

**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: «Конструктивно-технологічні аспекти виготовлення водила  
редуктора для бурякозбирального комбайну»

КРБ133ГМбд\_41.05.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти за  
освітньо-професійною програмою  
*«Машини та обладнання  
сільськогосподарського виробництва»*  
Спеціальності *«133 Галузеве  
машинобудування»*  
ступеня вищої освіти *бакалавр* групи  
*133ГМбд\_41*  
Плискін Володимир Владиславович

Керівник канд. техн. наук, доцент  
БАСОВА Юлія

**Полтава – 2024 року**

## ВСТУП

Машинобудування відіграє важливу роль у проектуванні, розробці та обслуговуванні різних сільськогосподарських машин та обладнання. Ось деякі з ключових ролей і обов'язків інженера-механіка в галузі сільськогосподарської техніки:

- **Проектування та розробка сільськогосподарської техніки:** Машинобудування проектує та розробляє різноманітну сільськогосподарську техніку та обладнання, наприклад трактори, комбайни, мотоблоки та поливних систем. Вони використовують свої знання з механіки, термодинаміки та матеріалознавства для розробки ефективних, довговічних і економічно ефективних машин.

- **Підвищення ефективності та продуктивності:** Машинобудування аналізує продуктивність наявної сільськогосподарської техніки та визначає шляхи підвищення її ефективності та продуктивності. Вони використовують інструменти комп'ютерного моделювання та симуляції для перевірки та оптимізації конструкції компонентів машин, таких як двигуни, трансмісії та гідравлічні системи.

- **Технічне обслуговування та обслуговування техніки:** Машинобудування залучене до обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки та обладнання. Вони здійснюють регулярні перевірки, усувають проблеми та ремонтують або замінюють несправні компоненти, щоб забезпечити максимальну ефективність роботи обладнання.

- **Забезпечення безпеки та відповідності.** Машинобудування також несе відповідальність за забезпечення відповідності сільськогосподарської техніки та обладнання стандартам безпеки та нормативним вимогам. Вони проводять оцінку ризиків, проектують засоби безпеки та тестують обладнання, щоб переконатися, що воно безпечне у використанні та експлуатації.

Машинобудування кардинально змінило всі процеси в сільському господарстві, обробка та посів земляних ділянок, збір, транспортування та обробка сільськогосподарської продукції.

Сільськогосподарська техніка та обладнання до нього значно полегшило роботу працівникам в с/г галузі. Але процес не стоїть на місці та кожен раз винаходять щось нове або вдосконалюють те що вже є щоб було вигідніше використовувати нову техніку в обмін на стару. Зараз спрямування вдосконалення технології с/г виробництва та переробки йде на економічну частину, за для зменшення витрат та скорішого отримання бажаного результату.

**Мета** роботи полягає у розрахунку виготовлення водила для планетарного редуктора бурякозбирального комбайну

Для досягнення мети були виконані наступні **завдання**:

- вивчення, аналіз та оцінка вимог до водила редуктора;
- визначення та розробка технологічного процесу та маршруту виготовлення деталі;
- спроектування станочного пристосування та розрахувати норми часу;
- оцінка витрат, визначення та уникнення можливих небезпек під час виконання технологічного процесу.

**Об'єкт** дослідження є процес виготовлення водила. **Предмет** дослідження – розробка технологічних операцій виготовлення водила редуктора бурякозбирального комбайну.

Практичне значення отриманих результатів: спосіб отримання заготовки, кількість сороблювальних операцій та приблизна кількість часу яку витратять на їх здійснення, перелік обладнання для здійснення всіх операцій, обов'язкове дотримання стандартів згідно ДСТУ, визначення параметрів для установок для здійснення операцій, оцінка витрат на отримання деталі та порівняння з іншими шляхами отримання деталі для економії та спрощення технологічного процесу та маршруту.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку використаних джерел. Роботу викладено на 45 сторінках та ілюстровано 8 таблицями та 26 рисунками.

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Загальні відомості про редуктор

Редуктор - це пристрій, у якому високошвидкісний вхід приводить у рух вихідний вал. Зазвичай це велика шестерня геометричної форми з кількістю зубів, що дорівнює кількості вхідної шестерні. Рух шестерень можна просто описати як операцію, коли обертання шестерні вхідного вала викликає обертання шестерні вихідного вала [1].

Планетарні редуктори (рис 1.1) – це компактні компоненти, які прагнуть максимізувати передачу крутного моменту в різних застосуваннях. Механізми забезпечують передачу високих рівнів крутного моменту при одночасному зниженні необхідної кількості обертів двигуна для заданого рівня потужності.

Рисунок 1.1 – Планетарний редуктор

Редуктори складаються з коробки передач і вирівняних вхідного і вихідного валів. Системи промислової автоматизації, включаючи трансмісії постійного струму, сервоприводи та крокові системи, використовують планетарні редуктори для ефективного керування завданнями, які вимагають високого рівня крутного моменту.

Як малі, так і великі системи отримують переваги від планетарних редукторів, оскільки вони можуть ефективно зменшувати швидкість і коефіцієнт інерції крутільного механізму системи, збільшуючи крутний момент у системі.

Порівняно з аналогічними редукторними системами, ці компоненти важать менше та мають компактну конструкцію, яка може поміститися в більшій кількості конструкцій. Планетарні редуктори можуть підтримувати той самий крутний момент при зменшенні розміру до 50% [2].

Ці редуктори мають кулькові підшипники, які допомагають компонентам працювати плавно та ефективно. Це зменшує знос протягом усього терміну експлуатації, що призводить до меншого пошкодження та тривалого терміну служби виробу.

Планетарні редуктори забезпечують вищі швидкості осьового навантаження та радіальні швидкості навантаження, ніж аналогічні системи. Це підвищує їхню загальну надійність і міцність і зменшує можливість зміщення. Ці функції дозволяють планетарним редукторам пом'якшувати вплив вібрації та забезпечувати стабільну передачу з часом.

Планетарні редуктори створені для максимального зачеплення зубів. Оскільки більше зубів контактує, він може витримувати і передавати більший крутний момент.

Рисунок 1.2 – Складові планетарного редуктора

Кожен ступінь планетарної редукторної системи можна об'єднати або модифікувати для індивідуальних конфігурацій, які відповідають потребам конкретного застосування.

З планетарними редукторами також легко працювати: як тільки вони встановлені в циліндричній коробці передач, редуктори можна встановити практично будь-де.

Планетарні редуктори пропонують чудову продуктивність у широкому діапазоні галузей промисловості, включаючи автоматизацію, електроніку, харчову промисловість, упаковку, текстиль, будівництво, енергетику, медицину, системи безпеки та транспорт. Конкретні програми включають: кулькові гвинти; шпинделі ЧПУ; конвеєрні системи; системи індексації; лазерне обладнання; друкарські машини; рейка і шестірня; роботи; ролики та ремені; робочі столи [1].

#### 1.2 Режим роботи та види планетарних передач

Існує кілька видів планетарних редукторів. Також відомі як епіциклічні коробки передач. Це тип коробки передач, який використовує систему планетарних і обертових компонентів. Для передачі крутного моменту та швидкості між двигуном і виходом. У той же час кожен тип має свій унікальний дизайн і застосування.

