

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

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

*бакалавр*

на тему: «Підготовка виробництва для виготовлення корпусу засувки  
клинової за умов середньосерійного виробництва»

КРБ.133ГМбд\_21[1].16.00.00.000 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]  
РУКАС Володимир

Керівник: канд. техн. наук, професор  
НАУМЕНКО Олександр

**Полтава – 2023 року**

## ВСТУП

Усі трубопроводи, не залежно від їх призначення (транспортування рідин чи газів) обов'язково обладнуються запірною арматурою. Вона дає можливість надійно перекрити потік середовища, коли це потрібно. Найбільш часто для цієї мети застосовують засувки фланцеві. Вони є доволі простими за конструкцією, надійні, довговічні. Складаються із недорогих деталей, а тому повністю задовольняють вимогам для різноманітних систем подачі рідин та газів.

Завдяки існуванню кількох різновидів вони знайшли широке застосування у самих різноманітних сферах економіки: комунальному господарстві, нафто- та газопроводах, промисловості, системах пожежогасіння, сільському господарстві, вентиляції тощо.

Саме тому розробка та удосконалення деталей та вузлів запірної арматури на об'єктах сільськогосподарського виробництва є важливою науково-технічною задачею [5-7, 13].

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною клинної засувки, що використовується у складі системи водопостачання.

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

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовуються для виготовлення, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;
- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та його деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним методом;

- сконструювати затискне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також здійснити розрахунок та конструювання різального інструменту;
- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також запропонувати технічні та організаційні заходи із охорони праці та захисту довкілля;
- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб підприємств галузевого машинобудування.

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

У сучасних умовах розвитку промислового, сільськогосподарського та комунального господарства жодна установа, організація, підприємство не може обійтися без запірної арматури. Водо-, газо-, тепlopостачання – це життя. Також нафто-, хімічна та енергетична промисловість не може обійтися без рідинно- та газозапірної арматури.

Основним напрямком ВАТ «Армапром» (Миргородський арматурний завод) є випуск широкій номенклатури запірної арматури. Розглянута клинова засувка використовується для встановлення у якості запірної арматури на трубопроводах і обладнанні підприємств різних галузей промисловості.

Приклад запису позначення засувки з номінальним тиском PN 16, з діаметром проходу DN 80, з матеріалом корпусу із сталі 12X18H9TЛ за ДСТУ 8781:2018, виду кліматичного виконання УХЛ1 за ГОСТ 15150-88: МЗ 13166-80-PN16

У даній роботі на розгляд винесеться засувка клинова (рисунок 1.1). Даний вузол використовується для регулювання подачі води на об'єктах сільськогосподарського виробництва.

Технічна характеристика даного вузла представлена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика вузла

Параметр	Значення
1	2
Робочий тиск, МПа	16
Діаметр умовного проходу, мм	80
Максимальне зусилля на маховику, Н	230
Максимальний хід засува, мм	85

Продовження таблиці 1.1

1	2
Температура робочого середовища, °С	-70...565
Максимальний крутний момент на шпинделі, Нм	109
Габаритні розміри, мм	210×280×500
Маса, кг	55

Рисунок 1.1 – Засувка клинова:

1 – корпус; 2 – клин; 3 – кришка; 4 – шпиндель; 5 – колесо регулююче;  
6 – плита притискна; 7, 9 – втулка спеціальна; 8 – втулка перехідна;  
10 – гайка спеціальна; 11, 12 – кільце ущільнююче; 13 – вісь; 14 – гайка;  
15 – болт відкидний; 16, 17 – гайка; 18 – шплінт

Клинова засувка за своєю конструкцією не пристосована для плавного регулювання потоку робочої рідини або газу, тому найбільш часто використовується для ручного або автоматизованого перекидання подачі робочого органу системи, тобто для роботи у двох крайніх положеннях «відкрито» чи «закрито».

За спеціальним замовленням клинова засувка може бути обладнана автоматикою, що дозволяє автоматично або дистанційно керувати потоком рідини або газу.

Для безвідмовної роботи вузла його перевірка проводиться не рідше одного разу на 5 років після введення в дію чи після перевірки, якщо не виникає необхідності перевіряти їх раніше у випадку використання нормативно-правових актів, відповідно національних та інших документів, якими регламентовані інші вимоги ніж ті, що вказані у технічних умовах експлуатації.

Вимоги до клинових засувок наступні.

1. Пробний та робочий тиск в залежності від клімату, температури і матеріалу корпусних деталей за ГОСТ 356-88.

