

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі «Шток 344.002» з використанням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія  
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка  
Шифр і назва спеціальності

Освітня програма «технології машинобудування»  
Назва

Шифр ДП.ПМ.ФІТА.07.25.ПЗ

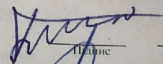
Виконав студент 3 курсу група ПМТс-22-2  
Шифр

Керівник канд. техн. наук, доцент  
Науковий ступінь, звання

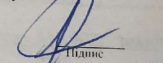
Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент

До захисту допускаю:  
Завідувач кафедри технології машинобудування  
Назва

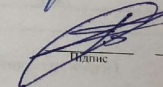
Дата « 19 » 06 2025



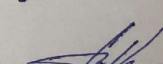
Олексій ГРИНЮК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ



Ольга РОМАНШІНА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ



Сергій БИСЬ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ



Віталій ТКАЧУК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
 Кафедра технології машинобудування  
 Рівень вищої освіти перший (бакалавр)  
 Галузь знань 13 механічна інженерія Шифр і назва \_\_\_\_\_  
 Спеціальність 131 прикладна механіка Шифр і назва \_\_\_\_\_  
 Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Завідувач кафедри ТМ  
Віталій ТКАЧУК  
 7 . 02 . 2025

**ЗАВДАННЯ  
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Гринюку Олексію Вікторовичу  
 Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи

Технологія виготовлення деталі «Шток 344.002» з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Романішина Ольга Валеріївна, к.т.н., доцент  
 Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання  
 Затверджено наказом ректора університету від 7 лютого 2025 р. № 23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 15 червня 2025

3 Вихідні дані до проекту (роботи) кресленник деталі Шток 344.002, технічні вимоги до її виготовлення,  
 обсяг випуску 1,75 тис.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
 Вступ  
 1. Загальний розділ  
 2. Технологічний розділ  
 3. Конструкторський розділ  
 4. Охорона праці

5 Перелік графічних матеріалів: 1 Креслення деталі - лист А2; 2 Креслення заготовки - лист А2; 3. Карта налагодки верстата - 1 лист А1; 4. Верстатний пристрій - 1 лист А1; 5. Лист графотехнології - лист А1; 6. Лист вибору режимів різання - А1; 7. Контрольний пристрій - лист А2.



# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Гринюк Олександр Вікторович на захист дипломного проєкту (роботи)  
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі «Шток 344.002» з використанням верстатів з ЧПК

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету

ОЛЕГ ПОЛІЩУК

### ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Гринюк О.В. з 2022 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 23,08 %, задовільно 76,92 %. шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 0,00 %, С 18,18 %, D 18,18 %, Е / 63,64 %.

Методист факультету

### ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Гринюк Олександр під час роботи над дипломним проєктом показав себе як здатного фахівця. Усі розрахунки, креслення, пояснювальні записки виконані в повній згоді з вимогами та стандартами факультету.

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Керівник дипломного проєкту

Довго РОМАН ІВАНОВИЧ

" 19 " червня 2025 р.

### ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Гринюк О.В. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

Ірина ТРАЦУК

" 19 " червня 2025 р.

Завідувачу кафедри  
Технології машинобудування  
Ткачуку В.П.  
здобувача вищої освіти  
студента Гринюка О. В.  
факультету інженерії, транспорту та  
архітектури, 4 курсу, гр. ПМТс-22-2

### ЗАЯВА

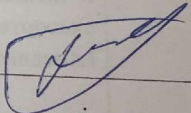
З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

\_\_\_\_\_

дата

  
\_\_\_\_\_

підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ ПО КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ  
МАШИНОБУДУВАННЯ  
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: «Технологія виготовлення деталі «Шток 344.002» з використанням верстатів з ЧПК».

Автор: Гринюк Олексій Вікторович

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

Науковий керівник: Романішина О. В.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

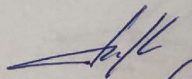
№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Текст вважається оригінальним та не потребує додаткових дій щодо запобігання неправомірним запозиченням. Є співпадання із титульним листом, завданням, змістом, списком використаних джерел. Також є співпадання із технічними термінами при застосуванні стандартних методик розрахунків, що не є плагіатом. Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділі охорони праці, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту.	Рівень унікальності тексту високий

Підтвердження:

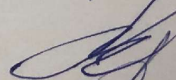
завідувач кафедри

гарант освітньої програми

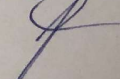
керівник кваліфікаційної роботи



Віталій ТКАЧУК



Володимир МИЛЬКО



Ольга РОМАНШІНА

Дата

Підписи

**РЕЦЕНЗІЯ**  
**на дипломну бакалаврську роботу Гринюка О. В. «Технологія**  
**виготовлення деталі «Шток 344.002» з використанням верстатів з ЧПК»**

Тема дипломної роботи Гринюка О. В. є інженерно обґрунтованою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на розроблення технології виготовлення деталі Шток із застосуванням верстатів з ЧПК, а саме центру VF1 фірми HAAS (США).

Автором в роботі вирішені наступні задачі: запропоновано новий технологічний процес виготовлення деталі Шток, спроектовано свердлувальний пристрій для обробки отворів та для забезпечення операції контролю спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій.

Графічна частина виконана на доброму рівні. Креслення та пояснювальна записка відповідають вимогам ДСТУ.

В розділі охорони праці приведено дані по впливу кольору на покращення умов праці і підвищення ефективності виробництва.

Виходячи з результатів, які містяться в дипломній бакалаврській роботі та виконанні її на високому технічному рівні, робота рекомендується до захисту та заслуговує оцінки добре, а здобувач Гринюк О. В. заслуговує присудження ступеня бакалавра за спеціальністю 131 - Прикладна механіка.

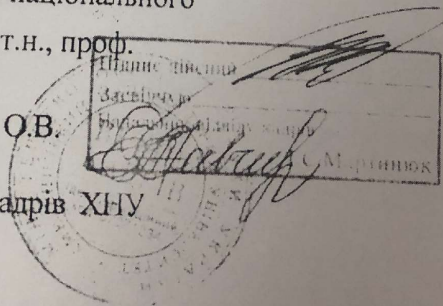
Професор кафедри «Трибології  
автомобілів та матеріалознавства»  
Хмельницького національного  
університету д.т.н., проф.

Диха О.В.

Підпис Дихи О.В.

Засвідчую

Начальник відділу кадрів ХНУ





## Реферат

Тема проекту: Технологія виготовлення деталі «Шток 344.002» з використанням верстатів з ЧПК

Автор: Гринюк О. В. Керівник роботи : Романішина О. В.

Об'єм пояснювальної записки. 61. стор. Графічна частина 5,5.листів А1.

В загальному розділі визначено стан питання та задачі дипломного проектування виконано аналіз технологічності деталі, вибрано тип виробництва та пропозиції по удосконаленню техпроцесу.

В технологічному розділі виконано розрахунки собівартості заготовки, визначено припуски, режими різання, норми часу.

В конструкторському розділі виконано розрахунки свердловального пристрою для обробки отворів, контрольно-вимірювального пристрою.

В розділі охорони праці приведено дані по впливу кольору на покращення умов праці і підвищення ефективності виробництва.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «Шток 344.002» специфікації, керуюча програма на верстат з ЧПК.

Автор роботи: Гринюк О. В. 2025 р.

/Підпис/

Дата

## ЗМІСТ

	Вступ.....	7
1	<b>Загальний розділ</b> .....	9
1.1	Стан питання та визначення задач дипломного проектування.....	9
1.2	Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі.....	10
1.3.	Аналіз технологічності конструкції деталі.....	11
1.4	Визначення типу і організаційної форми виробництва...	13
1.5	Технічні вимоги, методи їх забезпечення.....	17
1.6	Шляхи вдосконалення технологічного процесу оброблення деталі Шток 344.002.....	18
2	<b>Технологічний розділ</b> .....	21
2.1	Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання....	21
2.2	Вибір технологічних баз.....	22
2.3	Вибір варіанта технологічного маршруту.....	24
2.4	Розрахунок припусків.....	26
2.4.1	Аналітичний розрахунок припуску на поверхню $\varnothing 63_{h8}$	26
2.4.2	Табличний метод.....	31
2.5	Розробка технологічних операцій механічної обробки.....	31
2.6	Призначення режимів різання.....	33
2.6.1	Аналітичним методом.....	33
2.6.2	Вибір режимів різання на інші операції (переходи) по таблицям нормативів .....	36
2.7	Технічне нормування операцій технологічного процесу.....	33

2.8	Оформлення технологічної документації.....	41
3	<b>Конструкторський розділ.....</b>	42
3.1	Проектування верстатного пристрою для свердлування отворів.....	42
3.1.1	Вибір схеми базування та закріплення деталі.....	42
3.1.2	Вибір установочних елементів пристрою.....	42
3.1.3	Розрахунок точності обробки.....	43
3.1.4	Розрахунок сили закріплення деталі.....	44
3.1.5	Розрахунок силового приводу пристрою.....	45
3.1.6	Розрахунок деталей пристрою на міцність.....	47
3.1.7	Опис роботи пристрою.....	48
3.2	Проектування контрольного пристрою.....	49
3.2.1	Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю .....	49
3.2.2	Розрахунок розмірів калібру пробки.....	49
4	<b>Охорона праці.....</b>	52
5	Висновки.....	59
6	Список використаних джерел.....	60
	Додатки.....	

## ВСТУП

«Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість виготовлення продукції залежить від випереджувального розвитку виробництва нового обладнання, машин, верстатів та апаратів, від всебічного впровадження методів техніко-економічного аналізу.

Першочерговими задачами технічної політики України являється створення якісно нових знарядь праці і матеріалів, розробка прогресивних технологічних процесів, підвищення технологічного рівня парку технологічного обладнання, зниження металоємкості виробництва.

Важливе місце в рішенні цих задач займає машинобудування покликане забезпечити народне господарство досконалою і ефективною технікою. Розвиток машинобудівельної промисловості являється необхідною умовою створення матеріально - технічної бази суспільства.

В рішенні цих задач велика роль належить заготованій базі сучасного машинобудування і його технічному забезпеченню.

Не менш актуальними напрямками зниження трудомісткості процесів проектування являються: автоматизація власного конструювання, тобто обробки геометричної інформації про об'єкти проектування, генерація проектних конструкцій і відповідне оформлення проектних рішень. В цій області представляється неперспективним подальший розвиток засобів для автоматизованого викреслювання, найбільш широко застосованих в вітчизняних САПР в теперішній час.

На вдосконалення процесів автоматизованого проектування істотно впливає спосіб уяви проміжних і кінцевих результатів проектування. В перспективних САПР основу виробленої інформації повинні скласти данні в машинному уявленні (переважно для проміжних проектних рішень).

Це потребує крім того рішення технічних задач і рішення питань по стандартизації машинного уявлення інформації і правового забезпечення машинних документів.

Обов'язковою умовою підвищення ефективності работ як по створенню САПР, так і по її використанню являється вдосконалення організації «проектного виробництва», тобто організації виконання проектних робіт в умовах функціонування САПР. Однозначних рекомендацій по даному питанню застосовано до всіх видів САПР і умовах їх застосування в теперішній час не існує. необхідне цілеспрямоване виділення ресурсів на створення її організаційного забезпечення, перебудування процесів проектування, і в тому числі на створення ефективної служби САПР і адміністрації ( служби ) банка даних САПР» [3].