Типи планетарних редукторів:

Рисунок 1.3 - Одноступінчастий планетарний редуктор

Рисунок 1.4 - Багатоступінчастий планетарний редуктор

Рисунок 1.5 - Рядний планетарний редуктор

Рисунок 1.6 - Зміщений планетарний редуктор

Рисунок 1.7 - Коаксіальний планетарний редуктор

Рисунок 1.8 - Прямокутний планетарний редуктор

Рисунок 1.9 - Хвильовий планетарний редуктор

Рисунок 1.10 - Диференціаль планетарної коробки передач

Кожен тип планетарного редуктора має свої переваги і недоліки. А вибір коробки передач залежить від конкретних вимог застосування.

Планетарні передачі вважаються найбільш часто використовуваним механізмом в редукторах. Він складається з кругової шестерні (сонячна шестерня) і кількох шестерень (планетних шестерень), що обертаються навколо неї. Сателіти також мають вісь обертання, що дозволяє їм обертатися навколо сонячної шестерні. У той час як сонячна шестерня може обертатися з певною швидкістю, планетарні шестерні синхронізовані з нею, обертатимуться з меншою швидкістю.

Принцип роботи редуктора полягає в перетворенні високошвидкісного входу в низьку швидкість і високий крутний момент. Різні типи редукторів можуть забезпечувати різну швидкість і крутний момент. Нижче ми детально ознайомимося зі структурою редуктора.

Як правило, планетарна передача складається з трьох валів - сонячної, водила і зовнішнього вінця. Часто, однак, рух одного з валів зупиняється, так що вхід і вихід знаходяться на інших валах. Який вал чи колесо утримується, що служить входом, а яке виходом, залежить від конструктивних завдань. У деяких випадках використовується також тривала робота, в якій або два вали приводяться в рух, а один є ведучим (суцільні шестерні), або навпаки (розподільні шестерні). Можлива також тимчасова тривала робота. Тут третій вал фіксується фрикційною муфтою. Під навантаженням роботу двох валів можна перервати, а потім відновити шляхом від'єднання та з'єднання [1].

### 1.3 Використовування планетарного редуктора у великогабаритній техніці

Ефективна передача енергії лежить в основі промислового обладнання, де кожен компонент відіграє вирішальну роль в оптимізації продуктивності та продуктивності. Однак, коли мова йде про застосування з високим крутним моментом і низькою швидкістю, проблеми зростають, вимагаючи рішень, які

можуть впоратися з цими вимогами без шкоди для ефективності та довговічності.

Саме тут планетарні редуктори постають як вершина інженерної досконалості, пропонуючи неперевершену продуктивність і надійність.

Рисунок 1.11 – Планетарний редуктор великогабаритної техніки

*Компактність.* Планетарні редуктори відомі своєю компактною та ефективною конструкцією. Вони сконструйовані таким чином, що вихідний вал співвісно вирівняний із входнім валом, що забезпечує економію простору для застосувань, які потребують тісного промислового середовища. Ця функція особливо корисна в ситуаціях, коли простір обмежений, наприклад, у машинах із багатьма компонентами та обмеженим доступним простором. Компактність планетарних редукторів означає, що їх можна легко інтегрувати в машини із системи, не займаючи зайвого місця. Крім того, компактна конструкція цих коробок передач дозволяє більш ефективно використовувати ресурси, оскільки вони вимагають менше матеріалів для виготовлення та їх легше транспортувати та встановлювати.

*Високий крутний момент.* Планетарні редукторні системи – чудовим вибором для потужних передач потужності, оскільки вони ефективно витримують навантаження з високим крутним моментом. Це пов'язано з їхньою розподіленою несучою природою, яка дозволяє їм розподіляти навантаження між кількома передачами, що забезпечує більш надійну та ефективну передачу потужності. Отже, якщо ви шукаєте надійну та

високопродуктивну систему передачі енергії для свого застосування, планетарна редукторна система може стати відмінним вибором.

*Плавна передача потужності.* Планетарна коробка передач розроблена з кількома точками контакту між шестернями, що забезпечує плавну та рівномірну передачу потужності. Це призводить до мінімальної вібрації та шуму навіть при великих навантаженнях. Плавна передача потужності планетарної редукторної системи робить її ефективним і надійним вибором для різних промислових застосувань.

*Зменшення втрати ефективності в планетарних коробках передач.* Щоб зберегти репутацію найефективнішого варіанту для застосувань із високим крутним моментом і низькою швидкістю, планетарні редукторні системи використовують передові стратегії та технології для мінімізації втрат ефективності. Це прагнення до точного проектування забезпечує оптимальну продуктивність і довговічність.

*Точність виробництва.* Планетарні коробки передач користуються перевагами точних технологій виробництва, що забезпечують точне формування та вирівнювання зубів шестерень. Високоякісні процеси обробки та складання сприяють зменшенню тертя та люфту, підвищуючи загальну ефективність.

*Змащення.* Належне змащування має важливе значення для мінімізації тертя та зносу в системах передач. Планетарні редукторні системи часто включають удосконалені системи змащення для забезпечення постійної та ефективної передачі потужності. Маслята з високою в'язкістю та температурною стабільністю вибираються, щоб витримувати складні умови застосування з високим крутним моментом і низькою швидкістю.

*Додаткові матеріали.* Сучасні матеріали, такі як високоміцні сплави та композитні матеріали, підвищують довговічність і несучу здатність компонентів планетарних передач. Ці матеріали сприяють зниженню механічних втрат, тим самим покращуючи загальну ефективність коробки передач.

Постійні дослідження та розробки продовжують розширювати межі ефективності планетарної коробки передач.

Інновації в матеріалознавстві, технологіях змащування та виробничих процесах спрямовані на подальшу оптимізацію цих систем, забезпечуючи їх відповідність змінним вимогам сучасних промислових застосувань [1].

Практичні міркування щодо впровадження планетарних редукторів. Для інженерів і дизайнерів, які розглядають впровадження планетарних коробок передач у системах із високим крутним моментом і низькими швидкостями, практичні міркування відіграють ключову роль у забезпеченні успішної інтеграції та тривалої роботи.

Поширені випадки під час експлуатації:

1. Адекватне охолодження: застосування з високим крутним моментом виділяє тепло, що вимагає ефективних механізмів охолодження, щоб запобігти перегріву та забезпечити постійну продуктивність.

2. Правильне центрування: точне центрування шестерень має вирішальне значення для запобігання нерівномірному зносу та зменшення механічних втрат.

3. Технічне обслуговування мастила: регулярний контроль і технічне обслуговування систем змащення є важливими для запобігання передчасному зносу та забезпечення оптимальної ефективності.

Рекомендації щодо оптимізації:

– ретельне тестування: проведіть ретельне моделювання, щоб зрозуміти, як працюватиме планетарна коробка передач за конкретних умов експлуатації;

– регулярне технічне обслуговування: допрамуйте проактивного графіку техобслуговування, включаючи заміну мастила та перевірку передач, щоб максимізувати термін служби коробки передач;

– консультації з експертами: зв'яжіться зі спеціалістами з коробок передач і експертами галузі, щоб отримати індивідуальні поради щодо оптимізації роботи систем планетарних передач.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1. Проектування технологічного процесу виготовлення деталі

#### 2.1.1 Службове призначення деталі

Водило, яке проектується, є частиною редуктора бурякозбирального комбайну.

