

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: «Підготовка машинобудівного виробництва з виготовлення корпусу
клапану керування гальмами причепу автопоїзду-зерновозу»

КРБ.133ГМбд_41.04.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_41
КОРНІЄНКО Валентин

Керівник: канд. техн. наук, доцент
ПОПОВ Станіслав

Полтава – 2024 року

ВСТУП

Як відомо, крани керування гальмами призначені для регулювання гальмівних елементів причепів та переміщує основне повітря від основного джерела до інших споживчих елементів. Останні можуть функціонувати у синхронному режимі, а також окремо.

Саме тому розробка та удосконалення деталей та вузлів обладнання для високоефективної роботи гальмівних пневматичних систем автомобілів, що широко використовуються на об'єктах сільськогосподарського виробництва, є важливою науково-технічною задачею.

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною клапану керування, що призначений для забезпечення належної роботи гальмівної системи вантажних транспортних засобів.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є клапан керування гальмами причепа автопоїзду-зерновозу з двопривідним приводом з клапаном обриву, 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 деталі, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;
- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним методом;
- сконструювати затискне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також здійснити його розрахунок;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також запропонувати технічні та організаційні заходи із 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 даній кваліфікаційній роботі на розгляд виноситься один із вузлів клапана керування гальмами причепа з двопривідним приводом з клапаном обриву. Клапан керування гальмами причепа з двопривідним приводом з клапаном обриву призначений для використання у двохконтурній пневматичній гальмівній системі автопоїздів-зерновозів та колісних тягачів. Керується пневматично від двоконтурного гальмівного крана, а також автономно від ручного крана зворотної дії керування гальмом, стоянки, або запасної гальмівної системи і забезпечує швидке і регульоване наповнення стиснутим повітрям керуючої магістралі причепа. У разі розгерметизації або непідключення керуючої магістралі причепа, забезпечує автоматичне його загальмовування.

Технічна характеристика:

- максимальний робочий тиск, МПа	0,8;
- приєднувальна різьба	M16×1,5;
- маса, кг	2,6;
- температурний інтервал, С	-45°...+60°.

Принцип дії клапана керування гальмами причепа полягає в наступному: у розгальмованому стані до відведень II і V (рисунок 1.1) клапана постійно подається стиснуте повітря, від ручного крана зворотної дії і повітряного балона, який впливаючи зверху на діафрагму 26 і знизу на середній поршень 17 утримує поршень в нижньому положенні. При цьому сполучна магістраль управління гальмами причепа, вихід IV, через отвори в клапані 25 і поршні сполучена з атмосферним виходом VI. При подачі стиснутого повітря від однієї секції гальмівного крана до виходу III поршні 23 і 24 одночасно переміщуються вниз. Поршень 24 сідає своїм сідлом на клапан 25, перекриваючи отвір, який сполучає вихід IV з атмосферним виходом VI, а потім відриває клапан 25 від сідла

поршня 17. При цьому стиснуте повітря від виходу V потрапляє до виходу IV і далі в магістраль управління гальмами причепа до тих пір, поки його дія знизу на поршні 23 і 24 урівноважиться тиском стиснутого повітря підведеного до виходу III над поршнем. Після цього клапан 25 під дією пружини 14 сідає на сідло поршня 17, перекриваючи доступ стиснутого повітря від виходу V до виходу IV.

Рисунок 1.1 – Клапан керування гальмами причепа із двопривідним приводом з клапаном обриву

Таким чином відбувається слідкуюча дія. При розгальмуванні причепа зменшується тиск на виході III і поршні 23 і 24 під дією пружин 8 і 28 тиск стиснутого повітря у виході IV переміщаються вгору. Сідло поршня 24 відривається від сідла клапана 25, і вихід IV сполучається з атмосферним виходом VI. При подачі стиснутого повітря до виходу I, під діафрагму 26 від іншої секції гальмівного крана, поршні і 17 разом з клапаном 25 піднімаються вгору. При цьому клапан 25 сідає на сідло поршня 24, перекриваючи атмосферний вихід. При подальшому переміщенні поршня 3 клапан 25 відривається від сідла і стиснене повітря від виходу V поступає до виходу IV і далі в магістраль управління

гальмами причепа до тих пір, поки його дія на поршень 17 зверху не урівноважиться тиском на діафрагму 26 знизу. Після чого клапан 25 сідає на сідло в поршні 17, перекриваючи доступ повітря з виходу V до виходу IV.

При розгальмуванні причепа, тиск у виході I, а також під діафрагмою 26 падає, поршні і 17 переміщаються вниз. Клапан 25 відривається від сідла у поршні 24, повідомляючи вихід IV з атмосферним виходом VI.

Стиснуте повітря може одночасно підводитися до виходів I і III. При цьому відбувається одночасне переміщення поршнів 23 і 24 вниз, а поршнів і 17 вгору. Заповнення магістралі причепа, що управляє, виходом IV, і випуск з неї стиснутого повітря відбувається аналогічно описаному вище. При підводі стиснутого повітря до виходу III або одночасно до висновків III і I, тиск у виході IV, сполученому з магістраллю управління гальмами причепа, перевищує тиск, підведений до виходу III. Цим забезпечується випереджаюча дія гальм причепа. Перевищення тиску на виході IV регулюється гвинтом 22 і складає 0,06 МПа (0,6 кгс/см). При укручуванні гвинта тиск збільшується, при вивертанні зменшується. При гальмуванні причепа запасною або стоянкою гальмівною системою тягача тиск стиснутого повітря у виході II над діафрагмою 26 падає. Стиснуте повітря, що подається до виходу V, переміщає поршні 1 і 3 вгору, клапан 25 сідає на сідло в поршні 24, перекриваючи атмосферний вихід VI. При подальшому пересуванні клапан 25 відривається від сідла в поршні 17 і відбувається перепускання стиснутого повітря з виходу V у виведення IV керуючої магістралі причепа, до тих пір, поки тиск стиснутого повітря знизу на поршень 17 не урівноважиться тиском над поршнем 17 і діафрагмою 26. Таким чином здійснюється стежача дія.