2. Робочі середовища – рідкі, газоподібні, нейтральні до матеріалів деталей що контактують із середовищем. Швидкість корозії матеріалу корпусних деталей під дією робочого середовища не повинна перевищувати 0,2 мм/рік.

3. Засувки, що працюють під тиском середовища, повинні бути міцними і щільними.

4. Матеріали ущільнюючих поверхонь засувок – корозійностійкі сталі і тверді сплави.

5. Повинні бути герметичні відносно зовнішнього середовища при встановленні номінального або робочого тиску.

6. Виконання за типом керування:

- з ручним керуванням;
- з електроприводом.

7. Крутний момент не повинен перевищувати величин, що наведені у складальному кресленні.

8. Максимально допустимий перепад тиску на затворі засувки не повинен бути більше величин номінального тиску робочого середовища.

9. Коефіцієнт опору засувки не більше 0.3.

10. Приєднання до трубопроводу – фланцеве за ГОСТ 12819-88.

11. Пропускання середовища крізь верхнє ущільнення не допускається.

12. Рухомі деталі засувки при відкриванні і закриванні на повний хід запірного органу повинні переміщуватись без заїдання.

13. Габаритні і приєднувальні розміри, монтажні довжини засувки повинні відповідати розмірам, що вказані на складальному кресленні.

14. Установочне положення засувки:

- до DN 300 – будь-яке;

- більше DN 300 – з відхиленням вертикальної осі до 4°, а також з відхиленням в горизонтальному положенні до 4° перпендикулярно осі трубопроводу

15. Напрямок подачі середовища – будь-який.

16. Позначення виробу, матеріал корпусу та клину, температура робочого середовища, номінальний тиск, маса деталей приведені на кресленнях.

Показники надійності

1. Засувки відносяться до виробів загального призначення, ремонтоздатні, що відновлюються у період експлуатації

2. Номінальні показники надійності у відповідності з ГОСТ 27003-88:

- середній строк служби до списання - не менше 12 років;

- середній ресурс до списання - не менше 2500 циклів;

- середнє напрацювання на відмову – 600 циклів.

3. Критерії відпрацювання:

- втрата герметичності засувки відносно власного середовища, що виправляється уведенням допоміжних кріпильних деталей;

- негерметичність у затворі засувки.

4. Критерії граничного стану:

- порушення цілісності корпусних деталей під дією тиску середовища;
- зміна форми, розмірів і стану поверхні деталей внаслідок зносу і старіння матеріалів, що зашкоджують нормальному функціонуванню виробу.

Деталлю, обраною для проектування, є корпус (рисунок 1.2). Функціональними поверхнями на корпусі слугують приєднувальні поверхні фланців, до яких приєднуються фланці труб та кришка горловини. Також корпус має поверхні посадки штифта, що закриває отвір прохідного каналу.

Рисунок 1.2 – Корпус

Корпус виготовлений зі сталі 12X18H9TЛ ДСТУ 8781:2018 [16, 26].

## 1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу точності параметрів корпусу (рисунок 1.3) заповнюємо таблицю 1.2, у якій наведені дані про точність виготовлення даної деталі, а також вимоги до точності. Під час виконання даного підрозділу використовуємо джерела інформації [17, 22, 47, 48].

Рисунок 1.3 – Аналіз точності корпусу

Таблиця 1.2 - Параметри точності деталі

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри , мм	Квалітет точності	Точність форми	Точн. полож.	Шорст., Ra
1,10	Площина	Ø133	±IT14/2	±4	-	2,5
2,9	Площина	Ø195	± IT14/2	-	-	6,3
3,8,13	Циліндр. зовнішня	Ø195; 17±1	h14	-	-	6,3
4	Площина	Ø195	± IT7/2	-	-	2,5
5	Отвір з різьбою	M12	-	-	0,5	6,3
6	Циліндр. внутрішня	Ø140; 4	H12	-	-	6,3
7	Циліндр. внутрішня	Ø125; 3	H10	-	-	12,5
11	Циліндр. внутрішня	Ø80	H14	-	-	12,5
12	Отвір	Ø18	H7	-	1,0	12,5
14	Площина	Ø106	± IT14/2	-	0.02	12,5

Проаналізувавши точність параметрів корпусу, можна зробити висновок, що вимоги до точності розмірів та шорсткості не завищені. Максимальний квалітет точності 7-ий, а мінімальна шорсткість –  $R_a=0,8$  мкм. Вона є цілком досяжною під час обробки на металорізальному обладнанні.

### 1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

При виготовленні корпусу у якості матеріалу застосовується сталь марки 12Х18Н9ТЛ за ДСТУ 8781:2018 [7, 34, 36]. Взагалі, за хімічним складом сталі розрізняють вуглецеві, малолеговані, леговані та багатолеговані.

