

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра галузеве машинобудування

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Зворотній клапан паропроводу технологічної лінії
обробки насіння зернових культур»

КРБ.133ГМбд_21[1].011.00.00.000 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]
ТВЕРДОХЛІБ Ігор

Керівник: докт. техн. наук, професор
КОВБАСА Володимир

Полтава – 2022 року

ВСТУП

Гідротермічна обробка зерна протягом останніх років знайшла широкого застосування на круп'яних заводах, що переробляють зернові культури.

Внаслідок гідротермічної обробки у зерні відбуваються структурно-механічні зміни, що поліпшують умови відділення оболонок та зародків від ендосперму, забезпечується виготовлення крупи із завчасно обумовленим рівнем вологості, зменшується оборот продукту під час переробки, збільшується вихід крупи і, як наслідок, підвищується продуктивність підприємства, зменшується витрата енергії. Гідротермічна обробка зерна поліпшує харчові переваги крупи, збільшує її набухання та зменшує час приготування [5-7].

Процес гідротермічної обробки зерна на сучасному круп'яному заводі складається із наступних етапів: пропарювання (зволоження та нагрівання зерна паром); сушіння зерна після пропарювання; охолодження зерна після сушіння [13].

Корпус демпфера, винесений на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною зворотного клапану, що використовується у паропроводах технологічних ліній обробки зернових культур. Зворотний клапан призначений для переілюстрування робочого середовища (пари) лише за одним напрямком та запирання в іншому.

Отже, **мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є зворотний клапан паропроводу технологічної лінії обробки зернових культур, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу демпфера.

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 лілпрацювання на технологічність вузла та його складових частин, проаналізувати діючі технологічні процеси, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним та довідниковим методами;

- сконструювати засіб контролю та здійснити його розрахунок;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі клапану зворотного, а також здійснити інженерний розрахунок штучного освітлення цеху, запропонувати шляхи вирішення проблеми охорони довкілля;

- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб галузевого машинобудування.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Зворотні клапани, що встановлюються на паропроводах технологічних ліній обробки зернових культур, мають дуже важливе значення. Взагалі, зворотний клапан являє собою спрямовуючий гідропарат, призначений для перепускання робочого середовища лише за одним напрямком та запирання в іншому. Клапан переходить із закритого положення у відкрите чи навпаки, залежно від величини зміни на ньому тисків.

Для забезпечення надійної посадки тарілки зворотних клапанів при скиданні навантаження, підвищення щільності прилягання їх до сідел і запобігання зворотного потоку пари всі конструкції зворотних клапанів типу КЗС (клапан зворотний стулчастий) обладнані замикаючим пристроєм з пружиною та приводним механізмом з електромагнітним вимиканням.

У нормальних умовах роботи клапана замикаюча пружина знаходиться у стиснутому стані при зведеному механізмі, причому клапанна тарілка звільнена від замикаючого зусилля пружини і може вільно відкриватися прямим потоком пари. При скиданні навантаження механізм клапана автоматично розчіплюється електромагнітом, в результаті чого пружина притискає тарілку до сидла на додаток до парового зусилля, що обумовлюється перепадом між тиском пари, який залишився в паропроводі відбору, і тиском у камері відбору турбіни.

Для дистанційного та автоматичного вимкнення механізму для всіх клапанів використовується однотипний електромагніт постійного струму (тип КМП-2, 25%, ПВ 220 В, 200 Вт, із ходом якоря 40 мм та підсилювачем 108 Н, включаючи вагу якоря). Для зменшення часу спрацювання електромагніт встановлюється без демпферного гвинта, що потрібно видалити з-під сферичної кришки магніту.

При посадці зворотного клапана електромагніт знеструмується за допомогою спеціального перемикача. При зарядці ж механізму зворотного клапана

перемикач автоматично знову переводиться в неробоче положення. У якості перемикача використовується кінцевий вимикач типу ВК-211. Технічні дані зворотних клапанів типу КЗС наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні дані зворотних клапанів

Технічні дані	Типи клапанів			
	КЗС-150	КЗС-200	КЗС-300	КЗС-400
Умовний прохідний діаметр, мм	150	200	300	400
Умовний тиск, атм	64	25	16	16
Пробні гідравлічні тиски:				
– при випробуванні клапана на міцність, атм	96	40	25	25
– при випробуванні щільності тарілки, атм	64	25	16	16
Зусилля, що притискає тарілку до сидла, Н	2200–3600	1800–2540	2100–2900	1270
Перепад тиску у клапані, атм	2,0–3,1	0,83–1,65	0,52–0,9	0,11–0,24
Матеріал ущільнюючих кілець	Сталь 30Х13			
Хід якоря, мм	40			

Зворотні клапани вказаних типів можуть встановлюватися тільки на горизонтальних ділянках паропроводів. За конструкцією клапани одностанні, мають механізм замикаючого пристрою та відрізняються розмірами та параметрами пари, на які вони розраховані.

Розріз клапану типу КЗС наведений на рисунку 1.1.

Клапан відрізняється від зворотного клапана звичайної конструкції наявністю механізму із замикаючою пружиною. Пружина не порушує вільного вертикального переміщення тарілки в нормальних умовах, однак після спрацювання спускного механізму пружина навантажує тарілку додатковим зусиллям у сторону закриття клапана, що запобігає виникненню зворотного потоку пари в трубопроводі.

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 11 – Розріз зворотного клапану типу КЗ.

положення I – механізм заряджений для стиснення запірної пружини;

положення II – положення механізму після спрацювання електромагніту

Щоб уникнути різких ударів тарілки до сидлу, тарілка закріплена у поршні 28 парового демпфера, причому циліндр демпфера у кришці 32 слугує напрямком для тарілки при її переміщеннях. Ущільнююча поверхня тарілки для надання їй

твердості нітрована. Запресоване у сідло ущільнююче кільце 26 виготовлене із нержавіючої сталі.

Передача замикаючого зусилля пружини 21 на тарілку здійснюється за допомогою штока 24, верхня головка якого заведена в поздовжню порожнину тарілки і замкнена втулкою 25. На нижній кінець штоку насаджений поршень 20, що сприймає зусилля замикаючої пружини і передає його через шток на тарілку клапана. Механізм колонки за допомогою шпинделя 5 стискає пружину 21, переміщуючи поршень 20 і шток вгору. При цьому шток піднімається по внутрішній порожнині тарілки і, звільнивши її від зусилля пружини 21, забезпечує вільне вертикальне переміщення тарілки під дією потоку пару у межах ходу клапана.