У розгальмованому стані під дією пружини 39 поршень 4 знаходиться у верхньому положенні. При гальмуванні автотранспортного засобу стиснуте повітря з виходу III потрапляє в порожнину А, діє на поршень 4 зверху і, долаючи зусилля пружини 39, зрушує його вниз. Якщо розгерметизації керуючої магістралі немає, тиск що потрапляє в порожнину Б, впливаючи на поршень 4 знизу піднімає його у верхнє положення. Таким чином поршень 4 знаходиться в постійному русі.

Якщо керуюча магістраль IV розгерметизована, то при гальмуванні відбувається різке падіння тиску в ній і в порожнині Б. Поршень 4 під впливом керуючого тиску в порожнині А переміщається до упору вниз, замикаючи таким чином від виходу V до виходу IV стиснуте повітря, що подається і запобігаючи тим самим витіканню повітря з ресивера в атмосферу. Одночасно відбувається зниження тиску в живлячій магістралі причепа, що приводить до загальмовування причепа.

Деталлю, що виноситься на детальний розгляд, є корпус (рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 – Корпус

Деталь типу корпус клапана належить до тіл обертання. Він має форму циліндра із зовнішнім діаметром 52 мм. Загальна висота становить 98 мм. Корпус має декілька внутрішніх діаметрів: $44^{+0,25}_{\text{мм}}$, $42^{+0,15}_{\text{мм}}$, 37 мм, $30^{+0,21}_{\text{мм}}$, 24мм, $17^{+0,11}_{\text{мм}}$, $12,1^{+0,18}_{\text{мм}}$.

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі «Корпус» заповнюємо таблицю 1.1 (рисунок 1.2), у якій наведені дані про точність виготовлення та якість обробки [3, 9, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Таблиця 1.1 – Аналіз точності деталі «Корпус»

№ пов.	Назва поверхні (елементу)	Розмір з відхиленням	Квалітет точності	Шорсткість Ra, мкм
1	2	3	4	5
1	Циліндрична	$\varnothing 44,5^{+0,25}$	H11	6,3
2	Циліндрична	$\varnothing 42^{+0,16}$	H11	6,3
3	Циліндрична	$\varnothing 37^{+0,62}$	H14	12,5
4	Циліндрична	$\varnothing 30^{+0,21}$	H12	1,6
5	Циліндрична	$\varnothing 24^{+0,52}$	H14	12,5
6	Циліндрична	$\varnothing 17^{+0,11}$	H11	1,6
7	Циліндрична	$\varnothing 12,1^{+0,18}$	H12	12,5
8	Циліндрична	$\varnothing 4^{+0,12}$	H12	12,5
9	Циліндрична	$\varnothing 15 \pm 0,27$	H13	6,3
10	Циліндрична	$\varnothing 16^{+0,11}$	H11	3,2
11	Циліндрична	$\varnothing 8$	H11	12,5
12	Циліндрична	$\varnothing 9,5$	H12	12,5

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
13	Торець	$1,9^{+0,14}$	H13	6,3
14	Торець	6	js15	6,3
15	Торець	8	js13	3,2
16	Торець	29	js15	6,3
17	Торець	$47 \pm 0,195$	js13	6,3
18	Торець	50	js15	12,5
19	Торець	$53 \pm 0,23$	js13	6,3
20	Торець	$71 \pm 0,23$	js13	12,5
21	Торець	$86 \pm 0,87$	js15	3,2
22	Торець	98	js16	12,5
23	Торець	$2,5 \pm 0,2$	js15	3,2
24	Торець	$20 \pm 0,65$	js16	3,2
25	Торець	$4 \pm 0,15$	js14	6,3
26	Фаска	$1 \times 30^\circ$	H14/2	3,2
27	Фаска	$0,8 \times 4^\circ$	H14/2	12,5
28	Фаска	$1 \times 45^\circ$	H14/2	3,2

Виконавши аналіз параметрів точності деталі робимо висновок – шорсткість поверхні відповідає вимогам точності. Найточніший розмір $\varnothing 16^{(+0,11)}$. Найнижча шорсткість $R_a = 1,6$ мкм. Деталь легко виготовляється в умовах машинобудівного виробництва.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Для виготовлення деталей корпусу клапана застосовується ливарний алюмінієвий сплав АК5М2 ДСТУ 2839-94.

Вибір матеріалу АК6М2 обумовлюється тим, що цей сплав дозволяє виливати заготовки будь-якої складності та конфігурації, при цьому отримується найбільш низький відсоток браку при литті, ніж при виготовленні однотипних деталей із чорних металів. Крім цього алюмінієві сплави мають високі корозійні властивості, приймаючи до уваги наявність тонкої захисної плівки Al_2O_3 , малу питому вагу ($2,7 \text{ г/см}^3$, проти $7,5 \text{ г/см}^3$ у чорних металів) [24, 37].

За своїми хіміко-фізичними властивостями (добрі ливарні параметри, герметичність та відсутність гарячих усадочних тріщин, задовільна оброблюваність різанням) із всіх груп ливарних алюмінієвих сплавів, які використовуються для виготовлення корпусних деталей, найбільш підходять три групи:

а) сплави I групи, на основі потрійної системи алюміній-кремній-магній (Al-Si-Mg) марок АК7, АК7ч, АК7пч;

б) сплав II групи, на основі потрійної системи алюміній-кремній-мідь (Al-Si-Cu) марки АК5М2;

в) сплав V групи, на основі системи алюміній-інші елементи (Al-Si-Mg-Zn) марки АК7Ц9.

Термічна обробка:

- сплави I і II групи – закалювання та короткочасне (неповне) штучне старіння;

- сплав V групи – природне старіння протягом однієї доби.

Сплав АК5М2, з якого виготовлені дані деталі – алюмінієвий сплав на основі системи алюміній-кремній-мідь з часткою кремнію – 4,5-6,5%, міді – 1,5-3%.

