

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра галузеве машинобудування

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Сепаратор пневматичної гальмівної системи зернового»

КРБ.133ГМбд_21[1].13.00.00.000 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]
ЦЬОВА Владислав

Керівник: докт. техн. наук, професор
КОВБАСА Володимир

Полтава – 2022 року

ВСТУП

Сепаратор, винесений на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною пневматичної гальмівної системи зернового. Він призначений для відокремлення вологи та мастила зі стисненого повітря, викидом до атмосфери та регулювання тиску в системі. Представляє собою вузол, в середині якого розташовано елементи пневматичної запірної арматури [5-7, 13].

Отже, **мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є сепаратор пневматичної гальмівної системи зернового, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу зовнішнього.

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційні матеріали, що застосовуються для виготовлення, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;
- здійснити відпрацювання та технологічність вузла та його деталей, запропонувати маршрут обробки окремих поверхонь та загальний технологічний маршрут виготовлення корпусу;
- сконструювати затискове фрезерне пристосування та здійснити його розрахунок;
- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки корпусу зовнішнього, розкрити поняття охорони праці на виробництві, а також висвітлити питання оздоровлення повітряного середовища;
- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб галузевого машинобудування.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Сепаратор (рисунок 1.1) пневматичної гальмівної системи зернового (рисунок 1.2), призначений для виділення вологи та мастила зі стисненого компресором повітря та викидом її до атмосфери, також для регулювання тиску стисненого повітря пневматичної системи автотransпортного засобу (коротка технічна характеристика наведена в таблиці 1.2). З метою усунення випадіння вологи в апаратах пневматичної системи, тиск на вході до сепаратора збільшено, у порівнянні із тиском у пневмосистемі, на 0,25...0,33 МПа. Це дозволяє досягти більшої ефективності відділення вологи. Можливе застосування на транспортних засобах: КрАЗ, КАМАЗ, УРАЛ, МАЗ, ГелАЗ, MAN, DAF, Renault, Scania, Mercedes, Volvo.

Рисунок 1.1 – Сепаратор пневматичної гальмівної системи зернового,
аркуш 1: а – вигляд загальний

Рисунок 1.1 – Сепаратор, аркуш 2: б – конструктивна схема

Рисунок 1.2 – Зерновоз КрАЗ-6511С4-500 «Караван»

Технічна характеристика сепаратора наведена у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика сепаратора

№ з.п.	Параметр	Розмірність	Значення
1	Тиск вмикання, не менше	МПа	0,65
2	Тиск вимикання, не більше	МПа	0,85
3	Тиск спрацювання запобіжного клапану	МПа	1,15...1,4
4	Зливання конденсату	-	автоматично
5	Приєднувальна різьба	мм	M22×1,5
6	Приєднувальна різьба на крані відбору	мм	M16×1,5
7	Температурний інтервал	°C	-45...60
8	Габаритні розміри (L×B×H)	мм	500×120×175
9	Маса	кг	2,75

Таблиця 1.2 – Коротка технічна характеристика зерновозу КрАЗ-6511С4-500 «Караван» (рисунк 1.2) [2]

№ з.п.	Параметр	Розмірність	Значення
1	Вантажопідйомність автомобіля	кг	20000
2	Вантажопідйомність причепа	кг	26400
3	Об'єм платформи автомобіля	м ³	35
4	Об'єм платформи причепа	м ³	40
5	Шини	-	315/80R22,5
6	Колісна формула	-	6×4
7	Тип двигуна	-	Дизельний
8	Повна маса автопоїзду	кг	46400

Принцип дії вузла відповідно до рисунку 1.1 наступний. Стиснене повітря від компресора подається до алюмінієвої трубки 1, де поступово охолоджується потоком зустрічного повітря, що діє на її зовнішню поверхню до температури навколишнього середовища. При цьому відбувається інтенсивна конденсація парів вологи, масла і утворення дрібнодисперсної суміші. Утворена суміш з трубки

потрапляє у вивід І та порожнину Д, де за рахунок виникнення відцентрових сил відбувається відкидання дрібнодисперсної вологи на внутрішню поверхню корпусу 2 із наступним стіканням її до нижньої частини. Осушене повітря з корпусу каналом А потрапляє на вхід зворотного клапану 8 і далі через вивід ІІ до пневмосистеми автотранспортного засобу. Одночасно стиснуте повітря з виводу ІІ каналом Л (рисунок 1.3) потрапляє під слідкуючий поршень 9 у порожнину Е (рисунок 1.1).

