

**Міністерство освіти і науки України**  
**Луцький національний технічний університет**  
**Факультет транспорту та механічної інженерії**  
**Кафедра прикладної механіки та мехатроніки**

***КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА***  
**ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ**  
**ОСВІТИ «МАГІСТР»**

**ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЧОГО ПІДРОЗДІЛУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ**  
**ДЕТАЛЕЙ ТИПУ КОРПУС НАСОСА ДЛЯ УМОВ СЕРІЙНОГО**  
**ВИРОБНИЦТВА**

спеціальність      131 Прикладна механіка  
освітня програма      Прикладна механіка

Виконав: здобувач вищої освіти  
Групи ПМмз-21  
Самойлов Олександр Володимирович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
К.т.н., доцент  
Гальчук Тетяна Никифорівна

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
К.т.н., доцент  
Гарант освітньої програми:  
Четвержук Тарас Іванович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2025 року

Луцький національний технічний університет

Факультет: транспорту та механічної інженерії

Кафедра: прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: магістр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(Редько Р.Г.)  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025р.

**ЗАВДАННЯ**

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Самойлову Олександрю Володимировичу

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування виробничого підрозділу для виготовлення деталей типу корпус насоса для умов серійного виробництва

Керівник роботи Гальчук Тетяна Никифорівна, к.т.н., доцент.

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 14 ” червня 2025 р. № 391/01-07

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі корпус ПИМ 16.101, технологічний процес виготовлення корпусу ПИМ 16.101, програма випуску 45000 шт/рік, нормативно-технічна документація, довідникові дані.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Анотація. Вступ. Розділ 1. Технологічні рішення проектування виробничого підрозділу. Розділ 2. Розроблення технології виготовлення корпусу ПИМ 16.101. Розділ 3. Організація ремонтної підрозділу на виробництві з виготовлення насоса оприскувача 630А Розділ 4. Проектування виробничого підрозділу. Розділ 5. Техніко-економічні показники проектних рішень. Висновки. Список посилань. Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

Презентація 25 слайдів, 25 листів (ф.А4).

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище,<br>ініціали та посада<br>консультанта | Підпис            |                     |
|--------|---|-------------------|---------------------|
|        |   | завдання<br>видав | завдання<br>прийняв |
|        |   |                   |                     |
|        |   |                   |                     |
|        |   |                   |                     |
|        |   |                   |                     |

7. Дата видачі завдання 14.06.2025 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра   | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1.    | <i>Розділ 1. Технологічні рішення проектування виробничого підрозділу.</i>                              | <i>06.09.2025р.</i>           |          |
| 2.    | <i>Розділ 2. Розроблення технології виготовлення корпусу ПИМ 16.101.</i>                                | <i>27.09.2025р.</i>           |          |
| 3.    | <i>Розділ 3. Організація ремонтної підрозділу на виробництві з виготовлення насоса оприскувача 630А</i> | <i>11.10.2025р.</i>           |          |
| 4.    | <i>Розділ 4. Проектування виробничого підрозділу</i>  | <i>25.10.2025р.</i>           |          |
| 5.    | <i>Розділ 5. Техніко-економічні показники проектних рішень</i>  | <i>08.11.2025р.</i>           |          |
| 6.    | <i>Висновки</i>   | <i>15.11.2025р.</i>           |          |
| 7.    | <i>Формування списку посилань</i>   | <i>15.11.2025р.</i>           |          |
| 8.    | <i>Формування додатків</i>  | <i>15.11.2025р.</i>           |          |
| 9.    | <i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>  | <i>29.11.2025р.</i>           |          |
| 10.   | <i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>   | <i>04.12.2025р.</i>           |          |
| 11.   | <i>Представлення кваліфікаційної роботи до захисту</i>  | <i>15.12.2025р.</i>           |          |

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_

Самойлов О.В.

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_

Гальчук Т.Н.

## АНОТАЦІЯ

Самойлов О.В. Проектування виробничого підрозділу для виготовлення деталей типу корпус насоса для умов серійного виробництва. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра освітньої програми «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

В даній роботі було виконано комплекс технологічно-конструкторських завдань для проектування виробничого підрозділу виготовлення деталей типу корпус насоса, на прикладі корпусу ПИМ 16.101 насоса оприскувача 630А, в умовах серійного виробництва. У зв'язку із цим було виконано: аналіз конструкції деталі, вибрано спосіб виготовлення заготовки; спроектовано модернізований маршрут механічної обробки деталі корпус ПИМ 16.101 з розробкою змісту операцій, технологічного оснащення та інструментів; спроектовано дільниця механічної обробки корпусу ПИМ 16.101 та цех для виготовлення деталей насоса оприскувача 630А; визначені основні ТЕП запропонованого проектного рішення. Науково обгрунтовано організацію ремонтної служби в цеху з виготовлення насоса оприскувача 630А.

**Ключові слова:** корпус, насос, ремонт, структура, технологія.

## ABSTRACT

Samoilov O.V. Design of a production unit for the manufacture of pump housing-type parts for mass production conditions. - The manuscript.

Master's qualification work of the "Applied Mechanics" educational program, specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

In this work, a set of technological and design tasks was performed for the design of a production unit for the manufacture of parts such as a pump housing, using the example of the PIM 16.101 housing of a 630A sprayer pump, in serial production conditions. In this regard, the following was performed: analysis of the design of the part, selection of the method of manufacturing the workpiece, design of a modernized route for machining the part, body PIM 16.101, with development of the content of operations, technological equipment and tools, a mechanical processing section for the PIM 16.101 housing and a workshop for manufacturing parts for the 630A sprayer pump have been designed; the main TEPs of the proposed design solution have been determined. The organization of a repair service in the workshop for the production of the 630A sprayer pump has been scientifically substantiated.

Key words: body, pump, repair, structure, technology.

## ЗМІСТ

|  | стр. |
|--|------|
| ВСТУП  | 8    |
| 1 РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЧОГО ПІДРОЗДІЛУ                               | 11   |
| 1.1 Характеристика деталі «корпус ПИМ 16.101»  | 10   |
| 1.2 Аналіз виробничого технологічного процесу виготовлення корпусу ПИМ 16.101                      | 13   |
| 1.3 Порівняльний аналіз досягнень технології виготовлення корпусних деталей                        | 14   |
| 1.4 Обґрунтування методу отримання заготовки та способів обробки її поверхонь                      | 15   |
| 1.5 Пропозиції по вдосконаленню технологічного процесу   | 16   |
| 1.6 Висновки до 1-го розділу   | 19   |
| 2 РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ПИМ 16.101                                 | 20   |
| 2.1 Технологічні бази для обробки корпусу ПИМ 16.101   | 20   |
| 2.2 Припуски і операційні розміри для обробки корпусу ПИМ 16.101                                   | 22   |
| 2.3 Розмірні розрахунки технологічного процесу   | 26   |
| 2.4 Режими різання, обладнання та інструмент   | 29   |
| 2.5 Проектування верстатного та контрольного пристрою  | 33   |
| 2.6 Проектування ріжучого інструменту  | 35   |
| 2.7 Висновки до 2-го розділу   | 37   |
| 3 РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТНОЇ ПІДРОЗДІЛУ НА ВИРОБНИЦТВІ З ВИГОТОВЛЕННЯ НАСОСА ОПРИСКУВАЧА 630А | 38   |
| 3.1 Працевзатрати ремонтних робіт на ділянці механічної обробки корпусу ПИМ 16.101                 | 38   |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 3.2 | Структура ремонтного циклу для верстатів на дільниці обробки корпусу ПИМ 16.101                 | 40 |
| 3.3 | Структура працемісткості робіт за видами ремонтних робіт на дільниці обробки корпусу ПИМ 16.101 | 42 |
| 3.4 | Автоматизація розробки графіків ППР обладнання  | 43 |
| 3.5 | Висновки до 3-го розділу  | 47 |
| 4   | РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЧОГО ПІДРОЗДІЛУ   | 48 |
| 4.1 | Тип та організаційна форма виробництва  | 48 |
| 4.2 | Визначення кількості обладнання та робітників   | 51 |
| 4.3 | Склад цеху з виробництва деталей насоса ПОМ 630   | 52 |
| 4.4 | Виробничі площі   | 54 |
| 4.5 | Вибір типу приміщення, компановка виробничих підрозділів  | 56 |
| 4.6 | Вантажопідйомні і транспортні засоби  | 58 |
| 4.7 | Висновки до 5-го розділу  | 59 |
| 5   | РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ   | 60 |
| 5.1 | Капітальні витрати на проектування виробництва  | 60 |
| 5.2 | Виробнича собівартість виготовлення продукції   | 62 |
| 5.3 | Величина чистого прибутку   | 63 |
| 5.4 | Економічна ефективність проектних рішень  | 63 |
| 5.5 | Висновки до 5-го розділу  | 64 |
|     | ВИСНОВКИ  | 66 |
|     | ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ  | 68 |
|     | ДОДАТКИ   | 70 |