Цей сплав призначений для виготовлення фасонних відливок. Ливарні властивості та оброблюваність різанням відповідні до вимог, корозійна стійкість задовільна, рівень робочої температури не більше 250°C .

Хімічний склад і властивості матеріалу наведені нижче в таблиці 1.2. Також у цій таблиці приведено марку, хімічний склад та властивості матеріалу, яким можна замінити базовий матеріал.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад та механічні властивості корпусу

Марка матеріалу	Хімічний склад, %						Механічні властивості		
	Al	Mg	Si	Mn	Cu	Ti	σ_s , МПа	σ_0 , МПа	δ , %
AK5M2	Основа	0,35-0,6	4,5-6,5	0,6-0,9	1,5-3,0	0,08-0,15	210	270	0,45
AK5M7	Основа	0,15-0,35	4,5-6,5	—	6,0-8,0	—	160	230	—
AL5-1	Основа	0,4-0,55	4,5-5,5	—	1,0-1,5	0,08-0,15	180	210	0,5

Враховуючи механічні властивості, можна зробити висновок, що як замінники обраного сплаву можна використовувати сплави AK5M7, AL5-1. Ці сплави мають дещо нижчі показники, які характеризують механічні властивості, при застосуванні термічної обробки (штучне старіння без попереднього закалювання, або із закалюванням) їх можна підвищити, але вартість виробу при цьому зросте. Приймаючи до уваги те, що в першу чергу треба враховувати економічну доцільність і те, що нам невідомі умови роботи деталі у вузлі, то залишаємо марку матеріалу, що призначив конструктор, тобто – AK5M2.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях клапану керування гальмами причепа у кількості 600 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

$$N_{зан} = (N_{вин} + N_{зч}) \cdot (1 + k_{бр}), \quad (1.1)$$

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

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

$k_{бр}$ – коефіцієнт, що враховує технологічні витрати, які неможливо уникнути. Приймаємо рівним 2-3% від сумарної кількості виробів, що формують програму випуску та йдуть на запчастини.

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

Максимальна маса оброблюваних заготовок деталей вузла не перевищує 3 кг, тому за [34] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Конструкція клапана керування гальмами є не досить складною, незважаючи на велику кількість складових. Конструкція дозволяє проводити складання без особливих зусиль, деякі підвузли потрібно складати поза корпусом. Точність деталей практично виключає підгінні операції. При проведенні поточних технічних оглядів та ремонтів клапан управління гальмами легко складається [23].

Точність виконання основних функціональних поверхонь забезпечує нормальне функціонування вузла. Базові поверхні складальних одиниць, якими вони будуть установлюватися у вузол, оброблені достатньо точно, з точки зору точності та визначеності базування. Регулювання та контроль роботи також проводиться без розбирання. Складові частини мають таку конструкцію, що забезпечує задану точність розташування їх у вузлі.

Загалом конструкцію клапана управління гальмами причепа з двопривідним приводом з клапаном обриву можна вважати технологічною і придатною для виготовлення та експлуатації відповідно до технічних вимог.

Аналіз на технологічність деталі проводимо у відповідності до вимог на технологічність при автоматизованому виробництві і результати аналізу заносимо до таблиці 2.1.

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

Під час аналізу креслення деталі було виявлено, що вона практично повністю відпрацьована на технологічність для середньосерійного типу виробництва, так як затрати на наладку верстатів будуть порівняно невеликі з економією матеріалу і часу.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність корпусу

№ з.п.	Показники і вимоги до технологічності	Висновки по показниках технологічності	Заходи по покращенню технологічності
1	2	3	4
1.	Наявність зручних технологічних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки.	Так, технологічно.	При обробці зовнішніх та внутрішніх поверхонь закріплення в патроні самоцентруючому.
2.	Чи необхідні додаткові ребра жорсткості?	Ні, технологічно.	Деталь достатньо жорстка.
3.	Наявність глухих отворів.	Ні, технологічно.	-
4.	Наявність отворів глибиною більше 8d?	Ні, технологічно	+
5.	Чи можлива багато інструментальна обробка?	Так, технологічно	Розміри та конструкція деталі дозволяє багато-інструментальну обробку.
6.	Чи є внутрішні торці, які необхідно оброблювати?	Так, технологічно	Уникати обробки внутрішніх торців, але у даному випадку це неможливо.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
7.	Чи є скоси або пази під кутом, відмінним від 45°?	Так, є.	-
8.	Чи наявні отвори, не перпендикулярні поверхні?	Так, нетехнологічно.	-
9.	Чи є в конструкції деталі різьби, менші М6?	Ні, технологічно	-
10.	Точність литва заготовки.	-	Бажано відливки 1-го класу точності.
11.	Чи від однієї бази проставлені розміри?	Ні, нетехнологічно.	Необхідний перерахунок, враховуючи методи обробки.

Заготовку корпусу в зв'язку зі складністю процесу виготовлення відливка запропоновано виконувати литвом у кокіль.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

При виготовленні заготовки корпусу клапана пропонується 2 методи литва: піщано-глинисті форми та литво в кокіль. Техніко-економічне обґрунтування буде проведено пізніше.

У базовому технологічному процесі використовується універсальне обладнання, а тому і застосовується звичайний різальний інструмент.

Використання прогресивного різального інструмента дозволяє зменшити кількість переходів механічної обробки поверхонь, також зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище завдяки використанню екологічних мастил та мінімальному їх застосуванню при охолодженні зони різання.

У діючому технологічному процесі для контролю застосовуються універсальні прилади, що збільшує час вимірювання, а разом з тим і штучний час. Запропоновано використовувати спеціальний вимірювальний та контрольний інструмент.

2.3 Маршрути обробки поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та іншими критеріями [3, 6, 9, 11, 13, 18, 21]. Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \dots \frac{T_{i-1}}{T_i} \dots \frac{T_{n-1}}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n = \prod_i^n \varepsilon_i, \quad (2.1)$$

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

T_3, T_D, T_i – відповідно допуски для заготовки, деталі, окремого ступеня обробки.