За технологією отримання розрізняють виливки, що отримані у разових піщаних формах, в оболонкових формах, в металевих формах (кокілях), у піщаних формах, виготовлених за витоплюваними моделями, у керамічних формах.

Найбільш універсальним методом отримання заготовок, придатним як для одиничного так і серійного виробництва виливків масою від десятків грам до десятків тонн є метод лива в піщані форми, де формування відбувається за дерев'яними моделями. Група складності даної заготовки Ш.

Призначення матеріалу корпусу (12Х18Н9ТЛ) – різноманітні деталі машинобудування, що працюють при температурах не вище ніж 700°C; жароміцність при температурах до 600°C.

Технологічні властивості наступні.

Зварюваність – обмежено зварювана. Способи зварювання: ручне дугове та автоматичне дугове у середовищі захисних газів. Рекомендований підігрів та послідовна термообробка. Ливарні властивості наступні.

Температура початку затвердіння – 1425-1440°C. Показник тріщиностійкості  $K_{т.у.}$  – 1. Схильність до утворення усадкових раковин  $K_{у.р.}$  – 1. Рідкопливність  $K_{ж.т.}$  – 1. Лінійна усадка % – 2.7-2.8. Схильність до утворення усадкової шпаринності  $K_{у.ш.}$  – 1.

Метали, якими на виробництві можна замінити сталь марки 12Х18Н9ТЛ: 25Л12Х18Н12МЗТЛ; 20Х3Л; 20Х5МЛ або 20ГЛ. При використанні 12Х18Н9ТЛ виконують загартування заготовок із температури 1050-1100°C, охолодження у воді, мастилі чи на повітрі. При використанні інших металів використовують інші режими термообробки.

Хімічний склад зводимо до таблиці 1.3

Таблиця 13 – хімічний склад сталі марки 12Х18Н9ТЛ

№ з.п.	Позначення марки сталі	Хімічний склад,%							Примітка
		C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	
1	12Х18Н9ТЛ	≤0.12	0.2-1.00	1.00-2.00	7.0-9.0	8.00-1.0	0.03	0.035	Ti ≤ 0.70
2	25Л	≤0,25	0,24-0,37	-	-	-	0,035	0.035	-

#### 1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало попит ринку в засувках клинових у кількості 250 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою [23, 30, 35]:

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

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

$N_{зч}$  – кількість виробів, що йдуть на заготовки, 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 заготовки.

$$N_{зан} = (250 + 0,04 \cdot 250) \cdot (1 + 0,025) = 267 \text{ (шт.)}$$

Максимальна маса оброблюваних заготовок деталі вузла не перевищує 300 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Конструкція вузла клинського засуву є простою. Він складається з досить невеликої кількості деталей. В даному виробі досить широко застосовуються стандартні вироби (болти, гайки, шайби та ін.) але основна маса деталей виготовляється безпосередньо для даного засуву. Конструкція виробу дозволяє проводити його складання без особливих ускладнень. Точність виготовлення деталей, практично виключає операції підгону розмірів, за винятком поверхні 13-ущільнення (рисунок 1.3) При проведенні поточних технічних оглядів та ремонтів привід досить легко розбирається.

Точність виконання основних функціональних поверхонь забезпечує нормальне функціонування вузла.

Базові поверхні складальних одиниць, якими вони будуть встановлюватися у виріб, оброблені достатньо точно, з точки зору точності та визначеності базування. Будова приводу дозволяє проводити його складання повузлово без проміжних складань та розбирань складових частин. Регулювання та контроль роботи також проводиться без розбирання. При роботі вузол не потребує чіткого визначення у просторі.

Змащування здійснюється однократно при збиранні, ремонті або огляді з розбиранням вузла.

Вузол «Засувка клинова» має у своєму складі стандартні та уніфіковані деталі, що значно спрощує його виготовлення. Наочно це можна представити у вигляді коефіцієнтів стандартизації та уніфікації.

Коефіцієнт уніфікації:

$$y = \frac{N_{ун}}{n} \quad (2.1)$$

де  $n$  – загальна кількість деталей;

$N_{ун}$  – кількість уніфікованих деталей.

$$y = \frac{11}{27} = 0,41.$$

Коефіцієнт стандартизації:

$$C_n = \frac{N_{cm}}{n}, \quad (2.2)$$

де  $n$  – загальна кількість деталей,

$N_{cm}$  – кількість стандартних деталей.

$$C_n = \frac{12}{27} = 0,44.$$

Аналіз технологічності деталі «корпус» проводимо з урахуванням особливостей технологічних методів обробки, конкретних умов експлуатації і типу виробництва (таблиця 2.1) [2].