## 1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Стан питання та визначення задач дипломного проектування

«Дипломна бакалаврська робота відповідно до загальноосвітньої програми підготовки бакалаврів за Галуззю знань – 13 Механічна інженерія, Спеціальністю – 131 Прикладна механіка являє собою самостійну та логічно завершену роботу на здобуття ступеня бакалавра, галузі технології машинобудування. Для якісного виконання випускної кваліфікаційної роботи претендент ступеня бакалавра в процесі навчання за програмою має освоїти такі компетенції, які закріплюються під час виконання ним випускної кваліфікаційної роботи :

- здатність до саморозвитку, підвищення своєї кваліфікації та майстерності;
- здатність освоювати на практиці та вдосконалювати технології, системи та засоби машинобудівних виробництв;
- здатність брати участь у розробці та впровадженні оптимальних технологій виготовлення машинобудівних виробів;
- здатністю виконувати заходи щодо ефективного використання матеріалів, обладнання, інструментів, технологічного оснащення, засобів автоматизації, алгоритмів та програм вибору та розрахунків параметрів технологічних процесів;
- здатністю вибирати матеріали та обладнання, та інші засоби технологічного оснащення та автоматизації для реалізації виробничих та технологічних процесів;
- здатністю виконувати роботу з визначення відповідності продукції, що випускається вимогам регламентуючої документації;

- здатністю виконувати роботи з доведення та освоєння технологічних процесів, засобів та систем технологічного оснащення, автоматизації машинобудівних виробництв, управління, контролю, діагностики в ході підготовки виробництва нової продукції, оцінки їх інноваційного потенціалу;
- здатність розробляти плани, програми та методики, інші документи, що входять до складу конструкторської, технологічної та експлуатаційної документації.

Основні завдання при виконанні дипломної роботи бакалавра:

- запропонувати вдосконалений технологічний процес оброблення деталі із застосуванням сучасного обладнання – верстатів з ЧПК;
- провести раціональний вибір методу отримання заготовки;
- провести розрахунки та вибір припусків;
- розрахувати та вибрати різальний інструмент і режими різання;
- провести нормування технологічних операцій механічної обробки;
- спроектувати та провести розрахунки верстатного та контрольного пристрою;
- виконати необхідні графічні матеріали та оформити технологічну документацію;
- навести з точки зору охорони праці необхідні вимоги до безпечної роботи при виконанні технологічного процесу, протипожежної безпеки, безпечним умовам роботи машинобудівного комплексу» [15].

## **1.2 Аналіз об'єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі**

Деталь «Шток 344.002» використовується у якості передавання осьового зусилля у гідроциліндрі на виконавчий механізм.

Дана деталь - шток гідроциліндра виготовляється з сталі 35 ДСТУ 7809:2015 шляхом обробки на металорізальних станках круглого прокату.

Поверхня деталі повинна бути виконана в межах вказаних відхилень, так як деталь являється штоком гідроциліндра підйомної стріли навантажувача.

Теж саме відноситься до внутрішніх оброблювальних поверхонь отвору і також повина бути виконаний в межах вказаних відхилень.

Деталь достатньо технологічна допускає застосування високовиробничих режимів обробки на верстатах з ЧПК, має добрі базові поверховості для початкових операцій і доволі проста по конструкції.

### 1.3 Аналіз технологічності деталі

Деталь – шток гідроциліндра виготовляється з сталі 35 ДСТУ 7809:2015.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 35 ДСТУ 7809:2015

C	Si	Mn
0.32 - 0.40	0.17 - 0.37	0.50 – 0.80

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 35 ДСТУ 7809:2015

$G_t^{кчс} / мм^2$	$G_b^{кчс} / мм^2$	$\delta_5, \%$	$\Psi, \%$	$a_n$ кчс.м/см. <sup>2</sup>	H B не більше
не менше					
32	54	20	45	7	207

Технологічний аналіз конструкції забезпечує покращення техніко економічних показників розроблюваного технологічного процесу. Тому технологічний аналіз - один з важливіших етапів технологічної розробки.

Основні задачі, вирішувани при аналізі технологічності конструкції оброблювальної деталі зводиться до можливого зменшення трудомісткості і металоємкості, можливості обробки деталі високовиробничими методами.

Таким чином, покращення технологічності конструкції дозволяє знизити собівартість її виготовлення без шкоди для службового призначення.

В базовому варіанті заготівку одержуємо з прокату круглого  $\phi$  71 мм. і довжиною 830 мм. Форма деталі дає вільний доступ інструменту до оброблювальних поверхонь. Твердість деталі достатня щоб не обмежувати режими різання.

Технологічність виду отримання заготівки можна кінцево визначити після розрахунку собівартості по прийнятих варіантах отримання заготовки.

«Кількісна оцінка технологічності конструкції може бути здійснена при використанні відповідних базових показників технологічності, коефіцієнтів використання матеріалу, шорсткості поверхонь, точності обробки, трудомісткості виготовлення, технологічної собівартості деталей і заготовок.

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{M}{M_{\text{м}}}, \quad (1.1)$$

де  $M$  - маса готової деталі;

$M_{\text{м}}$  - маса матеріалу витраченого на виготовлення деталі;

Коефіцієнт використання матеріалу дорівнює:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{18}{18.7} = 0.96.$$

Коефіцієнт рівня технологічності конструкції по точності обробки.

$$K_{\text{р.тч.}} = \frac{K_{\text{б.тч.}}}{K_{\text{тч.}}}, \quad (1.2)$$

Де  $K_{\text{б.тч.}}$  і  $K_{\text{тч.}}$  – базовий і досягнутий коефіцієнти точності обробки.

$$K_{\text{тч.}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{вр.}}} = 1 - \frac{\sum ni}{\sum T_{ni}} = 1 - \frac{n_1 + n_2 + n_3}{n_1 + 2n_2 + 3n_3},$$

де  $n_1$  – число розмірів відповідного класу точності.

$$K_{mч.} = 1 - \frac{1 + 2 + 1 + 2 + 1 + 1 + 1 + 2}{1 + 2 \cdot 2 + 3 \cdot 1 + 4 \cdot 2 + 5 \cdot 1 + 6 \cdot 1 + 7 \cdot 1 + 8 \cdot 2} = 0.78$$

$$K_{mч.} = \frac{0.78}{0.98} = 0.8$$

Коефіцієнт рівня шорсткості поверхні.

$$K_{p.ш.} = \frac{K_{б.ш.}}{K_{ш.}},$$

де  $K_{б.ш.}$  і  $K_{ш.}$  – відповідно базовий і досягнутий коефіцієнт шорсткості.

де Ш - клас шорсткості поверховості

$n_{im.}$  - число поверхонь відповідного класу» [4].

$$K_{ш.} = \frac{3 + 1 + 4 + 3 + 1}{3 \cdot 2 + 1 \cdot 5 + 4 \cdot 2.5 + 10 \cdot 3 + 0.32 \cdot 1} = 0.23$$

$$K_{p.ш.} = \frac{0.2}{0.23} = 0.87$$

Рівень технологічності конструкції по використанню матеріалу по трудомісткості виготовлення, по технологічній собівартості визначаються після розрахунку вибору метода одержання заготівки, після розробки операційного тех. процесу і необхідних даних.

#### **1.4 Визначення типу і організаційної форми виробництва**

«Тип виробництва залежить від заданої програми і трудомісткості виготовлення виробу. На основі заданої програми розраховується такт випуску виробу  $t_b$ , а трудомісткість визначається середнім штучним часом.

Коефіцієнт закріплення операції приймається для планового періоду, рівного одному місяцю, і визначається за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{O_{p.o.}}{P}, \quad (1.3)$$

де  $O$  - число різноманітних операцій;

$P = 9$  - число різноманітних місць з різноманітними операціями

$$O_{p.o.} = \frac{60F_m \cdot K_v \cdot \eta_n}{T_{шт.-к.} N_M}, \quad (1.4)$$

де  $F_m$  - місячний фонд часу роботи обладнання при двохзмінному режимі,

$$F_m = 4\,015 : 12 = 334,5 \text{ год.}$$

$K_v = 1,3$  - середній коефіцієнт виконання норм часу:

$\eta_n$  - нормативний коефіцієнт завантаження робочого місця всіма закріпленими за ним операціями.

$N_M$  - місячна програма випуску деталей.

$$N_M = \frac{N_r}{253} \cdot 22 = \frac{10000 \cdot 22}{253} = 870(\text{дет.})$$

тут  $N_r$  - річна програма випуску виробів

$N_r = 10\,000$  шт;

22 - кількість робочих днів в місяці;

253 - кількість робочих місць в одному році;

$T_{шт.-к.}$  - штучно – калькуляційний час виконання проектної операції на даному верстаті.

$$T_{шт.-к.} = \frac{T_{н.з.}}{n} + T_{шт.хв.} \quad (1.5)$$

$T_{п.з.}$  - підготовчо завершальний час  $T_{п.з.} = 14$  хв;

$n$  - кількість деталей виготовлених в місяць;

$T_{шт.}$  - штучний час на операцію» [4].

$$T_{шт.-к.} = \frac{14}{810} + T_{шт.} = 0.016 + T_{шт.}$$

Визначення  $O_{р.о.}$  для кожної операції окремо;

$$O_{р.о.} = \frac{60 \cdot 334.5 \cdot 1.3 \cdot 0.75}{810 \cdot 2.936} = 7.7$$

$$O_{р.о.2} = 2.44;$$

$$O_{р.о.6} = 4.58;$$

$$O_{р.о.3} = 35.4;$$

$$O_{р.о.7} = 4.27;$$

$$O_{р.о.4} = 4.26;$$

$$O_{р.о.8} = 4.1;$$

$$O_{р.о.5} = 32.8;$$

$$O_{р.о.9} = 12.4;$$

На ділянці 9 місць, на протязі одного місяця на кожному робочому місці виконується по одній операції.

$$\begin{aligned} K_{з.о.} &= \frac{O_{р.о.}}{P} = \frac{O_{р.о.} + O_{р.о.2} + O_{р.о.3} + O_{р.о.4} + \dots + O_{р.о.9}}{P} = \\ &= \frac{7.7 + 2.44 + 35.4 + 4.26 + 32.8 + 4.58 + 4.27 + 4.1 + 12.4}{9} = 12 \end{aligned}$$

По методиці для  $K_{з.о.} = 12$  приймаємо середньо-серійне виробництво.

Рішення по доцільності організації поточності форми виробництва звичайно приймається на основі порівняння заданої доби випуску виробів і розрахункової доби продуктивності конвеєрної лінії при двохзмінному режимі роботи.

Заданий добовий випуск виробів.

$$N_c = \frac{N_z}{253} = \frac{10000}{253} = 40 \text{ (вир.)}$$

«Величина такту випуску визначається за формулою:

$$t_{\text{с}} = \frac{F_{\text{д}} \cdot 60}{N} (\text{хв.} / \text{шт.}),$$

де  $F_{\text{д}}$  - дійсний річний фонд часу роботи обладнання:

$$F_{\text{д}} = 4015 \text{ч.} / \text{см.};$$

$N$  - річна програма випуску деталей;

$$N = N_1 \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) \text{шт.} \quad (1.6)$$

де  $N_1$  - річна програма випуску виробів;

$m$  - кількість деталей даного найменування на виробі;

$\beta = 2\%$  - кількість деталей, котрі необхідно виготувати додатково в якості запасних частин, заданих в процентах від річної програми.

$$N = 10000 \cdot \left(1 + \frac{2}{100}\right) = 10200 \quad (\text{вир.})$$

$$t_{\text{с}} = \frac{4015 \cdot 60}{10200} = 23.6 \text{хв.} / \text{шт.}$$

Кількість деталей в партії для одночасного запуску визначається за формулою:

$$n = \frac{N_{\text{з}} a}{F_{\text{д}}}, \quad (1.7)$$

де  $N$  - річна програма випуску деталей;

$a = 4$  - число днів на котрі необхідно мати запас деталей;

$F$  - число робочих днів в одному році.

$$n = \frac{10200 \cdot 4}{253} = 161 \quad (\text{шт.})$$

Визначається розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях:

$$c = \frac{T_{шт.-к.ср.} \cdot n}{480 \cdot 0.8}, \quad (1.8)$$

де  $T_{шт.-к.ср.}$  - середній штучно - калькуляційний час по основним операціям

$$c = \frac{4.13 \cdot 161}{480 \cdot 0.8} = 1.73 \quad (\text{зміни}).$$

Прийняте число змін - 2 зміни.