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно враховувати типові рекомендації: для першого ступеня чорнової обробки досяжними є величини уточнення $\varepsilon < 6$; для проміжних ступенів напівчистої обробки $\varepsilon = 3 \dots 4$; для ступенів чистої обробки $\varepsilon = 1,5 \dots 2$.

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

$$n_p = \lg(\varepsilon) / 0,46. \quad (2.2)$$

Можливі методи обробки поверхні деталі корпусу подано у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Методи обробки деталі «Корпус»

№ поверхні	Квалітет точності	Допуск за кресленням, δ_d , мкм	Шорсткість R_a за кресленням	Допуск заготованки, δ_z , мкм	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнений допуск, мкм	Проміжний ступень уточнення	Загальне уточнення
						Номер маршруту	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	11	200	6,3	3200	16		Обточування одноразове	11	200	16	16
12	13	180	6,3	2800	15,56		Обточування одноразове	13	180	15,56	15,56
10	11	160	6,3	2800	17,5		Обточування одноразове	11	160	17,5	17,5
14, 15	12	84	1,6	2400	28,57	1	Зенкерування одноразове	14	200	12	28,57
						2	Розгортання одноразове	12	84	2,38	
6,7	11	43	3,2	2400	55,81	1	Зенкерування одноразове	13	220	10,91	55,81
						2	Розгортання одноразове	11	43	5,12	
16, 17	12	180	12,5	2400	13,33	1	Свердління	14	200	12	13,33
						2	Розгортання одноразове	12	180	1,11	
3,4	14	620	12,5	2800	4,52		Зенкерування одноразове	14	620	4,52	4,52

Більш економічним є 1-ий варіант обробки, бо задані параметри точності поверхні досягаються на найменшій кількості верстатів. Це дає змогу економити при формуванні верстатного парку підприємства.

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі будуємо на основі етапів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва та базування (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Принципова схема маршруту обробки деталі «Корпус»

Операція	Зміст переходів
1	2
Операція 005 Заготівельна	Литво в кокіл матеріал АК5М2 НВ 65...70. Операція виконується на машині для литва МЛ-20.
Операція 010 Вертикально-фрезерна	Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. Фрезерувати поверхню, витримуючи розмір $45 \pm 0,3$ мм. Операція виконується на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6Р11.
Операція 015 Радіально-свердлильна	Встановити та закріпити деталь. Притупити гостру кромку в отворі $\varnothing 9,5$ мм, витримуючи розмір $0,1 \dots 0,5$ мм. Зняти, перевстановити та закріпити деталь. Притупити гостру кромку в отворі $\varnothing 9,5$ мм, витримуючи розмір $0,1 \dots 0,5$ мм. Зняти, перевстановити та закріпити деталь. Притупити гостру кромку в отворі $\varnothing 9,5$ мм з протилежної сторони, витримуючи розмір $0,1 \dots 0,5$ мм. Операція виконується на радіально-свердлильному верстаті моделі 2Н125.
Операція 020 Автоматна токарна	Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. Продути пристосування стиснутим повітрям. Підрізати торець, витримуючи розмір $12 \pm 0,35$ мм. Свердлити отвір, витримуючи розміри $86 \pm 0,87$ мм та $\varnothing 11,5^{+0,43}$ мм. Зенкерувати отвір, витримуючи розміри $71 \pm 0,23$ мм, $47 \pm 0,195$ мм, $\varnothing 29,4^{+0,33}$ мм, $\varnothing 16,5^{+0,27}$ мм. Зенкерувати отвори, витримуючи розміри $\varnothing 24^{+0,52}$ мм, $\varnothing 37^{+0,62}$ мм, $29 \pm 0,26$ мм, $53 \pm 0,23$ мм. Розгорнути отвір, витримуючи розміри $\varnothing 16,97^{+0,043}$ мм, $71 \pm 0,23$ мм. Точити канавку, витримуючи розміри $1,9^{+0,14}$ мм, $4_{+0,3}$ мм, $\varnothing 42^{+0,16}$ мм, $\varnothing 44,5^{+0,2}$ мм, $8 \pm 0,18$ мм, $0,1 \dots 0,3$ мм. Розгорнути отвори, витримуючи

Продовження таблиці 2.3

1	2
	розміри $\varnothing 29,97^{+0,084}$ мм, $47 \pm 0,195$ мм, $86 \pm 0,87$ мм, $\varnothing 12,1^{+0,18}$ мм. Розсвердлити фаски, витримуючи розміри $0,1 \dots 0,5$ мм, $1 \pm 0,4 \times 45^\circ$, $1 \pm 0,4 \times 45^\circ$. Операція виконується на токарному восьми шпindelьному патронному автоматі моделі 1Б240П-8К.
Операція 025 Радіально-свердлильна	Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. Свердлити послідовно 2 отвори, витримуючи розміри $52 \pm 0,4$ мм, $\varnothing 9,5^{+0,36}$ мм, $46 \pm 0,31$ мм. Операція виконується на радіально-свердлильному верстаті моделі 2Н125.
Операція 030 Вертикально-фрезерна	Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. Фрезерувати поверхню, витримуючи розмір $96 \pm 0,87$ мм. Операція виконується на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6Р11.
Операція 035 Радіально-свердлильна	Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. Свердлити два отвори, витримуючи розміри $\varnothing 4$ мм, $50 \pm 0,4$ мм, $11 \pm 0,3$ мм. Операція виконується на радіально-свердлильному верстаті моделі 2Н125.
Операція 040 Радіально-свердлильна	Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. Зенкерувати два отвори послідовно, витримуючи розміри $2,5 \pm 0,2$ мм, $\varnothing 15^{+0,27}$ мм, $50 \pm 0,4$ мм, $11 \pm 0,3$ мм, $0,4 \pm 0,2$ мм. Операція виконується на радіально-свердлильному верстаті моделі 2Н125.
Операція 045 Радіально-свердлильна	Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. Свердлити отвір, витримуючи розміри $25 \pm 0,165$ мм, $4 \pm 0,15$ мм, $1 \pm 0,4 \times 45^\circ$, $\varnothing 4^{+0,12}$ мм, $120^\circ \pm 2^\circ$. Операція виконується на радіально-свердлильному верстаті моделі 2Н125.