## ВСТУП

Актуальність теми зумовлена тим, що на даний час одним із завдань, яке вирішується в машинобудуванні на сучасному етапі є підвищення якості машин, скорочення термінів розробки та освоєння виробництва нових виробів, забезпечення високої точності та стабільності процесів їх виготовлення, що знаходяться у прямій залежності від досконалості організації виробництва.

Однією із умов ефективної організації роботи машинобудівного виробництва є наявність відналагодженого механізму виконання ремонтних робіт і введення їх документального обліку в повному об'ємі. Чим нижча питома вага витрат на ремонт, обслуговування і утримання обладнання в собівартості продукції, тим вища ефективність виробництва і самого ремонтного господарства. Одним із запобіжників нераціональних виробничих втрат і скорочення витрат на ремонт служить система планово-попереджувальних ремонтів (ППР).

Зокрема, реалізація вказаних вимог, неможлива без раціонального планування виробництва з широким застосуванням металообробних верстатів, та забезпечення їх безперебійної роботи.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є проектування виробничого підрозділу виготовлення корпусних деталей за умов оптимальної собівартості та продуктивності праці серійного виробництва з врахуванням система планово-попереджувальних ремонтів.

Для цього було вирішено такі задачі:

- проектування маршруту механічної обробки з раціональним вибором верстатів та оптимальних режимів різання;
- розмірно-точносне моделювання технологічного процесу механічної обробки;
- розробка заходів з організації та планування ремонтної служби в цеху;
- проектування технологічного оснащення;
- проектування виробничого підрозділу для виготовлення корпусу насосу ПИМ 16.101.

Об'єкт дослідження – корпус ПИМ 16.101 насосу водневого оприскувача 630А.

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ПИМ 16.101».

Методологія і методика досліджень. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно - точностне моделювання технологічного процесу. Результати досліджень опрацьовані методами математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукову новизну роботи складає планування ремонтного підрозділу із проведенням планування робіт по технічному обслуговуванню і ремонту обладнання встановленому на ділянці з виготовлення корпусу ПИМ 16.101.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ПИМ 16.101» та плануванні ділянок для його реалізації; при цьому запропоновані такі нові рішення:

- розроблений оригінальний технологічний процес механічної обробки, який дає можливість знизити собівартість та трудомісткість, підвищити продуктивність праці;

- розроблена конструкція пристосувань для виконання операцій механічної обробки;

- розроблено план цеху з детальним плануванням обладнання на ділянці механічної обробки;

- розроблено структуру ремонтного циклу та працемісткості робіт за видами ремонтних робіт на ділянці обробки корпусу ПИМ 16.101 за допомогою середовища програми Embarcadero Delphi.

Апробація результатів магістерської роботи. Робота доповідалась та отримала позитивний відгук на розширеному засіданні науково семінару кафедри прикладної механіки та мехатроніки Луцького національного технічного

університету та V студентській науково-технічній конференції «Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії», м. Луцьк, 2025 р.

Достовірність теоретичних положень магістерської кваліфікаційної роботи підтверджується повною відповідністю поставленим задачам.

Публікації. Результати магістерської роботи опубліковані у праці: Самойлов О. Проектування виробничого підрозділу машинобудівного виробництва з використанням систем автоматизованого проектування: тези V студентської науково-технічної конференції «Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії». Луцьк: ЛНТУ, 2025. С. 167-170. – URS: <https://drive.google.com/>

## РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЧОГО  
ПІДРОЗДІЛУ

## 1.1. Характеристика деталі «корпус ПИМ 16.101»

Корпус ПИМ 16.101 є складовою насосу підживлювача-оприскувача ПОМ-630 та його модифікації ПОМ 630-1 (бурякова), ПОМ-630-2 (овочева). Оприскувачі призначені для внесення в ґрунт водневого аміаку та рідких комплексних добрив під час культивування, міжрядкової обробки, удобренню лугів і пасовищ, а також для суцільного або рядкового обприскування ґрунту і посівів [1]. На оприскувачах використовують на даний час насоси таких типів:

- шестеренні насоси (підживлювачі ПОМ 630);
- центробіжні насоси (ОП-2000-2-01, Фімко, Бранд, Керитокс);
- поршневі насоси (ОПШ-15-01, ОП-2000);
- мембранні насоси (насоси виробництва Італії, Німеччини, Польщі, Росії).

Насоси шестерні, поршневі, мембранні мають період безпосередньо від валу відбору потужності трактора, як правило, при обертах 540 об/хв [2].

Основною складовою насосу шестерного є корпус.

Корпус ПИМ 16.101 насоса підживлювача-обприскувача ПОМ 630 (рис. А.1) – це двох порожнинна чаша, всередині якої проходить рідина. В одній із порожнин створюється тиск рідини вищий від атмосферного для подачі в трубопроводи під визначеним тиском. Чаші з'єднуються між собою через отвір Ø 15 мм. Торцева поверхня корпусу за допомогою різьбових отворів з'єднується з кришкою насоса, між якими встановлюються ущільнюючі кільця. Патрубок з різьбою G1-B служить для розміщення зливної пробки. Патрубок з отвором 40×40 мм призначений для з'єднання насоса з трубопроводом. Для направленої переміщення рідини є спіральний відвід.

Враховуючи вимоги та умови роботи корпусу ПИМ 16.101 матеріалом для його виготовлення є сірий чавун марки СЧ20 ДСТУ 8833:2019.

Точність вилівка 10-0-0-10 ДСТУ 8981:2020. Тому точність вилівка невисока, а вимоги до степені короблення і точності поверхні відсутні, крім тих, що зазначені нижче. У вилівку допускаються раковини глибиною до 1,4 мм і діаметром до 2,8 мм на не оброблювальних поверхнях і глибиною до 0,5 мм та діаметром до 1 мм на оброблювальних поверхнях в кількості 5 штук на 1дм<sup>2</sup>. Також на різьбових поверхнях ливарні дефекти не допускаються. Звідси і додаткові вимоги до якості виготовлення металевої форми і знаків, застосування додаткової вентиляції, рафінування сплаву.