Функція водила зводиться до сприйняття зусиль, які прагнуть повернути сателіти та збереження міжцентрових відстаней зубчастих пар. Водило не дозволяє відхилятися сателітам від кругової траєкторії при своєму русі по колу і зберігає паралельність їх осей щодо центральної осі. За центральну вісь приймають вісь водила. У розточках водила розташовані осі сателітів. Деталь водило – зварена.

Хімічний склад матеріалу наведений у табл. 2.2 Основні вимоги до матеріалу: механічна міцність на зминання, кручення, вигин (табл. 2.2)

Необхідність у термообробці. Рекомендована термообробка – нормалізація, що дозволяє зняти напругу в металі після зварювання, при цьому  $t_{\text{нв}} 250-300$ .

Водило працює у масляному середовищі при температурі літ до  $70^{\circ}\text{C}$ . Температура навколишнього середовища від  $40^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ .

Рисунок 2.1 – Водило

Рисунок 2.2 - Водило вид зверху

Таблиця 2.2 – Хімічний склад матеріалу сталь 45Л (ДСТУ 8781:2018)

[10], %

Вуглець С	Хром Cr	Марганець Mn	S і P не более	Нікелі Ni	Хром Cr
0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	<0,04	<0,25	<0,25

Таблиця 2.3 – Механічні властивості сталі сталь 45Л (ДСТУ 8781:2018)

кгс/мм <sup>2</sup>		δ, %	ап, кгс·м/см <sup>2</sup>	Ψ, %	НВ
σ <sub>T</sub>	σ <sub>B</sub>				
355	600	16	5	40	255

### 2.1.2 Аналіз технічних умов виготовлення деталі

При виготовленні деталі «води́ло» необхідно дотримуватися таких технологічних умов:

1. Не вказані граничні відхилення параметрів оброблюваних поверхонь по Js15, інших розмірів H14, діаметрів h14.
2. Овальність та конусоподібність посадкових поверхонь у межах допуску на діаметр.
3. Співвісність поверхонь А і В не більше 0,02 мм.
4. Різниця відстані отвору С від осі деталі та по хорді D не більше 0,05 мм.

Цих технічних умов достатньо для виготовлення деталі.

Деталь встановлюється в редуктор 1Ц2У-355. Водило являє собою корпусну деталь складної конфігурації, отриману способом виливки. Маса отриманої виливки дорівнює 34,8 кг, а маса отриманої після подальшої механічної обробки деталі 33 кг.

Заводський (базовий) технологічний процес обробки деталі переважно задовольняє вимогам учасного машинобудування.

Проведемо короткий аналіз технологічності конструкції:

- конструкція деталі дозволяє проводити обробку поверхонь на прохід майже у всіх операціях;
- існує можливість обробки отворів за допомогою свердлильного голівки з урахуванням відстані між осями цих отворів;
- для поверхонь, що потребують обробки, є вільний доступ інструменту;
- деталь немає площин оброблюваних під кутами, всі площини паралельні чи перпендикулярні одна одній;
- усі вісі отворів паралельні один одному, що спрощує обробку деталі, поєднує конструкторську та технологічну бази;
- жорсткість деталі достатня, що дозволяє не обмежувати режими різання;
- деталь має достатні за розмірами та розташування базових поверхні;
- конструкція не використовує внутрішніх різьблень великого діаметра;
- заготовка формою максимально наближена до форми готової деталі;
- метод отримання заготовки – відливок, для даного масштабу виробництва є раціональним;
- дійсна заготовка відповідає кресленню щодо фактичних припусків на обробку та виконання інших технічних вимог;
- дотримано правильності вибору чернових і проміжних баз, та принципів єдності та сталості технологічних баз;

- установка послідовності операцій тих процесів для досягнення заданої точності деталі неодноразово переглядалася і цей варіант є найефективнішим;
- параметри встановленого обладнання відповідають вимогам даних операцій.
- режими різання близькі до прогресивних;
- операції оснащені всім необхідним їх виконання;
- на операціях є вимоги виконання додержання технологічного процесу якості обробки деталі.
- основними причинами браку є поломка інструменту, неточність установки пристосування, інструменту або деталі;
- у процесі виготовлення деталі є й деякі вади: жорсткість різців не завжди достатня, що погіршує якість обробки поверхонь.

## 2.2. Розробка маршруту технологічної обробки деталі

Для обробки деталі "води́ло" використовуємо за основу технологічний маршрут обробки деталі на базовому заводі. Для призначення операцій розглянемо їхню черговість та базування деталі на верстатах.

Операція 005 - Фрезерно-центрувальна.

Фрезерувати торці водила торцевими фрезами в 1 встановлення, витримуючи розмір  $l = 143$ . центрувати відп.  $\varnothing 32$  із 2х сторін одночасно на  $l = 48$  Базування проводиться за зовнішніми отворами валу.

Операція 010 - Токарна – чорнова. Точити зовнішню поверхню  $\varnothing 100 - 0,5$  на  $l = 30 + 0,5$ . Точити зовнішню поверхню  $\varnothing 90 - 0,5$  на  $l = 12 + 0,5$ . Підрізати торець  $\varnothing 32$ , зняти фаску  $2,5 \times 45^\circ$ . Базувати по торцю та зовнішньому діаметру валу та центрів отвору щілини.

Операція 015 - Токарно-чорнова

Підрізати торець щоки  $\varnothing 160$ . Підрізати торець  $\varnothing 160$ . Точити зовнішню поверхню  $\varnothing 160 - 0,5$  на  $l = 28 + 0,5$  за 1 встановлення. Точити зовнішню

поверхню щоки  $\varnothing 160 - 0,5$   $l = 18 + 0,5$  за 1 встановлення. Базування проводиться по торцю та зовнішньому діаметру щоки.

Операція 025 - Токарна – чистова, (обробка валу з боку щоки).

Точити зовнішню поверхню  $\varnothing 82 - 0,5$  на  $l = 3 - 0,2$ . Точити зовнішню поверхню  $\varnothing 71 - 0,5$  на  $l = 1 - 0,2$ . Базувати по торцю та зовнішньому діаметру водила та центру в отвору щілини.

Операція 030 - Токарна – чорнова, (обробка з боку валу).

Точити поверхню  $\varnothing 40 - 0,5$  на  $l = 20 - 0,5$ ; точити поверхню  $\varnothing 36 - 0,2$  на  $l = 25 + 0,5$ ; точити поверхню  $\varnothing 40 - 0,5$  на  $l = 21 - 0,5$ ; точити торець  $\varnothing 40$ , зняти фаску  $2,5 \times 45^\circ$ ; точити торець  $\varnothing 36$ , зняти фаску  $2,5 \times 45^\circ$ ; точити торець  $\varnothing 40$ , зняти фаску  $2,5 \times 45^\circ$ ; точити торець  $\varnothing 36$ , зняти фаску  $2,5 \times 45^\circ$ ; точити канавку  $\varnothing 40 - 0,3$   $l = 45 + 0,5$ ;

Операція 050 - Фрезерна

Фрезерувати шпонковий паз на  $l = 42$ . Базування по зовнішньому діаметру водила.

Операція 075 - Шліфувальна.

Шліфувати зовнішню поверхню щоки  $\varnothing 160k6$  на  $l = 36,5$ .

Базування по центральному отвору.

