування напівчистове $\rho_2 = 0,05 \cdot \rho = 62$ мкм;
- розточування чистове $\rho_3 = 0,04 \cdot \rho = 49,6$ мкм.

Результати розрахунку заносимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів при обробці отвору $\varnothing 10H7^{+0,035}$ корпусу

Технологічний перехід	Елемент припуску				Розрах. припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрах. розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір		Граничн. припуск	
	R_z	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	200	200	12,40	-	-	105,348	2000	103,35	105,35	-	-
Розточ. чорнове	100	100	74,4	1032	4026	109,374	220	109,15	109,37	4,02	5,8
Розточ. напівчис	25	25	62	-	549	109,923	54	109,866	109,92	0,55	0,716
Розточ. чистове	5	5	49,6	-	112	110,035	35	110,00	110,035	0,115	0,134

Перевірка

$$2Z_{0 \max} - 2Z_{0 \min} = \delta_s - \delta_d; \quad (2.7)$$

$$2000 - 35 = 4685 - 2037.$$

За отриманими даними будемо графічне розташування припусків та допусків на обробку отвору $\varnothing 10H7^{+0,035}$ корпусу (рисунок 2.1).

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків на обробку отвору $\text{Ø}110\text{H}7^{+0,05}$ корпусу

Таблиця 2.4 Припуски і допуски на поверхні корпуса

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск Z_{\min} , мм	Квалітет	Технолог. допуск, мкм
1	2	3	4	5	6
1	Отвір $\text{Ø}14\text{H}7$	Свердління	13,6	11	220
		Зенкерування	0,45	8	50
		Розвертання	0,05	7	20

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
2	Отвір Ø19H7	Свердління	18,5	11	250
		Зенкерування	0,45	8	50
		Розвертання	0,05	7	20
	Отвір Ø45H7	Розточування чорнове	3,12	11	240
		Розточування напівчистове	1,82	8	100
		Розточування чистове	0,26	7	60
4	Отвір Ø50H7	Розточування чорнове	3,12	11	240
		Розточування напівчистове	1,82	8	100
		Розточування чистове	0,26	7	60
5	Отвір Ø80H8	Розточування чорнове	3,6	11	300
		Розточування напівчистове	2,1	8	170
		Розточування чистове	0,3	7	100
6	Отвір Ø90H8	Розточування чорнове	3,6	11	300
		Розточування напівчистове	2,1	8	170
		Розточування чистове	0,3	7	100
7	Отвір Ø125H7	Розточування чорнове	4,32	11	350
		Розточування напівчистове	2,52	8	170
		Розточування чистове	0,36	7	70

На інших поверхнях припуск знімається за один прохід

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

На даному етапі роботи, спираючись на завдання, потрібно розробити затискне пристосування для обробки корпусу редуктора вантажного автомобіля. Конструкція затискного пристрою повинна бути простою і одночасно надійною. Вона повинна забезпечувати точне базування деталі на верстаті, швидкий її установа та зняття, а також необхідну силу затискання. Таким чином, затискне пристосування повинне задовольняти всім експлуатаційним вимогам та при цьому мати невисоку собівартість виготовлення, так як вона впливає на собівартість виготовлення деталей [3, 11, 14, 25, 26, 41].

Затискне пристосування буде сконструйоване для обробки корпусу, на 020 операцію на багатоцільовому верстаті із ЧПК IP500ПМФ4 С9. Деталь має складну форму та її обробка ведеється з п'яти сторін за один установа. Складальне креслення пристосування представлено у графічній частині.

3.2 Визначення зусилля для затискання

Враховуючи те, що в затискному пристосуванні застосовується пневматичний затиск заготовки, необхідно визначити необхідну силу затиску заготовки, а також її відповідність при тискові повітря в повітряній системі цеху.

Корпус буде встановлюватися підготовленою вже на 015 операції площиною на площину пристосування. Для точного базування деталі на площині пристосування передбачені установочні штифти, на які встановлюється деталь своїми підготовленими отворами. Притискання деталі відбуватиметься до плити пристосування.

Аналізуючи дане закріплення помічаємо, що дана деталь відносно вузька порівняно із своєю висотою. Тому, найвірогіднішим буде її поворот відносно

точки А, при дії сили різання в горизонтальному напрямі із найбільшим плечем. Така сила буде виникати при фрезеруванні площини (операція 020 перехід 2) торцевою фрезою.

Складаємо розрахункову схему із зображенням заготовки у кількості проєкцій, достатній для зображення векторів усіх діючих на заготовку сил, до яких відносяться: сили різання, сили затискання заготовки та моменти від цих сил (рисунок 3.1) [3, 9, 11, 14, 15, 26, 41].