Визначається прийняте число деталей в партії.

$$n_{пр.} = \frac{C_{пр.} \cdot 480 \cdot 0.8}{T_{шт.-к.ср.}}, \quad (1.9)$$

де 480 - розрахунковий фонд часу станка в зміну ( хв.);

0.8 - коефіцієнт завантаження станка» [ 1].

$$n_{пр.} = \frac{2 \cdot 480 \cdot 0.8}{4.13} = 186 \quad (\text{деталей}).$$

### 1.5 Технічні вимоги, методи їх забезпечення та контролю

Технічні вимоги точності виготовлення поверхонь деталі представлені на кресленні деталі у вигляді допусків та шорсткості поверхонь і вимог по розташуванню поверхонь деталі. Для забезпечення їх контролю можна застосовувати універсальні вимірювальні прилади та для контролю високоточного отвору необхідно спроектувати калібр-пробку.

## 1.6 Шляхи вдосконалення технологічного процесу оброблення деталі «Шток 344.002»

Невважаючи на те, що існуючий технологічний процес обробки штока гідроциліндра забезпечує отримання продукції заданої якості, він все ж таки володіє низкою недоліків. Ці недоліки визначаються трудомісткістю обробки даної деталі.

Обробка отвору вуха штока ведеться на вертикально - свердлильних верстатах, котрі не забезпечують продуктивності виробництва завдяки постійної послідовності зміни інструменту при обробці отвору, що займає значний час.

В даному випадку доцільно замінити чотири вертикально - свердлильних станках 2170 на один верстат з ЧПК 2P135Ф2. Так заміна дозволить вести паралельну обробку двох деталей, а також можна добитися істотного зниження трудомісткості виконання даної операції.

У технологічному процесі оброблення «Штока 344.002» передбачається використовувати верстати з ЧПК, а саме вертикально свердлувальний 2P135Ф2–1 та токарно - гвинторізний 16К30Ф3.

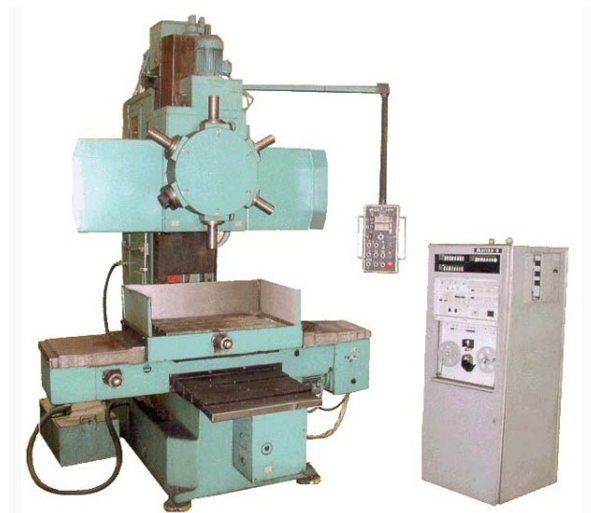


Рисунок 1.1. Загальний вигляд верстата 2P135Ф2–1

### Технічна характеристика верстата 2P135Ф2 – 1

Максимальний умовний діаметр свердління	35
Кількість шпинделів револьверної головки	6
Діапазон частот обертання шпинделя, об/хв	35,5-1600
Максимальний крутний момент на шпинделі, Н м	200
Швидкість швидкого переміщення супорту, м/хв	4
Швидкість швидкого переміщення столу м/хв	7
Осьове зусилля на шпинделі, Н	15 000
Найбільші програмовані переміщення:	
- вісь X	630
- ось Y	360
- вісь Z	560
Споживана потужність, кВт	9,8
Вага верстата, кг	4700



Рисунок 1.2. Загальний вигляд верстата 16K20Ф3

### Технічна характеристика верстата 16K20Ф3

Найменування параметрів	Од. вим.	Величини
Найбільший діаметр виробу, що встановлюється над станиною	мм	500
Найбільший діаметр виробу, що обробляється над станиною	мм	320
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над супортом	мм	200
Найбільша довжина встановлюваного виробу в центрах	мм	1000
Діаметр циліндричного отвору в шпинделі	мм	55
Найбільший хід супорту поперечний	мм	210
Найбільший хід супорту поздовжній	мм	905
Максимальна рекомендована швидкість робочого поздовжнього подавання	мм/хв	2000
Максимальна рекомендована швидкість робочого поперечного подавання	мм/хв	1000
Кількість керованих координат		2
Кількість одночасно керованих координат		2
Точність позиціонування	мм	0,01

Повторюваність	мм	0,003
Діапазон частот обертання шпинделя	1/об.	20...2500
Максимальна швидкість швидких поздовжніх переміщень	м/хв	15
Максимальна швидкість швидких поперечних переміщень	м/хв	7,5
Кількість позицій інструментальної головки		6
Потужність привода головного руху	кВт	11
Сумарна споживана потужність	кВт	21,4
Габаритні розміри верстата	мм	3700x2260x1650
Маса верстата	кг	4000

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вибір заготовки і обґрунтування методу її отримання

Найбільш підходящим способом отримання заготовки для штока являються:

- 1). Прокат;
- 2). Штамповка на горизонтально - кувальних машинах.

«Якщо деталь виготовляється з прокату, то затрати на заготовку визначаються по вазі прокату, потрібного на виготовлення деталі і вазі здаваної стружки.

$$M = QS - (Q - q) \left( \frac{S_{\text{отх}}}{1000} \right), \quad (2.1)$$

де  $Q = 18.7$  кг. - маса заготовки;

$q = 18$  кг. - маса готової деталі;

$S_{\text{відх.}} = 28.9$  грн. - ціна 1 т. відходів.

$$M = 18,7 \cdot 0,12 - (18,7 - 18) \left( \frac{28,9}{1000} \right) = 2,22 \text{ грн.}$$

Вартість заготовок, отриманих методом на горизонтально - кувальних машинах можна визначити за формулою: [1]

$$S_{\text{заг}} = \frac{C_i}{1000} Q k_m k_c k_g k_m k_n - \frac{(Q - q)}{1000} S_{\text{відх}}, \text{ грн.} \quad (2.2)$$

де  $C_i = 120$  грн. - базова вартість 1 т. заготовки;

$k_T = 0.9$  - коефіцієнт залежний від класу точності;

$k_C = 0.7$  - коефіцієнт залежний від групи складності;

$k_B = 0.87$  - коефіцієнт залежний від групи заготовки;

$k_M = 1.18$  - коефіцієнт залежний від марки матеріалу;

$k_n = 1$  - коефіцієнт залежний від об'єму виробництва заготовок.

$$S_{заг} = \frac{120}{1000} 18,7 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 1,18 \cdot 0,87 \cdot 1 - \frac{(18,7 - 18)}{1000} 28,9 = 1,49 \text{ грн.}$$

Економічний ефект для порівнювальних способів отримання заготовок.

$$E_e = (S_{заг 1} - S_{заг 2})N, \text{ грн.}$$

$$E_e = (2,22 - 1,49) \cdot 10000 = 7300 \text{ грн.} \quad (2.3)$$

Більш економічним методом отримання заготовок являється друга - штампівка на горизонтально - кувальних машинах» [1].

## 2.2 Вибір технологічних баз

Потрібно обробити поверхню 1 і отвір діаметром 60 Н9<sup>+0,84</sup> витримав розмір 48 від його осі до основи вуха штока гідроциліндра.

На першій операції належить обробляти поверхню, котра могла б служити базою для послідовних операцій. Користуючись рекомендаціями, в якості бази для першої обробки вибираємо поверхню 2, котра в подальшому взагалі не обробляється, має значну протяжність, являється відносно рівною і забезпечує зручну установку заготовки в пристосуванні. При цьому легко витримує перпендикулярність поверхності 1 відносно 2 після її обробки. Оброблена поверхня 1 на наступних операціях буде одночасно являтися конструкторською (вимірювальною) і технологічною базою. Таким чином, підготував в якості бази для подальших операцій поверхні 1, ми убезпечили дотримання принципів сполучення і сталості баз і тим самим підвищили точність обробки деталі при витриманні розміру 48. Рис. 2. 1.

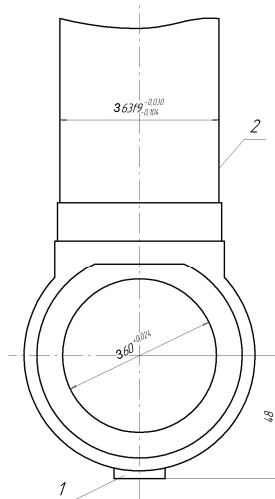


Рисунок 2.1 – Схема розміщення базових поверхонь

### 2.3 Вибір варіанта технологічного маршруту

Застосуємо для вибору технологічного маршруту аналіз типових технологічних процесів оброблення аналогічних деталей класу довгих круглих стержнів. Послідовність операцій та вибране обладнання заносимо у табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Технологічний маршрут обробки деталі «Шток 344.002»

№ п/п	Найменування операції ( переходу ).	Обладнання.
1.	2.	3.
005	Фрезерно -центрувальна	Фрезерно - центрувальний МР - 75.
010	Токарно - гвинторізна з ЧПК	Токарно - гвинторізний 16К30Ф3

Закінчення таблиці 2.1

1.	2.	3.
015	Вертикально-свердлувальна з ЧПК	Вертикально - свердлувальний  2P135Ф2
020	Вертикально - свердлувальна.	Вертикально - свердлувальний  2Н135
025	Кругло - шліфувальна.	Кругло - шліфувальний  3А164.
030	Токарно - гвинторізна. Накатна	Токарно - гвинторізний  1М63
035	Токарно - гвинторізна Полірувальна.	Токарно - гвинторізний  16К20.

### 2.3.1 Вибір різального та вимірювального інструменту

Для виконання операцій механічного оброблення проводимо вибір різального і вимірювального інструменту та заносимо у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Зведена таблиця вибраного різального і вимірювального інструменту

№ п/п.	Найменування операції і переходу	Різальний інструмент	Вимірюваний інструмент
1	2	3	4
1	Фрезерна: а). Фрезерувати заготовку витримав розміри 1.3.  б). Свердлити отвір 4.5 одночасно витримав р – р 6.	Фреза 1. ( $\phi$ 160 60 <sup>0</sup> ). 2214 – 0005 Фреза ліва. 2214 – 0006.  Свердло $\phi$ 10 2317 – 0169	Штангенциркуль Ш Ц – 1 – 125 – 0.1. Шаблон 1820 – 0.8 Штангенциркуль Ш Ц – 1 – 125 – 0.1.
2	Токарна з ЧПК а). Точити шток з $\phi$ 70 до $\phi$ 67.5 по поверхні 1.  б). Точити шток з $\phi$ 67.5 до 63.7 по поверхні 2.  в). точити канавку витримав р – р 5.	Різець 105.026. 2102 – 4023. 3 <sup>x</sup> гр. пластина Т5К10.  Різець 105.026. 2102 – 4023.  Різець канавковий Н2 – 002 – 00.310.	Кільця (М48*2 ) 8211 – 1153 – 8 д.
3	Нарізати різьбу 1 на довжину 2.	Різець плоский РМ2 Т15К6.	
4	Токарно – гвинторізна. а). Обкатати поверхню 1.  б). Зняти задирку.	Обкатка роликів. 105.026.1405 – 4004. Різець п 36 Т15К6.	Скоба $\phi$ 62.95. 8119 – 0228 f 9. СТП512 – 227 – 71
5	Токарно – гвинторізна. Полірувальна. Полірувати поверхню 1 на довжину 2	Шкурка. Шліфувальна. Паста ГОІ.	Скоба $\phi$ 63. 8119 – 0280 f 9. СТП512 – 227.