Зміщення осей отворів Ø 150Н10 та Ø 60Н10 допускається не більше 0,1 мм. Така вимога достатня для забезпечення роботи вузла. Перший отвір призначений для встановлення через втулку і підшипник валу крилатки, а в другий отвір вставляється направляюча кришка відводу рідини. Всі інші розміри виконуються за IT14/2 квалітетом точності.

Деталь являє собою вилівку коробчастої форми з сірого чавуну. Конфігурація зовнішнього контуру і внутрішніх поверхонь не викликає значних труднощів при отриманні заготовки. Формовка повинна проводитися за допомогою стержнів, які формують внутрішню поверхню, особливо нетехнологічну.

Отвори Ø150Н10 і Ø60Н10, а також отвір Ø180Н11 розміщені на різних осях і не можуть бути оброблені з одного установа. Таким чином, обробка цих отворів може проводитися з обох боків одночасно або з перестановкою деталі на різних операціях. Також важко обробити торець і фаску, тому що вона розміщена всередині деталі і тому до неї немає вільного доступу та місця для виходу інструмента. Інші поверхні, що обробляються, з точки зору забезпечення точності і шорсткості, не створюють технологічних труднощів. Розміщення різьбових кріпильних отворів допускає багато інструментальну обробку.

Кількісний аналіз конструкції деталі на технологічність проводимо за показниками технологічності [4]. Дані для їх розрахунку представлено у додатку А.

За результатами розрахунків показники такі:

- коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі:

$$K_{y.c.} = \frac{26}{30} = 0,87 > 0,6 ;$$

- коефіцієнт точності обробки:

$$K_{т.г.} = 1 - \frac{1}{8,97} = 0,89 > 0,8$$

- коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{9,4} = 0,89 > 0,32$$

Коефіцієнт використання матеріалу:  $K_m = \frac{m_d}{m_s} = \frac{7,2}{9} = 0,8$

Виходячи з вище проведеного кількісного аналізу технологічності конструкції деталі можна зробити висновок, що конструкція деталі є в основному технологічна.

## 1.2. Аналіз виробничого технологічного процесу виготовлення корпусу

### ПІМ 16.101

Заводський варіант технологічного процесу виготовлення корпусу насоса ПІМ 16.101 складається з 11 операцій ( табл. А.1) малосерійного виробництва. Задана номенклатура деталей виготовляється на застарілих універсальних верстатах. Верстати розміщені в невідповідній з технологічним процесом послідовності, що ускладнює транспортування заготовок між верстатами яке здійснюється в ручну. Операції оснащені механічними пристроями, що збільшує допоміжний час на обробку. Значна частина робіт припадає на ручну працю. Використовується застарілий ріжучий та вимірювальний інструмент.

У зв'язку з ростом попиту на сільськогосподарське обладнання даного призначення на виробництві планується нарощувати випуск даної продукції, збільшивши її обсяги до 45 000 штук на рік. А це в свою чергу потребує розробки фактично нового виробництва з врахуванням сучасного розвитку техніки та технології з обробки деталей.

### 1.3. Порівняльний аналіз досягнень технології виготовлення корпусних деталей

Корпусні деталі є базовими деталями машин і вузлів. До них відносяться верстати, плити, корпуса насосів, редукторів, коробок передач, блоки циліндрів двигунів тощо. Основні технологічні задачі полягають в отриманні точних плоских поверхонь, точних гладких, ступінчатих і різьбових отворів із збереженням правильного розміщення осей отворів.

Корпусні деталі в серійному виробництві виготовляють частіше всього з чавуну СЧ15, СЧ20, СЧ21 ДСТУ 8833:2019. Чавунні заготовки отримують у вигляді виливок. Кількість виливок і величина припусків на обробку залежать від величини деталей.

Литво в металеві та піщані форми використовують для виготовлення невеликих і середніх виливок у багатосерійному та масовому виробництві [5]. Під час обробки корпусних деталей основним є обробка плоских поверхонь та отворів. Тому, поряд з уточненням форми заготовок, наближенням їх до форми готової деталі і зменшенням припусків на обробку, увага технолога зосереджена на підвищенні продуктивності праці.

В серійному виробництві використовуються токарно-револьверні верстати для розточування отворів і токарної обробки поверхонь. Свердління та нарізання різі проводиться на верстатах з ЧПК, які дозволяють на револьверній головці багаторазову зміну інструменту, але також обробку отворів можна

проводити, використовуючи багатошпindelну головку, на універсальному обладнанні, яке швидко переналагоджується.

Під час планування виробництва у серійному виробництві широко використовують предметно-потокові лінії з агрегатних, свердлильних, розточних, різенарізних верстатів, а також переналагоджувальні автоматичні лінії, які складаються з верстатів з числовим програмним керуванням і оброблювальних центрів [7].

#### 1.4. Обґрунтування методу отримання заготовки та способів обробки її поверхонь

Заготовки для деталі можуть бути одержані литвом, зокрема: в піщані форми з машинною формовкою і в металеві форми (кокіль). При цьому технологічний процес механічної обробки не змінюється. Визначаємо вартість заготовки одержаної литвом [4] для вибору методу одержання заготовки. Розрахунок представлено у додатку А.

$$\text{Економічний ефект складе: } \mathcal{E} = (S_{\text{заг2}} - S_{\text{заг1}}) \cdot N,$$

$$\mathcal{E} = (20,44 - 19,1) \cdot 45000 = 60300 \text{ грн.}$$

Отже одержання заготовки литвом в кокіль є більш економічно доцільним (рис. 1.1).

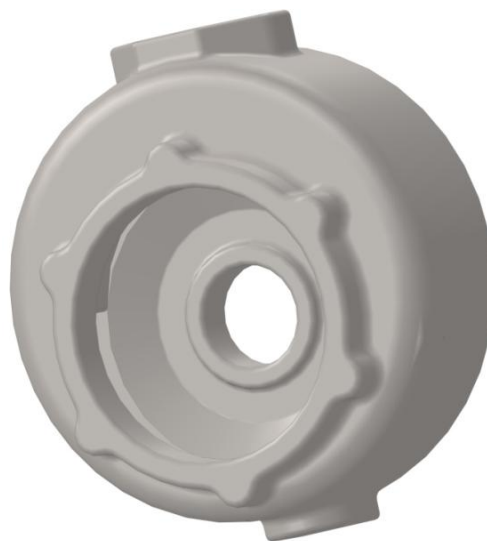


Рис. 1.1 – 3D модель заготовки корпусу ПИМ 16.101

Встановлюємо методи обробки поверхонь, які найкоротшим шляхом перетворюють заготовку-виливок в готову деталь і представляємо у таблиці А.2.

### 1.5. Пропозиції по вдосконаленню технологічного процесу

Корпус є основною деталлю, в якій базуються і закріплюються усі інші. Для обробки корпусних деталей на універсальних верстатах характерно наступне: висока трудомісткість обробки; трудомісткість забезпечення заданої точності внаслідок великої кількості операцій, які виконуються на різних верстатах; високі вимоги до кваліфікації робітника внаслідок складності геометричних форм поверхонь [8].