У початковому положенні слідкуючий поршень 9 знаходиться у нижньому положенні. При цьому впускний клапан 14 сидить на сидлі пружного елементу 15, а випускний клапан 13 відкрито, порожнина К через канал Г отворів Б, В та 11 сполучена з атмосферою. При підвищенні тиску стисненого повітря у пневмосистемі та в порожнині Е під слідкуючим поршнем 9 відбувається переміщення поршня 9 угору, долаючи при цьому зусилля пружини 10, що регулюється гвинтом 12. Випускний клапан 13 сідає на сидло у поршні 9, відокремлюючи атмосферу із порожниною К. Подальше переміщення слідкуючого поршня 9 угору призводить до відривання клапану 14 від сидла пружного елементу 15 та потраплянню стисненого повітря з порожнини Е до порожнини К над плаваючим поршнем 16. Вплив стисненого повітря на плаваючий поршень 16 призводить до його переміщення униз. Переміщуючись униз поршень 16 діє на шток 6, що призводить до відкриття клапану 3 і випуску стисненого повітря з нижньої порожнини корпусу сепаратора. Одночасно відбувається викид накопиченої вологи та масла. Після відкриття клапану 3 повітря, що нагнітається компресором практично без противотиску проходить через алюмінієву трубу, порожнину Д, висушуючи та видаляючи дрібні часточки вологи що сприяє поліпшенню ефективності апарату. Клапан 8 запобігає виходу стисненого повітря з виводу ІІ. З витратою стисненого повітря тиск у пневмосистемі на виводі ІІ, а, відповідно, і в порожнині Е під слідкуючим поршнем 9 спадає, що призводить до переміщення поршня 9 вниз. У результаті впускний клапан 14 сідає на сидло пружного елементу 15 і при подальшому переміщенні поршня 9 відбувається

відкрив випускний клапан 13 від сидла в поршні 9. Це призводить до випуску стисненого повітря із порожнини К через канал Г, отвори Б, В і 11 до атмосфери. При цьому під дією пружини 5 шток 6 переміщується вгору і клапан 3 закривається. Тим самим вхід І та внутрішня порожнина сепаратора ізолюються від атмосферного виводу ІІІ. Починається процес повторного накопичення пневмосистемою стисненим повітрям. У випадку не спрацювання слідкуючої системи регулятора тиску підвищення тиску стисненого повітря у системі буде відчуватися до тих пір, поки тиск, що діє на клапан 3, не здолає зусилля пружини 5, що призведе до відкриття його і випуску стисненого повітря з нижньої частини корпусу 2 до атмосфери. У цьому випадку клапан 3 виконує функцію запобіжного клапану.

Рисунок 1.3 – Пристрій для відбору стисненого повітря

У випадку не спрацювання клапану 3, поршень 9 під дією стисненого повітря, що знаходиться у порожнині Е, переміщується угору і стиснуте повітря з порожнини Е, крізь паз у кільці 20 і проміжок між поршнем 9 та внутрішнім корпусом виходить через канал 11 до атмосфери. Таким чином здійснюється дублювання роботи запобіжного клапану 3.

Сепаратор обладнано запобіжним клапаном який у випадку замерзання конденсату в основній магістралі, відкривається і перепускає стиснуте повітря до з'єднувальної магістралі, обминаючи трубу до моменту відтаювання конденсату.

Сепаратор обладнано пристроєм для відбору стиснутого повітря. Для цього необхідно зняти ковпачок 17 і до штуцера 18 підключити спеціальний автомобільний шланг (рисунк 1.2). При підключенні шлангу шток 19 переміщується униз, перекриваючи доступ стисненого повітря із порожнини А до порожнини Б (рисунк 1.1). Завдяки цьому накачування шин можливо виконувати до тиску відкриття запобіжного клапана.

Кріплення сепаратора з регулятором тиску на автотранспортних засобах здійснюється за допомогою 4 болтів М10. При встановленні сепаратора довжина трубопроводу від компресора повинна становити 2,5...4 метри. На автотранспортних засобах даний вузол необхідно встановлювати атмосферним отвором донизу для уникнення потрапляння конденсату, що викидається, на інші вузли, щоб відбувалося охолодження трубок охолоджувача потоком повітря при русі автотранспортного засобу. Під час монтажу вузла на автотранспортних засобах ущільнення трубопровідної арматури, що приєднується до різьбових отворів М22×1,5, необхідно здійснювати за допомогою гумових ущільнювальних елементів. Застосування різного роду герметиків, ущільнювальних композицій не допускається. Для відбору повітря необхідно застосовувати спеціальний автомобільний шланг.

Корпус зовнішній (рисунк 1.1, позиція 1), що виноситься на розгляд у роботі, виготовлений із алюмінієвого сплаву марки АК5М2 ДСТУ 2839-94 [17, 37]. Він являє собою деталь типу порожнистий циліндр. Призначений для накопичення на його внутрішній поверхні дрібнодисперсної вологи за рахунок дії відцентрових сил з подальшим її стіканням до нижньої частини. Окрім цього, у ньому розміщено більшість деталей вузла.

1.2 Аналіз параметрів точності

Під час проведення аналізу корпусу зовнішнього (рисунок 1.4) на точність заповнюємо таблицю 1.3. У ній наводимо дані про точність виготовлення та вимоги до виконання окремих поверхонь [18, 23, 48, 49]. Корпус має циліндричну форму та відноситься до класу «порожнесті циліндри». Деталь всередині має ступінчасту циліндричну форму.