Операція 120 - Шліфувальна

Шліфувати поверхню валу  $\varnothing 48k6$  на  $l = 26$ ;  $\varnothing 8$  на  $l = 3$ ;

Базування по центровим отворам.

Операція 040 - Токарна - напівчистова.

Свердлити отвори  $\varnothing 8$ , розсвердлити  $\varnothing 12$   $l = 8 + 0,5$ ; підрізати торець щоки; свердлити отвори, розсвердлити  $\varnothing 10 + 0,5$  на  $l = 8 + 0,2$ ; притупити гострі кромки

Базувати з боку водила по зовнішній та торцевій поверхні щоки.

Операція 045 - Токарна – чистова.

Точити фаску  $\varnothing 82$   $2,5 \times 45^\circ$ ; притупити гострі кромки. Базується по двох діаметрах та торцю водила.

Операція 060 - Розточити 3 отвори  $\varnothing 10H7$  по черзі. Розточити 3 отвори  $\varnothing 8H7$  по черзі

Базування проводиться по зовнішньому діаметру водила та щоці.

Операція 130 – Полірувальна.

Полірувати поверхню  $\varnothing 148h11(-0,3)$  поверхню валу  $\varnothing 40h11(-0,22)$  поверхню  $\varnothing 36h11(-0,19)$  поверхню валу  $\varnothing 40h11(-0,22)$  поверхню  $\varnothing 36h11(-0,19)$  поверхню  $\varnothing 32h11(-0,19)$ .

Базується на зовнішній і торцевій поверхні щоки.

Операція 110 - Слюсарна.

Операція 170 - Мийна

Операція 210К - Контрольна.

Розташування опорних точок на основах заготовки або виробу називають схемою базування. Схеми базування заготовки деталі «водило» на рис. 2.3 – 2.14

Рисунок 2.3 – Схема базування за  
операцією 005

Рисунок 2.4 – Схема базування  
за операцією 010

Рисунок 2.5 – Схема базування  
за операцією 015

Рисунок 2.6 – Схема базування  
за операцією 025

Рисунок 2.7 – Схема базування  
за операцією 030

Рисунок 2.8 – Схема базування  
за операцією 050

Рисунок 2.9 – Схема базування за  
операцією 125

Рисунок 2.10 – Схема  
базування за операцією 120

Рисунок 2.11 – Схема  
базування за операцією 040

Рисунок 2.12 – Схема базування за  
операцією 045

Рисунок 2.13 – Схема базування за операцією 060

Рисунок 2.14 – Схема базування за операцією 130

### 2.3. Розрахунок припусків

Вихідні дані

Заготівля: відливка

Маса заготовки: 34 кг

Клас точності: перший

Рис. 2.15 – Схема зображення розмірів деталі «води́ло»

Розраховуємо аналітично припуски на поверхні 30h11 (табл. 2.5) та  $\varnothing 40k6$  (2.6).

Таблиця 2.5 – Розрахунок припусків на розмір  $\varnothing 40k6$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 40k6$	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск $2Z_{min}$	Розрахунковий розмір $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничний розмір, мм	
	$R_z$	T	$\rho$				$d_{min}$	$d_{max}$
Заготовка	160			3,8	40,27	1200	43,8	44,6
Точіння чорнове:	2,5	50	1400	2,8	40,83	620	40,38	41
Точіння чистове	3,2	20	1000	0,2	40,41	100	40,79	40,8
Попереднє шліфування:	2,5	20	800	0,4	40,14	39	40,1	40,4
Остаточне шліфування:	2,5	15	600	0,4	40,01	16	40	40,02

Таблиця 2.6 – Розрахунок припусків на розмір 30h11

Технологічні переходи обробки поверхні 30h11	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск $2Z_{min}$	Розрахунковий розмір $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничний розмір, мм	
	$R_z$	T	$\rho$				$R_z$	T
Заготовка	160			2	30,27	1200	33,6	34,4
Точення попереднє:	12,5	50	1500	2-320	30,83	840	30,4	31,2
Точення остаточне:	6,3	30	1400	2-40	30,41	520	30	30,52

### РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Призначення обладнання, різального інструменту, пристосування, вимірювального інструменту

Операція 005 - фрезерно-центрувальна.

Використовуємо:

- верстат фрезерно-центрувальний моделі HG 1500;
- комплект інсталяційного пристрою QS-AN Set;
- фреза торцева  $\varnothing 25 \times 60$  ГОСТ 19065-80;

Операція 010 - токарно - чорнова

Використовуємо:

- верстат моделі FDB Maschinen Turner 180x300 Vario;
- 3-х кулачковий патрон K11-130;
- різець прохідний відігнутий упорний SRXCR 3232 X12C;
- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1; ШЦ-IV-315-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009.

Операція 015 - токарно-чорнова

Використовуємо:

- верстат моделі FDB Maschinen Turner 180x300 Vario;
- 3-х кулачковий патрон K11-130;
- різець лопатковий DALI T-7-с;
- різець прохідний відігнутий упорний SRXCR 3232 X12C;
- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009;
- лінійка 0 - 300 ДСТУ ГОСТ 427:2009.

Операція 025 - токарно - чистова

Використовуємо:

- верстат моделі FDB Maschinen Turner 180x300 Vario;
- 3-х кулачковий патрон K11-130;

– різець прохідний відігнутий SRXCR 3232 X12C; упорний SRXCR 3232 X12C; канавковий АІКТ-TD-R-32-3-T5-H;  
– штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1; ШЦ-IV-315-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009;

– зразки шорсткості ДСТУ 2834-94.

Операція 030 - токарно - чорнова

Використовуємо:

– верстат FDB Maschinen Turner 180x300 Vario;

– центр обертовий КМ 6;

– різець прохідний відігнутий лівий TWLNL 2525 M08-H;

– скоба 160h11;

– скоба 148h11;

– шаблон 160h11;

– шаблон 148h11;

– штангенциркуль ШЦ-III 315-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009;

– зразки шорсткості ДСТУ 2834-94.

Операція 050 - фрезерна

використовуємо:

– верстат моделі prima fz-25e;

– фреза шпонкова 22 р6м5 хм2 ДСТУ ГОСТ 16222:2008;

– калібр шпонковий 25 ДСТУ ГОСТ 16222:2008;

– штангенциркуль шц-і-0-160-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009;

– зразки шорсткості ДСТУ 2834-94.

Операція 125 - шліфувальна

Використовуємо:

– верстат моделі 3M152;

– шліфувальне коло ПП 750 x 75 x 305; ЗАК 14А ДСТУ ГОСТ 15846:2003;

– зразки шорсткості ДСТУ 2834-94.

Операція 120 – шліфувальна

Використовуємо:

- верстат моделі 3М152;
- шліфувальне коло ІПІ 750 x 75 x 305; ЗАК 14А ДСТУ ГОСТ 15846:2003,
- скоба Ø148К6 ІС-2-2-2;
- скоба Ø82К6 ІС-2-2-2;
- зразки шорсткості ДСТУ 2834-94.

Операція 040 – токарно - напівчистова

Використовуємо:

- верстат моделі JET BD-3;
- трикулачковий патрон ДСТУ ГОСТ 8255:2008;
- свердло Ø8 ДСТУ ГОСТ 886-77;
- свердло Ø10 ДСТУ ГОСТ 886-77;
- різень прохідний відігнутий упорний SRXCR 3232 X12C;
- штангенциркуль ШЦ-I-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009;
- зразки шорсткості ДСТУ 2834-94.