Оскільки для нової програми випуску виробів за існуючим техпроцесом є недоцільним, зокрема велика кількість обладнання, значна працеемність і т.д. Тому доцільно замінити обладнання для обробки отворів, а також використати для цього багато інструментальну одночасну обробку, а операції зробити більш концентрованими. В базовому техпроцесі замінюємо токарно-гвинторізні верстати на токарно-револьверні, а радіально-свердлильні на вертикально-свердлильні. Оскільки радіально свердлильні верстати використовуються для обробки отворів у великих за розмірами верстатах, суміщення осей інструменту і отвору відбувається шляхом переміщення шпинделя відносно нерухомої заготовки. У вертикально-свердлильних для суміщення осей інструменту і отвору передбачено переміщення заготовки відносно інструменту. Перевагою вертикально-свердлильних верстатів є їх більш широке використання для заготовок середніх розмірів. Універсальні токарно-гвинторізні верстати використовують для умов одиничного та малосерійного виробництва, що діє на базовому підприємстві. Для збільшення виробництва виробів до 45000 штук на рік доцільно ці верстати замінити на токарно-револьверні, що використовуються для обробки поштучних заготовок в умовах серійного виробництва.

Технологічний процес для обробки корпусу ПИМ 16.101:

- 005 Токарно-револьверна  
 Підрізати торець попередньо, кінцево в р-р  $8\pm 0,5$   
 Розточити отв.  $\text{Ø} 180\text{H}11$   
 Підрізати торець в р-р  $78\pm 0,8$
- 010 Токарно-револьверна  
 Підрізати торець в р-р  $103\pm 0,87$   
 Розточити попередньо, кінцево отв.  $\text{Ø}150\text{H}10$   
 Розточити фаску  $3\times 45^0$ .  
 Підрізати торець бобишки  $\text{Ø}72$  в р-р  $65\pm 0,8$   
 Розточити попередньо, кінцево отв.  $\text{Ø}60\text{H}10$   
 Розточити 2 фаски  $1,6\times 45^0$ .
- 015 Горизонтально-фрезерна  
 Фрезерувати пов. в р-р  $252\pm 0,5$
- 020 Вертикально-свердлильна  
 Свердлити послідовно ботв.  $\text{Ø}6,7\text{мм}$ .  
 Зняти фаски  $1,6\times 45^0$ .  
 Нарізати різь М8-6g
- 025 Вертикально-свердлильна  
 Свердлити послідовно ботв.  $\text{Ø}8,5\text{мм}$ .  
 Зняти фаски  $1,6\times 45^0$ .  
 Нарізати різь М10-6g
- 030 Вертикально-свердлильна  
 Свердлити послідовно 2отв.  $\text{Ø}6,7\text{мм}$ .  
 Зняти фаски  $1,6\times 45^0$ .  
 Нарізати різь М8-6g
- 035 Вертикально-свердлильна  
 Свердлити отв.  $\text{Ø}30,5\text{мм}$ .  
 Зняти фаски  $1,6\times 45^0$ .  
 Нарізати різь G1-B

Доцільність впровадження даного техпроцесу встановлюємо на основі порівняння технологічної собівартості виготовлення деталі по базовому та проектному варіантах. Розрахунки якої наведено у додатку А. Величина приведеної річної економії від впровадження нового техпроцесу  $E_m = 4578300$  грн.

Як видно технологічна собівартість механічної обробки по проектному варіанту значно менше ніж по базовому. Це досягнуто за рахунок збільшення

продуктивності обробки, а також скороченням працездатності в порівнянні із базовим варіантом технологічного процесу механічної обробки корпусу. На підставі проведеного розрахунку собівартості приймаємо проектний варіант технологічного процесу як оптимальний.

### 1.6. Висновки до 1-го розділу

В даному розділі було розглянуто об'єкт виробництва, його службове призначення, технічні умови на виготовлення, проаналізовано базовий технологічний процес. Показана доцільність виготовлення виробів, що складовою частиною сільськогосподарської техніки, яка виготовляється на машинобудівних потужностях України. Тому в роботі буде спроектовано механічний цех виготовлення деталей насоса оприскувача 630 з детальною розробкою технологічного процесу виготовлення корпусу насоса ПИМ 16.101.

Для підвищення продуктивності та зниження собівартості механічної обробки виробу, для умов серійного виробництва, запропоновано використати найбільш оптимальні моделі верстатів, більш продуктивний спосіб отримання заготовки. На основі розрахунків технологічної собівартості показано доцільність впровадження нового техпроцесу виготовлення корпусу ПИМ 16.101. Модернізований маршрут механічної обробки передбачає заміну всіх верстатів на свердлильних операціях з радіально-свердлильних, що використовуються, в основному для обробки великих отворів, на вертикально-свердлильні, що мають меншу потужність. Запроваджено одночасну обробку дрібних кріпильних отворів, що скорочує працездатність виконання робіт.

Отже, можна зробити висновок про те, що дана розробка є перспективною для впровадження у відповідне виробництво як з технічної, так і з економічної точки зору, що є хорошим показником для подальшого розвитку підприємства.

## РОЗДІЛ 2

## РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ПИМ 16.101

## 2.1. Технологічні бази для обробки корпусу ПИМ 16.101

Для досягнення необхідної точності деталі в якості баз необхідно вибирати поверхні, від яких задано положення більшості інших поверхонь. Положення більшості, поверхонь деталі як правило задають згідно службового призначення відносно її основних баз. У відповідності з цим в якості технологічних баз для обробки більшості поверхонь вибирають основні бази деталі, поверхні якими вона базується у вузлі [9].

Під час обробки корпусу потрібно забезпечити рівномірність припуску в отворі 60H10. Нерівномірність припуску спостерігається на операціях розточування отвору.