Рисунок 1.4 – Корпус зовнішній

Таблиця 13 – Відомості про параметри точності корпусу зовнішнього

№ з.п.	Назва поверхні (елемента)	Розмір	Квалітет точності	Точність		Шорсткість Ra, мкм
				Форми	Розташування	
1	2	3	4	5	6	7
1	Циліндрична	Ø62	H11	-	-	3,2
2	Циліндрична	Ø61	H11	-	-	12,5
3	Циліндрична	Ø33	H11	-	-	3,2
4	Циліндрична	Ø25	H11	-	-	3,2
5	Циліндрична	Ø22	H11	-	-	3,2
6	Циліндрична	Ø12	H11	-	-	12,5
7	Циліндрична	Ø18	H11	-	-	1,6
8	Циліндрична	Ø8	H11	-	-	1,6
9	Циліндрична	Ø12	H11	-	-	1,6
10	Торець	125	±IT14/2	-	-	3,2
11	Торець	74	±IT14/2	-	-	12,5
12	Торець	49	±IT14/2	-	-	6,3
13	Торець	30	±IT14/2	-	-	6,3
14	Торець	36	±IT14/2	-	-	6,3
15	Торець	29	±IT14/2	-	-	3,2
16	Торець	16	±IT14/2	-	-	3,2
17	Торець	67	±IT14/2	-	-	3,2
18	Торець	56	±IT14/2	-	-	3,2
19	Різьба метрична	M16×1,5	7H	-	-	6,3
20	Різьба метрична	M22×1,5	7H	-	-	6,3

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7
21	Різьба метрична	M4×1,5	7H	-	-	6,3
22	Різьба метрична	M6×1,5	7H	-	-	6,3
23	Фаска	1,2×45°	±IT14/2	-	-	3,2
24	Фаска	1,2×45°	±IT14/2	-	-	3,2

Виконавши аналіз параметрів точності деталі робимо висновок – шорсткість поверхонь відповідає вимогам точності. Найточніший розмір $\varnothing 8^{+0,09}$. найвища шорсткість Ra 1,6. Деталь легко виготовляється із технологічної точки зору.

1.3 Характеристика матеріалу деталі

Для виготовлення деталей прискорювального клапана корпус нижній та поршень застосовується ливарний алюмінієвий сплав АК5М2 ДСТУ 2839-94. Дано характеристику даному матеріалу [8, 35, 37].

Вибір цього матеріалу обумовлюється тим, що цей сплав дозволяє виливати заготовки будь-якої складності та конфігурації, при цьому отримують найбільш низький відсоток браку при литві, ніж при виготовленні однотипних деталей із чорних металів. Крім цього алюмінієвий сплав має високі корозійні властивості, приймаючи до уваги наявність тонкої захисної плівки Al_2O_3 , малу питому вагу (2700 кг/м^3 , проти 7500 кг/м^3 у чорних металів).

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 ІІ групи, на основі потрійної системи алюміній-кремній-мідь (Al-Si-Cu) марки АК6М2,

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

Термічна обробка: сплави І і II групи – закалювання та короточасне (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. Хімічний склад і властивості матеріалу та його аналогів подані у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу корпусу

Марка матеріалу	Хімічний склад в %						Механічні властивості		
	Al	Mg	Si	Mn	Cu	Ti	$\sigma_{\text{с}}$, МПа	$\sigma_{\text{т}}$, МПа	δ , %
АК5М2	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
АК5М7	Основа	0,15-0,35	4,5-6,5	-	6,0-8,0	-	160	230	-
АЛ5-1	Основа	0,4-0,55	4,5-5,5	-	1,0-1,5	0,08-0,15	180	210	0,5

Наведемо фізичні властивості алюмінієвого сплаву АК5М2 в залежності від того, яким способом отримана заготовка. Вказані дані приведені у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Фізичні властивості сплаву АК5М2 залежно від методу одержання заготовки

Метод одержання заготовки	Тимчасовий опір σ_y , МПа	Твердість HB, МПа
Литво з кузінь	206	75
Литво в піщано-глиняні форми	196	65

Враховуючи механічні властивості, можна зробити висновок, що як заміники обраного сплаву можна використовувати сплави АК5М7, АЛ5-1. Ці сплави мають дещо нижчі показники, які характеризують механічні властивості. При застосуванні термічної обробки (штучне старіння без попереднього гартування або із гартуванням) їх можна підвищити, але вартість виробу при цьому зростає. Приймаючи до уваги те, що в першу чергу треба враховувати економічну доцільність, приймаємо марку матеріалу АК5М2.

1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало потребу ринку в сепараторах пневматичної гальмівної системи у кількості 15000 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою [29, 31, 36]:

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

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

$N_{\text{зч}}$ – кількість виробів, що йдуть на запчастини, приймаємо рівною 3.5% від програми випуску, тис. од;

$k_{\text{бр}}$ – коефіцієнт, що враховує технологічні витрати, які неможливо уникнути.

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

$$N_{\text{заг.}} = (15000 + 0,04 \cdot 15000) \cdot (1 + 0,025) = 15990 \text{ (шт.)}.$$

Максимальна маса оброблених заготовок деталей сепаратора не перевищує 200 кг, тому за [36] визначаємо тип виробництва – великосерійне.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Конструкція машини, вузла, деталі є технологічною тоді, коли вона відповідає усім технічним та експлуатаційним вимогам, коли на неї витрачається мінімальна кількість суспільної праці [3].

В автоматизованому виробництві вимоги до виготовлення та технологічності базуються на таких самих принципах, що і вимоги до виготовлення на універсальному обладнанні. При використанні верстатів з ЧПК конструктор може створити деталь зі складною поверхнею, а не спрощувати її. Це має значення для міцності, а також досяжності інструменту до більшості поверхонь.