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності деталі

№ з. п.	Показники технологічності	Висновки по показниках технологічності	Дії по поліпшенню технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення деталі?	Заготовка має зручні технологічні бази, але не досить легке підведення різального інструменту при обробці внутрішньої поверхні.	

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
2	Конструкція деталі повинна забезпечувати її встановлення за допомогою простих пристосувань.	Деталь має нескладну геометричну форму, отже цей показник являється задовільним.	
3	Отвори в деталі повинні бути такими, щоб їх можливо було обробити на прохід.	Дана деталь повністю відповідає даній вимозі.	-
4	В багатоопераційних верстатах із ЧПК не рекомендується обробка кутів відмінних від 45° та 90° градусів.	Обробка кута в 5° відбувається при базуванні деталі у спеціальному затискному пристосуванні.	-
5	Для можливості автоматичної обробки корпусних деталей краї небажано застосовувати різьбові отвори М6.	В даному корпусі не застосовуються дюймові різьби, тож дана вимога виконується.	-

Деталь практично повністю відпрацьована на технологічності, для середньо-серійного типу виробництва, так як витрати на налагодження верстатів будуть порівняно невеликі із економією матеріалу та часу.

## 2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

При виготовленні заготовки корпусу клинового засуву пропонуємо використовувати литво в піддані форми. Цей метод дозволяє отримувати заготовки досить точні та з малою шорсткістю (14 квалітет, шорсткість Ra 20...10 мкм) та складною формою поверхонь. Це дозволяє зменшити об'єм очисних робіт, механічної обробки.

При використанні універсальних верстатів застосовувався звичайний різальний інструмент, а також інструмент, розроблений на підприємстві.

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

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

## 2.3 Маршрути обробки поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші за точністю, шорсткістю та ін. [48]. Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_2}{T_n} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \dots \frac{T_{i-1}}{T_i} \dots \frac{T_{i-1}}{T_{i-1}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n = \prod_i \varepsilon_i \quad (2.3)$$

де  $\varepsilon$  – загальне значення;

$\varepsilon_i$  – окремі ступені уточнення;

$P$  – число ступенів обробки;

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

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно враховувати типові рекомендації: для першого ступеня чорнової обробки досяжними є величини уточнення  $\varepsilon < 6$ ; для проміжних ступенів напівчистої обробки  $\varepsilon = 3 \dots 4$ ; для ступенів чистої обробки  $\varepsilon = 1.5 \dots 2$ .

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу

$$n_p = \lg(\varepsilon) / 0,46. \quad (2.4)$$

Можливі методи обробки поверхонь деталі подані у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Методи обробки деталі

Позначення поверхні	Квалітет точності за кресленням	Допуск за кресленням, мкм	Шорсткість $R_a$ , мкм	Допуск заготовки, мкм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі варіанти обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнутий допуск	Проміжні ступені уточнення	Загальне уточнення
							№ маршруту	Переходи МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	12	460	12.5	1150	14	2.5	1	Чорнове фрезерування	12	460	2.5	10
								Напівчистове точіння	12	460	2.5	
							2	Чорнове точіння	12	460	2.5	
								Напівчистове точіння	12	460	2.5	
2	12	210	50	512	14	2.5	1	Чорнове фрезерування	12	210	2.5	10
								Напівчистове точіння	12	210	2.5	
							2	Попереднє точіння	12	210	2.5	
								Чорнове точіння	12	210	2.5	
								Напівчистове точіння	12	210	2.5	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
3	12	210	12.5	512	14	2.5	1	Чорнове точіння	12	210	2,5	10	
								Напівчистове точіння	12	210	2,5		
								2	Чорнове точіння	12	210		2,5
									Напівчистове точіння	12	210		2,5
4	12	210	25	512	14	2.5	1	Чорнове фрезерування	12	210	2,5	10	
								Напівчистове точіння	12	210	2,5		
							2	Чистове точіння	12	210	2,5		
								Напівчистове фрезерування	12	210	2,5		
5	12	52	6.3	512	14	6	1	Одночасне свердління отвору і розсвердлення фаски.	12	180	2,4	6.0	
								Нарізання різьби	10	70	2,5		
								2	Свердління	12	180		2,4
									Розсвердлювання фаски	12	180		2,4
									Нарізання різьби	10	70		2,5
6	10	160	6.3	1000	14	4	1	Чорнове фрезерування	12	210	2,5	4.0	
								Чорнове точіння	12	210	2,5		
								Напівчистове точіння	10	160	1,6		
							2	Чорнове точіння	12	210	2,5		
								Напівчистове точіння	10	160	1,6		
								Чистове точіння	10	160	1,6		
7	10	180	12.5	1000	14	2	1	Чорнове фрезерування	12	400	2,5	2	
								Чорнове точіння	10	160	1,6		
								Напівчистове точіння	10	160	1,0		
							2	Чорнове точіння	12	400	2,5		
								Напівчистове точіння	10	160	1,6		
								Чистове точіння	10	160	1,0		