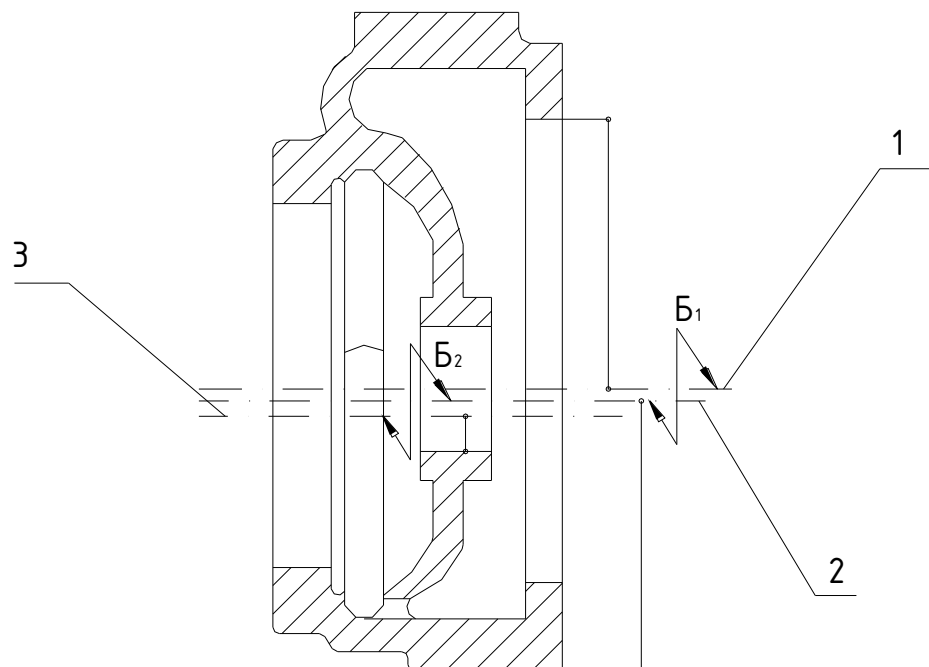


Рис. 2.1- Вибір технологічних баз



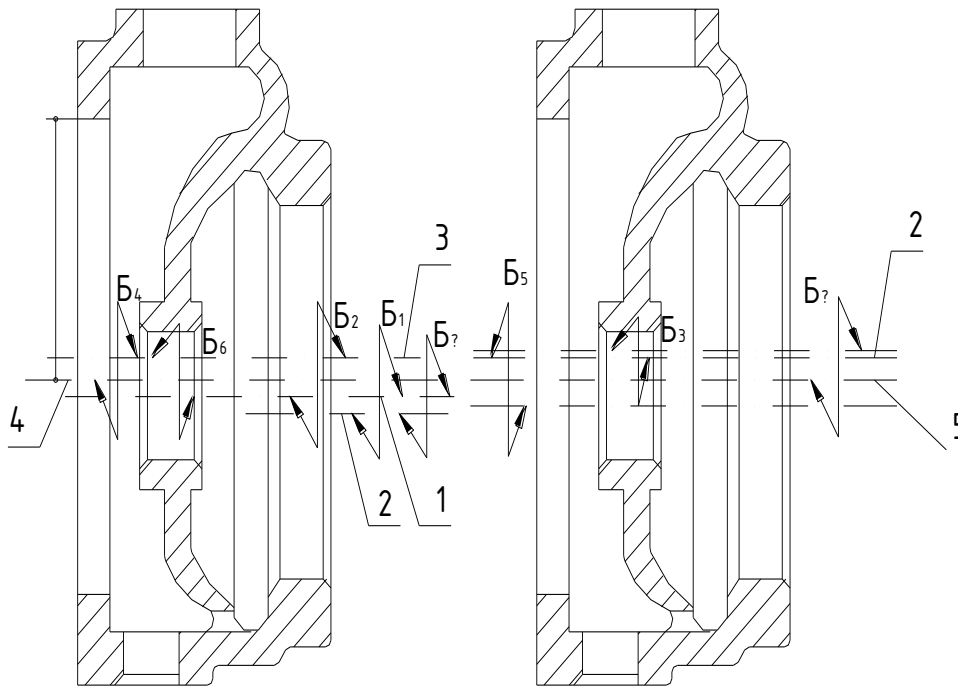


Рис. 2.3 - Вибір технологічних баз

Розглянемо два варіанти базування заготовки на верстаті на двох операціях.

$$\begin{aligned} \text{1-ий варіант} \quad \omega_{B_{\Delta}} &= \omega_{B_1} + \omega_{B_2} + \omega_{B_4} + \omega_{B_6}; \\ \omega_{B_{\Delta}} &= 0,2 + 0,15 + 0,2 = 0,55 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{2-ий варіант} \quad \omega_{B_{\Delta}} &= \omega_{B_3} + \omega_{B_5}; \\ \omega_{B_{\Delta}} &= 0,7 + 1,1 = 1,8 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Розрахунок показує, що перший варіант базування заготовки виключає вплив похибок заготовки і приймаємо його як найбільш вдалий для розв'язку поставленої задачі.

## 2.2. Припуски і операційні розміри для обробки корпусу ПИМ 16.101

Розрахунок припусків, між операційних розмірів і допусків проводимо аналітично-розрахунковим способом [4,9].

Оброблювана поверхня: отвір  $\varnothing 60H10$ .

Для визначення мінімального припуску використовуємо формулу:

$$2 Z_{i \min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + E_i^2}),$$

де  $R_Z$  – висота нерівностей, що характеризує шорсткість поверхні, мкм;

$T$  – глибина дефектного поверхневого шару;

$\rho$  - просторові відхилення, мкм;

$E$  – похибка встановлення, мкм;

$i$  – номер технологічного переходу обробки.

Для полегшення проведення розрахунків складаємо таблицю 2.1. Визначаємо  $R_Z$  і  $T$  для заготовки і технологічних переходів механічної обробки, а також значення допуску  $\delta$  кожного переходу і записуємо в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Припуски і граничні розміри за технологічним переходам обробки

отвору  $\varnothing 72 I_5 7$

| Технологічні переходи обробки отвору $\varnothing 60 H10$ | Елементи припуску, мкм |     |        |     | Розрахунковий припуск $2Z_{i \min}$ , мкм | Розрахунковий розмір $d_p$ , мм | Допуск $\delta$ , мкм | Граничний розмір, мм |            | Граничне значення припуску, мкм |                  |
|---|------------------------|-----|--------|-----|---|---------------------------------|-----------------------|----------------------|------------|---------------------------------|------------------|
|   | $R_Z$                  | $T$ | $\rho$ | $E$ |   |                                 |                       | $d_{\min}$           | $d_{\max}$ | $2Z_{\min}^{rp}$                | $2Z_{\max}^{rp}$ |
| Заготовка   | 600                    |     | 1030   | -   | -   | 56,07                           | 1000                  | 55,07                | 56,07      | -                               | -                |
| Розточування чорнове                                      | 100                    | 100 | 72     | 420 | 3440                                      | 59,57                           | 300                   | 59,27                | 59,57      | 3500                            | 4200             |
| Розточування чистове                                      | 20                     | 25  | 20,6   | 0   | 550                                       | 60,12                           | 120                   | 60,0                 | 60,12      | 550                             | 730              |
| Всього  |                        |     |        |     |   |                                 |                       |                      |            | 4050                            | 4930             |

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу визначаємо за формулою:  $\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2}$ ,

де  $\rho_{\text{кор}}$  – просторові відхилення, що виникають в зв'язку з коробленням заготовки:

$$\rho_{\text{кор}} = D \cdot \Delta_K = 240 \cdot 1 = 240 \text{ мкм};$$

де  $\Delta_k=1$ мкм на 1мм довжини;

$\rho_{зм}$  – просторові відхилення, як наслідок можливого зміщення осі отвору.

$$\rho_{зм}=\delta_B=1000\text{мкм.}$$

$$\rho_{заг} = \sqrt{1000^2 + 240^2} = 1030 \text{ мкм.}$$

Просторові відхилення для чорнового розточування:

$$\rho_{чор} = K_y \cdot \rho_{заг} = 0,06 \cdot 1030 = 72 \text{ мкм,}$$

де  $K_y = 0,06$  - коефіцієнт уточнення на обробку.

Просторові відхилення для чистового розточування:

$$\rho_{чис} = K_y \cdot \rho_{заг} = 0,02 \cdot 1030 = 20,6 \text{ мкм,}$$

де  $K_y = 0,02$  - коефіцієнт уточнення на обробку.

Похибка установки  $\epsilon_i = 420$ мкм [9], табл. 4.10.

На основі отриманих значень елементів припуску визначаємо  $2Z_{imin}$  на кожен перехід.

$$2Z_{imin1} = 2(600 + \sqrt{1030^2 + 4200^2}) \approx 3440 \text{ мкм ;}$$

$$2Z_{imin2} = 2(100 + 100 + \sqrt{72^2}) \approx 550 \text{ мкм ;}$$

Розрахунковий розмір ( $d_p$ ) :

$$d_{p4} = 60,12 \text{ мм;}$$

$$d_{pчор} = 60,12 - 0,55 = 59,57 \text{ мм;}$$

$$d_{pзаг.} = 59,57 - 3,44 = 56,07 \text{ мм;}$$

Найменший граничний розмір ( $d_{min}$ ):

$$d_{min \text{ чис}} = 56,07 - 1,0 = 55,07 \text{ мм;}$$

$$d_{min \text{ чор}} = 59,57 - 0,300 = 59,27 \text{ мм;}$$

$$d_{min \text{ заг}} = 60,12 - 0,120 = 60 \text{ мм.}$$

Мінімальні граничні значення припусків  $Z_{min}^{zp}$  :

$$2 Z_{min \text{ чор}}^{zp} = 59,57 - 56,07 = 3,5 \text{ мм;}$$

$$2 Z_{\max \text{ чор}}^{ep} = 59,27 - 55,07 = 4,2 \text{ мм};$$

$$2 Z_{\min \text{ чис}}^{ep} = 60,12 - 59,57 = 0,55 \text{ мм};$$

$$2 Z_{\max \text{ чис}}^{ep} = 60 - 59,27 = 0,73 \text{ мм}.$$

Максимальні граничні значення припусків  $Z_{\max}^{ep}$  :