Продовження таблиці 2.3

1	2
Операція 050 Радіально-свердлильна	Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. Свердлити отвір, витримуючи розміри $80 \pm 0,4$ мм, $\varnothing 8^{+0,36}$ мм. Операція виконується на радіально-свердлильному верстаті моделі 2Н125.
Операція 055 Радіально-свердлильна	Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. Свердлити отвір, витримуючи розміри $15 \pm 0,35$ мм, $\varnothing 15^{+0,43}$ мм, $80 \pm 0,4$ мм. Операція виконується на радіально-свердлильному верстаті моделі 2Н125.
Операція 060 Радіально-свердлильна	Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. Зенкерувати отвір, витримуючи розміри $15 \pm 0,35$ мм, $1 \pm 0,4 \times 30^\circ$, $\varnothing 15,97^{+0,43}$ мм, $80 \pm 0,4$ мм. Операція виконується на радіально-свердлильному верстаті моделі 2Н125.
Операція 065 Розкатка	Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. Розкатати отвори, витримуючи розміри $15 \pm 0,35$ мм, $\varnothing 16^{+0,11}$ мм, $80 \pm 0,4$ мм. Операція виконується на радіально-свердлильному верстаті моделі 2Н125.
Операція 070 Вертикально-фрезерна	Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. Фрезерувати поверхню, витримуючи розмір $32 \pm 0,4$ мм. Операція виконується на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6Р11.
Операція 075 Радіально-свердлильна	Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. Зенкерувати та свердлити отвір одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 8^{+0,36}$ мм, $20 \pm 0,65$ мм, $0,8 \times 45^\circ$, $\varnothing 14^{+0,3}$ мм, $80 \pm 0,4$ мм. Операція виконується на радіально-свердлильному верстаті моделі 2Н125.

Продовження таблиці 2.3

1	2
Операція 080 Різьбонарізна	Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. Нарізати різьбу, витримуючи розміри $80 \pm 0,4 \text{ мм}$, $16 \times 1,5-7 \text{ Н}$, 14 min . Операція виконується на різьбонарізному верстаті моделі 2056.
Операція 085 Розкатка	Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. Розкатати отвір, витримуючи розміри $47 \pm 0,195 \text{ мм}$, $\varnothing 30^{+0,21}_{-0,11} \text{ мм}$. Розкатати отвір, витримуючи розміри $71 \pm 0,23 \text{ мм}$, $\varnothing 17^{+0,11}_{-0,08} \text{ мм}$. Операція виконується на радіально-свердлильному верстаті моделі 2Н125.
Операція 090 Випробування пневматичні	Встановити, вивірити, закріпити та зняти деталь. Подати повітря під тиском $0,6 \dots 0,8 \text{ Мпа}$. Перевірити обмилюванням герметичність зовнішніх поверхонь. Витік повітря не допускається. Вимкнути кран подачі повітря. Зняти деталь, обдути стиснутим повітрям. Візуально перевірити деталь на ймовірність раковин. Операція виконується на слюсарному верстаті.
Операція 095 Контрольна	Перевірити відповідність готової деталі робочому кресленню. Операція виконується на столі ВТК.

2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [29, 40, 48]. Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це поверхня корпусу $\varnothing 30^{+0,16}_{-0,29} \text{ мм}$.

Розрахункова формула для визначення припуску на обробку зовнішньої чи внутрішньої поверхонь обертання

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.3)$$

де Rz_{i-1} – висота мікронерівностей, мкм;

T_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньому переході, мкм;

ρ_{i-1} – сумарні відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності, перетину осей, позиційне) і у деяких випадках відхилення форми поверхні (відхилення від площинності, прямолінійності) на попередньому переході;

ε_i – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

$$z_{0 \max} - z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}}, \quad (2.4)$$

де $\delta_{\text{заг.}}$, $\delta_{\text{дет.}}$ – допуск заготовки та деталі відповідно.

Карта розрахунку припусків на обробку та граничні розміри по технологічних переходах наведені у таблиці 2.4.

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot z_{\max} - 2 \cdot z_{\min} = \delta_z - \delta_{\text{д.}} \quad (2.5)$$

$$2290 - 1580 = 840 - 130;$$

$$710 = 710.$$

Розраховані таким чином припуски на обробку зручно зобразити графічно на рисунку 2.1.

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 30_{-0,29}^{-0,16}$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розр. розмір, $d_{\min}$, мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150	250	251	-	-	31,288	840	31,29	32,13	-	-
Обточування чорнове	63	60	15,06	-	1302	29,986	210	29,99	30,2	1300	1930
Обточування чистове	32	30	10,04	-	276	29,71	130	29,71	29,84	280	360
Сума										1580	2290

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків на обробку поверхні $\varnothing 30_{-0,29}^{-0,16}$ мм

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниковими таблицями. Отримані результати по усіх поверхнях заносимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски та допуски на інші поверхні корпусу

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск, мм	Квалітет	Технологічний допуск
1	2	3	4	5	6
3	Плоска $45 \pm 0,3$	Фрезерування	0,3	11	0,3
4	Циліндрична $\varnothing 9,5 \pm 0,36$	Свердління	0,36	11	0,36
6	Циліндрична $\varnothing 11,5 \pm 0,43$	Свердління	0,43	12	0,43
7	Циліндрична $\varnothing 16,5 \pm 0,27$	Зенкерування	0,27	12	0,27
8	Плоска $98 \pm 0,87$	Фрезерування	0,87	11	0,87
9	Фаска $1 \pm 0,4 \times 45^\circ$	Свердління	0,18	12	0,18
10	Циліндрична $\varnothing 11 \pm 0,3$	Свердління	0,3	12	0,3
11	Циліндрична $\varnothing 15 \pm 0,27$	Свердління	0,27	12	0,27
12	Плоска $32 \pm 0,4$	Фрезерування	0,4	11	0,4
13	Різьба M16	Нарізання різьби	0,018	7	0,018

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі (корпус) клапану керування гальмами причепу автопоїзду-зерновозу турбокомпресора розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальне креслення пристосування представлено у графічній частині роботи та на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне для механічної обробки корпусу

Пристосування (кондуктор) використовується на операції 025 (вертикально-свердлильна), а саме для свердління отвору $\varnothing 9,5^{+0,36}$ мм.