Зарядка механізму колонки здійснюється обертанням маховика 1 проти годинникової стрілки (якщо дивитися знизу по стрілці К). Одночасно з маховиком буде обертатися приводна головка 2 і шпиндель 5, у поздовжні шпindelові канавки якого заходять закріплені у головці пальці 3. При цьому вантажна гайка 6, яка направляється планками 10, піднімається по різьбі шпинделя і зчепить вантажний важіль 9 зі спусковим важелем 7, завівши кінець важеля 9 за кромку стопорного валика 8.

Після цього потрібно обернути маховик за годинниковою стрілкою. Приблизно через два повних оберти вантажна гайка 6 сяде на виступи вантажного важеля 9. При подальшому обертанні маховика за годинниковою стрілкою шпиндель буде вкручуватися у різьбу вантажної гайки і піднімати доверху. Шпиндель спочатку входить холостий хід ($s_1 = 20$ мм, що відповідає приблизно чотирьом обертам маховика), а потім почне стискати пружину 21 та піднімати шток 24 пружини, що характеризується помітним зростанням зусилля, яке прикладається на окружності маховика.

Підймання штока 24 дорівнює приблизно 50 мм і обмежене упиранням установочного кільця 4 у вантажну гайку 6 при підйманні шпинделя 5. Коли шток 24 буде повністю піднятий, тарілка клапана виявиться звільненою від зусилля

пружини і зможе вільно переміщуватися, а пружина 21 буде стиснута, причому її зусилля через шток 24, шпindel 5 і вантажну гайку буде передаватися на опорні виступи вантажного важеля 9.

Вимкнення механізму клапана проходить при вмиканні струму на електромагніт, в результаті чого якір його втягується, повертається спусковий важіль 7 і розчеплюється вантажний важіль 9 зі стопорним валиком 8. Вантажний важіль 9, ексцентрично навантажений гайкою, також повертається і позбавляє вантажну гайку опори. Тоді вантажна гайка 6, навантажена пружиною, разом з усією рухомою системою зсковзує вниз, причому опускання шпindelю обмежується упором торцю частановного кільця 4 в корпус механізму (див. положення II). Поршень замикаєвої пружини утворює у колонці повітряний демпфер, завдяки чому пом'якшується удар пружини при спрацюванні механізму. Порожнини під поршнем і над ним з'єднані із атмосферою.

Під час посадки поршень 20 зміщує вниз палець 16 і, повертаючи важіль 17, зміщує доверху шток 18 перемикача 19, в результаті чого електромагніт знеструмлюється. Палець 16 відштовхується доверху пружинкою 15. Тому після усунення причини, що викликала закриття клапана при повторній зарядці механізму і підйманні поршня для стиснення пружини, палець 16 також переміщується вгору. При цьому шток перемикача під дією зусилля внутрішньої своєї пружини знову відходить вниз і відновлює замикання нижніх контактів перемикача, в результаті чого електромагніт виявляється підготовленим до роботи.

Механізм закритого клапана зображений на рисунку 1.1 у положенні I, що безпосередньо передуює стисненню пружини: важелі 7 і 9 зчеплені, вантажна гайка опирається на виступи вантажного важеля, між штоком пружини і шпindelем механізму є зазор холостого ходу. В цьому положенні повинні бути витримані вказані на рисунку 1.1 контрольні розміри, величини яких перевіряється при перебиранні клапана під час ревізій.

Усі зворотні клапани мають дренажні отвори у нижній частині корпуса зі сторони впуску пари, до яких приєднуються зливні лінії з вентилями у

конденсатор. Ці дренажі запобігають скупченню конденсату і водяним ударам у паропроводах при впусканні пари до паропроводу.

Деталлю, що виводиться на розгляд у кваліфікаційній роботі буде корпус демпфера, виготовлений із сірого чавуну марки СЧ 15 за ДСТУ 8833:2019 [16, 36].

1.2 Аналіз параметрів точності

Якість виготовлення продукції визначається сукупністю властивостей процесу її виготовлення, відповідністю цього процесу та його результатів встановленим вимогам.

У машинобудуванні показники якості виробів доволі тісно пов'язані із точністю обробки деталей машин. Отримані при обробці розмір, форма і розташування елементарних поверхонь визначають фактичні зазори та натяги у з'єднаннях деталей машин, а відповідно, технічні параметри продукції, що впливають на її якість, надійність та економічні показники виробництва й експлуатації.

Конструктивні допуски та технічні вимоги на виготовлення деталей назначають з урахуванням умов роботи деталей у машині. Однак важливо дотримуватися технологічного регламенту виготовлення деталі.

При проведенні аналізу параметрів точності деталей [17, 22, 47, 48] заповнюємо таблицю 1.2. У ній наведені дані про точність виготовлення та вимоги до точності форм поверхонь корпусу демпфера (рисунок 1.2) та відносного положення поверхонь.

Креслення деталі виконане у відповідності до встановлених норм та правил: містить усі необхідні відомості (розміри, відхилення взаємного розташування, відхилення від форми) та технічні вимоги, яким повинна відповідати деталь після виготовлення.

Таблиця 1.2 - Відомості щодо параметрів точності корпусу демпфера

№ пов.	Назва поверхні (елемента)	Розміри з відхиленнями, мм	Квалітет точності	Точність		Шорсткість Ra, мкм
				форми	розташування	
1	торець	$l = 430$	IT14/2	—	\boxed{A} ▲	6,3
2	циліндрична	$\varnothing 262$	H14	—	—	3,2
3	фаска	$2 \times 45^\circ$	—	—	—	—
4	циліндрична	$\varnothing 125 H8 (+0,063)$	H8	—	—	1,6
5	циліндрична	$\varnothing 32$	H14	—	—	12,5
6	циліндрична	$\varnothing 140 H9 (+0,1)$	H9	—	$\boxed{\parallel} \boxed{0,1} \boxed{A}$	1,6
7	фаска	$2 \times 45^\circ$	—	—	—	—
8	торець	$l = 430$	IT14/2	—	—	6,3
9	плоска	$l = 230$	IT14/2	—	—	3,2
10	циліндрична (проточка)	$\varnothing 141$	H14	—	—	6,3
11	плоска	$l = 180$	IT14/2	—	—	12,5
12	плоска	$l = 180$	IT14/2	—	—	12,5
13	плоска	$l = 180$	IT14/2	—	—	12,5
14	плоска	$l = 180$	IT14/2	—	—	12,5
15	циліндрична	$\varnothing 18$ (4 отв.)	H14	—	—	12,5
16	циліндрична	$\varnothing 18$ (8 отв.)	H14	—	—	12,5
17	циліндрична	$\varnothing 5$ (1 отв.)	H14	—	—	12,5
18	плоска	$l = 25$	IT14/2	—	—	12,5

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 1.2 – Корпус демпфера

Проаналізувавши точність параметрів корпусу, можна зробити висновок, що вимоги до точності розмірів та шорсткості не завищені. Максимальний квалітет точності 8-ий, а мінімальна шорсткість $Ra = 1,6$ мкм.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Деталь – корпус демфера виготовлена із сірого чавуну СЧ15 [7]. Охарактеризуємо більш детально матеріал деталі.