Операція 045 - токарно – чистова

Використовуємо:

- верстат моделі FDB Maschinen Turner 180x500 Vario;
- трикулачковий патрон ДСТУ ГОСТ 8255:2008;
- прохідний упорний MTJNR-3232-P16;
- розточувальний S20E SCACR 09;
- канавковий АІКТ-ТД-R-32-3-T5-H;
- шаблон на розташування канавки:
- штангенциркуль ШЦ – I – 125 - 0,1; ШЦ – II – 250 - 0,1; ДСТУ ГОСТ 166:2009;
- зразки шорсткості ДСТУ 2834-94.

Операція 060 - розточувально - чистова

Використовуємо:

- верстат - координатно-розточувальний 2421;
- настановний пристрій АН-ЕС-ЕТС;
- розточувальна оправка МК-2 50000035;
- різець в оправку WTD1616-08;
- скоба для виміру по хорді ШЗМ 1-18 0.02 КІ;
- зразки шорсткості ДСТУ 2834-94.

Операція 130 – полірувальна

Використовуємо:

- верстат моделі FDB Maschinen Turner 180x300 Vario;
- патрон трикулачковий ДСТУ ГОСТ 8255:2008;
- наждачний папір;
- скоба Ø148h11;
- шлангенциркуль ШЦ-1-125-0,1; ДСТУ ГОСТ 166:2009;
- зразки шорсткості ДСТУ 2834-94.

### 3.2 Розробка станочного пристосування

Необхідна точність обробки забезпечується визначенням положення заготовки відносно ріжучого інструменту.

Положення заготовки та отвору, який потрібно обробити, гарантують, що вони спираються на огорожу. Завдяки прецизійному виготовленню упорів обрана схема центрування забезпечує мінімальні похибки центрування.

Установку заготовки здійснюють щільним контактом базової поверхні деталі з корпусом, а також упором за рахунок приведення в дію пневмоциліндра і затиску державок. Для повного орієнтування заготовки вибирають 2 базові поверхні так, щоб виконувалася умова невіддільності основ від опор, тобто при збереженні щільного, нерухомого контакту між ними заготовка не могла переміщатися або обертатися відносно осей координат.

При дотриманні умови суцільності заготовка позбавляється всіх ступенів свободи.

Для забезпечення необхідної точності заготовки при проектуванні пристосування необхідно підібрати схему, в якій буде виконуватися наступна умова:

$$\varepsilon \leq \varepsilon_{\text{доп}}$$

$\varepsilon$  – фактичне значення похибок позиціонування заготовки в пристосуванні.

$\varepsilon_{\text{доп}}$  – допустиме значення похибок позиціонування заготовки в пристосуванні.

Допустима величина похибок позиціонування заготовки в пристосуванні.  $\varepsilon_{\text{доп}}$  наближено визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = \delta - w$$

де  $\delta$  – допуск збереженого розміру  $\delta = 600$  мкм

$w$  – точність обробки, отримана при виконанні цієї операції.

За відсутності обґрунтованих даних щодо точності обробки, отриманої на цій операції (при фрезеруванні пазового впаду), можна прийняти середню точність обробки  $w = 460$  мкм.

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 600 - 460 = 140 \text{ мкм}$$

фактичне значення похибки позиціонування заготовки в пристосуванні  $\varepsilon$  визначається з геометричних співвідношень, властивих схемі позиціонування.

У цьому випадку, оскільки монтажна та технологічна бази суміщені, похибка базування становить  $\varepsilon = 0$ .

Таким чином, виконується умова  $\varepsilon \leq \varepsilon_{\text{доп}}$ .

Розрахункова сумарна похибка грипаду  $\Delta_{\text{гр}}$  визначається за формулою.

$$\Delta_{\text{гр}} \leq \delta - (k_1 \varepsilon + \Delta_{\text{уст}} + k_2 w)$$

$\delta$  – допуск на оброблену деталь<sub>1</sub> – коефіцієнт 0,8 - 0,85<sub>2</sub> – коефіцієнт 0,6-1,0

$w_{уст}$  - точність обробки для цієї операції

$\Delta_{уст}$  - помилка установки

$\Delta_{уст}$  – зміщення заготовки під час закріплення. Це залежить від типу пристрою і головним чином від природи затиску і не залежить від схеми основи та способу обробки.

$$\Delta_{уст} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}$$

$\varepsilon_6$  - похибка базування  $\varepsilon_6 = 0$

$\varepsilon_3$  - похибка кріплення  $\varepsilon_3 = 70$  мкм

$$\Delta_{уст} = \sqrt{0^2 + 70^2} = 70 \text{ мкм}$$

Визначивши похибку базування  $\varepsilon$ , розрахувавши похибку установки  $\Delta_{уст}$  і точність обробки  $w$ , розраховуємо сумарну похибку приладу  $\Delta_{пр}$ .

$$\Delta_{пр} = 0,6 - (0 + 0,007 + 0,8 \cdot 0,46) = 0,462 \text{ мм}$$

Потім величину сумарної похибки приладу  $\Delta_{пр}$  розподіляємо між окремими складовими ланками розмірного ланцюга. Сумарна похибка приладу  $\Delta_{пр}$  складається з похибок складових ланок розмірного ланцюга.

$$\Delta_{пр} = \sum \delta_n + \delta_y + \delta_z$$

де

$\delta_n$  – похибка виготовлення деталі

$\delta_y$  - похибка встановлення приладу на станку

$\delta_z$  – похибка в послідовності конструктивних зазорів необхідних для насадки на установочні елементи приладу

### 3.3 Розрахунок режимів різання

Операція 005 фрезерно-центрувальна

Обчислюємо швидкість різання для фрезерування ( $V$ ) за формулою (3.1)

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad (3.1)$$

де  $K_v$  - загальний поправочний коефіцієнт  $K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}$ ;

$K_{mv}$  - врахування матеріалу заготовки;

$K_{mv}$  - врахування стану поверхні;

$K_{y\epsilon}$  - врахування матеріалу інструменту;

$$K_{mv} = 1,4 \quad K_{nv} = 0,8 \quad K_{vv} = 0,85$$

$$K_{\epsilon} = 1,4 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 1,3$$

$T$  - стійкість інструменту = 180 хв;

$t$  – глибина різання = 10 мм;

$S_z$  – подача на зуб = 0,1;

$B$  – ширина фрезерування = 160 мм;

$D$  – діаметр обробки = 130 мм;

$Z$  – число зубів фрези = 16.

Значення коефіцієнта  $C_V$  та показників ступеня прийняті

$$C_V = 445 \quad y = 0,35$$

$$a = 0,2 \quad u = 0,2 \quad m = 0,32$$

$$r = 0,15 \quad p = 0$$

Підставляючи отримані значення в формулу (3.1) отримуємо швидкість різання:

$$V = \frac{445 \cdot 130^{0,2} \cdot 1,3}{180^{0,32} \cdot 10^{0,15} \cdot 0,1^{0,35} \cdot 160^{0,2}} = 167 \text{ м/хв}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 167}{\pi \cdot 130} = 409 \text{ об/хв}$$

приймаємо  $n = 400$  об/хв – частота обертання фрези.