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
11	12	1000	-	1000	14	-	1	Забезпечується литтям	14	1000	-	-
								Забезпечується литтям	14	1000	-	
12	12	180	6.3	430	14	2.5	1	Свердління отвору	12	180	2.4	2.4
								Свердління отвору	12	180	2.4	
13	6	15	0.2	870	14	60	1	Чорнове точіння	12	220	4	60
								Напівчистове точіння	10	54	4	
								Тонке точіння	8	22	2.5	
								Притирачя	6	15	1.5	
							2	Чорнове точіння	12	220	4	
								Напівчистове точіння	10	54	4	
								Чистове точіння	8	22	2.5	
								Діфування	6	15	1.5	
14	12	210	1.6	520	14	2.5	1	Чорнове точіння	12	210	2.5	10
								Напівчистове точіння	12	210	1.8	
							2	Чорнове точіння	12	210	2.5	
								Напівчистове точіння	12	210	1.8	

Більш економічним являється проєкний (перший) варіант обробки, так як задані параметри точності поверхні досягаються на найменшій кількості верстатів. Це дає змогу економії при організації верстатного парку підприємства.

#### 2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі будемо на основі етапів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва та схем базування (таблиця 2.4).







## 2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [37-39].

Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це поверхня  $\varnothing 125H10^{+0,16}$  мм.

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

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

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

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

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

$\varepsilon_i$  – 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 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці  $\varnothing 125H10^{(+0,16)}$  мм

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, $2Z_{min}$ , мкм	Розрахунковий розмір, $\varnothing r$ , Допуск $\delta$ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм		
	Rz	T	$\rho$	E			$d_{min}$	$d_{max}$	$2Z_{min}^{пр}$	$2Z_{max}^{пр}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка	100	100	300	-	-	74	740	74	74,74	-	-
Точіння чорнове	50	50	91	148	$2 \times 2,805$	120	350	120	20,35	45,61	46
Чистове точіння	12,5	12,5	10	8	$2 \times 2,465$	125	160	125	125,16	4,81	5,00
								$\Sigma$		50,42	51,00

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot z_{max} - 2 \cdot z_{min} = \delta - \delta_{Д} \quad (2.7)$$

$$51,00 - 50,42 = 0,740 - 0,160;$$

$$0,58 = 0,58.$$

Розраховані таким чином припуски на обробку зручно зобразити графічно (рисунок 2.1).

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків  
на розмір  $\text{Ø}125\text{H}10^{(+0,10)}\text{mm}$

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної ссробки деталі корпусу засувки клинової проектуємо і розробляємо конструкцію затискного пристосування для операції 075 (Свердлильна), керуючись рекомендаціями [3, 11, 14, 25, 26, 41]. Складальне креслення пристосування представлено у графічній частині роботи та на рисунку 3.1.

Кондуктор призначений для закріплення оброблюваної деталі (корпус клину) при свердлінні отворів у фланцях. Свердління проводиться на радіально-свердлильному верстаті моделі 2М55.

Кондуктор встановлюється і закріплюється на столі верстата нижньою плитою.

Оброблювана деталь 1 встановлюється попередньою просвердленими отворами на пальці, один з яких циліндричний 7, а інший – прямокутний 8. Вони забезпечують самовстановлення деталі у потрібному положенні та заважають деталі при свердлінні виконувати обертальний рух, що передається їй від свердла.