Загальні припуски  $Z_{\min}$  і  $Z_{\max}$  визначаємо сумуючи проміжні припуски:

$$Z_{\min} = 550 + 3500 = 4050 \text{ мкм}; \quad Z_{\max} = 730 + 4200 = 4930 \text{ мкм}.$$

Перевірка правильності виконаних розрахунків:

$$Z_{\max \text{ чор}}^{ep} - Z_{\min \text{ чор}}^{ep} = 4200 - 3500 = 700 \text{ мкм};$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 1000 - 300 = 700 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max \text{ чис}}^{ep} - Z_{\min \text{ чис}}^{ep} = 730 - 550 = 180 \text{ мкм};$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 300 - 120 = 180 \text{ мкм};$$

На основі даних розрахунків будують схему графічного розташування припусків і допусків для обробки отвору  $\varnothing 60 \text{ H}10$  (рис. 2.4).

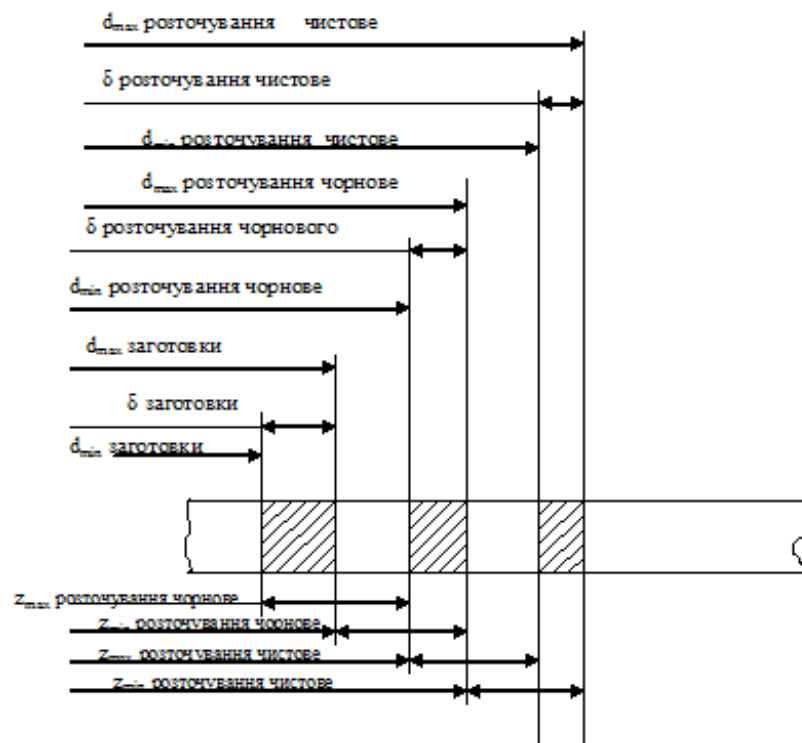


Рис. 2.4

На решту оброблюваних поверхонь припуски назначені табличним способом і приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Допуски і припуски на механічну обробку [9]

| Номінальний розмір деталі, мм. | Допуск на розмір заготовки, мм. | Припуск на механічну обробку, мм. | Розмір заготовки, мм. |
|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Ø60H10                         | $\pm 1,0$                       | 4,0                               | Ø56 $\pm 1,0$         |
| Ø150H10                        | $\pm 1,4$                       | 1,0                               | Ø140 $\pm 1,4$        |
| Ø180H11                        | $\pm 1,6$                       | 9,0                               | Ø171 $\pm 1,6$        |
| 252 $\pm 0,5$                  | $\pm 1,4$                       | 2 · 3,0                           | 258 $\pm 1,4$         |
| 72 $\pm 0,2$                   | $\pm 1,1$                       | 4,0                               | 76 $\pm 1,1$          |
| 103 $_{-0,87}$                 | $\pm 1,4$                       | 2·3,3                             | 109,6 $\pm 1,1$       |
| 78 $\pm 0,8$                   | $\pm 1,1$                       | 3,0                               | 81 $\pm 1,1$          |
| 8 $\pm 0,5$                    | $\pm 0,9$                       | 4,0                               | 12 $\pm 0,9$          |

На основі отриманих розрахунків проводимо конструювання заготовки (рис. Б.1).

### 2.3. Розмірні розрахунки технологічного процесу

Для встановлення операційних розмірів під час виготовлення деталі проводимо розмірний аналіз [10].

На рис. 2.5 накреслений суміщений ескіз заготовки і деталі на якому вказані:

$K_i$  – розміри деталі;

$Z_i$  – розміри заготовки;

$Z_i$  – операційні припуски.

На основі якого складена розрахункова схема, на якій ще вказані технологічні розміри ( $A_i$ ).

Розрахунок розмірних ланцюгів проводимо методом повної взаємозамінності (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Розрахунок розмірних ланцюгів в радіальному напрямку

| Початковий р-р | Розміри, що визначаються      |  |            |                            |   |
|----------------|-------------------------------|--|------------|----------------------------|---|
| Позначення     | Рівняння                      | Номинальний розмір, мм   | Допуск, мм | Технологічний розмір, мм   | Граничне значення припуску, мм  |
| A <sub>3</sub> | $A_3 = S_4$                   | $S_{4max} = A_{3max}$<br>$S_{4min} = A_{3min}$   | 0,8        | $A_3 = 103_{-0,8}$         | $A_{3max}=103$<br>$A_{3min}=102,2$  |
| A <sub>1</sub> | $A_1 = S_4 - S_5$             | $A_{1max} = S_{4max} - S_{5min}$<br>$A_{1min} = S_{4min} - S_{5max}$   | 1,2        | $A_1 = 56_{-0,8}^{+0,4}$   | $A_{1max}=103-46,6=56,4$<br>$A_{1min}=102,2-47=55,2$  |
| Z <sub>2</sub> | $Z_2 = S_2 - S_4$             | $Z_{2max} = S_{2max} - S_{4min}$<br>$Z_{2min} = S_{2min} - S_{4max}$   | 2,15       | $Z_2 = 1_{-0,8}^{+1,35}$   | $Z_{2max}=104,55-102,2=$<br>$=2,35$<br>$Z_{2min}=103,2-103=0,2$   |
| A <sub>2</sub> | $A_2 = S_2 - S_3$             | $A_{2max} = S_{2max} - S_{3min}$<br>$A_{2min} = S_{2min} - S_{3max}$   | 1,9        | $Z_4 = 25_{-0,75}^{+1,15}$ | $A_{2max}=104,55-78,4=$<br>$=26,15$<br>$A_{2min}=103,2-78,75=$<br>$=24,25$                                |
| Z <sub>7</sub> | $Z_7 = S_1 - S_2$             | $Z_{7max} = S_{1max} - S_{2min}$<br>$Z_{7min} = S_{1min} - S_{2max}$   | 2,71       | $Z_7 = 2,3_{-1,9}^{+0,81}$ | $Z_{7max}=106,305-103,2=$<br>$=3,105$<br>$Z_{7min}=104,95-104,55=$<br>$=0,4$                              |
| Z <sub>8</sub> | $Z_6 = 3_1 - S_1$             | $Z_{8max} = 3_{1max} - S_{1min}$<br>$Z_{8min} = 3_{1min} - S_{1max}$   | 3,75       | $Z_8 = 2_{-1,65}^{+2,1}$   | $Z_{8max} = 108,65 - 104,55 =$<br>$=4,1$<br>$Z_{8min} = 106,65 - 106,305 =$<br>$=0,35$                    |
| Z <sub>5</sub> | $Z_5 = 3_2 - S_3$             | $Z_{5max} = 3_{2max} - S_{3min}$<br>$Z_{5min} = 3_{2min} - S_{3max}$   | 0,82       | $Z_5 = 1,3_{-0,4}^{+0,42}$ | $Z_{5max} = 80,115 -$<br>$78,4 = 1,72$<br>$Z_{5min} = 79,65 - 78,75 = 0,9$                                |
| Z <sub>4</sub> | $Z_4 = 3_1 + S_5 - S_2 - 3_3$ | $Z_{4max} = 3_{3max} + S_{2max} - S_{5min} - 3_{1min}$<br>$Z_{4min} = 3_{3min} + S_{2min} - S_{5max} - 3_{1max}$ | 6,75       | $Z_4 = 2,2_{-4,65}^{+2,1}$ | $Z_{4max} = 53 + 104,55 - 46,6 -$<br>$106,65 = 4,3$<br>$Z_{4min} = 50 + 103,2 - 47 -$<br>$108,65 = -2,45$ |