Затискне пристосування (кондуктор) складається з наступних елементів: основа, плита рухома, втулка, вісь, плита, корпус, стійка, палець, пластина, кришка, втулка проміжна, планка відкидна, колонка, штир упорний, п'ята, кільце упорне та пневмоциліндр односторонньої дії.

Принцип роботи пристосування наступний. Корпус, що підлягає обробці, встановлюється на палець 8 та притискається п'ятою 15 за допомогою пневмоциліндру. У кришці 10 встановлена проміжна втулка 11, у ній встановлена

втулка 34, яка закріплена гвинтом 27. Через втулки 34 проходить свердло, яке свердлить отвір.

Пристосування розташовується на столі вертикально-свердлильного верстата моделі 2Н125 в Т-подібних пазах.

3.2 Розрахунок та обґрунтування обраної конструкції

Складемо схему діючих сил і визначимо з неї силу, яка необхідна для затискання Q [12, 36, 38, 39]. На даній операції (025) максимальна сила різання P_z при свердлінні отворів деталі.

Сила P_z намагається виштовхнути заготовку паралельно площині закріплення. Складемо рівняння рівноваги у вигляді $\sum F_{iY}$:

$$F_{TP} - K \cdot P_z = 0; \quad (3.1)$$

$$F_{TP} = Q \cdot f_{TP}, \quad (3.2)$$

де $f_{TP}=0,1$ – коефіцієнт тертя.

Тоді рівняння (3.1) прийме вигляд:

$$Q \cdot f - K \cdot P_z = 0. \quad (3.3)$$

Звідки

$$Q = \frac{K \cdot P_z}{f_{TP}},$$

де $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$ – коефіцієнт запасу.

$K_0 = 1,5$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,05$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні деталі;

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує затуплення PI ;

$K_3=1,2$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при перервному різанні;

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

$K_5 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує ергономіку затискних пристосувань;

$K_6 = 1,0$.

Тоді

$$K = 1,5 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,268.$$

Розрахуємо силу різання при свердлінні за формулою [7, 28]:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P; \quad (3.4)$$

де $C_P = 40$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = 0$ – коефіцієнти за [7, 28];

$t = 4,75$ мм – глибина різання;

$S = 0,14$ мм/зуб – подача;

$V = 15$ м/хв. – швидкість різання.

Визначаємо загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_P = K_{mP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\tau P}, \quad (3.5)$$

де $K_{mP} = 0,92$; $K_{\varphi P} = 1,0$; $K_{\gamma P} = 1,1$; $K_{\lambda P} = 1,0$; $K_{\tau P} = 0,87$.

Тоді

$$K_P = 0,92 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 0,88.$$

$$P_Z = 10 \cdot 40 \cdot 4,75^{1,0} \cdot 0,14^{0,75} \cdot 15^0 \cdot 0,88 = 384,56 \text{ (Н)}.$$

Визначимо силу, необхідну для закріплення:

$$Q = \frac{384,56 \cdot 2,268}{0,1} = 8722 \text{ (Н)} \approx 8800 \text{ (Н)}.$$

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

Розрахунок силового приводу зводиться до визначення зусилля на ведучій ланці механізму по відомій силі затиску, а потім, по визначеному зусиллю на ведучій ланці знаходиться діаметр пневмоциліндру.

Для даного механізму можна записати:

$$Q=W/i, \quad (3.6)$$

де i - передавальне відношення сил, що характеризує конструктивні параметри механізму. Для даного пристосування $i = 1$. З урахуванням цього зусилля $Q=W=8800$ Н.

У розробленому пристосуванні, яке застосовується під час обробки корпусу клапану керування гальмами на операції 025 (вертикально-свердлильна), а саме для свердління отвору $\varnothing 9,5^{+0,36}_{-0}$ мм, сила на штоці для прямого його руху визначається за формулою:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot P \cdot \eta}{4}, \text{ Н}, \quad (3.7)$$

де P – тиск в пневмосистемі, $P=0,6$ МПа;

D – діаметр поршня, $D=75$ мм;

η – ККД, який враховує втрати на тертя в циліндрі, $\eta=0,75$;

$$Q = \frac{3,14 \cdot 75^2 \cdot 0,6 \cdot 0,75}{4} = 1987 \text{ (Н)}.$$

Звідки діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P \cdot \eta}}, \text{ мм}; \quad (3.8)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1987}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,75}} = 74,9 \text{ (мм)}.$$

Діаметри пневмоциліндрів нормалізовані: 50, 60, 75, 100, 125, 150, 200, 250 та 300 мм. У нашому випадку діаметр пневмоциліндру приймаємо 75мм.

3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність

У якості матеріалу для виготовлення болта приймаємо сталь 35. Зусилля, яке діє на палець приймаємо $Q=8,8$ кН. Допустиме напруження при розтягуванні для сталі 35 приймаємо $[\sigma]=125$ МПа. Умова міцності болта визначається за формулою:

$$\frac{\pi d_1^2}{4} \cdot [\sigma_p] = P \quad (3.9)$$

Звідси:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot [\sigma_p]}}, \text{ мм} \quad (3.10)$$

де P – сила, яка діє вздовж осі болта, $P=8800$ Н;

$[\sigma_p]$ – допустиме напруження при розтягуванні для сталі 35, приймаємо

$[\sigma_p]=125$ МПа.

d_1 – внутрішній діаметр різьби.