## 2.4 Розрахунок припусків

### 2.4.1 Аналітичний розрахунок припусків на поверхню $\phi 63 h8$

Розрахуємо припуски і проміжні розміри на циліндричну поверхню  $\phi 63 h8$  штока гідроциліндра.

Технологічний маршрут обробки поверхні складається з обточування чорнового і чистового та шліфування чорнового і чистового. Обточування і шліфування виконуємо в центрах.

Записуємо технологічний маршрут обробки в розрахункову таблицю, також визначаємо відповідні значення елементів припуску заготовки по кожному технологічному переходу та записуємо у таблицю 5.

Вибираємо технологічні допуски на виконання переходів оброблення поверхні та заносимо у таблицю 2.3, проводимо необхідні розрахунки та заносимо у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Елементи припуску на поверхню  $\phi 63 h8$

Технологічні переходи обробки циліндричної поверхні $\phi 63 h8$	Елементи припуску М К М			Розрахунковий припуск $2 z_{\min}$
	$R_z$	Ti	Si	
Заготівка	150	250	1 820	
Обточування				
Чорнове	50	50	109	2 x 2 220
Чистове	30	30	73	2 x 209
Шліфування				
Чорнове	10	20	36	2 x 133
Чистове	5	15		2 x 66

Продовження таблиці 2.3

Технологічні переходи обробки циліндричної поверхні $\phi 63_{-0.01}^{+0.03}$	Розрахунковий розмір $d_p$ мм	Допуск к мкм	Граничний розмір мкм		Граничне значення мкм	
			$d_{\min}$	$d_{\max}$	п р. $2Z_{\min}$	п. $2Z_{\max}$
Заготівка	68.27	3 000	68.3	71.3		
Обточування						
Чорнове	63.83	400	63.9	64.3	4 400	7 000
Чистове	63.41	120	63.41	63.53	490	770
Шліфування						
Чорнове	63.14	30	63.14	63.17	270	360
Чистове	63.01	20	63.01	63.03	130	140

Так як в даному випадку обробка проводиться в центрах, то похибка установки в радіальному напрямку рівна нулю що має значення для розрахункового розміру. В цьому випадку ця величина виключається з основної формули для розрахунку мінімального припуску і відповідну графу можна не включати в розрахункову таблицю.

Сумарне відхилення

$$S_3 = \sqrt{S_{ст}^2 + S_{кор}^2 + S_{ц}^2};$$

$$S_{ст.} = 1.0_{мм.}; \quad S_{кор.} = \Delta_k L = 1 \cdot 138 \approx 0.14_{мм}; \quad S_{ц} = \sqrt{\left(\frac{\bar{\sigma}_3}{2}\right)^2 + 0.25^2};$$

Допуск на поверхні використані в якості базових на фрезерно - центрувальній операції, розраховуємо за формулою:

$$\bar{\sigma}_3 = H_{од.} + U_{ц} + K_{ц};$$

$$H_{од.} = 2.0_{мм}; \quad U_m = 1.0_{мм}; \quad K_{ц} = 1.0 \cdot 60 = 60_{мкм.} = 0.06_{мм.};$$

$$\bar{\sigma} = 3.006_{мм} \approx 3.0_{мм.}$$

$$S_{ц} = \sqrt{1.5^2 + 0.25^2} = 1.52_{мм.};$$

$$S_3 = \sqrt{1.0^2 + 0.14^2 + 1.52^2} = 1.82_{мм.};$$

Остаточна величина просторового відхилення: після чорнового обточування

$$S_1 = 0.06 \cdot 1820 = 109_{мкм};$$

Після чистового обточування

$$S_2 = 0.04 \cdot 1820 = 73_{мкм};$$

Після чорнового шліфування

$$S_3 = 0.02 \cdot 1820 = 36_{мкм};$$

Розрахунок мінімальних значень припусків виробляємо, користуючись основною формулою:

$$2z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + S_{i-1}); \quad (2.4)$$

Мінімальний припуск:

під чорнове обточування

$$2z_{\min 1} = 2(150 + 250 + 1820) = 2 \cdot 2220_{мкм};$$

під чистове обточування

$$2z_{\min 2} = 2(50 + 50 + 109) = 2 \cdot 209_{мкм};$$

під чорнове шліфування

$$2z_{\min 3} = 2(30 + 30 + 73) = 2 \cdot 133_{мкм};$$

під чистове шліфування

$$2z_{\min 4} = 2(10 + 20 + 36) = 2 \cdot 66_{мкм};$$

Розраховуємо розрахунковий розмір  $c / p$ :

$$d_{p3} = 63.01 + 0.132 = 63.142 \approx 63.14_{мм};$$

$$d_{p2} = 63.14 + 0.266 = 63.406 \approx 63.41_{мм};$$

$$d_{p1} = 63.41 + 0.418 = 63.828 \approx 63.83 \text{ мм};$$

$$d_{p3} = 63.83 + 4.444 = 68.274 \approx 68.27 \text{ мм};$$

Визначаємо найменший граничний розмір для кожного технологічного переходу, округлюючи розрахункові розміри збільшенням їх ( розмірів ) значень Округлення виробляємо до того ж знаку десятинної дробі, з яким даний допуск на розмір для кожного переходу. Найбільші граничні розміри вчислюємо додаванням допуску до округленому найменшому граничному розміру:

$$d_{\max 4} = 63.01 + 0.02 = 63.03 \text{ мм};$$

$$d_{\max 3} = 63.14 + 0.03 = 63.17 \text{ мм};$$

$$d_{\max 2} = 63.41 + 0.12 = 63.53 \text{ мм};$$

$$d_{\max 1} = 63.9 + 0.4 = 64.3 \text{ мм};$$

$$d_{\max 3} = 68.3 + 3.0 = 71.3 \text{ мм};$$

Граничні значення припусків  $Z_{\max}^{np}$  визначаємо як різницю найбільших граничних розмірів і  $Z_{\min}^{np}$  – як різницю найменших граничних розмірів попереднього і виконуючого переходів:

$$2z_{\max 4}^{gh} = 63.17 - 63.03 = 0.14 \text{ мм} = 140 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 3}^{np} = 63.53 - 63.17 = 0.36 \text{ мм} = 360 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 2}^{np} = 64.3 - 63.53 = 0.77 \text{ мм} = 770 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 1}^{np} = 71.3 - 64.3 = 7.00 \text{ мм} = 7000 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 4}^{np} = 63.14 - 63.01 = 0.13 \text{ мм} = 130 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 3}^{np} = 63.41 - 63.14 = 0.27 \text{ мм} = 270 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 2}^{np} = 63.9 - 63.41 = 0.49 \text{ мм} = 490 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 1}^{np} = 68.3 - 63.9 = 4.4 \text{ мм} = 4400 \text{ мкм};$$

Загальні припуски  $Z_{0\min}$  і  $Z_{0\max}$  розраховуємо так само, підсумовуючи проміжкові припуски і записуючи їх значення знизу відповідних граф.

Аналогічно перевіряється правильність вироблених розрахунків і графічне розташування полів припусків і допусків, враховуючи в даному випадку, що побудова виробляється на зовнішню, а не на внутрішню поверхню. Величину номінального припуску в даному випадку визначаємо з врахуванням симетричного розташування поля допуску заготовки:  $Z_{0\text{ном}} = Z_{0\min} + H_3 + H_0$ .

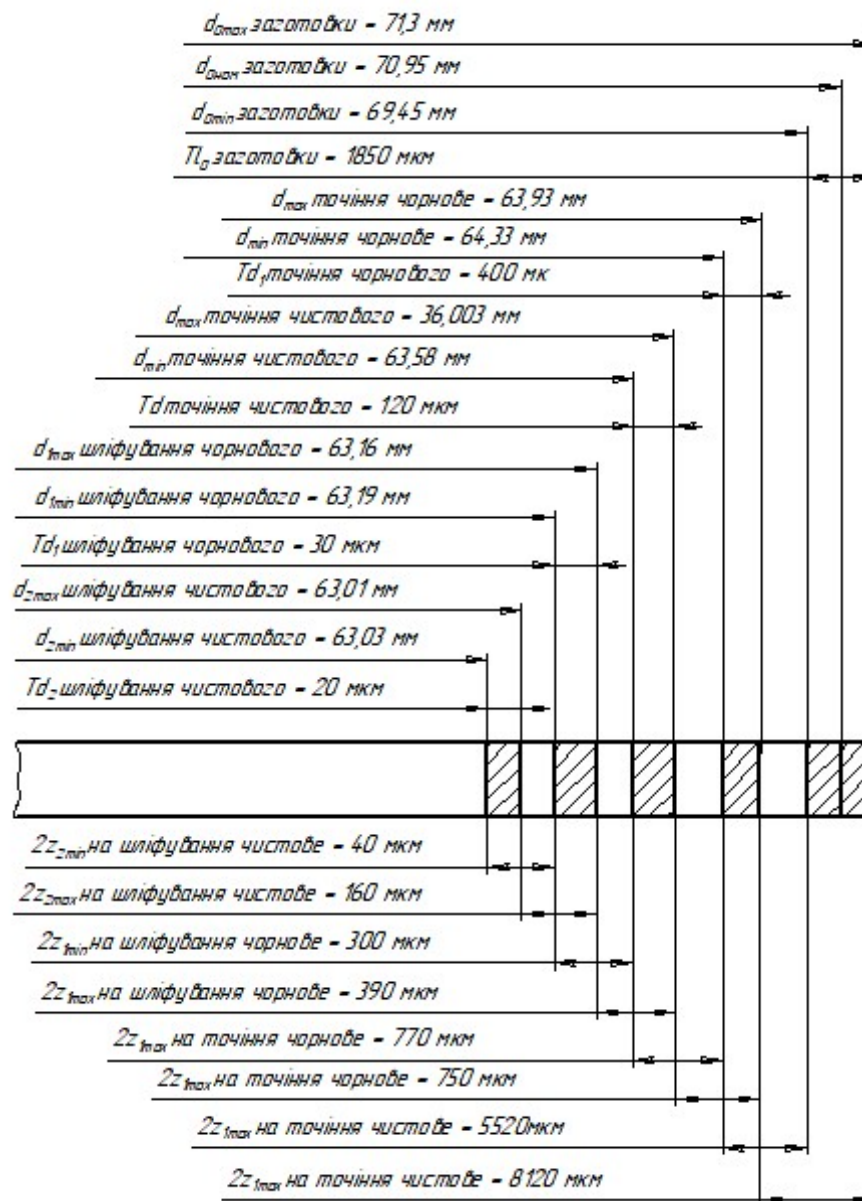


Рисунок 2.3 Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку циліндричної поверхні штока  $\phi 63 h8$

## 2.4.2 Табличний метод призначення припусків

На інші оброблюванні поверхні деталі «Шток 344.002» припуски і допуски вибираємо по таблицям і записуємо їх значення в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Зведена таблиця розрахунку міжопераційних припусків та розмірів