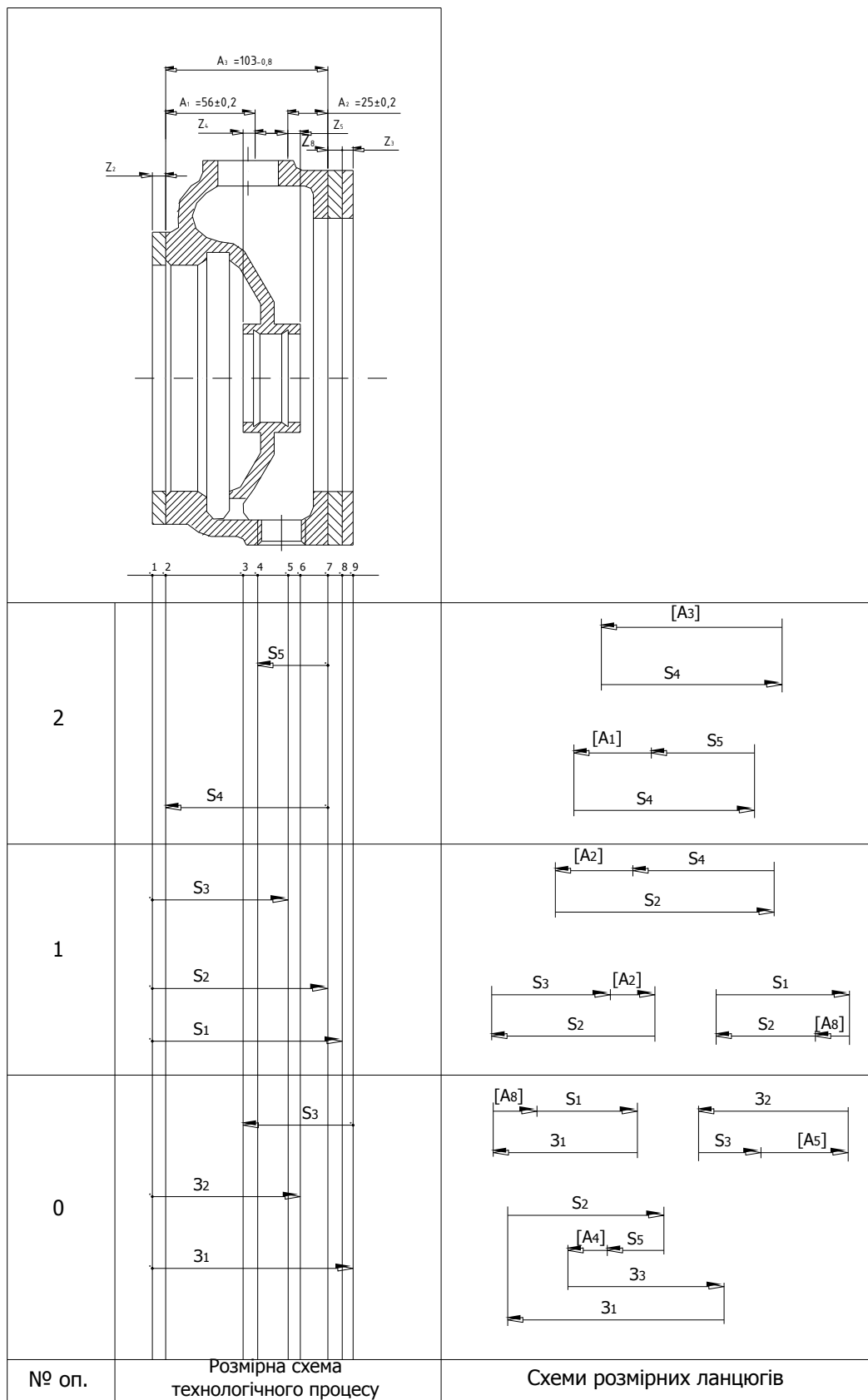


Рис. 2.5 – Розмірна схема

## 2.4. Режими різання, обладнання та інструмент

Визначення режимів обробки проводимо за джерелами [4,9]. Результати розрахунків записуємо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Зведена таблиця режимів різання

| Назва та зміст операції   | Розрахункові значення |              |           |             |                      | Верстат         | Прийняті значення |           |             |
|---|-----------------------|--------------|-----------|-------------|----------------------|-----------------|-------------------|-----------|-------------|
|   | t, мм                 | S, мм/об     | V, м/хв   | n, об/хв    | N <sub>p</sub> , кВт |                 | S, мм/об          | V, м/хв   | n, об/хв    |
| 1   | 2                     | 3            | 4         | 5           | 6                    | 7               | 8                 | 9         | 10          |
| Токарно-револьверна<br>Підрізати<br>торець<br>попередньо,<br>кінцево в р-р<br>8±0,5 | 3/1                   | 0,7/<br>0,35 | 52/<br>60 | 70/70       | 2,7/<br>2,6          | 1К341<br>5,5кВт | 0,7/<br>0,35      | 47/<br>55 | 70/<br>70   |
| Розточити отв. Ø<br>180Н11  | 3                     | 0,5          | 60        | 110         | 2,6                  |                 | 0,5               | 57        | 100         |
| Підрізати<br>торець в р-р<br>78±0,8   | 3                     | 0,3          | 70        | 115         |                      |                 | 0,3               | 60        | 100         |
| Токарно-револьверна<br>Підрізати<br>торець в р-р<br>103±0,87                        | 3,3                   | 0,6          | 63        | 108         | 2,5                  | 1К341<br>5,5кВт | 0,6               | 60        | 100         |
| Розточити<br>попередньо,<br>кінцево отв.<br>Ø150Н10                                 | 3,5/<br>1,5           | 0,5/<br>0,12 | 51/<br>53 | 110/<br>115 | 2,7/<br>2,4          |                 | 0,5/<br>0,12      | 47/<br>47 | 100/<br>100 |
| Розточити<br>фаску 3×45°.   | 1                     | 0,15         | 130       | 280         | 2,3                  |                 | 0,15              | 124       | 265         |
| Підрізати<br>торець бобишки<br>Ø72  | 4                     | 0,6          | 65        | 280         | 2,6                  |                 | 0,6               | 60        | 265         |
| Розточити<br>попередньо,<br>кінцево отв.<br>Ø60Н10                                  | 1/1                   | 0,6/<br>0,12 | 65/<br>90 | 280/<br>500 | 2,2/<br>2,3          |                 | 0,6/<br>0,12      | 60/<br>87 | 265/<br>475 |
| Розточити 2<br>фаски 1,6×45°.   | 1,6                   | 0,12         | 92        | 500         | 2,4                  | 0,12            | 88                | 475       |             |
| Горизонтально-фрезерна<br>Фрезерувати<br>пов. в р-р<br>252±0,5                      | 3                     | 125<br>мм/хв | 120       | 130         | 1,6                  | 6Р81Г<br>3кВт   | 125<br>мм/хв      | 100       | 125         |