Кількісні параметри структури чавуну оцінюють відповідно до ДСТУ 8833:2019. Порівнянням з еталонними структурами визначають форму, розмір, розподіл та об'ємну частку включень графіту, співвідношення фериту і перліту та дисперсність пластинчастого перліту.

Погіршуючи механічні властивості, графіт у той же час надає чавуну ряд цінних властивостей. Він подрібнює стружку при обробці різанням, надає змащувальної дії, і тому, підвищує зносостійкість чавуну.

Внутрішня будова чавуну залежить не тільки від його хімічного складу, а й від умов плавлення та литва. Ці умови теж впливають на механічні властивості чавуну. При зростанні швидкості охолодження включення графіту стають меншими, його кількість також знижується, зростає частка перліту та зменшується міжпластинчаста відстань у перліті.

За технологією отримання розрізняють виливки, отримані у разових гіданих формах, в оболонкових формах, у мегілевих формах (литво у кокіль), у піщаних формах, виготовлених за газифікованими моделями, у керамічних формах.

Основні галузі використання сірого чавуну – верстатобудування і важке машинобудування (станини верстатів, корпусні деталі, автомобільна промисловість та сільськогосподарське машинобудування (квартери, блоки циліндрів, шківні кришки тощо).

У залежності від вмісту вуглецю, зв'язаного у цементит, чавун СЧ15 відноситься до феритних чавунів. Феритні сірі чавуни призначені для легко та

середньонавантажених деталей: кришки, фланці, маховики, корпуси редукторів, підшипників, насосів, а також супорти, гальмівні барабани, диски зчеплення та ін. [7, 34, 36].

У якості матеріалу-замінника можна використати чавун СЧ18. Механічні властивості основного матеріалу корпусу демпфера і матеріалу-замінника та хімічний склад наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад і властивості сірих чавунів (ДСТУ 8833:2019)

Марка чавуну	σ_B , МПа, не менше	Твердість НВ, не більше	С, %	Si, %	Mn, %	P	S	Структура металевої основи
						не більше, %		
СЧ15-32	150	163–229	3,5...3,7	2,0...2,4	0,5...0,8	0,2	0,15	ферит
СЧ18-36	180	170–229	3,5...3,7	2,0...2,4	0,5...0,8	0,2	0,15	ферит

1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало потребу ринку в кранах зворотних у кількості 350 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою [28, 30, 55]:

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

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.

$$N_{зан} = (350 + 0,04 \cdot 350) \cdot (1 + 0,025) = 373 (\text{шт.}).$$

Максимальна маса оброблених заготовок деталей крана зворотного відповідає інтервалу 201...2000 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – дрібносерійне.

Дрібносерійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються періодичними повторюваними партіями, порівняно більшим об'ємом випуску, ніж в одиничному виробництві. При серійному виробництві використовуються універсальні верстати обладнані як спеціальними, так й універсальними та універсально-складальними пристосуваннями, що дозволяє знизити трудомісткість і собівартість виготовлення виробу. У серійному виробництві технологічний процес виготовлення виробу переважно диференційований, тобто розчленований на окремі самостійні операції, які виконуються на визначених верстатах.

При серійному виробництві зазвичай використовують універсальні, спеціалізовані, агрегатні та інші металорізальні верстати.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Конструкція машини, вузла, деталі є технологічною, якщо вона відповідає усім технічним та експлуатаційним вимогам і коли на її виготовлення та обслуговування витрачається мінімальна кількість суспільної праці.

Кожна деталь повинна виготовлятися із мінімальними трудовими і матеріальними витратами. Ці витрати можна скоротити в значній мірі від правильного варіанту технологічного процесу, його оснащення, механізації й автоматизації, використання оптимальних режимів обробки та правильної підготовки виробництва. Відпрацювання на технологічність деталі передбачає проведення оцінки в процесі її конструювання [2].

Вимоги до технологічності конструкції деталі і сфери прояву ефекту при їх виконанні відповідно до ГОСТ 14.201-83 наступні:

- конструкція деталі повинна складатися із стандартних та уніфікованих конструктивних елементів або бути стандартною у цілому;
- деталі повинні виготовлятися із стандартних та уніфікованих заготовок чи заготовок, отриманих раціональним способом;
- розміри і поверхні деталі повинні мати відповідно оптимальні ступінь точності та шорсткість;
- показники базової поверхні (точність, шорсткість) деталі повинні забезпечувати точність встановлення, обробки та контролю;
- конструкція деталі повинна забезпечувати можливість застосування типових та стандартних технологічних процесів її виготовлення.

Вимоги до технологічності базуються на таких принципах, як досягнення мінімальної кількості операційних переходів, максимальної концентрації переходів, що призводить до зменшення номенклатури дорогого обладнання. Усі

ці фактори мають суттєвий вплив на собівартість виготовлення деталей та заготовок.

Деталь – корпус демпфера виготовляється із сірого чавуну СЧ15 литвом, тому конфігурація зовнішнього контуру та внутрішніх поверхонь не викликають значних труднощів при отриманні заготовки. Однак навіть при цьому формування повинне проводитися із використанням стрижнів, що формують як внутрішні порожнини, так і кармани й ребра із бокових сторін.