Метод обробки поверхні	Ряд точності квалітет	Параметр шорсткості, мкм	Припуск на розмір, мм
1	2	3	4
<b>Ø60H9</b>			
1. Розвернути отвір до 60 H9 <sup>+0.014</sup> .	9(H9)	R <sub>a</sub> 0,8	0,1
2. Розвернути отвір до 59.9.	9(H9)	R <sub>a</sub> 1,6	0,6
3. Зенкерувати отвір до 59.6+0.4.	12(H12)	R <sub>a</sub> 6,3	3,3
4. Зенкерувати отвір до 57+0.4	12(H12)	R <sub>a</sub> 6,3	3,3

## 2.5 Розробка технологічних операцій механічної обробки

Для виконання технологічних операцій вибираємо моделі верстатів за переходами. Розробку технологічних операцій механічної обробки за переходами зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.1 – Технологічний маршрут обробки деталі «Шток 344.002»

№ п/п	Найменування операції ( переходу ).	Обладнання.
1.	2.	3.
005	Фрезерна. 1. Фрезерувати заготовку витримав розміри 1.3. 2. Свердлити отвори 4.5 одночасно витримав розмір 6.	Фрезерно - центрувальний МР - 75.
010	Токарно - гвинторізна з ЧПК 1. Точити шток по поверхням з $\phi 71$ до $\phi 67.5$ . 2. Точити шток по поверхням з $\phi 67.5$ до $\phi 63.7$ . 3. Нарізати різьбу 1 на довжину 2.	Токарно - гвинторізний 16К30Ф3
015	Вертикально-свердлувальна з ЧПК 1. Встановити 2 деталі. 2. Зенкерувати 2 отвору 1 до $\phi 57^{+0.4}$ . 3. Зенкерувати 2 отвору 1 до $\phi 59.6^{+0.4}$ . 4. Розвернути 2 отвору 1 до $\phi 59.9$ . 5. Розвернути 2 отвору 1 до $\phi 60 H9^{+0.014}$ .	Вертикально - свердлувальний 2P135Ф2
020	Вертикально - свердлильна. 1.Свердлити отвір 6,3 мм витримав розмір 2.	Вертикально - свердлувальний 2H135
025	Кругло - шліфувальна. 1. Шліфувати поверхню 1 на довжину 2 врізанням. 2. Шліфувати поверхню 3 на довжину 4 врізанням.	Кругло - шліфувальний 3A164.

## 2.6 Призначення режимів різання

### 2.6.1 Аналітичним методом

Свердлування отвору  $\varnothing 6,3$

Приймаємо свердло спіральне із швидкоріжучої сталі з конічним хвостовиком, подовжене.

Геометричні параметри свердла: форма заточки ДП – двійна  $\alpha = 18^\circ$ ;  
 $d = 2,5$  мм;  $L = 75$  мм;  $l = 40$  мм, [3].

1) Глибина різання:

$$t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 6,3 = 3,15 \text{ мм.}, \quad (2.5)$$

2) Подача:  $S = 0,08 \dots 0,10$  мм/об [3],

приймаємо  $S = 0,09$  мм/об.

3) Швидкість головного руху різання  $V$ , м/хв., визначаємо по формулі:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (2.6)$$

де  $C_v$  - коефіцієнт,  $C_v = 7,0$  [3];

$T$  - період стійкості,  $T = 15$  хв. [3];

$q, m, x, y, u, p$  - показники степеня приймаємо по [3]

$q = 0,40$ ;  $m = 0,20$ ;  $y = 0,7$ ;

$K_v$  - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, урахуваючи фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{uv}, \quad (2.7)$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт, який враховує якість оброблюємого матеріалу, визначаємо по [6]

$$K_{mv} = K_z \left( \frac{750}{\sigma_{\beta}} \right)^{n_v}, \quad (2.8)$$

де  $n_v$  – показник степеня,  $n_v = 0,9$  [3],

$K_z$  - коефіцієнт для матеріалу інструменту,  $K_z = 1,0$  [3]

$$K_{mv} = \left( \frac{750}{610} \right)^{0,9} = 1,2,$$

$K_{lv}$  – коефіцієнт, який враховує глибину свердління,  $K_{lv} = 0,8$  [3];

$K_{mv}$  - коефіцієнт, який враховує матеріал інструмента,  $K_{mv} = 0,3$  [3].

$$K_v = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 0,3 = 0,29.$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 6,3^{0,40}}{15^{0,20} \cdot 0,09^{0,7}} \cdot 0,29 = 16,3 \text{ м/хв.}$$

4) Частота обертання шпинделя, яка відповідає знайденій швидкості головного руху різання:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 16,3}{3,14 \cdot 6,3} = 823 \text{ об/хв.} \quad (2.9)$$

За паспортом верстата 2Н135 приймаємо  $n = 860$  об/хв.

5) Крутний момент

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.10)$$

де  $C_m = 0,0345$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,8$  [3],

$K_p$  - поправочний коефіцієнт, який враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від матеріалу заготовки:

$$K_p = K_{mp} = \left( \frac{\sigma_{\beta p}}{750} \right)^{n_p} = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85, \quad (2.11)$$

де  $n_p$  - показник степені,  $n_p = 0,75$  [3];

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,3^{2,0} \cdot 0,09^{0,8} \cdot 0,85 = 0,29 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

6) Осьова сила різання

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.12)$$

де  $C_p = 68$ ;  $y = 0,7$ ;  $q = 1,0$  [3].

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 6,3^{1,0} \cdot 0,09^{0,7} \cdot 0,85 = 327 \text{ Н}.$$

7) Потужність різання

$$N_{різ} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{0,3 \cdot 860}{9750} = 0,026 \text{ кВт}. \quad (2.13)$$

Перевіряємо чи достатня потужність приводу верстата для проведення цієї операції.

Потужність на шпинделі верстата

$$N_{шп} = N_{ст} \cdot \eta, \quad (2.14)$$

де  $N_{ст}$  - потужність приводу головного руху,  $N_{ст} = 2,8$  кВт;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії,  $\eta = 0,8$ ,

$$N_{шп} = 2,8 \cdot 0,8 = 2,24 \text{ кВт}.$$

Перевірку проводимо згідно співвідношення

$$N_{шп} > N_{різ}, \quad 2,24 > 0,02.$$

Обробка можлива.

8) Визначення основного часу на перехід

$$t_o = l_{р.х.} / S \cdot n_d, \quad (2.15)$$

де  $l_{р.х.}$  - довжина робочого ходу інструменту;

$$l_{р.х.} = l_{різ} + y + \Delta, \quad (2.16)$$

де  $y$  - підвід, врізання та перебіг інструмента,

$$y = (D/2) \cdot \operatorname{ctg}\varphi = (6,3/2) \cdot \operatorname{ctg}59^\circ = 2 \text{ мм}, [3];$$

$\Delta$  – величина перебігу,  $\Delta = 1 \dots 2$  мм, приймаємо  $\Delta = 2$  мм;

$$l_{\text{р.х.}} = 48 + 2 + 2 = 20 \text{ мм};$$

$$t_0 = 52 / 860 \cdot 0,09 = 0,67 \text{ хв.}$$

## 2.6.2 Вибір режимів різання на інші операції (переходи) по таблицям нормативів

Токарна операція.

Назначаємо режим різання по нормативам [5].

1). Припуск на обробку видаляємо за один прохід. Глибина різання рівна:

$$t = \frac{D - d}{2}; [5]$$

де  $D$  - діаметр заготовки.

$d$  - діаметр деталі.

$$t = \frac{71 - 67,5}{2} = 2,25 \text{ мм.}$$

2). Назначаємо подачу (6 ).

Для обробки заготовки з конструкційної сталі і глибиною різання до 3 мм.  $S = 0,6 \div 0,9 \text{ мм/об.}$

3). Назначаємо період стійкості різця  $T = 60$  хв. де для  $T = 60$  поправочний коефіцієнт на швидкість різання рівний одиниці. Допустимий знос різця з твердого сплаву по задній поверхні для чорнової обробки вуглецевої і легованої сталі  $h_3 = 1 \div 1,4 \text{ мм.}$

4). Визначаємо швидкість різання, допустиму різцем [6]

Для  $G_B = 63 \div 70 \text{ КЧС} / \text{мм}^2$ ,  $t$  до 4мм., з  $S$  до 0.9мм/об. і кутом  $\vartheta = 60^\circ$  при зовнішньому поздовжньому точінню кожний з приведених в карті поправочних коефіцієнтів на швидкість різання для заданих умов обробки рівний одиниці. Отже:

$$V_{\text{табл}} = 93 \text{ м/хв.}$$

5). Визначаємо частоту обертання шпинделя, відповідну найденій швидкості різання.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} \cdot 0,29 \quad [5] \quad (2.17)$$

де  $V_u$  - швидкість різання.

$D$  - діаметр заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot 93}{3,14 \cdot 71} = 417 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя по паспортним даним станка і встановлюємо дійсне значення частоти обертання  $n_\sigma = 400 \text{ об/хв.}$

6). Визначаємо дійсну швидкість різання.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 71 \cdot 400}{1000} = 89 \text{ м/хв.}$$

7). Визначаємо потужність витрачену на різання .

Для  $t$  до 3.4мм,  $s$  до 0.96мм/об і  $N_{\text{табл.}} = 5.8 \text{ кВт}$ . Для заданих умов обробки приведений в карті поправочний коефіцієнт на потужність  $K_N = 1$ .

$$\text{Отже, } N_{\text{різ.}} = N_{\text{табл.}} = 5.8 \text{ кВт.}$$

8). Перевіряємо достатність потужність привода станка. Необхідно виконати умови

$N_{\text{різ.}} \leq N_{\text{ун.}}$ . Потужність на шпинделі станка  $N_{\text{ун.}} = N_M \eta$ . У станка мод. 16К20 Ф3.  $N_M = 22 \text{ кВт}$   $\eta = 0.75$ ,  $N_{\text{ун.}} = 92 \cdot 0.75 = 16.5 \text{ кВт.}$

Отже  $N_{\text{різ.}} < N_{\text{ун.}}$  ( $5.8 < 16.5$ ), тобто обробка можлива.

Усі інші режими розраховуються табличним методом і результати зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 - зведена таблиця режимів різання

Назва переходу	t, мм	So, мм/об	L <sub>р.х</sub> , мм.	V, м/хв	n, об/хв	T, хв..	To, хв..	Модель верстата
<b>005 Фрезерно-центрувальна</b> 1. Фрезерувати та центрувати торці	1,6 2,3	0,1 1,5	25	15,8 19,8	1600 630	15 120	0,92	MP-75
<b>010 Токарна з ЧПК</b> 1. Точити поверхні начорно, начисто. 2. Точити канавку Г. 3. Точити канавку Е. 4. Нарізати різьбу	1,5 0,4 6 3 1,0	0,3 0,15 0,12 0,12 1,5	271 271 8 4 32	100 160 21,77 21,77 6	1000 1500 315 315 120	60 60 60 60 50	0,64 0,34 0,37 0,21 0,34	16K20Φ 3
<b>015 Свердлувальна з ЧПК</b> 1. Встановити 2 деталі. 2. Зенкерувати 2 отвору 1 до 57 <sup>+0.4</sup> . 3. Зенкерувати 2 отвору 1 до 59.6 <sup>+0.4</sup> . 4. Розвернути 2 отвору 1 до 59.9. 5. Розвернути 2 отвору 1 до 60 Н9 <sup>+0.014</sup> .	1,5 1,5 1,0 1,0	0,3 0,15 1,5 1,5	52 52 27 27	84 90 6 6	1070 1500 120 120	60 60 50 50	0,42 0,42 0,31 0,31	2P135Φ2
<b>035 Шліфувальна</b> 1. Шліфувати поверхню 1 на довжину 2 врізанням. 2. Шліфувати поверхню 3 на довжину 4 врізанням.	0,1 0,1	- -	195 38	290 200	1200 1200	30 30	0,49 0,23	3A164

## 2.7 Розрахунок норм часу

«В серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу,  $T_{ш.к.}$

$$T_{ш.к.} = \left( \frac{T_{п.з.}}{n} \right) + T_{шт.}, \quad (2.18)$$

$$T_{шт.} = T_o + T_d + T_{об} + T_{від}, \quad (2.19)$$

де  $T_{шт.}$  - штучний час обробки деталі, хв.;

$T_{п.з.}$  - підготовчо-заключний час на обробку, хв. ;

$n$  - кількість деталей в партії, що налагоджується;

$T_o$ -основний час обробки, хв. ;

$T_b$  - допоміжний час обробки, хв. ;

$T_{об}$  - час на обслуговування робочого місця, хв. ;

$T_{від}$  - час відпочинку, хв.

$$T_{доп} = T_{вст} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим}, \quad (2.20)$$

де  $T_{вст}$  - час встановлення та зняття деталі, хв. ;

$T_{з.о}$  - час на закріплення та відкріплення деталі, хв. ;

$T_{кер}$  - час на керування верстатом, хв. ;

$T_{вим}$  - час на вимірювання деталі, хв.» [6].