Рисунок 3.1 – Розрахункова схема дії сил на заготовку

Розрахунок основної складової сили різання здійснюємо для операції 020 (переходи 4-5) – чорнове, напівчистове, чистове розточування отвору $\varnothing 110H7$ за стандартною методикою.

Операція 020 (перехід 2) однократне фрезерування: ширина поверхні, що оброблюється $B = 150$ мм; матеріал деталі – СЧ15; матеріал різця – ВК6; $t = 4,0$ мм; $S_{\text{чорн}} = 0,18$ мм/зуб.

1 Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{V_g \cdot D^q}{T^m \cdot S^y \cdot t^z \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V, \quad (3.1)$$

де S , t – подача і глибина різання відповідно;

D – діаметр фрези, $D = 180$ мм;

$C_v = 445$ – коефіцієнт;

m, x, y, q, p, u – показники степеня. За даними [9]: $m = 0,32$; $x = 0,15$; $y = 0,35$;
 $q=0,2$; $p=0$; $u=0,2$,

Z – число зубців фрези, $Z = 16$;

T – необхідний період стійкості інструмента.

Для фрези: $T = 180$ хв.

$K_v = K_M \times K_u \times K_n$ – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання,
де: $K_M = 0,93$ - коефіцієнт, що враховує матеріал деталі;

$K_u = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструмента;

$K_n = 0,8$ - коефіцієнт, що стан поверхні заготовки.

Тоді

$$K_v = 0,93 \times 1,0 \times 0,8 = 0,74.$$

Підраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{445 \cdot 180^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,18^{0,35} \cdot 16^{0,2} \cdot 16^0} \cdot 0,74 = 97,7 \text{ м/хв.}$$

2 Підраховуємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}; \quad (3.2)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 97,7}{3,14 \cdot 180} = 172,8 \text{ (хв}^{-1}\text{)}$$

3 Розрахуємо силу різання при фрезеруванні за формулою:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^q \cdot z \cdot K_{np}}{D^q \cdot n^w}; \quad (3.3)$$

де $C_s = 491$ – коефіцієнт;

x, y, q, w , – показники степеня.

Маємо із [9]: $w = 0,2; x = 1; y = 0,75; q = 1,3; u = 1,1, K_{mp} = 0,95$.

Підраховуємо силу різання P_x :

$$P_x = \frac{10 \cdot 491 \cdot 4^1 \cdot 0,18^{0,75} \cdot 150^{1,1} \cdot 16}{180^{1,3} \cdot 172,8^{0,2}} \cdot 0,95 = 8339,2 \text{ (Н)}.$$

Отже, сила різання $P_x = 4169,6$ Н, знаючи, що вона становить 50% від значення основної складової.

Використовуючи схему дії сил (рисунок 3.1) складемо рівняння для знаходження необхідної сили затиску деталі Q :

$$\sum M_A = 0, \quad -P_x \cdot l_1 + Q \cdot l_2 = 0. \quad (3.4)$$

Звідки:

$$Q = \frac{P_x \cdot l_1}{l_2}. \quad (3.5)$$

де l_1 і l_2 - плечі дії сил, $l_1 = 344$ мм, $l_2 = 55$ мм.

Підставивши значення отримаємо:

$$Q = \frac{4169,6 \cdot 344}{55} = 26078,6 \text{ (Н)}.$$

У нашому випадку кількість гидроциліндрів буде 2, а отже, сила затиску Q зменшується в 2 рази і буде становити $Q = 13039,45$ Н.

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

Розрахунок діаметрів циліндрів проводимо виходячи із формули:

$$Q_{шт} = P_a \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot \eta - P_{пр}; \quad (3.6)$$

де $Q_{шт}$ – сила на штоці пневмоциліндра, при використанні нами додаткових опор для запобігання прогинання штоків під час їх навантаження сила на штоці пневмоциліндра буде рівна: $Q_{шт} = 2Q$, тобто:

$$Q_{шт} = 13039,45 \cdot 2 = 26078,9 \text{ (Н)}$$

P_a - тиск повітря; $P_a = 0,8 \text{ Н/мм}^2$;

D - діаметр поршня;

d - діаметр штока; $d = 22 \text{ мм}$;

η - КПД пневмоциліндра; $\eta = 0,95$;

$P_{пр}$ - сила опору стисненої пружини;

$$P_{пр} = P_0 + jS_0; \quad (3.7)$$

де P_0 - сила попереднього напруження пружини; $P_0 = 50 \text{ Н}$;

j - жорсткість пружини Н/мм; $j = 20 \text{ Н/мм}$;