Основні вимоги до технологічності корпусу демпфера заносимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вимоги до технологічності корпусу демпфера

№ з/п	Показник технологічності	Висновки	Заходи, що треба вжити для поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних технологічних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки	Так, є	Базування за зовнішню циліндричну поверхню спец. кулачками
2	Чи необхідні додаткові ребра жорсткості?	Так, потрібні	У конструкції деталі є ребра жорсткості
3	Наявність глухих отворів	Ні, немає	Деталь не має глухих отворів
4	Чи є внутрішні торці, які необхідно обробити?	Так, є	Наявність внутрішніх торців вимагає застосування спец. інструментів
5	Наявність отворів глибиною більше за 8D?	Ні, немає	-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
6	Чи можлива багатоінструментальна та багатоінструментальна обробка?	Так, можлива	Розміри та конструкція деталі дозволяють застосувати багатоінструментальну обробку
7	Чи є скоси або гazi під кутами, відмінними від 45° чи 90°	Ні, немає	Конструкція деталі не передбачає скосів під кутом відмінним від 45°
8	Чи є створи, що не перпендикулярні поверхні?	Ні, немає	-
9	Чи є різьби менші, ніж M6?	Ні, немає	Необхідно обмежувати застосування різьб менших, ніж M6
10	Чи від однієї технологічної бази проставлені розміри?	Ні, не від однієї	Конструкція деталі не дає можливості проставити всі розміри від однієї бази
11	Чи є великі перепали діаметрів?	Ні, немає	-

Висновок: деталь технологічна за більшістю показників.

2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

При проектуванні за точною програмою необхідне детальне розроблення технологічних процесів виготовлення кожної деталі зі складанням детальних технологічних карт та нормування часу обробки по операціях. Ця робота має великий обсяг і потребує багато часу.

Аналізуючи діючий технологічний процес, варто при механічній обробці приділити увагу використанню верстатів з ЧПК, що дасть змогу зменшити машинний час обробки, а заготовку виготовляти литвом у піщано-глиняні форми із використанням машинного стрижневого формування.

2.3 Маршрути обробки поверхонь

В залежності від вимог, що висуваються до точності розмірів, форми, розміщення і параметру шорсткості поверхонь деталі з урахуванням її розмірів, маси та конфігурації, типу виробництва необхідно вибрати з декількох варіантів обробки один – найбільш раціональний процес обробки заготовки.

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та ін. Забезпечуються ці вимоги використаннями різних технологічних методів обробки. Створюючи маршрут обробки поверхонь, необхідно виходити з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним, ніж попередній [48].

Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

P – число ступенів обробки;

T_z, 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:

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

Проведемо розрахунки для поверхонь 4 – $\varnothing 125H8^{(+0,063)}$ мм та 6 – $\varnothing 140H9^{(+0,1)}$ мм. Загальний значення уточнення становить

$$\varepsilon_{\text{пов.4}} = \frac{2,4}{0,063} = 38,095.$$

$$\varepsilon_{\text{пов.6}} = \frac{2,4}{0,1} = 24,0.$$

Число ступенів обробки

$$n_{\text{пов.4}} = \frac{\lg(38,095)}{0,46} \cong 3;$$

$$n_{\text{пов.6}} = \frac{\lg(24,0)}{0,46} = 3.$$

Тобто, приймається три переходи: чорнове, напівчистове та чистове точіння поверхонь.

Можливі варіанти обробки усіх інших поверхонь корпусу демпфера подані у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Можливі варіанти технологічних маршрутів обробки поверхонь корпусу демпфера

№ поверхні	Розмір поверхні	Квалітет точності	Допуск заготовки, T_{Σ} , мкм	Допуск деталі, T_{Σ} , мкм	Уточнення, ϵ_i	Кількість переходів, n	Маршрут обробки
1, 8	$l = 430$	IT14/2	3600	775	4,65	1	Точіння
2	$\varnothing 262$	h14	3200	650	4,9	1	Точіння
4	$\varnothing 125$	H3	2400	63	68,1	3	Розточування чорнове
							Розточування напівчистове
							Розточування чистове
5	$\varnothing 32$	H14	1800	310	5,8	1	Розсвердлювання отвору
6	$\varnothing 140$	H9	2400	100	24,0	3	Розточування чорнове
							Розточування напівчистове
							Розточування чистове
9	$l = 280$	IT14/2	3200	650	4,9	1	Точіння
10	$\varnothing 141$	H14	—	—	—	1	Проточування канавки
11, 12, 13, 14	$l = 180$	IT14/2	2800	500	5,6	1	Фрезерування
15	$\varnothing 18$	H14	—	—	—	1	Свердління отворів
16	$\varnothing 18$	H14	—	—	—	1	Свердління отворів
17	$\varnothing 5$	H14	—	—	—	1	Свердління отвору

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі будемо на підставі обраних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва, схеми базування та призначених металорізальних верстатів (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки корпусу демпфера

Операція		Зміст переходів
Операція 005	Заготівельна	Заготовка, отримана литтям
Операція 010	Термічна	Провести відпуск для зняття внутрішніх напружень
Операція 015	Дробоструменева	Очистити виливок від окалини дробом
Операція 020	Токарна	Точити поверхню в розмір $\varnothing 262$ мм; точити торець в розмір $l = 30$ мм; розточити внутрішню поверхню в розмір $\varnothing 125H8^{(+0,003)}$ мм; зняти фаску $2 \times 45^\circ$ мм; розсвердлити отвір $\varnothing 32$ мм.
Операція 025	Токарна	Підрізати торець в розмір $l = 430$ мм; точити в розмір $l = 25$ мм, витримуючи R5; розточити отвір, витримуючи $\varnothing 140H9^{(+0,1)}$ мм, та підрізати торець у розмір $l = 280$ мм; підточити проточку, зняти фаску $2 \times 45^\circ$ мм.
Операція 030	Свердлильна	Свердлити 8 отворів $\varnothing 18$ мм.
Операція 035	Фрезерна	Фрезерувати квадрат $\square 180$ мм; свердлити 4 отвори $\varnothing 18$ мм витримуючи розмір $l = 144$ мм.
Операція 040	Слюсарна	Зачистити задирки після фрезерування.
Операція 045	Свердлильна	Свердлити отвір $\varnothing 5$ мм, витримуючи розмір $l = 240$ мм.
Операція 045	Контрольна	Провести остаточний контроль розмірів згідно з кресленням.

2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [37-39].

Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проведено для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це поверхня 4 – $\varnothing 125_{-0,063}^{+0,063}$ мм.

Розрахунковий припуск при обробці внутрішньої циліндричної поверхні визначається:

$$2z_{i \max} = D_{i \min} - D_{i-1 \min}; \quad (2.3)$$

$$2z_{i \min} = D_{i \max} - D_{i-1 \max}; \quad (2.4)$$

де $2z_{i \max}$, $2z_{i \min}$ – максимальний та мінімальний припуск на діаметр відповідно;

$D_{i \min}$, $D_{i \max}$ – мінімальний та максимальний розмір на переході, що виконується відповідно;

$D_{i-1 \min}$, $D_{i-1 \max}$ – мінімальний та максимальний розмір на попередньому переході відповідно.