Конструкція сепаратора пневматичної гальмівної системи зернового є складною. Він складається із великої кількості деталей. У даному виробі досить широко застосовуються стандартні вироби (болти, гайки, шайби та ущільнюючі кільця), але основна маса деталей виготовляється безпосередньо для даного виробу. Його конструкція дозволяє проводити складання без особливих труднощів. При проведенні поточних технічних оглядів та ремонтів сепаратор досить легко розбирається.

Точність виконання основних функціональних поверхонь забезпечує нормальне функціонування вузла.

Базові поверхні складових сепаратора, якими вони будуть встановлюватися у вузол, оброблені достатньо точно, з точки зору точності та визначеності базування. Будова вузла дозволяє проводити його складання без проміжних складань та розбирань складових частин. Регулювання та контроль проводиться без розбирання.

У загальному конструкцію сепаратора можна вважати технологічною і придатною для виготовлення та експлуатації у відповідності до технічних вимог.

В процесі аналізу креслення деталі було виявлено, що деталь практично повністю відпрацьована на технологічність для серійного типу виробництва. Витрати на налагодження верстатів будуть порівняно невеликі з економією матеріалу і часу.

Основні та спеціальні вимоги до технологічності корпусу зовнішнього сепаратора із регулятором тиску в умовах автоматизованого виробництва зводимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Аналіз технологічності корпусу зовнішнього

№ з.п.	Назва деталі	Показники технологічності	Висновки за показниками технологічності	Дії щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4	5
1	Корпус зовнішній	Наявність зручних технологічних баз для орієнтації та надійного закріплення заготовки	Так, технологічно	При обробці зовнішніх та внутрішніх поверхонь закріплення в самоцентруючому патроні
2		Чи необхідні додаткові ребра жорсткості	Ні, технологічно	Деталь достатньо жорстка
3		Наявність слухих отворів	Ні, технологічно	-
4		Наявність отворів глибиною більше 8d?	Ні, технологічно	-
5		Можлива багато-інструментальна обробка?	Так, технологічно	-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
6	Корпус зовнішній	Чи є внутрішні торці, які необхідно оброблювати?	Так, технологічно	Бажано уникати обробки внутрішніх торців, але у даному випадку це неможливо
7		Чи є скоси або бази під кутом, відмінним від 45°	Так, є	-
8		Чи наявні отвори, не перпендикулярні поверхні?	Так, не технологічно	-
9		Чи є в конструкції деталі різьби, менші М6?	Ні, технологічно	-
10		Точність литва заготовки	Нетехнологічно	Бажано відливки 1-го класу точності
11		Чи від однієї бази представлені розміри?	Нетехнологічно	Необхідний перерахунок, враховуючи методи обробки

Заготовку корпусу в зв'язку зі складністю процесу виготовлення вилівка запропоновано виконувати шляхом литва у кокіль.

2.2 Методи обробки поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та ін. Забезпечуються ці вимоги використанням різних технологічних методів обробки. Створюючи маршрут обробки поверхонь, необхідно виходити з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним, ніж попередній [49].

Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_0} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_{i-1}}{T_i} \cdot \dots \cdot \frac{T_{n-1}}{T_0} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = \sum_i^n \varepsilon_i \quad (2.1)$$

де: ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

T_3, T_0, T_i – відповідно допуски для заготовки, деталі, окремого ступеня обробки.

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно урахувати типові рекомендації: для першого ступеня чоркової обробки $\varepsilon < 6$; 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:

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

При розробці технологічного процесу механічної обробки стоять задачі: вибрати з декількох варіантів обробки один, що забезпечує найбільш економічне рішення.

Складаючи маршрут обробки слід дотримуватись наступних правил: з метою економії праці і часу технологічної підготовки використовувати типові процеси обробки деталі і поверхонь; не проектувати обробку на унікальних верстатах; за

можливістю використовувати стандартний різальний інструмент; обробляти найбільшу кількість поверхонь за один установ.

Наприклад, для поверхні з допуском за 8 квалітетом $T_D=64$ мкм уточнення $\varepsilon = 1600 / 64 = 25$. Тоді $n = \lg 25 / 0,46 = 3,04$. Приймається 3 переходи.

Можливі варіанти обробки подані у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Методи обробки поверхонь

№ з.п.	Квалітет точності	Допуск за кресленням, мкм	Шорсткість за кресленням, R_a , мкм	Допуск заготовки, мкм	Загальне уточнення	Квалітет заготовки	Можливі маршрути обробки		Квалітет після обробки	Допуск заготовки, мкм	Коефіцієнт уточнення	Загальне уточнення
							№ переходу	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	8	64	2,5	870	16,1	14	1	Обточування попереднє	11	220	3,95	15,9
							2	Обточування чистове	9	87	2,58	
							3	Шліфування одноразове	8	54	2,38	
2	8	46	2,5	740	16,1	14	1	Обточування попереднє	11	190	3,89	16,1
							2	Обточування чистове	9	74	2,57	
							3	Шліфування одноразове	8	46	1,61	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	8	46	2,5	130	2,8	10	1	Довбання попереднє	9	74	1,76	2,8
							2	Довбання чистове	8	46	1,61	
4	7	30	1,25	740	24,6	14	1	Обточування попереднє	11	190	3,89	25,6
							2	Обточування чистове	9	74	3,34	
							3	Шліфування одноразове	7	30	1,87	
5	9	74	2,5	190	2,57	11	1	Точіння чорнове	10	130	1,7	2,6
							2	Точіння чистове	9	74	1,5	
6	12	210	12,6	520	2,47	14	1	Свердління	12	210	2,47	2,5
7	9	52	2,5	520	10	14	1	Свердління	12	210	2,43	9,9
							2	Розточування попереднє	10	90	2,3	
							3	Розточування чистове	9	52	1,73	
8	10	110	3,3	52	2,2	9	1	Розточування попереднє	10	110	2,2	2,2

2.3 Маршрут обробки корпусу зовнішнього

Маршрут обробки деталі будують на підставі обраних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва, схем базування та призначених металорізальних верстатів.