S_0 - хід поршня; $S_0 = 34 \text{ мм}$;

Вирішуючи, отримаємо:

$$D = \sqrt{\frac{(Q + P_0 + jS_0) \cdot 4}{\pi P_a \cdot \eta}} + d^2; \quad (3.8)$$

Підставивши значення, матимемо:

$$r = \sqrt{\frac{(26078,9 + 50 + 20 \cdot 34) \cdot 4}{3,14 \cdot 0,8 \cdot 0,95}} + 22^2 = 70,5 \text{ (мм)}.$$

Для остаточного прийняття діаметра пневмоциліндрів необхідно урахувати коефіцієнт запалу K :

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5; \quad (3.9)$$

де $K_1 = 1,2$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_2 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує затуплення r_0 ;

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

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує постійність сил затискання;

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує ергономіку затискних пристосувань;

Підставивши значення одержимо:

$$K = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,4.$$

Тоді розрахунковий діаметр циліндра дорівнює:

$$D_p = D \cdot K = 70,5 \cdot 1,4 = 98,7 \text{ (мм)}.$$

Остаточно приймаємо діаметр циліндра $D_0 = 100$ мм.

3.4 Розрахунок на міцність слабкої ланки

Найслабшою ланкою затискного пристосування буде палець (поз. 8 на складальному кресленні), котрий з'єднує п'ятишпальник і шток циліндра. Таким чином,

розрахуємо його на зріз знаючи діюче зусилля. При цьому використовуємо формулу:

$$\tau_3 = \frac{F}{\pi \cdot d^2 / 4} \leq [\tau_3]; \quad (3.10)$$

де $[\tau_3]$ – допустиме напруження на зріз; виходячи з діаметра пальця та матеріалу з якого він зроблений приймаємо $[\tau_3] = 320 \text{ Н/мм}^2$;

F – діюче зусилля, враховуючи, що лівий палець несе навантаження в двох місцях діюче зусилля при зрізанні пальця буде в два рази меншим від зусилля на штоці, тобто $F = 13039,45 \text{ Н}$;

d – діаметр пальця; $d = 10 \text{ мм}$;

Підставимо значення в формулу (3.10):

$$\tau_3 = \frac{13039,45}{\pi \cdot 10^2 / 4} = 166,1 \leq [320] \text{ (МПа)}.$$

Як бачимо, умова міцності виконується.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

При виборі способу отримання заготовки необхідно враховувати: конфігурацію, розміри, масу, матеріал заготовки, кількість отримуваних заготовок, необхідну точність, шорсткість і якість її поверхні, бажаний напрям волокон металу [8, 31, 49].

Великий вплив на вибір способу отримання заготовки мають час, відведений на технологічну підготовку виробництва, (проекування, виготовлення та налагодження штамів, прес-форм та ін.), наявність відповідного технологічного обладнання та бажаний ступінь автоматизації процесу. Вибраний спосіб повинен забезпечувати щонайнижчу вартість деталі. При цьому велике значення має економія металу, що переробляється в стружку.

При техніко-економічному обґрунтуванні добору способу заготовки необхідно порівняти два варіанти технології виготовлення. З можливих варіантів вибираємо той спосіб виготовлення заготовки, що найбільше відповідає заданому критерію оптимізації, який може бути вартість, якість виробу та продуктивності праці. У разі однакової продуктивності праці перевагу віддають варіанту з меншою вартістю, а за рівності вартості більш продуктивному варіанту, але за умови обов'язкового забезпечення заданої якості виробів.

Економічна оцінка добору способу виготовлення заготовки проводиться порівнянням собівартості їх одержання в аналізованих варіантах.

Для порівняння виберемо два способи отримання даної заготовки корпусу: литво в піщано-глиняні форми з ручним та машинним формуванням. Проведемо порівняння їх собівартості одержання

Собівартість заготовки виготовленої литвом [1, 7]:

$$C_{\text{св}} = 0,001 [C_{\text{БВ}} G_{\text{В}} K_{\text{ТВ}} K_{\text{СВ}} K_{\text{МВ}} K_{\text{ГМВ}} K_{\text{СТ}} - (G_{\text{В}} - G_{\text{Д}}) C_{\text{ВХ}}] \quad (4.1)$$

де $C_{БВ}$ – базова ціна 1 т виливків $C_{БВ} = 11500$ грн/т;

$G_{В}$ – маса виливка;

$K_{ТВ}$ – коефіцієнт точності розмірів;

$K_{СВ}$ – коефіцієнт конструктивної складності;

$K_{МВ}$ – коефіцієнт марки матеріалу;

$K_{ПМВ}$ – коефіцієнт програми річного замовлення;

$K_{СТ}$ – коефіцієнт, що враховує зменшення товщини основних стінок виливка відносно базової товщини.