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

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.5)$$

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, прямокутності) на попередньому переході;

ε_i – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}} \quad (2.6)$$

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.

Таблиця 2.4– Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці отвору $\varnothing 125H8^{(+0,063)}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 125H8^{(+0,063)}$	Елементи припуску			Розрахунковий припуск $2Z_{\text{дп}}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм		
	Rz	T	ε_y				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$	
Заготовка	600	1135	—	—	120,821	1600	119,29	120,89	—	—	
Розточування:											
• чорнове	50	—	57	700	2·1934	124,759	250	124,51	124,76	3870	5220
• напівчистове	35	—	35	2·117	127,993	100	124,89	124,99	230	380	
• чистове	20	—	—	2·35	125,063	63	125,00	125,06	70	110	
							Σ		4170	5710	

Сумарне значення Rz і T, що характеризують якість поверхні литих заготовок, складає 600 мкм. Після першого технологічного переходу T для деталей із чавуну виключається із розрахунків. Тому знаходимо тільки значення Rz (відповідно 50, 35, 20 мкм) і записуємо їх у розрахункову карту.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу визначається за формулою

$$\rho_{\text{заг.}} = \sqrt{\rho_{\text{кор.}}^2 + \rho_{\text{зм.}}^2}, \quad (2.7)$$

де $\rho_{\text{кор.}}$ – короблення отвору як у діаметральному, так і в осьовому перерізі.

$$\rho_{\text{кор.}} = \sqrt{(\Delta_{\text{к}} \cdot d)^2 + (\Delta_{\text{к}} \cdot l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 125)^2 + (0,7 \cdot 45)^2} = 93 \text{ мкм.}$$

Питоме короблення виливок $\Delta_{\text{к}}$, мкм, на 1 мм довжини прийнято $\Delta_{\text{к}} = 0,7$ мкм.

Допуск на розмір для виливка становить $\delta_{\text{вил.}} = 1600$ мкм.

Враховуючи, що сумарне зміщення отвору у виливку відносно зовнішньої її поверхні являє собою геометричну суму у двох взаємно перпендикулярних площинах, отримуємо

$$\rho_{\text{зм.}} = \sqrt{\left(\frac{1600}{2}\right)^2 + \left(\frac{1600}{2}\right)^2} = 1131 \text{ мкм.}$$

Таким чином, сумарне значення просторового відхилення заготовки:

$$\rho_{\text{заг.}} = \sqrt{93^2 + 1131^2} = 1135 \text{ мкм.}$$

Залишкове просторове відхилення після чорнового розточування

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_{\text{заг.}} = 0,05 \cdot 1135 \approx 57 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення при чорновому розточуванні $\varepsilon_1 = 700$ мкм.

Залишкова похибка встановлення:

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1 = 0,05 \cdot 700 = 35 \text{ мкм.}$$

На основі записаних у таблиці даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків.

Мінімальний припуск під розточування:

– чорнове

$$2z_{\min 1} = 2 \cdot (600 + \sqrt{1135^2 + 700^2}) = 2 \cdot 1934 \text{ мкм};$$

– напівчистове

$$2z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + \sqrt{57^2 + 35^2}) = 2 \cdot 117 \text{ мкм};$$

– чистове

$$2z_{\min 3} = 2 \cdot 35 \text{ мкм.}$$

Таким чином, маючи розрахунковий (креслярський) розмір, після останнього переходу (у даному випадку чистового розточування $\varnothing 125,063$) для інших переходів отримуємо

$$d_{p2} = 125,063 - 2 \cdot 0,035 = 124,993 \text{ мм.}$$

$$d_{p1} = 124,993 - 2 \cdot 0,117 = 124,759 \text{ мм};$$

$$d_{p \text{ зар.}} = 124,759 - 2 \cdot 1,934 = 120,891 \text{ мм.}$$

Значення допусків кожного переходу приймаються за таблицями у відповідності з квалітетом того чи іншого виду обробки.

Так, для чистового розточування значення допуску складає 63 мкм (креслярський розмір); для чорного розточування $\delta = 250$ мкм (11-й квалітет); для напівчистового – $\delta = 100$ мкм (9-й квалітет); для вилівка — $\delta = 1600$ мкм.

Найбільше значення d_{\max} отримується з розрахункових розмірів шляхом округлення до точності допуску відповідного переходу. Найменші граничні розміри d_{\min} визначаються із найбільших граничних розмірів вирахуванням допусків відповідних переходів.

Загальні припуски $2z_{0\max}$ та $2z_{0\min}$ визначаються, підсумувавши проміжні припуски

$$2z_{0\min} = 70 + 230 + 3870 = 4170 \text{ мкм};$$

$$2z_{0\max} = 110 + 380 + 5220 = 5710 \text{ мкм}$$

На рисунку 2.1 схема графічного розташування припусків та допусків.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниками. Отримані результати по всіх поверхнях заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски та допуски на інші поверхні

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск, мм	Квалітет	Технологічний допуск, мм
1	2	3	4	5	6
1, 8	Торець	Точіння	12	IT14/2	±0,775
2	Циліндрична	Точіння	5,75	H14	0,650
4	Циліндрична	Точіння чорнове	4	H11	0,250
		Точіння н/чистове	2,5	H9	0,100
		Точіння чистове	1	H8	0,063
5	Циліндрична	Розсвердлювання	3,8	H14	0,310
6	Циліндрична	Точіння чорнове	4	H12	0,400
		Точіння н/чистове	2,5	H10	0,160
		Точіння чистове	1,0	H9	0,100
9	Торець	Точіння	6	IT14/2	±0,650
10	Циліндрична	Точіння	1	H14	0,500
11, 12, 13, 14	Плоска	Фрезерування	4	IT14/2	±0,500
15	Циліндрична	Свердління	18	H14	0,215
16	Циліндрична	Свердління	18	H14	0,215
17	Циліндрична	Свердління	5	H14	0,150

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції контрольного пристосування

Контрольні пристосування – це спеціальні виробничі засоби вимірювань, що являють собою конструктивне поєднання базуючих, затискних, передавальних та вимірювальних пристроїв.

Завдяки комплексу цих основних елементів контрольне пристосування забезпечує об'єктивність, точність та продуктивність контролю.

Базуючі пристрої обумовлюють правильність положення деталей, що перевіряються, відносно засобів вимірювання. Разом з тим вони дають можливість зниження до мінімуму трудомісткості операцій встановлення деталей на пристосуваннях.