Розраховуємо норму штучного часу для токарно – гвинторізного станка з ЧПК моделі 16К30Ф3. Операція 010. Основний час 1,9 хв.

Підраховуємо об'єм допоміжної роботи і час, потрібний для її виконання.

Підраховуємо елементи допоміжного часу. Взяти деталь, встановити і закріпити, відкріпити її зняти і відкласти – по карті 1, позиція 2, час – 0.015

хв. включити станок кнопкою – по карті 20, позиція 1, час – 0.015 хв.; проміряти деталь прохідною стороною скоби по 5-му класу точності – по карті 29, позиція 10, час – 0.09 хв. по карті 35, позиція 3 коефіцієнт періодичності промірів  $K = 0.3$ ; тоді час на виміри, віднесене до однієї деталі:

$$T_{\text{вим.}} = 0.09 \cdot 0.3 = 0.027 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час

$$T_{\text{д.}} = 0.115 + 0.015 + 0.027 = 0.157 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця по карті 44 складає 1.7%.

$$T_{\text{обсл.}} = \frac{1.957 \cdot 1.7}{100} = 0.033 \text{ хв.}$$

Час перерв на відпочинок і особисті потреби по карті 45, позиція 18 складає 6%.

$$T_{\text{відп.}} = \frac{1.957 \cdot 6}{100} = 0.117 \text{ хв.}$$

Штучний час на операцію

$$T_{\text{шт}} = 1.9 + 0.157 + 0.033 + 0.117 = 2.21 \text{ хв.}$$

Розраховуємо норму штучного калькуляційного часу

$$T_{\text{шт.к.}} = \frac{14}{870} + 2.21 = 2.23 \text{ хв.}$$

Аналогічним способом розраховуємо  $T_{\text{шт.к}}$  для подальших операцій:

$$T_{\text{шт.к.005}} = \frac{14}{870} + 0.92 = 1.4 \text{ хв.} \quad T_{\text{шт.к.015}} = \frac{14}{870} + 4.01 = 4.03 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт.к.020}} = \frac{14}{870} + 0.67 = 0.69 \text{ хв.} \quad T_{\text{шт.к.025}} = \frac{14}{870} + 0.72 = 1.25 \text{ хв.}$$

## **2.8 Оформлення технологічної документації**

Проводимо оформлення технологічної документації. Заповнюємо карти: маршрутного технологічного процесу та операційного з ескізами операцій. Технічну документацію представлено у додатках.

Розроблену програму керування верстатом з ЧПК представлено у додатках.

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Проектування верстатного пристрою для свердлувального верстата

Пристосування призначено для закріплення штока при свердлінні отвору  $\varnothing 6.3$  мм.

#### 3.1.1 Вибір схеми базування деталі

Схема базування вибирається з аналізу постановки розмірів на деталі. Базування деталі проводиться у призмах до упору в торець деталі. На рис. 3.1. показана схема базування.

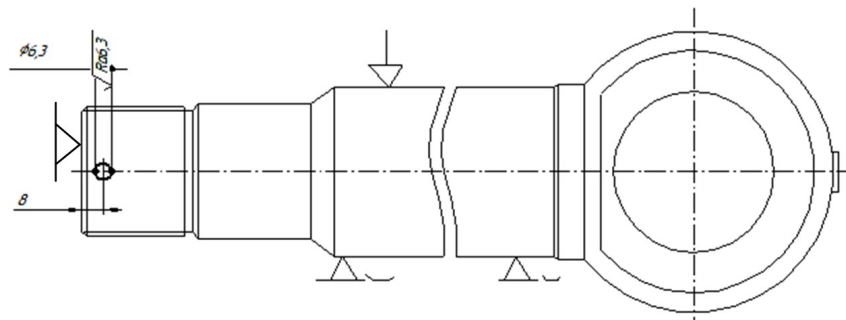


Рисунок 3.1 – Схема базування

#### 3.1.2 Вибір установочних елементів пристрою

В якості установочних елементів використовуємо дві призми з кутом  $90^{\circ}$ , а базовим торцем деталь впирається в упорну пластину і закріплюється важільним прихватом.

### 3.1.3 Розрахунок точності обробки

«Допустима похибка оброблення у пристрої визначається за залежністю:

$$\Delta_{\text{доп}} = T - k w, \quad (3.1)$$

де  $T$  - допуск на відповідний розмір,  $T = 0.4\text{мм}$

$k$  - поправочний коефіцієнт,  $k = 1$

$w$  - похибка верстата,  $w = 0.02\text{мм}$

Похибка установки деталі в пристрої визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\xi_{\delta}^2 + \xi_3^2 + \xi_{\text{пр}}^2}, \quad (3.2)$$

де  $\xi_{\delta}$  - похибка базування,  $\xi_{\delta} = 0$  тому що отвір свердлується перпендикулярно осі деталі і не впливає на виконавчий розмір.

$\xi_3$  - похибка закріплення,  $\xi_3 = 0.01\text{ мм}$ .

$\xi_{\text{пр}}$  - похибка пристрою,

$$\xi_{\text{пр}} = (1/4 \dots 1/10) T_d = (1/4 \dots 1/10) 0.4 = (0.1 \dots 0.04) \text{ мм.} \gg [10].$$

Приймаємо  $\xi_{\text{пр}} = 0.03\text{ мм}$ .

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,01^2 + 0,03^2} = 0,044 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{\text{доп}} = 0.4 - 0.02 = 0,38 \text{ мм.}$$

Так як  $\Delta_{\text{доп}} > \varepsilon_y$  то пристрій сконструйовано вірно і забезпечує необхідну точність оброблення.

### 3.1.4 Розрахунок сили закріплення деталі

Розрахунок приводу пристрою ведемо за найгіршим випадком дії сили різання, а саме коли діє сила різання  $P_z$  проти сил тертя. На рис. 3.2 показано схему базування та закріплення з вказаним напрямом дії сил різання та закріплення.

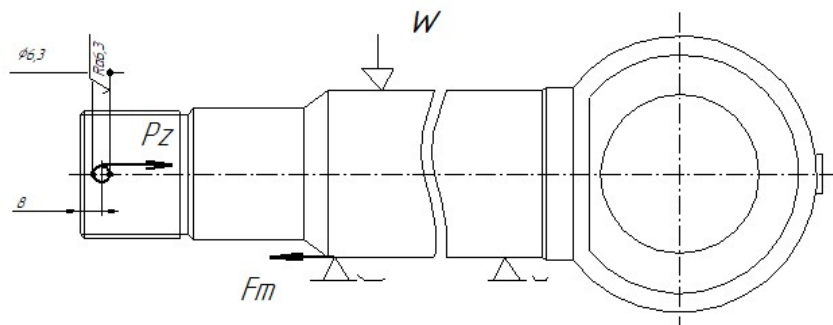


Рисунок 3.2 – Схема базування та закріплення

Розрахунок сили затиску ведемо з рівняння рівноваги заготовки:

$$P_z \cdot k = 4Wf,$$

$$K = 1,5.$$

$$M_{кр} = 0,29 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Знайдемо силу  $P_z$  з визначеного крутного моменту за формулою:

$$P_z = \frac{2M_{кр}}{d_{св}} = \frac{2 \cdot 0,29}{0,0063} = 92 \text{ Н}.$$

звідки

$$W = \frac{P_z k}{4f} = \frac{92 \cdot 1,5}{4 \cdot 0,16} = 216 \text{ Н}.$$

### 3.1.5 Розрахунок силового приводу пристрою

Затискний механізм складається з механізованого важільного прихвату. Зусилля з якого підсилюється клино-роліковим механізмом та подається на шток пневмоциліндра. Зусилля затиску та зворотний хід здійснюється від пневмоциліндра. (рис. 3.3).

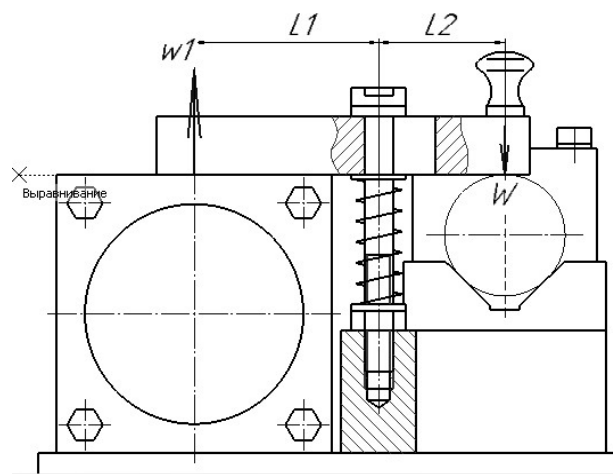


Рисунок. 3.3 – Загальний вигляд приводу пристрою

Знаходимо зусилля на штовхачі урахувавши важільний механізм за формулою:

$$W \cdot L2 = W1 \cdot L1, \quad (3.3)$$

де  $L1 = 90$  мм;  $L2 = 110$  мм.

$$W1 = \frac{W \cdot L1}{L2} = \frac{216 \cdot 90}{110} = 176,7 \text{ Н.}$$

Знайдемо передавальну характеристику клино-ролікового механізму згідно рис. 3.4.

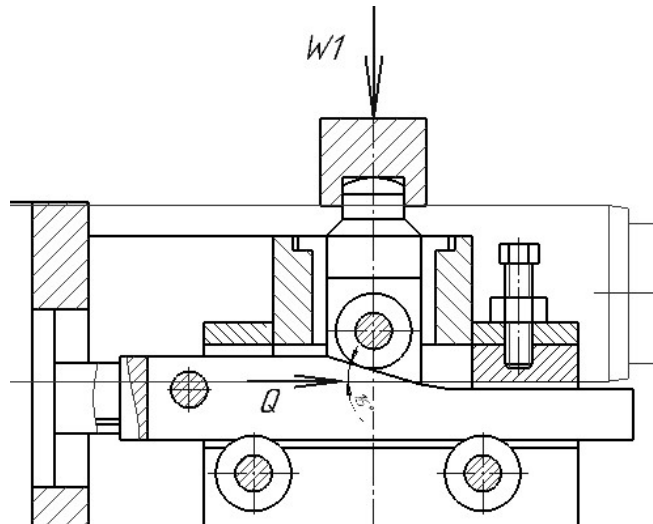


Рисунок. 3.4 – Загальний вигляд приводу пристрою

Рівняння передавальної характеристики клино-ролікового механізму:

$$Q = \frac{W[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1]}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)\operatorname{tg}\varphi_2}; \quad [9] \quad (3.11)$$

де  $\alpha = 15^\circ$   $\varphi = 2^\circ$   $\varphi_1 = 2^\circ$   $\varphi_2 = 2^\circ$ , тоді

Тоді на штокові пневмоциліндра буде діяти зусилля:

$$Q = \frac{176,7(\operatorname{tg}17^\circ + \operatorname{tg}2^\circ)}{1 - \operatorname{tg}17^\circ \cdot \operatorname{tg}2^\circ} = \frac{176,7 \cdot 0,349}{1 - 0,012} = 62 \text{ Н}$$

Розрахунок внутрішнього розміру пневмоциліндра ведемо за формулою [13] враховуючи, що робоча порожнина поршнева:

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4Q}{p\eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 62}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,98}} = 14,2 \text{ мм.}$$

де  $p$  – розрахунковий тиск повітря в системі,  $p = 0,4$  МПа

Дана конструкція пристрою дозволяє швидко переналагоджувати на інші деталі подібного типу для виконання свердлування отворів тому приймаємо внутрішній діаметр пневмоциліндра 100 мм., а діаметр штоку 20 мм.