$G_{Д}$ – маса деталі, $G_{Д} = 38$ кг,

$C_{ВХ}$ – собівартість відходів, $C_{ВХ} = 405$ грн./т;

Для виливків виготовлених у піщано-глиняних формах з ручним формуванням обираємо коефіцієнти:

$$G_{В} = 60 \text{ кг}; \quad K_{МВ} = 1;$$

$$K_{ТВ} = 1; \quad K_{ПМВ} = 1,13;$$

$$K_{СВ} = 1; \quad K_{СТ} = 1,21.$$

Підставивши значення одержимо:

$$СВ = 0,001 [11500 \cdot 60 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 1,21 \cdot (60 - 38) \cdot 405] = 934,5 \text{ (грн.)}.$$

Для виливків виготовлених у піщано-глиняних формах з машинним формуванням обираємо коефіцієнти:

$$G_{В} = 47,5 \text{ кг}; \quad K_{МВ} = 1;$$

$$K_{ТВ} = 1; \quad K_{ПМВ} = 1,13;$$

$$K_{СВ} = 1; \quad K_{СТ} = 1,15.$$

Підставивши значення одержимо:

$$СВ = 0,001 [11500 \cdot 47,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 1,15 \cdot (47,5 - 38) \cdot 405] = 706 \text{ (грн.)}.$$

Економічний ефект на програмі запуску в цьому випадку буде становити для корпусу:

$$E = (934,5 - 706) \cdot 640 = 146240 \text{ (грн.)}$$

Як видно із розрахунків, вартість виготовлення відрізняється більш, ніж істотно. Тому обираємо литво в піщано-глиняні форми з машинним формуванням.

4.2 Проблеми організації охорони праці на підприємстві

Як відомо, машинобудування є однією із найважливіших галузей України. Однією із важливих складових кожного підприємства є збереження життя та здоров'я безпосередніх учасників технологічного процесу, а саме робітників [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50].

У своїй професійній діяльності людина неминує підлягає небезпеці. За умов виробництва на людину діють техногенні небезпеки, що також називаються небезпечними та шкідливими факторами виробництва. На кожному підприємстві необхідною складовою повинно бути: організоване навчання, перевірка знань вимог охорони праці керівників, спеціалістів, а також уповноважених осіб із охорони праці; організований контроль за розробкою та опрацюванням інструкцій із охорони праці; організована робота щодо спеціальної оцінки умов праці; для працюючих за шкідливих та небезпечних умов праці розроблено норми на спеціальний одяг, засоби індивідуального захисту, взуття, знезаражувальні та змащувальні засоби, молоко та рівнозначні харчові продукти.

Для того, щоб визначити клас умов праці необхідно провести спеціальне оцінювання робочих місць, що зафіксує наявність небезпечних та шкідливих факторів технологічного процесу, порушень умов праці робітників. Найбільш поширеним шкідливим фактором є хімічний. Їдкі, вогне- та вибухонебезпечні речовини, наявність яких необхідна для виконання технологічних операцій. Важкість праці характеризується фізичним динамічним навантаженням, вагою

вантажів, що піднімаються та переміщуються, загальною кількістю одноманітних робочих рухів та переміщеннями у просторі. Усе це має підвищений ступінь показовості у трудовій діяльності. Робота на металорізальних верстатах (токарних, фрезерних та ін.), переміщення мостових кранів, робота ударним та пневматичним обладнанням піднімають загальний рівень шуму. Наведені фактори можуть призвести до профзахворювань. Для того, щоб розслідувати обставини та фактори виникнення професійного захворювання створюється комісія із залученням компетентних спеціалістів та представника профспілкового комітету. Понад 2/3 робітників не зацікавлено у виявленні у них профзахворювань. Їх влаштовують доплати, надбавки, компенсації за роботу у шкідливих умовах.

Відповідно до чинного законодавства праця людей, що пов'язана зі шкідливими та небезпечними умовами, оплачується у підвищеному розмірі. Працівники, робота яких відбувається за шкідливих умов, повинні отримувати щорічну додаткову відпустку не менше двох тижнів. Працівникам, що працюють зі шкідливими умовами праці, безкоштовно видають лікувально-профілактичне харчування за встановленими нормами. Роботодавці зобов'язаний забезпечувати працівників, що працюють у шкідливих умовах спеціальним одягом, засобами індивідуального захисту, а також здійснювати медичні огляди.