Технологічний маршрут обробки деталі наводять у вигляді послідовної обробки зі стислим змістом операцій [49].

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки корпусу зовнішнього

№ Оп.	Обладнання	Зміст операції
1	2	3
005	Кокіль	Заготівельна
010	Токарно-револьверний верстат мод. 1К341	1. Свердлиги отвір. 2. Цекувати торець зі зняттям фаски. 3. Точити фаску. 4. Розточити отвір.
015	Токарний шестишпindelний горизонтальний паронний напівавтомат мод. 1Б205-6К	1. Підрізати торець поперечно. 2. Свердлиги східчастий отвір. 3. Підрізати торець остаточно. 4. Зенкувати отвір поперечно. 5. Розточити отвір. 6. Розточити отвір поперечно, точити фаску. 7. Розточити отвір.
020	Вертикально-свердлильний верстат мод. 2Н125	1. Свердлиги поступово 4 отв. поперечно. 2. Змінити свердло на розгортку. 3. Замінити 4 кондукторні втулки. 4. Переключити оберти верстата. 5. Розгорнути послідовно 4 отвори. 6. Змінити свердло на розгортку. 7. Замінити 4 кондукторні втулки. 8. Переключити оберти верстата.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
025	Агрегатний свердильно-різбонарізний напівавтомат мод. 1XA540	1. Свердлити попередньо отвір. 2. Цекувати торець із утворенням фаски. 3. Свердлити отвір напрохід. 4. Зенкувати попередньо отвір. 5. Зенкувати отвір. 6. Розгорнути отвір. 7. Нарізати різьбу.
030	Вертикально-свердильний верстат мод.2Н125	Розкрити поверхню.
035	Токарно-револьверний верстат з ЧПК мод.1В340Ф30	1. Свердлити отвір. 2. Точити попередньо торець бобишки з підрізкою дна. 3. Точити канавку. 4. Точити кінцево торець бобишки. 5. Точити послідовно поверхню напрохід в канавку. 6. Точити отвір з підрізкою дна. 7. Точити отвір. 8. Нарізати різьбу.
040	Настільно-свердильний верстат мод.2М112	Свердлити отвір напрохід.
045	Вертикально фрезерний верстат мод.6Р11	Фрезерувати поверхню.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
050	Вертикально-фрезерний верстат мод.ФР11	Фрезерувати поверхню.
055	Вертикально-свердлильний верстат мод.2Н125	Зенкерувати отвір.
060	Вертикально-свердлильний верстат мод.2Н125	Свердлити отвір напрохід.
065	Вертикально-свердлильний верстат мод.2Н125	Свердлити поступово 2 отвори
070	Вертикально-свердлильний верстат мод.2Н125	Зенкерувати фаску.
075	Різьбонарізний напівавтомат мод.2056	Нарізати різьбу в 2х отворах.
080	Вертикально-свердлильний верстат мод.2Н125	Зенкерувати отвір.
085	Вертикально-свердлильний верстат мод.2Н125	Зенкерувати отвір.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
090	Вертикально-свердильний верстат мод. 2Н125	Цекувати торець зі зняттям фаски.
095	Різьбонарізний н/авт. мод. 2056	Нарізати різьбу.
100	Вертикально-свердильний верстат мод. 2Н125	Свердлити поступово 2 отвори напрохід.
105	Вертикально-свердильний верстат мод. 2Н125	Зенкерувати фаску в 2х отворах.
110	Різьбонарізний напівавтомат мод. 2056	Нарізати різьбу в 2х отворах поступово.
115	Вертикально-свердильний верстат мод. 2Н125	Зенкерувати отвір.
120	Вертикально-свердильний верстат мод. 2Н125	Свердлити отвір.
125	Вертикально-свердильний верстат мод. 2Н125	Зенкерувати фаску.
130	Різьбонарізний напівавтомат мод. 2056	Нарізати різьбу.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
135	Вертикально-свердильний верстат мод.2Н125	Свердлити поступово 2 отвори.
140	Вертикально-свердильний верстат мод.2Н125	Зенкерувати фаску.
145	Різьбонарізний напівавтомат мод. 2056	Нарізати різьбу в 2х отворах.
150	Вертикально-свердильний верстат мод.2Н125	Свердлити отвори з утворенням фаски напрохід.
155	Різьбонарізний п/авт. мод. 2056	Нарізати різьбу.
160	Вертикально-свердильний верстат мод.2Н125	Свердлити косий отвір.
165	Різьбонарізний напівавтомат мод. 2056	Нарізати різьбу.
170	Різьбонарізний напівавтомат мод. 2056	Нарізати різьбу поступово в 4х отворах.
175	Верстак слюсарний 7371-0030	Гострі країки притупити

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

В загальному вигляді послідовність розрахунку пристрою можна представити так:

- вибір типу та розмірів встановлюючи елементів, їх кількості, виходячи із схеми базування оброблювальної заготовки, точності та шорсткості базових поверхонь;
- вибір типу пристрою (одно – чи багатомісний) виходячи із заданої продуктивності праці;
- складання схеми сил, діючих на заготовку, вибір точки прикладення та напрямку сили затиску, розрахунок її величини;
- вибір типу затискного механізму та розрахунок його основних конструктивних розмірних параметрів;
- вибір типу силового приводу виходячи з сили тяги та регламентованого часу на закріплення – відкріплення деталі;
- розробка загального вигляду пристрою та визначення точності його виконавчих розмірів;
- розрахунок на міцність та зносостійкість навантажених та рухомих елементів пристрою

На рисунку 3.1 наведено конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час механічної обробки корпусу зовнішнього сепаратора пневматичної гальмівної системи зернового [4, 12, 15, 26, 27, 42].

Пристосування складається із корпусу 1, опори 2, штоку 3, втулки 4, а також стандартних виробів: болтів 5, гвинтів 6, 7, гайок 8, палія 9, шайби 10, штифта 11 та п'яти 12. Воно встановлюється на столі консольно-фрезерного вертикального верстату моделі 6P11.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне для виконання обробки фрезеруванням

Принцип роботи пристосування полягає в наступному. Оброблювана деталь надівається на опору і притискається штоком, до якого приєднана плата. На останню діє стисле повітря від пневмодиліндра.

При розробці конструкції пристосування встановлюємо допуски на його розміри. Допуски на розміри спряжень, від яких залежить точність виконання

обробки, а також розміри установочних елементів встановлюємо з розуміння того, що вони повинні бути у 2-3 рази менші допусків на операційні розміри.

Допуски на розміри технологічних спряжень, від похибки яких точність обробки не залежить, визначаємо в залежності від призначення механізму.

Допуски на вільні розміри оброблених та чорнових поверхонь виконуємо за 12-м квалітетом для оброблюваних поверхонь, та за 14-м квалітетом для необроблених поверхонь.

Оскільки заготовка (тіло обертання) закріплюється в центрах то похибка базування заготовки у фрезерному пристосуванні дорівнює нулю.

3.2 Визначення зусилля затиску та сили різання

Для розрахунку затискного пристосування використаємо положення, наведені у джерелах [15, 42].

При розрахунку пневмоприводів визначають осьову силу на штоці поршня, що залежить від діаметра пневмоциліндра та тиску стисненого повітря в його порожнинах. За заданим зусиллям на штоці поршня та тиском стисненого повітря визначити діаметр пневматичного циліндра.

Розрахунок осьової сили Q на штоці поршневого приводу виконуємо за формулою:

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot p \cdot \eta, \quad (3.1)$$

де D – діаметр пневмоциліндра (поршня), мм; приймаємо $D = 125$ мм;

p – тиск стисненого повітря, $p = 0,4$ МПа;

η – коефіцієнт корисної дії, що враховує втрати у пневмоциліндрах, $\eta = 0,85$.

Отже, маємо за формулою (3.1) наступне

$$Q = \frac{\pi}{4} (0,125)^2 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,85 = 4170,3 \text{ (Н)}.$$

Розрахуємо режими різання при фрезеруванні корпусу зовнішнього із використанням [10, 12, 16]. Зміст операції полягає у фрезеруванні верхньої площадки торцевою фрезою $\phi 40$ мм з твердого сплаву марки ВК8 на вертикально-фрезерному верстаті. Глибина фрезерування $t = 1,5$ мм, а ширина $B = 32$ мм, частота обертання – 450 об/хв. Призначаємо хвилинну подачу $S = 216$ мм/хв.

Колова сила

$$P_z = 0,25 \cdot \frac{C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u}{D^q \cdot n^w} \cdot k_{mp}, \quad (3.2)$$

Де 0,25 – коефіцієнт для алюмінієвих сплавів; $C_p = 825$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $u = 1,1$;

$q = 1,3$; $w = 0,2$; $k_{mp} = (200/75)^{0,75} = 2,1$;

$$P_z = 0,25 \cdot \frac{825 \cdot 1,5^1 \cdot 216^{0,75} \cdot 32^{1,1}}{40^{1,3} \cdot 450^{0,2}} \cdot 2,1 = 4035 \text{ (Н)}.$$

Отже, зусилля різання не перевищує зусилля затиску, що свідчить про надійність закріплення заготовки на фрезерній операції в пристосуванні.

3.3 Розрахунок на міцність

Розрахуємо на міцність шток формулою [27]:

$$d_{\text{шт}} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot [\sigma]}}, \quad (3.3)$$

де $[\sigma] = 120$ МПа – допустиме напруження матеріалу штока зі сталі 45 (гартування до HRC = 36...42 МПа).

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4170,3}{3,14 \cdot 120}} = 6,7 \text{ (мм)}.$$

Прийнятий шток має мінімальний конструктивний діаметр 32 мм, а розрахунковий 6,7 мм, отже умова міцності виконується повністю.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки

Виготовлення заготовок є одним з основних етапів машинобудівного виробництва, що визначає витрати матеріалів та енергії, трудомісткість виготовлення та якість виробів. Виробництво продукції завжди починається з формування заготовок у заготівельних цехах, дільницях. Практично всі машинобудівні заводи та об'єднання виготовляють заготовки.