Фактичне зусилля на штокові розраховуємо за формулою:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} p \eta = \frac{3,14 \cdot 100^2}{4} 0,63 \cdot 0,98 = 4846 \text{ Н}$$

де  $p$  – максимальний тиск повітря в системі,  $p = 0,63$  МПа.

### 3.1.6 Розрахунок на міцність елемента пристрою

Визначимо найбільш навантажені елементи верстатного пристрою.

Розрахунку на міцність підлягає різьбове з'єднання кріплення штока пневмоциліндра до клину.

«Діаметр різьби визначається за формулою:

$$d = \sqrt{4Q / (\pi\sigma)}, \quad (3.4)$$

де  $Q$  - сила що діє на різьбу,  $Q = 3140$  Н.;

$\sigma$  - допустиме значення межі текучості для штока Сталь 45

$\sigma = 120$  Н/мм.» [12].

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 4846}{3,14 \cdot 120}} = 7,1 \text{ мм.}$$

Для кріплення клина вибрано різьбу М20.

Отже умова міцності виконана діаметр болта М20 > 7,1 мм, розміри різьби вибрано вірно.

### 3.1.7 Принцип роботи пристрою

Пристосування складається з плити на котрій закріпленні дві призми. Призми служать для установки заготовки. Притиск заготовки здійснюється важелем котрий приводиться в рух за допомогою клино-плунжерного механізму ( клин, ролики, ітовхач ) і пневмоциліндра (рис. 3.5).

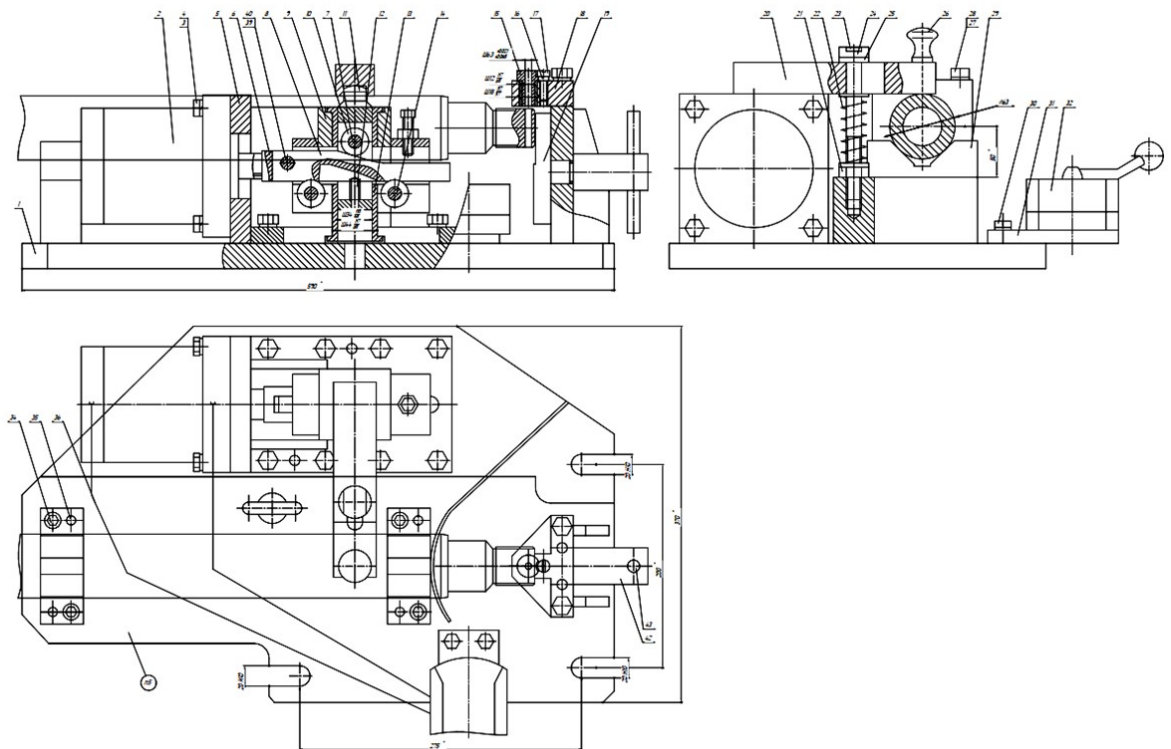


Рисунок. 3.5 – Загальний вигляд пристрою для свердлування

Пристосування працює наступним шляхом. Заготовка встановлюється в призми. Потім при допомозі пневматичного крану в пневмоциліндр по повітропроводу подається стисле повітря. Поршень тисне на клин, котрий переміщується по нижнім роликам і тисне на верхній ролик разом з штовхачем. Штовхач передає зусилля на притиск за допомогою болту шарніра. Притиск притискає заготовку до призми. За допомогою гвинта регулюється відстань між центром отвору і кінцем заготовки. Свердління здійснюються

через кондукторну втулку в яку підводиться свердло  $\varnothing 6.3$  мм.. Виконується процес свердління.

Після виконання операції включається пневматичний кран. Знімається зусилля з притиску. Пружина встановлює притиск в початкове положення і деталь знімається з призм.

## 3.2 Проектування контрольного пристрою

### 3.2.1 Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю

Для контролю одної з відповідальних поверхонь необхідно підібрати вимірювальний інструмент, провести розрахунки виконавчих розмірів і визначити ілюстраційну схему взаємного розташування і допусків деталі і калібру.

### 3.2.2 Розрахунок параметрів калібру скоби

Для контролю розміру  $\varnothing 63h8$  розраховуємо калібр-скобу.

Знаходимо граничні розміри валу за формулами:

$$\begin{aligned} d_{\max} &= d + es, \\ d_{\min} &= d + ei. \end{aligned} \tag{3.4}$$

$$d_{\max} = 70 + 0 = 70 \text{ (мм)}.$$

$$d_{\min} = 70 + (-0,046) = 69,954 \text{ (мм)}.$$

Для 8 квалітету і інтервалу розмірів більше від 25 до 80 мм знаходимо данні для визначення розмірів необхідних калібрів и контркалибрів:

$Z_1 = 0,0025$  мм – відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для вала відносно найбільшого граничного розміру виробу;

$Y_1 = 0,002$  мм – допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для вала за границю поля допуску виробу;

$H_1 = 0,003$  мм – допуск на виготовлення калібрів для вала;

$H_p = 0,0012$  мм – допуск на виготовлення контрольного калібру для скоби.

Визначаємо розміри калібру-скоби:

1) найменший розмір прохідного нового калібру-скоби ПР визначаємо за формулою:

$$PP = d_{\max} - Z_1 - H_1 / 2. \quad (3.5)$$

$$PP = 63 - 0,0025 - 0,003 / 2 = 62,996 \text{ (мм)}.$$

2) найменший розмір непрохідного калібру-скоби НЕ визначаємо за формулою:

$$HE = d_{\min} - H_1 / 2. \quad (3.6)$$

$$HE = d_{\min} - H_1 / 2 = 69,954 - 0,003 / 2 = 62,9425 \text{ (мм)}.$$

1) граничний розмір зношеного калібру-скоби ПР визначаємо за формулою:

$$PP_{\text{зн}} = d_{\max} + Y_1. \quad (3.7)$$

$$PP_{\text{зн}} = d_{\max} + Y_1 = 63 + 0,002 = 63,002 \text{ (мм)}.$$

Схема розташування полів допусків для розміру  $\varnothing 63h8$  показана на рис.



## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Вплив кольору на покращення умов праці і підвищення ефективності виробництва

«Колір в багато чому визначає красоту машин приборів, промислових і жилих інтересів. Крім того, правильне використання кольору при фарбуванні обладнання і інтер'єра цеха зменшує втомленість робочого, підвищує продуктивність праці.

При виборі кольору необхідно рішати питання пов'язані з його характеристиками фізіологією зору і емоційним впливом кольору на людину.

Першою характеристикою кольору являється кольоровий тон. В основі кольорового тону лежить довжина хвиль облучення, діапазон сприйняття котрих, оком, зовсім малий ( від. 0.45 до 0.76 мкм.). В сонячному спектрі кольору повільно переходять один в другий, але око людини розрізняє в ньому більше 120 відтінків по кольоровому тону. Спектральні кольори: - червоний, оранжевий, жовтий, зелений, голубий, синій, фіолетовий.

Кольори розташовані з протилежних сторін спектра, називають додатковими, так як при оптичному змішанні вони доповнюють один одного і дають білий колір. Додаткові кольори, розташовані один біля другого, дають максимальний кольоровий контраст, наприклад, червоний і зелений. Кольори правої частини спектра – червоний, оранжевий і жовтий відносять до теплих кольорів. а кольори лівої частини спектра – фіолетовий, синій, голубий і зелений – до холодних. Теплі кольори являються – „виступаючими”, а холодні – „відступаючими”.

Є три теорії використання кольору в художньому конструюванні.

1. Теорія динамічного кольору – її сутність складається в підборі такої колористики кольорів інтер'єру, котра повинна тримати робочого в постійно-

му напруженні і цим стимулювати підвищення продуктивності праці завдяки застосуванню подразнюючих і бадьорих кольорів: пурпурного, червоного, оранжевого.

Досвід використання такої колористики показав, що продуктивність росте на початку роботи, потім вона знижується, а до кінця праці різко падає.

2. Теорія оптимальних кольорів рекомендує застосовувати зелено – жовту частину спектра. Ці кольори найбільш благотворні з фізіологічної точки зору. Однак застосування монохромних (однотонних) кольорів обідняє палітру інтер'єра і втомлює робочого.

3. Теорія узгоджуваних кольорів обґрунтовує вибір колористики кольорів інтер'єрів і других об'єктів, узгоджуючи її з колористикою природи. Ця теорія ще недостатньо розроблена, хоча вона найбільш перспективна для кольорового рішення промислових об'єктів і виробів при їх художньому конструюванні» [13].

«Кольори можуть бути різкими або м'якими, якими або приглушеними, приємними або неприємними, діюче гнітюче, збуджуючи або заспокоюючи: зелений – заспокійливий, освіжаючий колір; голубий і жовтий – кольори спокійні; синій – безтурботний; оранжевий – бадьорий, радісний; червоний і пурпурний – збуджуючий; фіолетовий – гнітючий, викликаючи сум. Кольори сонячного спектра очі сприймають неоднаково. найбільш спокійними кольорами являються зелено – жовтий і зелений. Кольори цієї області дають більш стійке і спокійне сприйняття, а крайні ділянки спектра ( фіолетовий і червоний кольори) викликають більшу втомленість очам і роздратування нервової системи. Кольори крайніх ділянок спектра безболісно сприймаються оком і малою їх насиченістю.