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 8800}{3,14 \cdot 125}} = 9,5 \approx 10 \text{ мм}$$

Приймаємо різьбу із зовнішнім діаметром $d=M10$.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Проаналізуємо два найбільш прийнятних методи виготовлення заготовки корпусу клапану керування гальмами: виготовлення литвом у піщано-глиняні форми та литво в кокіль [1, 4, 34].

Розрахуємо собівартість виготовлення заготовки деталі.

Маса заготовки, кг, що виготовлена литвом у піщано-глиняні форми:

$$Q_{\text{заг}} = \frac{Q_{\text{д}}}{k_i}, \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{д}}$ – маса деталі, кг ($Q_{\text{д}}=0,274$);

k_i – коефіцієнт використання матеріалу ($k_i=0,6$ – при литві у піщано-глиняні форми, $k_i=0,7$ – при литві у кокіль).

$$Q_{\text{заг}} = \frac{0,274}{0,6} = 0,46 \text{ кг}.$$

При отриманні деталі литвом у кокіль, маса заготовки буде становити:

$$Q_{\text{заг}} = \frac{Q_{\text{д}}}{k_i} = \frac{0,274}{0,7} = 0,4 \text{ кг}.$$

Проведемо порівняння методів отримання заготовки за собівартістю виготовлення. Визначаємо вартість литої заготовки [5, 30, 49]:

$$C_{\text{в}}=0,001[C_{\text{бв}} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_{\text{тв}} \cdot K_{\text{св}} \cdot K_{\text{мв}} \cdot K_{\text{пмв}} \cdot K_{\text{ст}} - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}})C_{\text{вх}}], \quad (4.2)$$

де $Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки;

$C_{\text{об}}$ – базова вартість 1 т заготовок, $C_{\text{об}}=60000$ грн. [1];

$C_{\text{вх}}$ – вартість 1 т відходів, $C_{\text{вх}}=15000$ грн. [1].

Коефіцієнти за [4, 34]:

а) залежно від точності: $K_{\text{ТВ}}=1,32$;

б) залежно від маси виливка: $K_{\text{ПМВ}}=1,18$;

в) залежно від групи складності: $K_{\text{СВ}}=1$;

г) залежно від матеріалу: $K_{\text{МВ}}=4,36$;

д) залежно від відносного потоншення основних стінок: $K_{\text{СТ}}=1,2$.

Визначаємо собівартість при литві у піщано-глиняні форми:

$$C_{\text{в}}=0,001(60000 \cdot 0,46 \cdot 1,32 \cdot 1,18 \cdot 1 \cdot 4,36 \cdot 1,2 - (0,46 - 0,274) \cdot 15000) = 222,1 (\text{грн.})$$

Визначаємо собівартість при литві в кокіль:

$$C_{\text{в}}=0,001(60000 \cdot 0,4 \cdot 1,32 \cdot 1,18 \cdot 1 \cdot 4,36 \cdot 1,2 - (0,4 - 0,274) \cdot 15000) = 193,7 (\text{грн.}).$$

Таким чином, порівнюючи отримані значення ціни виливка, видно, що з економічної сторони, нам вигідно застосовувати литво в кокіль. Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (222,1 - 193,7) \cdot 600 = 17040 (\text{грн.}).$$

Враховуючи й те, що техніко-економічні показники при литві у кокіль за умови однакового рівня механізації вищі: збільшення виходу годного литва на 2-8%; випуску литва на одного робітника в два-три рази більше; зниження вартості однієї тони литва на 5 – 15%, ніж при литві у піщано-глиняні форми, остаточно приймаємо спосіб виготовлення виливка корпусу – литво в кокіль.

4.2 Розрахунок заземлення металорізального верстату

Маємо двигун електричний серії 4А90L2, що живиться від трифазної напруги $U=380\text{В}$, $N= 3,0 \text{ кВт}$. Заземлення приймаємо у вигляді вертикальних труб діаметром $d=0,032 \text{ м}$ та довжиною $l=2,8 \text{ м}$, що занурені у землю з відстанню до поверхні $h=0,7\text{м}$. Труби розміщені за контуром та з'єднані смугою $40\times 4\text{мм}$. Ґрунт приймаємо суглинок із електричним опором $\rho=110 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, нормальної вологості [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Розрахунок проводимо для 2 кліматичної зони. Для обладнання потужністю $3,0 \text{ кВт}$ по нормам допустимого опору заземлюючого пристрою $[r_a] \leq 4 \text{ Ом}$.

Визначаємо опір одного вертикального заземлювача R_b , Ом за формулою:

$$R_b = \frac{\rho_{\text{розр.}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left[\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right], \text{ Ом}, \quad (4.3)$$

де t – відстань від середини заземлювача до поверхні ґрунту, м;

l – довжина заземлювача, $l=2,8 \text{ м}$;

$$t = h + l/2 = 0,7 + 2,8/2 = 2,1 \text{ м}, \quad (4.4)$$

$\rho_{\text{розр}}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту визначаємо за формулою:

$$\rho_{\text{розр}} = \rho \cdot \psi \quad (4.5)$$

де ψ – коефіцієнт сезонності, який враховує можливість підвищення опору ґрунту протягом року, приймаємо $\psi=1,6$.

Тоді:

$$R_b = \frac{17,6}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,8} \cdot \left[\ln \frac{2 \cdot 2,8}{0,032} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,1 + 2,8}{4 \cdot 2,1 - 2,8} \right] = 55,08 \text{ (Ом)}.$$

Визначаємо орієнтоване число однакових вертикальних трубних заземлювачів за формулою:

$$n = \frac{R_b}{[r_a]} \cdot \eta_s. \quad (4.6)$$

де η_s – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, попередньо приймаємо 1.