Затискні пристрої сприяють підвищенню надійності встановлення деталі на пристосуванні, не викликаючи при цьому збільшення трудомісткості користування контрольним пристосуванням.

Передавальні пристрої призначені для того, щоб передавати на вимірювальні пристрої відхилення параметрів деталей, що перевіряються. Використання прогресивних передавальних пристроїв сприяє підвищенню точності вимірювань [3, 11, 14, 25, 26, 41].

Складальне креслення розробленого контрольного пристосування наведено у графічній частині кваліфікаційної роботи (рисунок 3.1). Воно використовується для контролю перпендикулярності поверхні А відносно поверхні В.

У нашому випадку центральний елемент спроектований на основі використання гідропластмаси. Кільцева порожнина між втулкою розтискною 8 і корпусом 7 заповнена гідропластом. Тиск на гідропласт здійснюється гвинтом 11 через плунжер 6. Для забезпечення герметичності плунжер має кільцевий лабіринт, до якого притертий отвір корпусу 7. Щоб обмежити величину розтискання,

використовується упорний гвинт 21, який стопориться гайкою 23. Заповнення робочої порожнини гарячим гідропластом здійснюється через різьбовий отвір, який закривається після охолодження гвинтом 22.

Рисунок 3.1 – Пристосування контрольне

Для можливості встановлення деталі на оправку використовується стаціонарна стійка, що забезпечує відвід індикатора в сторону. Основа стійки кріпиться до плити 1 пристосування. Індикаторна головка затискається на кронштейні 5. На верхньому торці основи стійки 2 є два хрестоподібно розташованих призматичних пазів. Штифт 27, що запресований у стійку 3, входить в один із призматичних пазів і фіксується у ньому пружиною 14. При повороті стійки штифт, вийшовши із призми і ковзаючи по торцеві основи 2, западає у другу призму, фіксуючи, таким чином, друге — відвідне кутове положення індикаторної державки.

Деталь, що контролюється, встановлюється отвором $\varnothing 140_{H9}^{(+0,1)}$ мм на оправку. При повороті деталі навколо своєї осі показання індикатора дозволяють судити про величину відхилення від перпендикулярності.

3.2 Розрахунок пристосування

Для розрахунку пристосування використаємо положення, наведені у джерелах [14, 41]. При проектуванні оправок із гідропластом розраховуються: параметри пружних тонкостінних втулок; розміри натискних гвинтів та плунжерів у пристосуваннях із ручним приводом; розміри плунжерів, діаметр циліндра і хід поршня у пристосуваннях з механізованим приводом.

Проведемо розрахунок параметрів пружної тонкостінної втулки.

Матеріал втулки приймаємо 38ХСА, із твердістю 47 HRC після термічної обробки.

Діаметр D (рисунок 3.2) визначається, виходячи із робочого креслення деталі, що буде встановлюватися на оправці. За номінальний діаметр D встановлювальної поверхні втулки оправки приймається найменший граничний діаметр базової поверхні деталі, що контролюється. Допуск (відхилення) на діаметр D , згідно рекомендацій, призначаємо $g6$, тобто $\varnothing 140_{g6}^{(-0,014)}_{(-0,039)}$ мм.

Довжину оправки L рекомендується приймати рівною діаметру отвору деталі або більшою на 20–35%, ніж діаметр отвору. Приймаємо довжину рівною 190 мм.

Рисунок 3.2 – Схема для розрахунку тонкостінних втулок

Товщина стінки втулки розраховується за формулою:

$$h = 0,025D; \quad (3.1)$$

$$h = 0,025 \cdot 140 = 3,5 \text{ мм.}$$

Для кращого центрування втулки по отвору у ній виконуємо проточки, які і будуть деформуватися при розтисканні. Товщина стінок втулки у проточках становить від 1,0 до 1,7 мм із допустимим різностінністю 0,05 мм.

Приймаємо, що $T = 20$ мм, $t = 15$ мм.

Допустима деформація втулки визначається за формулою:

$$\Delta D_{\text{доп.}} = \left(\frac{\sigma_T}{E \cdot k} \right) \cdot D, \quad (3.2)$$

де σ_T – межа текучості матеріалу, Па;

E – модуль пружності, Па;

k – коефіцієнт запасу міцності, $k = \frac{\sigma_T}{[\sigma]} = 1,2 \dots 1,5$,

$[\sigma]$ – допустиме напруження, Па.

Для втулок із $l > 0,3D$ приймають $k = 1,4$. Тоді при $\sigma_T = 8,5 \cdot 10^8$ Па і $E = 2,09 \cdot 10^{11}$ Па отримаємо

$$\Delta D_{\text{доп.}} = \left(\frac{8,5 \cdot 10^8}{2,09 \cdot 10^{11} \cdot 1,4} \right) \cdot 140 = 0,4 \text{ мм.}$$

Гідростатичний тиск у порожнині пристосування:

$$p = \frac{2 \cdot \Delta D_{\text{доп.}} \cdot E \cdot l}{D^2} \quad (3.3)$$

$$p = \frac{2 \cdot 0,4 \cdot 2,09 \cdot 10^{11} \cdot 3,5}{140^2} = 3,0 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

Дозвину контактної лінії визначаємо за формулою:

$$l_c = l \cdot \sqrt{i}, \quad (3.4)$$

де $l = L - 2T = 190 - 2 \cdot 20 = 150$ мм;

i – запас деформації, що являє собою різницю між допустимою деформацією втулки $\Delta D_{\text{доп.}}$ і максимальним зазором S_{max} у з'єднанні. Розмір отвору деталі, що встановлюється на оправку, $\varnothing 140H9^{(+0,1)}$ мм, а розмір втулки $\varnothing 140g6^{(-0,014 / -0,039)}$ мм.

Тоді маємо, що

$$S_{\max} = 0,039 + 0,100 \approx 0,14 \text{ мм};$$

$$i = 0,4 - 0,14 = 0,26 \text{ мм}.$$

Отже,

$$l_k = 150 \cdot \sqrt{0,26} = 76 \text{ мм}.$$

Діаметр плунжера d_0 зазвичай вибирають конструктивно у межах $10 \div 25$ мм, а довжину робочої поверхні плунжера – рівною $1,8 \div 3,0 d_0$. Приймаємо $d_0 = 24$ мм, $l_{\text{плунж.}} = 60$ мм.

Хід плунжера визначається із наступних міркувань. Об'єм гідропласту, що витісняється плунжером, рівний приросту об'єму порожнини при деформації оболонки на величину S_{\max} плюс об'єм, що утворився за рахунок стиснення гідропласту (0,5% від початкового об'єму на 10^7 Па тиску).