Різні кольори лежачи в одній площині, можуть створювати зорову ілюзію, що вони знаходяться в різних площинах: одні будуть сприйматися ближче, другі далше. Встановлено, що теплі хроматичні кольори ( червоний,

оранжевий, жовтий ) і світлі ахроматичні ( білий, ясно – сірий ) являються виступаючими, а холодні ( зелений, синій, голубий, фіолетовий ) і кольори темні ахроматичні ( чорний, і близькі до нього кольори ) – відступаючими.

Звичайно використовуються не чисті кольори, а змішані, відповідним підбором відтінків можна послабити і коректувати вплив їх властивостей. Так, лимонно – жовтий колір, маючи незначний зеленуватий відтінок, холодніше золотистого, наближеного до оранжевого. Сіро – блакитний – тепліше небесно – голубого; блакитно – зелений – холодніше зеленого; а фісташковий (сіруватий, жовто – зелений) – тепліше трав'яного зеленого. Приблизна відбивна здібність кольорів ( коефіцієнт відображення в %: білий – 83; кремовий – 78; жовтий – 75; ясно – рожевий – 70; бронзовий – 60; сірий – 55; ясно – блакитний – 55; ясно – зелений – 55; оранжевий – 50; бірюзовий – 40; блідо – ліловий – 40; темно – зелений – 20; червоний – 14; коричневий – 15; оливковий – 10; фіолетовий – 10.

Через мірна простота, яскравості і монотонності кольорів втомлюють очі. В невеликих приміщеннях число використаних кольорів повинно бути мінімальним – це збільшує приміщення. Панелі розчленують стіни, в приміщенні з низькими стелями панелі не потрібні, з високими допустимі. Вертикальне членування стін робить їх вище, горизонтальне нижче і ширше. Виступаючі кольори – понижають висоту, а відступні – збільшують. Гарячі цеха слід фарбувати холодними кольорами; цеха розташовані на північній стороні, де менший доступ сонячних променів – теплими. Рекомендований коефіцієнт відображення поверхонь інтер'єру %: підлога – 40-15; стіни – 60-40; стеля і верхня частина стіни – 70-65; технологічне обладнання – 55-25.

Періодичне фарбування рухливих частин машин, внутрішньо-цехового транспорту і ліній обмеження рухів різко відрізняється від кольору фарбування нерухомих деталей, інтер'єра цеха. Такими кольорами являються жовтий або світло оранжевий в сполученні з білими або чорними смужками.

Чорні смужки і обрамлення ними деталей транспорту чітко виділяють його на фоні інтер'єру. Найбільш розповсюджена наступна гамма кольорів обладнання в механічних цілях: зелена, сіра, жовта, ясно – зелена – блакитна, бежева, ясно – сіра, коричнева, темно – коричнева» [13].

На ділянці де виготовляються деталі типу шток гідроциліндра, обладнання пофарбоване в ясно – зелений колір. Стіни пофарбовані в ясно – блакитний, стелю в ясно – сірий. Підлога в цеху виготовлена з бетону темно – сірого кольору, проходи і проїзди виділені ясно – сірими смужками.

«На машинобудівних підприємствах застосовується велика кількість різноманітного обладнання, станків і механізмів. Забезпечення безпеки при роботі цього обладнання, станків і механізмів незалежно від призначення, видів і типів можливо лише при оснащенні його відповідними запобіжними обладнаннями, блокуванням, сигналізацією. Необхідно також виконання визначених вимог, придавлених до робочого інструменту: розміщенню обладнання, організації робочого місця. Автоматичні станки і автоматичні лінії викликають необхідність проведення спеціальних специфічних заходів по забезпеченню безпеки.

Безпека праці на виробничому обладнанні може бути забезпечена лише при наявності на ньому необхідних органів управління і запобіжних обладнань.

Органи управління станками, машинами і іншими виробничими обладнаннями, незалежно від їх потужності, габаритів і призначення, відповідають наступним основним вимогам: забезпечувати надійність пуску, швидкість установки, легкість і зручність користування, виключати можливість помилкового або випадкового включення як обладнання в цілому, так і окремих його механізмів, а також виключати можливість одночасного включення декількох механізмів, котре може привести до їх поломки. Всі відкриті обертові частини станків і механізмів закриті захищеним

обладнанням. До всіх захисних обладнань незалежно від вигляду станка і обладнання на якому вони встановленні, пред'являються вимоги надійності безпеки і зручності в експлуатації. коли по умовам праці необхідно спостереження за процесом обробки, захисні обладнання постачають оглядовими вікнами.

Безпека виробництва обладнання забезпечується правильним вибором принципів його дії, кінематичних схем, конструктивних рішень ( в тому числі форм корпусів збірних одиниць і деталей ), робочих тіл, параметрів робочих процесів, використанням різноманітних засобів захисту. Останні по можливості вписуються в конструкцію на проектоване обладнання і закінчуючи задачею досвідчених взірців в серійне виробництво.

На ділянці робочі місця огороженні спеціальною загорожею. Робочі зони станка закриваються щітками з оглядовими вікнами. Деталь робочі ставлять і знімають з робочої зони станка в робочих рукавицях з брезентовими нашивками. Всі заходи по безпеці праці виконуються відповідно інструкціям по охороні праці. Безпека виконуваних робіт суттєво залежить від дохідливості, швидкості та точності сприйняття зорової інформації. На цьому ґрунтується широке використання на підприємствах кольорів безпеки та знаків безпеки праці, які відіграють роль закодованого носія відповідної інформації» [14].

*«Колір безпеки — установлений колір, призначений для привернення уваги працівника до окремих елементів виробничого обладнання і (або) будівельної конструкції, які можуть бути джерелами небезпечних і (або) шкідливих виробничих чинників, а також до засобів пожежогасіння і знаків безпеки. У нас, як і в багатьох країнах світу, прийняті наступні кольори безпеки: червоний, жовтий, зелений, синій. Для підсилення контрасту кольорів безпеки їх необхідно застосовувати на фоні контрастних кольорів (табл. 4.1). Контрастні кольори також слід використовувати для виконання символів і пояснювальних написів.*

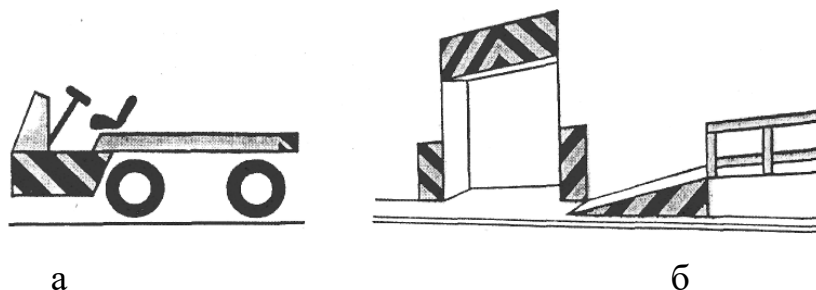
Таблиця 4.1 Основне змістове значення кольору безпеки та його контрастний колір

№ зп.	Колір	Основне змістове	Контрастний
1	Червоний	Заборона,	Білий
2	Жовтий	Попередження,	Чорний
3	Зелений	Припис, безпека	Білий
4	Синій	Вказівка,	Білий

Примітка: Контрастним кольором для білого є чорний, а для чорного — білий колір.

Червоний колір безпеки застосовується для заборонних знаків, позначення протипожежних засобів та пристроїв вимкнення (в тому числі й аварійних), сигнальних лампочок. Крім того, ним фарбують місце, обладнання та прилади, де може виникнути вогнебезпечна чи аварійна ситуація.

Жовтий колір безпеки використовується для: попереджувальних знаків; елементів виробничого обладнання, що можуть бути джерелами небезпечних і (або) шкідливих виробничих чинників; постійних та непостійних огорожень; елементів будівельних конструкцій, що можуть спричинити отримання травм; елементів внутрішньо- та міжцехового транспорту, підйомально-транспортного обладнання і т. п. Для більшої помітності застосовують чергування жовтих та чорних смуг (рис. 1.10).



Рисуюнок 4.1. Приклади пофарбування елементів: а - внутрішньозаводського транспорту; б - будівельних конструкцій, які потребують уваги і можуть спричинити отримання травм

Зелений колір безпеки застосовують для приписувальних знаків, дверей та світлових табло (напис білою фарбою на зеленому фоні) евакуаційних і запасних виходів, сигнальних лампочок.

Синій колір безпеки використовується у вказівних знаках.

Знаки безпеки праці поділяються на чотири групи:

– заборонні, які призначені для заборони певних дій у визначених місцях або приміщеннях (заборона користуватись відкритим вогнем, курити, входити чи проходити, гасити водою і т. п.);

– попереджувальні, які призначені для попередження працівників про можливу небезпеку (електричний струм, легкозаймисту чи отруйну речовину, лазерне випромінювання тощо);

– приписувальні, які призначені для дозволу на певні дії працівників лише при виконанні конкретних вимог (припису) з охорони праці (обов'язкове застосування засобів захисту, виконання заходів щодо забезпечення безпеки праці), вимог пожежної безпеки;

– вказівні, які призначені для інформування про місце знаходження відповідних об'єктів та засобів (пункту медичної допомоги, пожежної охорони, вогнегасника, пожежного крану, пункту сповіщення про пожежу і т. п.).

Знаки безпеки праці кожної групи мають свою форму, розміри та колір. Приклади знаків безпеки усіх чотирьох груп наведені на четвертій сторінці обкладинки.

Знаки безпеки праці встановлюються в місцях, перебування в яких пов'язано із можливою дією на працівників небезпечних і (або) шкідливих-виробничих чинників, а також на виробничому обладнанні, що є джерелом таких виробничих чинників. Вони повинні контрастно виділятися на фоні, що їх оточує та знаходитися в полі зору людей, для яких вони призначені» [14].

## 5 ВИСНОВКИ

В дипломній роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Шток 344.002» із застосуванням сучасних верстатів з ЧПК. Виконано розрахунки: типу виробництва, припусків, режимів різання, норм часу.

На основі аналізу варіантів отримання заготовок прийнято рішення, що для даного типу виробництва найбільш економічним буде отримання заготовки штамповкою на горизонтально - кувальних машинах.

В конструкторському розділі виконано розрахунки верстатного пристрою для свердлування отвору.

Для забезпечення операції контролю відповідальної поверхні деталі спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій скобу.

В розділі охорони праці приведено дані по вплив кольору на покращення умов праці і підвищення ефективності виробництва.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «Шток 344.002» специфікації та керуючу програму на верстат з ЧПК.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Добрянський С.С., Малафеев Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. 353 с., іл.
2. Шабайкович В.А. Выбор оптимального технологического процесса механической обработки деталей машин. Львов, 1975. 25 с.
3. Технологія машинобудування. [Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В.] Житомир: ЖДТУ, 2005. 882
4. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009 528 с.
5. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник. [Юрчишин І.І. та ін.] Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
6. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВПОЛ, 1995. 465 с.
7. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ.; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
8. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. [Гордеев А.І., Урбанюк Є.А., Безносів А.Є., Мігаль В.Г.] Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.
9. Гордеев А. І. Урбанюк Є.А., Сілін Р.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.

10. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т., Гордєєв А. І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник / За ред. Р.Т. Карпика. Хмельницький: ХДУ, 2003. 222 с., іл.

11. Железна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.

12. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. Харків : НТУ «ХП», 2020. 275 с.

13. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, та ін. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. К.: Основа, 2006. 448 с.

14. Жидецький В.Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2000. 350 с.

15. Освітня програма бакалавра спеціальності 131 Прикладна механіка.