Фактична швидкість різання дорівнюватиме:

$$v = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{1000} = \frac{400 \cdot \pi \cdot 130}{1000} = 163,4 \text{ м/хв}$$

Головна складова сили різання при фрезеруванні - окружна сила  $H$  обчислюється за (3.2):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot v^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^w} \cdot K_{MP} \quad (3.2)$$

де  $z = 16$  – число зубів фрези.

Значення коефіцієнта  $C_p$  та показників ступеня приймаємо

$$C_p = 825 \quad u = 1,1$$

$$x = 1 \quad q = 1,3$$

$$y = 0,75 \quad W = 0,2$$

$K_{MP}$  – доправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу,  $K_{MP} = 0,16$ .

Підставляючи отримані дані у формулу 3.2, розраховуємо силу різання  $P_z$ :

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 10^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 160^{1,1} \cdot 16 \cdot 0,74}{130^{1,3} \cdot 400^{0,2}} = 2487,7 \text{ Н}$$

Величини інших складових сили різання: горизонтальної (сила подачі)  $P_h$ , вертикальної  $P_v$ , радіальної  $P_y$ , осьової  $P_x$  встановлюють із співвідношення з головною складовою  $P_z$ :

Крутний момент на шпинделі, Н · м з формули (3.3)

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} \quad (3.3)$$

де  $D$  – діаметр фрези, мм

$$M_{кр} = \frac{2487,7 \cdot 130}{2 \cdot 100} = 1617,07 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність різання (ефективна), кВт за формулою (3.4)

$$N_{риз} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (3.4)$$

$$N_{риз} = \frac{2487,7 \cdot 163,4}{1020 \cdot 60} = 6,64 \text{ кВт}$$

Враховуючи, що  $N_{риз} < N_{верстата}$ , обираємо фрезерно-центрувальний верстат HG 1500.

Швидкість різання для свердління визначаємо із формули (3.5)

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \cdot K_{zv} \quad (3.5)$$

$$S = 0,2 \text{ мм/об};$$

$$t = 3,15;$$

$$D = 6,3;$$

де  $K_{zv}$  – коефіцієнт що враховує одинарне заточення свердла = 0,75;

$S$  – подання;

$D$  - діаметр свердла;

$$C_v = 7; q = 0,4; y = 0,7; m = 0,2;$$

$$T = 25 \cdot \text{КТІ} = 25 \cdot 2,5 \approx 60 \text{ хв};$$

$K_{T3}$  – коефіцієнт зміни стійкості.

$$v = \frac{7 \cdot 6,3^{0,4}}{60^{0,2} \cdot 0,2^{0,7}} \cdot 1 \cdot 0,75 = 14,9 \text{ м/хв}$$

Визначимо крутний момент за формулою (3.6)

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (3.6)$$

$$C_M = 0,0345;$$

$$q = 2; y = 0,8;$$

$$K_p = 0,59.$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,3^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,59 = 2,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність різання за формулою (3.7)

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{2,2 \cdot 815}{9750} = 0,2 \text{ кВт} \quad (3.7)$$

Операція 050 - фрезерна

Швидкість різання для фрезерування обчислюємо за формулою (3.1)

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V$$

де  $K_V$  - загальний поправочний коефіцієнт  $K_V = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{nv}$ ;

$K_{mv}$  - враховує матеріал заготовки;

$K_{nv}$  - враховує стан поверхні;

$K_{uv}$  - враховує матеріал інструменту;

$$K_{mv} = K_2 \left( \frac{750 \cdot \sigma}{\sigma} \right)^{\epsilon}$$

$$K_V = 0,76 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,61$$

$T$  - стійкість інструменту = 90 хв;

$t$  - глибина різання = 9 мм;

$S_z$  - подача на зуб = 0,2;

$B$  - ширина фрезерування = 30 мм;

$D$  - діаметр обробки 32 мм;

$Z$  - число зубів фрези = 3.

Значення коефіцієнта  $C_V$  та показників ступеня прийняті

$$C_V = 46,7 \quad y = 0,5$$

$$q = 0,45 \quad u = 0,1$$

$$x = 0,5 \quad p = 0,1 \quad m = 0,33$$

Підставляючи отримані значення у формулу 3.1, отримуємо швидкість різання для фрезерування:

$$V = \frac{46,7 \cdot 22^{0,45} \cdot 0,61}{90^{0,33} \cdot 9^{0,5} \cdot 0,2^{0,5} \cdot 30^{0,1} \cdot 3^{0,1}} = 12,7 \text{ м/хв}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 12,7}{\pi \cdot 22} = 183,7 \text{ об/хв}$$

приймаємо  $n = 200$  об/хв - частота обертання фрези.

Фактична швидкість різання для фрезерування дорівнюватиме:

$$v = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{1000} = \frac{200 \cdot \pi \cdot 22}{1000} = 13,8 \text{ м/хв}$$

Головна складова сили різання при фрезеруванні - окружна сила,  $H$  обчислюється за (3.2)

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^W} \cdot K_{MP}$$

де  $z = 3$  - число зубів фрези;

Значення коефіцієнта  $C_p$  та показників ступеня приймаємо

$$C_p = 68,2 \quad u = 1$$

$$x = 0,86 \quad q = 0,86$$

$$y = 0,72 \quad W = 0$$

$K_{MP}$  - поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу

$$K_{MP} = 0,74.$$

Підставляючи отримані дані у формулу 3.2, розраховуємо силу різання

$P_z$ :

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2,0^{0,86} \cdot 0,2^{0,72} \cdot 22^{1,3} \cdot 0,74}{2^{0,86}} = 4846 \text{ Н}$$

Величини інших складових сили різання: горизонтальної (сила подачі)  $P_H$ , вертикальної  $P_V$ , радіальної  $P_y$ , осьової  $P_x$  встановлюють із співвідношення з головною складовою  $P_z$ :

Потужність різання (ефективна), кВт за формулою (3.4)

$$N_{piz} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (3.4)$$

$$N_{piz} = \frac{4846 \cdot 210}{1020 \cdot 60} = 1,09 \text{ кВт}$$

По операції 050 бачимо, що  $N_{piz} < N_{верстата}$

Решта всіх режимів різання вивчаються аналогічно. Зведемо всі режими різання таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Зведена таблиця режимів різання

№ операції	Операція	Режими різання			t, мм
		S об/хв	V, м/хв	n хв <sup>-1</sup>	
005	Фрезерно - центрувальна	0,12	156	712	2
		0,12	26,7	712	-
010	Токарно - чорнова	0,4	95	1900	1,4
011	Токарно - чорнова	0,4	95	650	1,4
025	Токарно - чистова	0,3	100	2000	0,14
030	Токарно - чистова	0,3	100	650	0,14
050	Фрезерна	0,12	156	712	7,2
125	Шліфувальна	0,3	8	125	0,38
120	Шліфувальна	0,3	8	125	0,38
040	Токарно - чистова	0,06	18	1400	0,4
045	Токарно - чистова	0,3	100	780	1,5
060	Розточно - чистова	1	8	350	0,38
130	Полірувальна	0,3	100	2000	0,38

## 3.4 Розрахунок технічного нормування часу

Норма шліфного часу розраховується за формулою (3.7)

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{в}} + T_{\text{об}} + T_{\text{од}} \quad (3.7)$$

де  $T_0$  - основний час, хв;  $T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{n \cdot S}$  (хв);

$T_{\text{в}}$  - допоміжний час, хв;

$T_{\text{об}}$  - час обслуговування, хв;

$T_{\text{од}}$  - час на відпочинок та особисті потреби, хв;

$L_{\text{рх}}$  - довжина робочого ходу;

$n$  - число оборотів шпинделя;

$S$  - подання.