Розтискна фулка насаджується на корпус оправки у підігрітому стані з долом допуску r_6, s_6 .

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Одну й ту ж деталь можна виготовити із заготовок, отриманих різними способами. Одним з основних принципів вибору заготовки є орієнтація на такий спосіб виготовлення, який забезпечить її максимальне наближення до готової деталі. У цьому випадку суттєво зменшуються витрати металу, обсяги механічної обробки та виробничий цикл виготовлення деталі. Але при цьому в заготівельному виробництві збільшуються витрати на технологічне обладнання і оснастку, їх ремонт та обслуговування. Тому при виборі способу отримання заготовки потрібно проводити техніко-економічний аналіз двох етапів виробництва: заготівельного і механообробного [8, 31, 49]

Деталь, корпус демпфера, виготовляється із сірого чавуну СЧ15, що має добрі ливарні властивості. Для вибору найліпшого варіанта виготовлення заготовки проаналізуємо два метода:

- литво у піщано-глиняні форми;
- литво в оболонкові форми.

Литво в піщані форми – найпоширеніший спосіб литва. У машинобудуванні ним виготовляють 75...80% виливків (за масою). Залежно від розмірів виливка й типу виробництва застосовують ручне, машинне або стрижневе формування. У піщаних формах можна одержати виливки складної конфігурації й масою від декількох грамів до сотень тонн.

Одержувані заготовки характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості й більшими припусками на механічну обробку. Вартість виготовлення виливків мінімальна, але вартість їх механічної обробки більше, ніж заготовок, отриманих іншими способами литва. Литво в піщані форми вимагає найбільших витрат металу. У піщаних формах одержують переважно виливки зі

сталі, чавуну, рідше з кольорових металів. Цей спосіб найчастіше застосовується в одичному та серійному виробництві. Застосування його в масовому виробництві можливо тільки при високому ступені механізації.

Литво в оболонкові форми полягає в тому, що виготовляють дві напівформи товщиною 5...20 мм із формувальної суміші, що складається з піску й фенолформальдегідних смол. Аналогічно можуть бути виготовлені оболонкові стержні. Після складання оболонкові форми поміщають у нероз'ємні опоки, які засипають піском або дробом.

Піщано-смоляна формувальна суміш містить дрібнозернистий пісок і має високу рухливість. Це дозволяє одержати більше високу точність відбитка і меншу висоту мікроперівностей поверхні виливка. При заливанні рідкого металу утворюється тонка газова сорочка, що запобігає пригару формувальної суміші. У результаті можуть бути досягнуті точність розмірів, що відповідає 12-му квалітету, і параметр шорсткості поверхні $Rz = 20...10 \text{ мкм}$.

Литво в оболонкові форми дозволяє зменшити обсяг обрубних і очисних робіт приблизно на 50%, витрат металу на 30...50%, скорочує обсяг наступної механічної обробки на 40...50%, а витрати формувальної суміші у 10...20 разів. Процес виготовлення виливка може бути повністю механізований.

Головним недоліком оболонкового лиття є висока вартість зв'язувальної речовини (фенолформальдегідних смол). Литво в оболонкові форми застосовується в основному для виготовлення дрібних і середніх виливків. Добре відливаються тонкостінні виливки із чавуну, вуглецевої і легованої сталей та кольорових металів.

Визначимо кращий з варіантів, шляхом порівняння собівартості виготовлення заготовок різними способами.

Собівартість заготовки, виготовленої литвом можна розрахувати за формулою [7]:

$$C_g = 0,001 \cdot [C_{\text{бс}} \cdot G_g \cdot K_{\text{мс}} \cdot K_{\text{св}} \cdot K_{\text{мв}} \cdot K_{\text{пмс}} \cdot F_{\text{лм}} - (G_g - G_d) \cdot C_{\text{ак}}], \quad (4.1)$$

де C_{δ} , C_{δ_0} – ціна виливка та базова ціна однієї тонни виливків, виготовлених із базового матеріалу, з базовою точністю та складністю виливка, грн.;

C_x – ціна тонни металевих відходів, грн.;

G_{δ} , G_{δ_0} – маса відповідно виливка та деталі, кг;

K_{m_0} , K_{c_0} , K_m , K_{m_0} , K_{ct} – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної точності виливка, марки матеріалу, програми речного замовлення (групи серійності) та маси виливка й відносного потоншення основних стінок виливка порівняно з базовою товщиною. Значення базової ціни виливків заданих коефіцієнтів приймаємо відповідно до [7].

Укрупнено масу виливка можна визначити за формулою:

$$G_{\delta} = \frac{G_{\delta_0}}{k_{в.м.}} \quad (4.2)$$

де $G_{\delta_0} = 31$ – маса готової деталі, кг;

$k_{в.м.}$ – середній коефіцієнт використання металу, який відповідає даному методу виготовлення ([7]); для виливок, отриманих литвом у піщано-глиняні форми, $k_{в.м.} = 0,7$, а для литва в оболонкові форми — $k_{в.м.} = 0,85$.

Тоді маса виливка становить:

– піщано-глиняні форми

$$G_{\delta, \text{піщ.-гл.ф.}} = \frac{31}{0,7} = 44,3 \text{ (кг);}$$

– оболонкові форми

$$G_{\delta, \text{обол.ф.}} = \frac{31}{0,85} = 36,5 \text{ кг.}$$

Базова ціна однієї тони виливок за [1] $C_{бв} = 12800$ грн.; ціна тонни відходів $C_{вх} = 390$ грн.; $K_{тв} = 1,0$; $K_{св} = 1,0$; $K_{мв} = 1,0$; $K_{пмв} = 0,85$; $K_{ст} = 1,1$.

Собівартість заготовки, виготовленої литвом у піщано-глиняні форми:

$$C_{в.ти.-с.ф.} = 0,001 \cdot (12800 \cdot 44,3 - 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,1 - (44,3 - 31) \cdot 390) = 525 \text{ (грн.)}.$$

Собівартість заготовки, виготовленої литвом у оболонкові форми:

$$C_{в.обл.ф.} = 0,001 \cdot (12800 \cdot 36,5 - 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,1 - (36,5 - 31) \cdot 390) = 434,7 \text{ (грн.)}.$$

Із проведених розрахунків видно, що собівартість виливка, отриманого литвом у оболонкові форми нижча на 90,3 грн., ніж у піщано-глиняні форми.