Затискання деталі відбувається за допомогою кондукторної плити 3. В кондукторній плиті розміщені кондукторні втулки, головна задача яких направляти свердло при початку свердління. Вони розташовані на потрібному діаметрі, тож їх застосування виключає операцію розмітки та скорочує час на обробку корпусу. Також у кондукторній плиті для покращення і спрощення процесу встановлення передбачений упорювач 4, що базує деталь по внутрішньому отвору. При закручуванні гайок 14 кондукторна плита опускається. При відтисканні гайки 14 необхідно відкрутити. Після відтискання плита відводиться рукою та заготовка виймається.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне для обробки корпусу:  
1 – корпус; 2 – стіл; 3 – плита верхня; 4 – уловлювач; 5 – вісь; 6 – втулка  
кондукторна; 7 – палець циліндричний; 8 – палець ромбічний; 9 – втулка;  
10 – гвинт; 11 – втулка; 12 – болт; 13, 14 – гайка

### 3.2 Розробка конструкції різального інструменту

Розрахуємо та сконструюємо комбіноване спіральне свердло зі швидкорізальної сталі з конічним хвостовиком для обробки наскрізного отвору діаметром 18 мм, глибиною  $L=17$  мм у заготовці зі сталі 12X18H9ТЛ ( $\sigma_B = 700$  МПа;  $\text{HB}$  до 269 МПа).

Визначаємо режими свердління із використанням [9]:  $V = 24$  м/хв.,  
 $S = 0,27$  мм/об.

Осьову силу різання та момент при свердлінні визначаємо за наступними формулами:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot k_p, \quad (3.1)$$

$$M_k = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot k_p, \quad (3.2)$$

де  $C_p$ ,  $C_M$ ,  $q$ ,  $y$  — коефіцієнти;  $k_p = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^{0,75}$ ;

$D$  — діаметр отвору, мм.

У нашому випадку маємо, що:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 18^1 \cdot 0,270^{0,7} \cdot \left( \frac{700}{750} \right)^{0,75} = 3993,65 \text{ (Н)};$$

$$M_k = 10 \cdot 0,345 \cdot 18^2 \cdot 0,270^{0,8} \cdot \left( \frac{700}{750} \right)^{0,75} = 165,5 \text{ (Н} \times \text{м)}.$$

Визначимо момент тертя між конічним хвостовиком (рисунок 3.2) та шпинделем верстата:

$$M_\tau = \frac{\mu \cdot P_o \cdot (D_1 + d_2)}{4 \sin \theta} \cdot (1 - 0,34 \Delta \theta), \quad (3.3)$$

Рисунок 3.2 – Зовнішній конус Морзе

Момент сил різання при обробці затупленим свердлом у 3 рази більший, отже

маємо:

$$3M_k = M_\tau = \frac{\mu \cdot P_o \cdot (D_1 + d_2)}{4 \sin \theta} \cdot (1 - 0,04 \Delta \theta) \quad (3.4)$$

Прийmemo, що  $\frac{D_1 + d_2}{2} = d_c$ , тоді отримаємо наступне:

$$d_c = \frac{6M_k \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_o \cdot (1 - 0,04 \Delta \theta)}, \quad (3.5)$$

де  $M_k = 165,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;  $P_o = 3098,65 \text{ Н}$ ;  $\mu = 0,1$ ;  $\sin \theta = 1^\circ 26' 46'' = 0,025$ ;  $\Delta \theta = 5'$ .

Підставивши дані отримаємо:

$$d_c = \frac{6 \cdot 165,5 \cdot 0,025}{0,1 \cdot 3098,65 \cdot (1 - 0,04 \cdot 5)} = 17,758 \cdot 10^{-3} (\text{м}).$$

Вибираємо найближчий більший конус Морзе. Це конус Морзе №2.

Розрахуємо крок гвинтової канавки за формулою:

$$H = \frac{\pi \cdot d}{\text{tg} \alpha} \quad (3.6)$$

$$H = \frac{3,14 \cdot 12}{\text{tg} 30} = 65 \text{ (мм)}.$$

Товщину осердя свердла приймаємо залежно від діаметра. У нашому випадку  $d_{oc} = 5,04$  мм, потовщення серцевини до хвостовика приймаємо різним 1,5 мм на 100 мм довжини.

Ширину стрічки  $f$  та висоту затилка  $k$  призначаємо за [9] (рисунок 3.3):

Рисунок 3.3 – Ріжуча частина

Ширина пера  $B$  визначається за формулою:

$$B = 0,58 \cdot d. \quad (3.7)$$

У моєму випадку  $B = 0,58 \cdot 12 = 6,96 \text{ мм}$ .

Визначаємо елементи профілю фрези, для фрезерування канавки свердла аналітичним методом (рисунок 3.4).