Основним напрямком розвитку машинобудування є підвищення ефективності виробництва, зниження собівартості готової продукції та поліпшення якості продукції. Одну і ту ж деталь у машинобудуванні можливо виготовити із заготовок, що отримані різними способами. Одним із основних принципів вибору заготовки є спосіб, що забезпечить максимальне наближення форми заготовки до форми готової деталі. У багатьох випадках вдало підібраний вид заготовки та спосіб її виготовлення дають змогу отримати готовий виріб майже без застосування механічної обробки. У цьому випадку значно зменшуються витрати металу, скорочується механічна обробка та виробничий цикл. Обраний варіант має забезпечити підвищення продуктивності праці, зниження матеріало- та енергоємності, рівень якості виробів, збереження чистоти повітря.

Але при цьому у виробництві можуть збільшитись витрати на технічне обладнання і оснащення, їх ремонт та обслуговування. Тому слід проводити техніко-економічний аналіз заготівельного та оброблювального виробництва і обирати найраціональніший метод [9, 32, 50].

У сучасному машинобудуванні широко розповсюджені такі заготовки: прокат із сталей та кольорових металів; виливки з чавуну, сталі та кольорових металів; порошкові металеві, керамічні, пластмасові заготовки; заготовки отримані зварюванням.

Литво в піщані форми – найбільш розповсюджений метод. У машинобудуванні цим методом виготовляється 75...80% виливків (за масою). У піщаних формах можна отримати виливки самої складної конфігурації і масою від декількох грам до декількох тон. Отримані заготовки характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості, великими припусками на механічну обробку. Вартість виготовлення виливків мінімальна, але вартість їх механічної обробки більша ніж заготовок, отриманих іншими методами литва. Литво в піщані форми потребує значних затрат на метал. В піщаних формах отримують відливки переважно з сталі, чавуну. Цей метод найчастіше використовують в одиничному та серійному виробництві. Застосовувати його у великосерійному виробництві можна тільки за високого ступеня механізації.

Литво у кокілі – найбільш дешевий серед спеціальних методів. Його основна особливість полягає у багатократному використанні металевої форми – кокілю. Кокілі дозволяють отримувати заготовки зі стабільними і точними розмірами до 12 квалітету. Параметр шорсткості може досягати $Ra=20$ мкм. У зв'язку із великою теплопровідністю матеріалу форми швидкість кристалізації дуже велика. Це підвищує механічні властивості виливка на 10...15%. Отримується дрібнозерниста структура, але у той же час ускладнюється отримання заготовок із тонкими стінками. При переході з піщаного литва на кокіль витрати матеріалу зменшуються на 10...20% через скорочення ливникової системи. Трудомісткість механічної обробки внаслідок зменшення припусків і високої точності розмірів зменшується у 1,5...2 рази. Доцільно застосовувати в умовах крупносерійного виробництва при отриманні з кожної форми не менше 300...500 виливків.

Заміна лиття в піщані форми на лиття в кокіль при достатньо великій програмі випуску знижує собівартість заготовок приблизно на 30% і підвищує продуктивність праці у 4...6 рази. Витрати на організацію дільниці литва при цьому окупається за 2...3 місяці.

Корпус зознішній сепаратора виготовлений із ливарного алюмінієвого сплаву АК5М2, що використовується у ливарному виробництві і має добру рідкотекучість.

Розглянемо два методи литва. Вартість литої заготовки як у кокіль, так і у піщану форму визначається за формулою [1, 8]:

$$C_{\text{в}} = 0,001 \cdot [C_{\text{бв}} \cdot Q_{\text{з}} \cdot K_{\text{тв}} \cdot K_{\text{св}} \cdot K_{\text{мв}} \cdot K_{\text{пмв}} \cdot K_{\text{ст}} - (Q_{\text{з}} - Q_{\text{д}}) C_{\text{вх}}], \quad (4.1)$$

де $C_{\text{бв}}$ – вартість однієї тони виливків 5 класу точності з алюмінієвого сплаву АК12М2, 50000 грн.;

$Q_{\text{зг}}$ – маса заготовки, 0,9 кг;

$Q_{\text{д}}$ – маса деталі, 0,6 кг;

$C_{\text{вх}}$ – вартість відходів, 25000 грн./т.;

$K_{\text{тв}}$, $K_{\text{св}}$, $K_{\text{мв}}$, $K_{\text{пмв}}$, $K_{\text{ст}}$ – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної складності виливка, марки матеріалу, програми річного замовлення (групи серійності), та маси виливка й відносного потовщення основних стінок виливка порівняно з базовою товщиною.

Підставивши значення у формулу отримаємо:

1) Собівартість заготовки, виготовленої литвом у кокіль:

$$C_{\text{в}} = 0,001 [50000 \cdot 0,9 \cdot 1,32 \cdot 1,13 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,2 - (0,9 - 0,6) \cdot 25000] = 118,2 \text{ (грн.)}.$$

2) Собівартість заготовки, виготовленої литтям в піщано-гlinяні форми:

$$C_{\text{в}} = 0,001 [50000 \cdot 0,9 \cdot 1,32 \cdot 1,13 \cdot 1,3 \cdot 1,42 \cdot 1,2 - (0,9 - 0,6) \cdot 25000] = 141,2 \text{ (грн.)}.$$

Таким чином, порівнюючи отримані значення ціни виливка, видно, що з економічної сторони, нам вигідно застосовувати литво у кокіль.