Економічний ефект в цьому випадку буде становити для корпусу:

$$E = (525 - 434,7) \cdot 350 = 31605 \text{ (грн.)}.$$

Отже, для виготовлення заготовки корпусу обираємо литво у піщано-глиняні форми.

4.2 Розрахунок штучного освітлення

При створенні системи виробничого освітлення керуються будівельними нормами та правилами ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

Штучне освітлення оцінюють, виходячи із освітленості заданої поверхні. При цьому враховують: характер зорової роботи, контраст об'єкту з фоном, фен і систему освітлення.

Штучне освітлення призначається для освітлення робочих поверхонь в темний час доби, або при недостатньому їх освітленні.

Світлотехнічний розрахунок штучного освітлення проводиться в основному одним із наступних двох методів: *точковим і методом світлового потоку* (коефіцієнту використання).

Штучне освітлення може бути двох видів: *загальне та комбіноване (загальне і місцеве)*. Загальне призначається для освітлення всього цеху в цілому. Місцеве використовується для освітлення конкретного робочого місця, умови роботи на якому не задовольняють загальному освітленню в цеху.

Проведемо розрахунок загального штучного освітлення, користуючись методом світлового потоку. Метод світлового потоку дозволяє забезпечити середню освітленість поверхні з урахуванням усіх падаючих на неї прямих і відбитих потоків світла. Перехід від середньої освітленості до мінімальної здійснюється наближено. Відповідно до цих особливостей метод використовують для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50].

Необхідний світловий потік однієї лампи розраховується за формулою:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot N}, \quad (4.3)$$

звідки визначимо необхідну кількість ламп:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot \Phi}, \quad (4.4)$$

де $E_n = 400$ – значення нормативного освітлення механоскладальних цехів, лк;

$k = 1,3$ – коефіцієнт запасу (для ламп ДРЛ);

$S = 1215 \text{ м}^2$ – площа приміщення, що освітлюється, приймаємо за вказівкою керівника;

$z = 1,15$ – коефіцієнт номінального освітлення;

η – коефіцієнт використання;

Φ – величина світлового потоку, лк.

Коефіцієнт використання η знаходять, попередньо визначивши індекс приміщення i за формулою

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}, \quad (4.5)$$

де a, b – довжина та ширина цеху (за вказівкою керівника): $a = 24$ м, $b = 48$ м;

h – розрахункова висота

$$h = H - h_r, \quad (4.6)$$

де $H = 8$ – висота від підлоги до ферми, м;

$h_r = 1,2$ – висота від підлоги до робочого місця, м.

Тоді маємо, що

$$h = 8 - 1,2 = 6,8 \text{ (м)}.$$

Індекс приміщення:

$$i = \frac{24 \cdot 48}{6,8 \cdot (24 + 48)} = 2,35.$$

За довідником (зазначено вище) знаходимо коефіцієнт використання $\eta = 0,68$.

Світловий потік ламп ДРЛ-400 становить $\Phi = 19000$ лк.

Тоді знаходимо необхідну кількість ламп

$$N = \frac{400 \cdot 1,2 \cdot 1215 \cdot 1,15}{0,68 \cdot 19000} = 56 \text{ (шт.)}.$$

Приймаємо для освітлення цеху 28 світильників по 2 лампи ДРЛ-400, які

розташовуємо до сітці на всій території цеху.

4.3 Вирішення проблеми охорони довкілля у сучасному суспільстві

Людство дійшло розуміння, що подальший розвиток технічного прогресу неможливий без оцінки впливу нових технологій на екологічну ситуацію. Нові зв'язки, створювані людиною, повинні бути замкнені, щоб забезпечити незмінність основних параметрів планети Земля, які впливають на її екологічну стабільність.

Вирішувати екологічні проблеми сучасності – це важке завдання. Адже для вирішення охорони навколишнього середовища мало писати та говорити, необхідно діяти не лише на національному рівні, а й на світовому. Тільки коли все людство зрозуміє, що на планеті Земля є екологічна катастрофа, тоді дії всіх людей будуть спрямовані на збереження своєї планети. Вирішувати тільки нам, якою ми хочемо бачити нашу Землю багато років.

Для захисту природи можна запропонувати такі шляхи вирішення.

- посилити увагу до питань охорони навколишнього середовища та забезпечення раціонального використання природних ресурсів;
- встановити систематичний контроль за використанням підприємствами та організаціями земель, вод, лісів, надр та інших природних багатств;
- посилити увагу до питань запобігання забрудненню та засоленню ґрунтів, поверхневих та підземних вод;
- приділяти велику увагу збереженню водоохоронних та захисних функцій лісів, збереженню та відтворенню рослинного та тваринного світу, запобіганню забрудненню атмосферного повітря;
- створювати громадські організації, що здійснюють діяльність у галузі охорони навколишнього середовища, або вступати до них;
- брати участь у зборах, мітингах, демонстраціях, збиранні підписів під петиціями з питань охорони навколишнього середовища;
- сприяти органам влади у вирішенні питань охорони природи;

- звертатися до органів влади та інших організацій із заявами, що стосуються охорони навколишнього середовища;
- брати участь у природоохоронній діяльності;
- а головне – виконувати найважливіший обов'язок громадянина: зберігати природу та навколишнє середовище, дбайливо ставитися до природних багатств.

ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення вузла зворотного клапану, що застосовується на паропроводах технологічних ліній обробки зернових культур. Наведено його технічну характеристику, складові частини. Проведено аналіз товщини корпусу демпфера. Охарактеризовано його конструкційний матеріал, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – дрібносерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталі. Проаналізовано діючі технологічні процеси виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу демпфера. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні корпусу $\varnothing 125H8$ мм розрахунково-аналітичним методом. На решту поверхонь припуски визначено довідниковим способом.

3 Запропоновано конструкцію контрольного пристосування для контролю перпендикулярності однієї поверхні відносно іншої. Проведений розрахунок пристосування, а саме параметрів пружної тонкостінної втулки.

4 Здійснено технічне економічне обґрунтування виробництва заготовки корпусу демпфера зворотного клапану. Річний економічний ефект для програми випуску 350 шт. склав 31605 грн. Розраховано штучне освітлення, необхідне для освітлення цеху під час виготовлення вузла. Запропоновано шляхи вирішення проблеми охорони довкілля у сучасному суспільстві.

5 У графічній частині роботи наведено складальне креслення зворотного клапану, робоче креслення корпусу демпфера, креслення заготовки корпусу демпфера, а також складальне креслення контрольного пристосування.