Для розслідування нещасних випадків на виробництві створюється спеціальна комісія. За результатами роботи якої визначаються заходи щодо попередження випадків травматизму: проведення позапланового інструктажу для усіх робітників підприємства; перегляд та оновлення документації із пожежної безпеки; проведення навчання у спеціалізованих організаціях за програмою пожежно-технічного мінімуму як спеціалістів, так і керівників підприємства.

Отже, діяльність із охорони праці спрямована на запобігання нещасних випадків, збереження життя та здоров'я робітників підприємства. Це є пріоритетним завданням керівника машинобудівного підприємства. Усі нещасні випадки на виробництві тягнуть за собою економічні та моральні витрати. Тому

забезпечення вимог з охорони праці, підтримка високого рівня безпеки праці – головне завдання усіх підприємств галузі.

4.3 Машинобудування та докiлля

Машинобудування є галуззю, що виробляє різноманітні машини, прилади та інші товари. Це найбільш чисельна за складом галузь промислового виробництва. Загалом машинобудування поділяється на загальне; важке; середнє; точне; виробництво металевих виробів та заготовок. Машинобудівна виробляє до 35% викидів, що завдають шкоди довкіллю. Найбільш шкідливими є ливарне виробництво; цехи обробки металів; гальванічне виробництво; лакофарбове виробництво; зварювальне виробництво.

Ливарне виробництво є найбільш небезпечним. Під час виробництва чавуну виділяються та потрапляють до атмосфери оксиди азоту та вуглецю, окис та двоокис сірки, пил, аміак, фенол, ціанід, формальдегід. У водойми потрапляють: тверді речовини, що входять до складу формувальних сумішей.

Цехи металообробки мають основними забруднювачами масла та металевий пил. Вони потрапляють до атмосфери, ґрунтів та води. На тону обробленого металу припадає близько 250 кг відходів та більше. Також під час роботи металорізальних верстатів у повітря випаровуються змащувально-охолоджувальні рідини.

У гальванічних цехах використовується значна кількість води, якщо порівнювати із іншими видами виробництва галузі. Унаслідок цього, утворюється значна кількість стічних вод. Внаслідок нікелювання, хромування, мідніння, цинкування та ін. до водойм потрапляє безліч шкідливих речовин. Серед них переважають метали та їх солі.

Лакофарбове виробництво містить екологічну небезпеку за рахунок фарб та лаків, що використовуються у технологічних процесах. Близько 40 найменувань

шкідливих речовин, серед яких свинець, епіхлоргідрін, гексаметилендіамін потрапляють до атмосфери.

Зварювальне виробництво характеризується зварювальним пилом, парами аерозолів до складу якого входять оксиди кремнію, хрому, фториди, з'єднання марганцю. Максимум виділень утворюється під час електродугового зварювання, а мінімум – зварювання під шаром флюсу.

Забруднення біосфери відходами підприємств машинобудування завдає шкоди як рослинному та тварин, також людині.

У промислових районах актуальним є забруднення повітря сірчастим, вуглекислим, чадним газами, оксидами азоту, з'єднаннями фтору та хлору; важкими металами. Насичене цими речовинами повітря стає причиною переважно легеневих захворювань.

Отже, зменшення кількості шкідливих викидів до атмосфери внаслідок діяльності промислових підприємств є одним із пріоритетних напрямків захисту довкілля.

ВИСНОВКИ

Відповідно до отриманого завдання на кваліфікаційну роботу здобувача вищої освіти та за результатами її виконання зроблено наступні висновки.

1 Визначено службове призначення редуктора вантажного автомобілю, що широко використовується підприємствами сільськогосподарського виробництва. Проведено аналіз деталі типу корпус. Охарактеризовано конструкційний матеріал, надано рекомендації стосовно замінника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 110H7^{+0,035}$ мм розрахунково-аналітичним методом. На інші поверхні деталі припуски визначено довідниковим способом.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки корпусу. Здійснено розрахунки зусилля різання, затиску, параметрів силового приводу, а також проведено розрахунки слабкої ланки пристосування.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки корпусу вантажного автомобілю. Річний економічний ефект для програми запуску 640 шт. склав 146240 грн. Крім того, наведено проблеми охорони праці на машинобудівному підприємстві. Розглянуто шкідливий вплив машинобудування на довкілля.

5 У графічній частині наведено складальний кресленик редуктора вантажного автомобілю, робочий кресленик корпусу, кресленик заготовки корпусу, складальний кресленик затискного пристосування.