Економічний ефект в цьому випадку буде становити для основи

$$E = (141,2 - 118,5) \cdot 15000 = 340500 \text{ (грн.)}.$$

Враховуючи й те, що техніко-економічні показники при литві у кокіль за умови однакового рівня механізації вищі, то остаточно приймаємо спосіб виготовлення вилівка корпусу зовнішнього сепаратора – литво у кокіль.

4.2 Охорона праці на виробництві

Електричні двигуни широко застосовуються у промисловості. Окрім того, нагрівальні електричні прилади, різні керуючі системи. Усе це працює за різних умов, а також вимагає, щоб була забезпечена електрична безпечність, розроблені способи та заходи, які захистять людей від негативного впливу електричного струму.

Що являє собою охорона праці? Це законодавчі акти, соціально-економічні, технічні, гігієнічні, а також профілактично-лікувальні засоби та заходи. Усі вони покликані зберегти здоров'я, працездатність робітника, а також зробити робочий процес безпечним. Не існує повністю нешкідливих і безпечних виробництв. Саме тому охорона праці повинна мінімізувати ймовірність захворювання, ураження робітника. При цьому повинна бути забезпечена комфортність та максимальна продуктивність праці. Для зменшення травматизму на виробництві, профзахворювань призводить поліпшення умов праці. Саме воно призводить до збереження здоров'я працівників, а також зменшує витрати на компенсації, пільги, якщо робота здійснюється за несприятливих умов [5, 11, 13, 19-22, 24, 25, 28, 30, 33, 41, 43-47, 51].

Система «людина-техніка» постійно ускладнюється. Перед нами постають втрати як економічного, так і соціального характеру, тому що можливостям людини не відповідають робочі умови виробництва наявне обладнання. Проаналізувавши умови праці ми прийшли до висновку, що виготовлення сепаратора гальмівної системи зернового супроводжується потенційною

небезпекою. Вони полягає у впливі шкідливих, небезпечних факторів на робітника. Вони можуть призвести до різноманітних захворювань, травматизму, ускладнень самопочуття тощо. Отже, при аналізі умов праці головним завданням буде визначення закономірностей, які призводять до погіршення або повної втрати працездатності працюючої особи, а також створення на їх базі профілактичних ефективних заходів.

Небезпечні та шкідливі фактори на виробництві такі: механічні фактори (вплив різного виду енергії на людину з урахуванням механічного обертання, а саме кінетична енергія від обертових, рухомих тіл, вібрація та шум); температурні фактори (теплова енергія, аномальна температура, а саме температура поверхонь і предметів, що нагріті); електричні фактори (характеризуються частинами устаткування, що проводять струм).

Необхідно ураховувати усі фактори, які мають вплив на створення безпечних умов для праці.

4.3 Оздоровлення повітряного середовища

Необхідною умовою високопродуктивної і здорової праці є забезпечення адекватних умов та чистоти повітря робочого приміщення. Належний стан повітря у робочій зоні досягається за умови дотримання певних заходів, серед яких:

- 1) використання устаткування, технологічних процесів, які усувають виникнення шкідливих речовин та їх потрапляння до робочої зони. Цього можна досягти за рахунок заміни токсичних речовин саме на нетоксичні;
- 2) забезпечення надійної герметизації устаткування, а саме ділянок де відбувається нагрівання вальців з подальшим випаровуванням мастила;
- 3) встановлення на ділянці, що використовується під час виконання технологічного процесу обробки, приладу опалення, вентиляції, що має значення для оздоровлення повітряного простору;

4) засоби індивідуального захисту, до яких відносять: спеціальний одяг захисту тіла людини, фільтруючі засоби захисту та захисні окуляри (продування від стружки та пилю деталей сепаратора стисненим повітрям); захист шкіряних покривів спеціальними кремами від впливу олій, нафтопродуктів, що використовуються для змащення деталей тертя; рукавиці, що застосовуються під час виконання транспортних робіт.

ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення сепаратора пневматичної гальмівної системи зерносушар. Наведено його технічну характеристику, складові частини. Проведено аналіз точності корпусу зовнішнього. Охарактеризовано конструкційний матеріал корпусу зовнішнього, надано хімічний склад та механічні властивості. Здійснено визначення типу виробництва на основі маркетингового дослідження – великосерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Розроблено маршрут обробки поверхонь, а також загальний технологічний маршрут виготовлення корпусу зовнішнього сепаратора.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування для закріплення корпусу зовнішнього під час виконання фрезерування торця бобишки. Проведений розрахунок пристосування. Визначено зусилля затиску, основна складова сили різання, параметри силового приводу, розрахунок на міцність слабкої ланки.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки корпусу зовнішнього сепаратора. Річний економічний ефект для програми випуску 15000 шт. склад для алюмінієвого корпусу 340500 грн. Розкрито поняття охорони праці на виробництві. Висвітлено питання оздоровлення повітряного середовища.

5 У графічній частині роботи наведено складальне креслення сепаратора пневматичної гальмівної системи, робоче креслення корпусу зовнішнього, креслення заготовки корпусу зовнішнього, а також складальне креслення затискного фрезерного пристосування.