Допоміжний час  $T_d$ , час обслуговування  $T_{об}$ , час на відпочинок та особисті потреби  $T_{від}$  визначаємо за нормативами норми часу щодо операції.

Зведемо до таблиці 3.2

Таблиця 3.2 - Зведені дані по технічним нормам часу за операціями

Проектувальний варіант	$T_{ум}$	8,88	4,27	9,96	5,94	6,21	3,18	1,803	3,93	9,62	10,95	6,2	5,13	90,47
	$T_{от}$	0,54	0,25	0,6	0,36	0,98	0,19	0,68	0,23	0,58	0,66	0,6	0,32	
	$T_{об}$	0,39	0,19	0,44	0,26	0,73	0,14	0,053	0,17	0,43	0,49	0,24	0,23	
	$T_{он}$	7,95	3,83	8,92	5,32	14,5	2,85	1,07	3,53	8,61	9,8	5,1	4,58	
	$T_{в}$	0,25	0,25	0,32	0,15	0,4	0,1	0,1	0,23	0,26	0,3	0,3	0,08	
	$T_o$	7,7	3,58	8,6	5,2	14,1	2,75	0,97	3,3	8,35	9,5	4,8	4,5	
Базовий варіант	$T_{ум}$	8,88	4,27	9,96	5,94	16,21	3,18	1,05	3,93	9,62	10,95	5,55	5,13	89,5
	$T_{от}$	0,54	0,25	0,6	0,36	0,98	0,19	0,68	0,23	0,58	0,66	0,36	0,32	
	$T_{об}$	0,39	0,19	0,44	0,26	0,73	0,14	0,053	0,17	0,43	0,49	0,24	0,23	
	$T_{он}$	7,95	3,83	8,92	5,32	14,5	2,85	1,07	3,53	8,61	9,8	4,95	4,58	
	$T_{в}$	0,25	0,25	0,32	0,15	0,4	0,1	0,1	0,23	0,26	0,3	0,15	0,08	
	$T_o$	7,7	3,58	8,6	5,2	14,1	2,75	0,97	3,3	8,35	9,5	4,8	4,5	
№ операції	005	010	015	025	030	050	125	120	040	045	060	130	Σ	
Найменування операції	Фрезерно-центрувал	Токарно чорнова	Токарно чорнова	Токарно чистова	Токарно чистова	фрезерна	Шліфування	Шліфування	Токарно напівчист.	Токарна чистова	Росточка напівчист	Шліфуванн		

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

### 4.1. Економічне обґрунтування вибору заготовлі

Загальні вихідні дані по деталі «води́ло»:

- матеріал деталі - сталь 45Л;
- маса деталі – 33 кг;
- річна програма - 15600 шт;
- час випуску - 39,4 хв/шт;
- виробництво великосерійне.

Собівартість заготовки може відрізнитися залежно від різних показників (табл. 4.1)

Таблиця 4.1 – Порівняння варіантів отримання заготовки за технологічною собівартістю

Показники	Варіант 1	Варіант 2
Вид заготовки (вільн.)	К зливо	За виготовленими моделями
Клас точності	ДСТУ ОІМЛ R 34:2014	ДСТУ ОІМЛ R 34:2014
Група складності	перша	перша
Маса заготовки Q, кг	34	34
Вартість 1 т заготовок, прийнятих за базу C <sub>i</sub> , грн	57	77
Вартість 1 т стружки C <sub>с</sub> , грн	6	6

Визначимо вартість заготовок  $S_{зав}$  за формулою 4.1

$$S_{зав} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_e \cdot k_m \cdot k_n \right) - (C - c) \frac{S_{омк}}{1000} \quad (4.1)$$

де  $C_i$  - базова вартість 1 т заготовок [грн.];

$k_T = 1,05$  - коефіцієнт залежить від класу точності заготовок;

$k_m = 1,6$  - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу (для 1 варіанту);

$k_c = 0,78$  - коефіцієнт, що залежить від групи складності (для 1 варіанту);

$k_v = 0,82$  - коефіцієнт, що залежить від маси заготовок (для 1 варіанту);

$k_m = 0,5$  - коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва (для 1 варіанту);

$k_m = 1,21$  - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу (для 2 варіанту);

$k_c = 0,78$  - коефіцієнт, що залежить від групи складності (для 2 варіанту);

$k_v = 0,74$  - коефіцієнт, що залежить від маси заготовок (для 2 варіанту);

$k_m = 0,8$  - коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва (для 2 варіанту);

Підставивши відповідні дані у формулу 4.1 отримаємо вартість заготовки для лиття у землю (варіант 1,  $S_{заг1}$ ) та для лиття за виплавленими моделями (варіант 2,  $S_{заг2}$ ):

$$S_{заг1} = \left( \frac{57}{1000} \cdot 34 \cdot 1,05 \cdot 0,78 \cdot 0,82 \cdot 1,6 \cdot 0,5 \right) - (34 - 33) \cdot \frac{6}{1000} = 1,04 \text{ грн}$$

$$S_{заг2} = \left( \frac{57}{1000} \cdot 34 \cdot 1,05 \cdot 0,78 \cdot 0,74 \cdot 1,21 \cdot 0,8 \right) - (34 - 33) \cdot \frac{6}{1000} = 1,52 \text{ грн}$$

де  $S_{заг1}$  і  $S_{заг2}$  - вартість зіставлених заготовок, грн.

Економічний ефект для зіставлення способів одержання заготовок, за яким технологічний процес механічної обробки не здійснюється, розраховується за формулою 4.2:

$$E_e = (S_{заг2} - S_{заг1}) \cdot N \quad (4.2)$$

$$E_e = (1,52 - 1,04) \cdot 15600 = 7500 \text{ грн}$$

Таким чином, перевагу слід віддати заготовці, яка виготовляється литтям у землю, при цьому забезпечується річний економічний ефект 7500 грн

## 4.2 Загальні санітарно-технічні вимоги щодо влаштування промислових підприємств

Ці вимоги відображаються у санітарних нормах та правилах СН 245-71. Вони передбачають певні вимоги до території підприємства, його водопостачання, каналізації, до виробничих та невиробничих (допоміжних) будівель та споруд.

Враховуючи викид в атмосферу шкідливих речовин (пил, пари, газ) і виробничий шум, підприємства мають певну відстань від житлових і громадських будівель, створюючи так звану санітарно-захисну зону.

Відповідно до санітарних норм Промислові підприємства залежно від виділення шкідливих речовин та умов технологічного процесу з урахуванням проведення заходів щодо очищення шкідливих викидів в атмосферу ділять на п'ять класів. Машинобудівні підприємства відповідно до СН 245-71 відносяться до п'ятого класу. Ширина санітарно-захисної зони складає 50 м. коду.

Промислові підприємства розташовують біля населеного пункту у спеціальних, виділених їм районах, а деяких випадках - поза населеного пункту. Площа для будівництва підприємств має вибиратися з урахуванням аеродинамічних характеристик та рельєфу місцевості, прямого сонячного опромінення та природного провітрювання. Допоміжні приміщення слід розміщувати у прибудовах до виробничих будівель.