Рисунок 3.4 – Профіль канавкової фрези

$$R_r = C_R \cdot C_r \cdot C_\phi \cdot d, \quad (3.3)$$

$$\text{де } C_R = \frac{0,026 \cdot 2\phi \cdot (2\phi)^{\frac{1}{3}}}{\phi};$$

$$C_R = \frac{0,026 \cdot 118 \cdot 118^{\frac{1}{3}}}{30} = 0,502;$$

$$C_r = \left( \frac{0,14 \cdot d}{d_{\text{спц}}} \right)^{0,044}, \text{ при } d_{\text{ос}} = 0,14 \cdot d \text{ маємо, що } C_r = 1;$$

$$C_\phi = \left( \frac{13 \cdot \sqrt{d}}{D_\phi} \right)^{0,9}, \text{ при } D_\phi = 13 \cdot \sqrt{d} \text{ маємо, що } C_\phi = 1.$$

Після підстановки маємо, що:

$$R_o = 0,502 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 12 = 6,024 \text{ (мм)}.$$

Менший радіус профілю:

$$R_k = C_k \cdot d, \quad (3.9)$$

$$\text{де } C_k = 0,015 \cdot \omega^{0,75} = 0,015 \cdot 30^{0,75} = 0,192.$$

Підставимо значення до формули:

$$R_k = 0,192 \cdot 12 = 2,304 \text{ (мм)}.$$

Ширина профілю канавки:

$$B_k = R_o + R_k, \quad (3.10)$$

$$B_k = 6,024 + 2,304 = 8,328 \text{ (мм)}.$$

Точність виконання свердел згідно з ДСТУ ГОСТ 22735:2008

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Порівняємо вартість двох технологічних методів отримання заготовки деталі: литво у піщано-глиняні форми; литво у кокіль [8, 31, 49].

Вартість литої заготовки у піщані форми та у кокіль визначимо за формулою [7]:

$$S_{заг}^n = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q_{заг} \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_e \cdot K_c \cdot K_m \right) \cdot (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (4.1)$$

де  $C_i$  – вартість однієї тону відливок;

$Q_{заг}$  – маса заготовки;

$K_m, K_n, K_e, K_c, K_m$  – коефіцієнти точності, програми випуску, маси виливка, групи складності, матеріалу відповідно.

Використовуючи джерело [1] маємо наступні значення:

$$S_{заг}^n = \left( \frac{105400}{1000} \cdot 48 \cdot 1,03 \cdot 1,08 \cdot 0,88 \cdot 1,11 \cdot 1,09 \right) \cdot (48 - 34) \frac{10000}{1000} = 5852,04 \text{ (грн.)};$$

$$S_{заг}^к = \left( \frac{105400}{1000} \cdot 45 \cdot 1,12 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 1,04 \right) \cdot (45 - 34) \frac{10000}{1000} = 4096,5 \text{ (грн.)}.$$

В результаті розрахунків видно, що в умовах обраного виробництва доцільніше використовувати литво в кокіль.

Економічний ефект в цьому випадку буде становити для корпусу:

$$E = (5852,04 - 4096,5) \cdot 250 = 438885 \text{ (грн.)}$$

Отже, для виготовлення заготовки корпусу засувки клинової обираємо литво в кокіль.

#### 4.2 Розрахунок системи штучного освітлення

Штучне освітлення призначається для освітлення робочих поверхонь у темний час доби або при недостатньому їх освітленні. Штучне освітлення проектується двох видів загальне та місцеве. Загальне призначається для освітлення усього цеху в цілому, а місцеве – для освітлення конкретного робочого місця, умови роботи на якому не задовольняють загальному освітленню в цеху [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50]

Загальне освітлення розраховується методом світлового потоку.

Світловий потік однієї лампи  $\Phi$  визначається за формулою:

$$\Phi = \frac{E_n \times k \times S \times z}{\eta \times N} \quad (4.2)$$

Перетворимо формулу (4.2) таким чином, щоб визначити кількість ламп  $N$  і запишемо формулу наступним чином:

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

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

$k$  – коефіцієнт запасу (для ламп ДРЛ);

$S = 1944$  м<sup>2</sup> – площа приміщення, що освітлюється;

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

Коефіцієнт використання  $\eta$  знаходимо по постійній приміщення.

$$i = \frac{a \times b}{h \times (a + b)}, \quad (4.4)$$

де  $a, b$  – довжина та ширина цеху.  $a=48$  м,  $b=36$  м;

$h$  - розрахункова висота

$$h = H - h_r, \quad (4.5)$$

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

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

Тоді:

$$h = 8 - 1,2 = 6,8 \text{ (м)}$$

Постійна приміщення дорівнює:

$$i = \frac{48 \times 36}{6,8 \times (48 + 36)} = 3,07$$

За довідником знаходимо коефіцієнт використання  $\eta = 0,52$ .