Тоді:

$$n = 55,08/4 \times 1 = 13,77.$$

Приймаємо число заземлювачів $n = 14$. Приймаємо розташування вертикальних заземлювачів по контуру із відстанню між суміжними заземлювачами:

$$2 \times 1 = 2 \times 2,8 = 5,6 \text{ м.}$$

Враховуючи коефіцієнт використання $\eta_s = 0,66$, тоді число вертикальних заземлювачів:

$$n = 55,08/(4,0 \times 0,66) = 20,9.$$

Приймаємо $n = 21$.

Довжину з'єднувальної смуги розраховуємо за формулою:

$$l_n = 2 \times 1 \times n, \text{ м}, \quad (4.7)$$

$$l_n = 2 \times 2,8 \times 21 = 117,6 \text{ м.}$$

Опір з'єднувальної смуги розраховуємо за формулою:

$$R_n = \frac{\rho'_{розр}}{2 \cdot \pi \cdot l_n} \cdot l_n \frac{l_n^2}{b \cdot h'}, \text{ Ом}, \quad (4.8)$$

де $\rho_{розр}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту для горизонтальної смуги.

Розрахунковий питомий опір ґрунту визначається за формулою:

$$\rho'_{розр} = \rho \cdot \phi', \text{ Ом}, \quad (4.9)$$

де ϕ' – коефіцієнт сезонності, для горизонтальних стержнів $\phi'=3$.

Тоді:

$$\rho'_{розр} = 110 \cdot 3 = 330 \text{ Ом}.$$

Відомо, що b – ширина смуги, 0,04 м; h' – відстань до поверхні, 0,7 м.

Тоді опір смуги:

$$R_n = \frac{330}{2 \cdot 3.14 \cdot 117.6} \cdot l_n \frac{117.6^2}{0.4 \cdot 0.7} = 5.84 \text{ Ом}.$$

Розраховуємо загальний розрахунковий опір заземлюючого пристрою з розрахунку з'єднувальної смуги за формулою:

$$R = \frac{R_b \cdot R_n}{R_b \cdot \eta_r + R_n \cdot \eta_b \cdot n}, \text{ Ом}, \quad (4.10)$$

де η_b – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, 0,66;

η_r – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів, 0,39;

$n = 21$ – стрижень.

Тоді:

$$R = \frac{55.08 \cdot 5.84}{55.08 \cdot 0.39 + 5.84 \cdot 0.66 \cdot 21} = 3.14 \text{ Ом}.$$

Правильно розрахований заземлюючий пристрій повинен відповідати умові:

$$R \leq [R_a]. \quad (4.11)$$

У нашому випадку маємо, що $3,14 < 4$. Отже, розрахунок виконано вірно.

4.3 Утворення відходів під час природних та техногенних надзвичайних ситуацій

Під час природних та надзвичайних ситуацій утворюються відходи, що суттєво забруднюють навколишнє середовище та завдають суттєвої шкоди здоров'ю людей. Це понад усе викиди хімічних, радіоактивних та біологічних речовин до атмосфери, водойми та ґрунт, а крім того, різні вибухи, пожежі, аварії на нафто- та газовидобувній, вугільній, нафтохімічній та інших галузях промисловості.

В Україні простежується чітка тенденція до збільшення надзвичайних ситуацій: зростає кількість вибухів та пожеж, гинуть люди, завдається матеріальна шкода, забруднюється ґрунт, водойми, річки та ліси.

Факторами техногенних аварій є:

- найгрубіше порушення технологій та вимог безпеки виробництва;
- погіршення протиаварійної стійкості та надійності машин та обладнання внаслідок високого ступеня їх зносу;
- недотримання правил і нормативів під час виробництва продукції, її транспортуванні та зберіганні;
- накопичення відходів на виробництві, необладнаних полігонах та звалищах;
- захоронення відходів із порушенням технологій безпеки.

Усі аварії пов'язані із викидами до навколишнього середовища різних хімічних з'єднань продукції та відходів. Окрім того, щорічно відбуваються природні катастрофи, у результаті яких завдається шкода довкіллю, економіці та гинуть люди. Найбільшу небезпеку становлять землетруси, смерчі, урагани та

повені, що руйнують полігони та звалища відходів. Тому дуже важливо проводити моніторинг місць і термінів виникнення природних катастроф, що дозволить цілеспрямовано вести практичну роботу зі зниження їх наслідків, а також по запобіганню надзвичайних ситуацій.

Джерелами виникнення надзвичайних ситуацій є природне середовище, техносфера та суспільство, що супроводжується утворенням значної кількості різних відходів. Небезпека виникнення надзвичайної ситуації – об’єктивно існуюча ймовірність негативного впливу на суспільство, особистість, країну та природне середовище, у результаті якої їм може бути завдано будь-якої шкоди, що погіршить їх стан відходів.

Фактори виникнення надзвичайних ситуацій та відповідно шкоди від них багаточисельні. У якості найбільш загальних можуть бути названі кількісний та якісний зріст економіки, швидкий ріст населення, некероване зростання та концентрація виробництва, урбанізація території, забруднення навколишнього середовища різними відходами та інше.

ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення клапану керування гальмами причепу автопоїзду-зерновозу. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною клапану, а саме корпусу. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замінника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталей. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу клапану. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 30_{-0,29}^{-0,16}$ мм розрахунково-аналітичним методом. На решту поверхонь деталі припуски визначені за довідниковими таблицями.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки корпусу під час свердління. Визначені параметри силового приводу. Розраховано слабку ланку на міцність.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки корпусу клапану. Річний економічний ефект для програми випуску 600 шт. склав 17040 грн. Окрім того, здійснено розрахунок заземлення металорізального верстату. Приділено увагу особливостям утворення відходів під час природних та техногенних надзвичайних ситуацій.

5 У графічній частині роботи наведено складальний кресленик клапану керування гальмами, кресленик корпусу, кресленик заготовки корпусу, складальний кресленик затискного пристосування для виконання свердлильної операції механічної обробки.