### 4.2 Несприятливі фактори

#### 4.2.1 Захист від шуму

У машинобудуванні одним із основних технологічних процесів є обробка різанням. Експлуатація металорізальних верстатів супроводжується генеруванням шуму. Токарні автомати генерують шум інтенсивністю 82 - 99 дБ з переважанням звукової енергії в області 250 - 4000 Гц.

Випробування людського вуха впливом шумових ефектів призводить до ураження органу слуху, спричиняє порушення з боку багатьох органів прокуратури та систем людини.

Генерація шуму у виробничих умовах, як правило, обумовлена різноманітністю причин, що створює відому труднощі у боротьбі з цим фактором і зазвичай потребує одночасно комплексу заходів:

- усунення причин шуму;
- ізоляція джерела шуму;
- зменшення густини звукової енергії, відбитої від стін;
- раціональне планування будівлі;
- застосування засобів індивідуального захисту

Найбільш раціональний шлях боротьби з шумом – покращення конструкції обладнання. Це - застосування пластиків, віброоплинаючих пристроїв, передачі з косозубим зачепленням, заміна поворотно-поступальних рухів, що рівномірно обертаються.

Для зменшення шуму, що передається трубами, передбачається відділення джерела шуму від трубопроводу спеціальними компенсаторами. Ослаблення шуму досягається застосуванням під підлогою пружних прокладок без жорсткого зв'язку їх з конструкціями будівлі, що несуть, установкою віброуючого обладнання на амортизатори. Застосовуються звукопоглинаючі штукатурки та плити.

#### 4.2.2 Захист від вібрації

Вібрація як чинник виробничого середовища зустрічається у багатьох галузях народного господарства, зокрема й у машинобудуванні. Більш того, вібрація використовується як необхідний фактор у ряді технологічних процесів, наприклад, у віброуцільненні. Вібрацією супроводжується робота нерухомих та рухомих механізмів, та агрегатів, в основу ді яких покладено обертальний та зворотно-поступальний рух.

Для зменшення вібрації та її шкідливого впливу на людський організм передбачений спеціальний фундамент під кріплення верстатного обладнання, що повністю запобігає вібрації підлог. Інші вібрації незначні.

Зменшенню вібрації сприяє жорстке кріплення вузлів та деталей, застосування віброочисника.

#### 4.3 Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання

##### 4.3.1 Заходи та запобіжні пристрої в цеху

Для створення повної безпеки в цеху, де розташований верстат, що проектується, передбачені наступні заходи та запобіжні пристрої:

- пристрої, що забезпечують безпеку пуску та зупинення механізмів;
- розпізнавальне забарвлення всіх частин устаткування, що рухаються;
- огороження рухомих та небезпечних частин механізмів;
- звукові сигнали;
- огороження, що захищає від дотику до інструменту, від стружки, що відлітає в процесі різання, від мастило-охолоджуючої рідини що розбризкується;
- для захисту робітника від удару електричним струмом перед верстатом встановлюється дерев'яна сітка або дерев'яна підставка.

##### 4.3.2 Техніка безпеки при експлуатації проектного верстата

Конструкція верстата є безпечною для обслуговуючого персоналу. Всі частини верстата, що обертаються, захищені кожухами і огорожені. У верстаті застосовані блокувальні пристрої та контрольні прилади, що стежать за нормальною роботою верстата. На верстаті є місцеве освітлення.

Під час роботи верстата необхідно застосовувати такі заходи безпеки:

- забороняється експлуатація верстата з відкритими дверцятами шафи, знятими кожухами кінцевих вимикачів,

- вимикання електродвигунів з подальшим зняттям напруги повинно здійснюватися: - при виявленні несправності обладнання; при перервах у подачі електроенергії; при тимчасовому припиненні роботи для прибирання, чищення та змащення обладнання;
- забороняється встановлювати та обробляти на верстаті заготовки, що мають відхилення від креслення за припуском;
- забороняється працювати на верстаті з несправною системою контролю та сигналізації;
- встановлення інструментів, їх налагодження проводити тільки у вихідному положенні механізмів верстата;
- не накопичувати промаслену ганчірку біля гідроприводу, що може призвести до самозаймання;
- при монтажі гідроприводу обов'язково встановлювати перепускні клапани для скидання тиску в аварійних випадках, встановлювати кнопку аварійного відключення.

Класифікація виробництв з вибухової, вибухопожежної та пожежної небезпеки

Металообробні заходи щодо пожежонебезпечності відносяться до категорії Д виробництва, в яких обробляються негорючі матеріали та речовини в холодному стані (СНиП 2.09.02-85\* Виробничі будівлі). Приміщення належать до класу П-І, бо містяться горючі рідини - мінеральні олії.

Верстат, що проектується, повинен забезпечуватися первинними засобами пожежогасіння (ДСТУ-Н Б В.1.1-42:2016).

Передбачені такі протипожежні заходи:

- необхідно суворо стежити за станом електромережі, не допускати її перенавантаження, пробою ізоляції та загоряння проводів, стежити за справністю запобіжників;
- забороняється курити на робочих місцях, для куріння відводяться спеціальні місця;

– самозаймисті відходи, ганчір'я складаються в спеціальну тару з кришками;

– необхідно дотримуватись чистоти на всій площі, в цеху змонтовано спеціальну сигналізацію та телефонний зв'язок з метою оповіщення про пожежу.

Для гасіння пожежі використовуються хімічні та повітряно-механічні піни, благородні гази та сипучі матеріали покривала з азбестової тканини. Найбільш поширена з хімічних речовин вогнегасіння - вуглекислота, що розкладається з отриманням вуглекислого газу  $CO_2$ . Вуглекислі вогнегасники типу ВВ-2 необхідно застосовувати для гасіння пожеж на верстаті та при горінні електропроводки. При гасінні  $CO_2$  верстат може бути під напругою.

Апарати пожежогасіння поділяють на рухомі, стаціонарні та вогнегасники. Стаціонарні установки можуть бути автоматичними або з дистанційним керуванням.

До організаційних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки належать застосування негорючих і важкогорючих матеріалів замість пожежонебезпечних. Повинна вестись розробка та впровадження норм та правил пожежної безпеки.

## ВИСНОВКИ

Під час вивчення, аналізу, проектування та розрахунку виготовлення та обробки деталі водило можна зробити наступні висновки:

- службове призначення деталі, де саме та за яких умов воно використовується, на які саме моменти потрібно звернути увагу під час вибору та проектування вузла;

- аналіз та визначення припусків, визначення та складання маршруту технологічної обробки поверхні деталі з урахуванням припусків;

- вибір та розробка станочного пристосування для правильного розташування заготовки на верстаті під час обробки поверхні з урахуванням усіх відхилень відносно положення верстата, положення деталі, розташування деталі відносно деталі та з урахуванням рівності поверхні на якому розташований верстат;

- розробка режимів різання з урахуванням найменування операції обробки, поверхня оброблювальної заготовки, метал з якої виготовлено заготовку, різальні інструменти та верстат, які будуть використані під час обробки;

- розробка технічного нормування часу, яке буде витрачено на кожну операцію, та сумування всього часу для визначення часу, яке потрібне для виконання усіх операцій.