Світловий потік ламп ДРЛ-400,  $\Phi = 19000$  лк. Тоді за вище вказаною формулою знаходимо необхідну кількість ламп:

$$N = \frac{500 \cdot 13 \cdot 1394 \cdot 1,15}{0,52 \cdot 19000} = 105 \text{ (шт)}$$

Приймаємо для освітлення цеху 53 світильники по 2 лампи ДРЛ-400, які розташовуємо по сітці на всій території цеху.

### 4.3 Очищення промислових викидів, що потрапляють до атмосфери

Методи боротьби із забрудненням атмосфери полягають в удосконаленні технологічних процесів. Це робота за замкненим циклом, застосування безвідходних технологій. Необхідно прагнути до мінімальної кількості відходів за рахунок комплексного використання початкової сировини, а також застосуванні прогресивних методів горіння.

Усе обладнання для очищення викидів можливо розділити на пристрої для очищення газових викидів від аерозолів, а також пристрої для очищення викидів від газових та пароподібних домішок.

Очищати газів від механічних домішок можливо механічно та фізично. До перших методів відносять сепарацію (гранітаційна, інерційна, мокре очищення газів, фільтрація із застосуванням шпаринних матеріалів). Акустична коагуляція та осадження в електричному полі також відносяться до фізичних методів очищення.

На початку очищення несеждно здійснити процес вилову аерозолів, газоподібних сумішей із забрудненого повітря, газів, що відходять. Для вилову пилу газів використовують витяжні парасольки та інші аспіраційні пристрої (циклони). Вони відсмоктують забруднене та запилене середовище. Після цього забруднений газ зазнає хімічного і тонкого очищення. У першому випадку до відходів додають різноманітні реагенти, які взаємодіють із шкідливими домішками.

Пристрої очищення технологічних викидів до атмосфери від аерозолів можуть бути різні.

Сухі пиловловлювачі (циклони) призначені для грубого механічного очищення від пилу (крупний, важкий). Його робота передбачає осідання частинок під дією відцентрової сили, а також сили тяжіння. Широко застосовуються одинарні, групові та батарейні циклони.

Скрубери (мокрі пиловловлювачі) мають високий ступінь очищення саме від дрібнодисперсного пилу, що має розмір до 2...2,5 мкм. Принцип дії полягає в осадженні частинок пилу на поверхнях крапель внаслідок дії сил інерції чи броунівського руху.

Фільтри призначені для тонкого очищення газів внаслідок осадження частинок до 0,3 мкм на поверхнях іпаринних фільтруючих перегородок. Фільтри бувають тканинні та зернисті. У тканинних фільтруючим елементом може бути тканина, повсть, губчаста гума. Вибір залежить від вимог до очистки та умов роботи. До останніх відносять: ступінь очищення, температура, вологість, агресивність газів, розмір часточок пилу та їх кількість тощо.

Ефективним методом очищення від виважених частинок та масляного туману є застосування електрофільтрів. Їх принцип дії засновано на іонізації та осадженні частинок, що знаходяться у електричному полі. У міру накопичення заряду на електродах частинки пилу падають від дії сили тяжіння до збірника пилу. Можливе їх видалення струшуванням.

Застосовують наступні способи очищення від газоподібних та пароподібних сумішей.

1 Очищення за рахунок каталітичного перетворення. Перетворюють токсичні компоненти промислових викидів у нешкідливі або менш шкідливі речовини за рахунок уведення до системи каталізаторів.

2 Абсорбційний метод, що заснований на поглинанні газоподібних домішок рідким поглиначем (абсорбентом). Поглиначем може бути навіть вода.

3 Адсорбційний метод, що дозволяє виділяти шкідливі компоненти промислових викидів за допомогою твердих тіл із ультрамікроскопічною структурою, наприклад активоване вугілля.

## ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення засувки клинової, що широко використовується на об'єктах сільськогосподарського виробництва. Проведено аналіз корпусу. Охарактеризовано конструкційний матеріал, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючі технологічні процеси виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні  $\varnothing 125H10^{(+0,16)}$  мм розрахунково-аналітичним методом.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки корпусу. Здійснено розрахунки різального інструмента (свердла), що використовується у технологічному процесі механічної обробки.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки корпусу. Річний економічний ефект для програми випуску 250 шт. склав 438885 грн. Окрім того, наведено розрахунки системи штучного освітлення. Розглянуто способи очищення промислових викидів, що потрапляють до атмосфери.

5 У графічній частині наведено складальний креслення вузла засувки клинової, робочий креслення корпусу, креслення заготовки корпусу, складальний креслення затискного пристосування та різального інструмента для виконання операції механічної обробки свердлінням.