Продовження таблиці 2.4

| 1  | 2     | 3     | 4  | 5    | 6   | 7             | 8     | 9    | 10   |
|--|-------|-------|----|------|-----|---------------|-------|------|------|
| Вертикально-свердлильна<br>Свердлити одночасно ботв. Ø6,7мм із зняттям фаски 1,6×45°. Нарізати різь М8-6g  | 3,35  | 0,11  | 45 | 1232 | 2,1 | 2Н135<br>4кВт | 0,11  | 42   | 1400 |
|  | 0,75  | 1,25  | 10 | 300  | 1,6 |               | 1,25  | 8    | 315  |
| Вертикально-свердлильна<br>Свердлити одночасно ботв. Ø8,5мм із зняттям фаски 1,6×45°. Нарізати різь М10-6g | 4,25  | 0,11  | 44 | 1663 | 3,2 | 2Н135<br>4кВт | 0,11  | 42   | 1400 |
|  | 0,8   | 1,6   | 10 | 245  | 1,7 |               | 1,6   | 8    | 250  |
| Вертикально-свердлильна<br>Свердлити послідовно 2отв. Ø6,7мм із зняттям фаски 1,6×45°. Нарізати різь М8-6g | 3,35  | 0,11  | 34 | 1232 | 2,1 | 2Н135<br>4кВт | 0,11  | 30,6 | 1400 |
|  | 0,75  | 1,12  | 10 | 350  | 1,6 |               | 1,12  | 8    | 355  |
| Вертикально-свердлильна<br>Свердлити отв. Ø30,5мм.<br>Зняти фаски 1,6×45°. Нарізати різь G1-В              | 15,25 | 0,4   | 20 | 155  | 2,5 | 2Н135<br>4кВт | 0,4   | 16   | 160  |
|  | 1,6   | 0,11  | 25 | 147  | 1,9 |               | 0,11  | 21   | 250  |
|  | 1,4   | 2,309 | 10 | 85   | 1,8 |               | 2,309 | 8,3  | 90   |

Відомості про різальний і вимірювальний інструмент для обробки корпусу наведено у додатку Б.

Норма штучно-калькуляційного часу за формулою:

$$T_{ш-к} = T_o + T_d + T_{тех} + T_{орг} + T_{від} + \frac{T_{н.з.}}{n},$$

де  $T_o$  – основний час, хв.;

$T_d$  – допоміжний час;

$T_{тех}$  – час на механічне обслуговування робочого місця;

$T_{орг}$  – час на організаційне обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{\text{від}}$  – час на перерви і відпочинок, хв.;

$T_{\text{п.з.}}$  – підготовчо-заклучний час, хв.;

$n$  – кількість деталей в партії:  $n = 551$  шт.

Основний операційний час:  $T_o = \sum_{i=1}^n \frac{l_1 + l + l_2}{S_x} i$  ;

де  $n$  – кількість переходів операції;

$l_1$  – величина врізання інструменту, мм;

$l$  – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$l_2$  – величина перебігу інструменту, мм;

$S_x$  – хвилинна подача при виконанні переходу, мм/хв.;

$i$  – кількість переходів.

Допоміжний час складається з затрат часу на окремі прийоми:

$$T_g = (T_{\text{у.з.}} + T_{\text{з.д.}} + T_{\text{уп.}} + T_{\text{вим}}) K ;$$

де  $T_{\text{у.з.}}$  – час на встановлення і зняття деталі;

$T_{\text{з.д.}}$  – час на закріплення деталі, хв.;

$T_{\text{уп.}}$  – час на управління верстатом, хв.;

$T_{\text{вим}}$  – час на вимірювання, хв.;

$K$  – коефіцієнт типу виробництва, для багатосерійного виробництва,  $K=1,5$ .

Час на обслуговування робочого місця і відпочинок в багатосерійному виробництві визначається за формулою:  $T_{\text{об.від}} = \frac{T_{\text{о.п.}} \cdot P_{\text{об.від}}}{100}$  ;

де  $T_{\text{о.п.}}$  – оперативний час:  $T_{\text{о.п.}} = T_o + T_d$  ;

$P_{\text{об.від}}$  – процент часу на обслуговування і відпочинок.

Проводимо розрахунки для операцій, результати зводимо у таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні норми часу

| № опер | Номер і назва операцій  | T <sub>о</sub> , хв. | T <sub>д</sub> , хв. |                   |                | К   | T <sub>оп.</sub> , хв. | T <sub>оз.в.</sub> , хв. | T <sub>шт.</sub> , хв. | T <sub>п.з.</sub> , хв. | n   | T <sub>ш.к</sub> |
|--------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|----------------|-----|------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|-----|------------------|
|        |                         |                      | T <sub>у.з</sub>     | T <sub>у.п.</sub> | T <sub>в</sub> |     |                        |                          |                        |                         |     |                  |
| 005    | Токарно-револьверна     | 2,65                 | 0,104                | 0,04              | 0,17           | 1,5 | 2,964                  | 0,186                    | 3,15                   | 23                      | 551 | 3,19             |
| 010    | Токарно-револьверна     | 3,2                  | 0,104                | 0,04              | 0,09           | 1,5 | 3,434                  | 0,176                    | 3,61                   | 23                      |     | 3,65             |
| 015    | Горизонтально-фрезерна  | 1,08                 | 0,18                 | 0,05              | 0,07           | 1,5 | 1,53                   | 0,08                     | 1,61                   | 18                      |     | 1,64             |
| 020    | Вертикально-свердлильна | 0,95                 | 0,36                 | 0,11              | 0,06           | 1,5 | 1,92                   | 0,24                     | 2,16                   | 20                      |     | 2,24             |
| 025    | Вертикально-свердлильна | 0,98                 | 0,36                 | 0,11              | 0,10           | 1,5 | 1,82                   | 0,08                     | 1,9                    | 20                      |     | 1,98             |
| 030    | Вертикально-свердлильна | 0,94                 | 0,36                 | 0,11              | 0,38           | 1,5 | 1,82                   | 0,08                     | 1,9                    | 20                      |     | 1,98             |
| 035    | Вертикально-свердлильна | 1,95                 | 0,2                  | 0,06              | 0,08           | 1,5 | 2,29                   | 0,11                     | 2,40                   | 15                      |     | 2,43             |

## 2.5. Проектування верстатного та контрольного пристосування

### Розрахунок шестишпindelної свердлильної головки

1. Елементи режиму різання для операції 020 вертикально-свердлильної:  
 $S=0,11$  мм/об;  $v=42$  мм/хв;  $n=1400$  об/хв.

$$2. \text{ Сила різання: } P_z = C_p \cdot D^z \cdot S^y \cdot K_M,$$

де  $C_p$ ,  $z$ ,  $y$  – коефіцієнти, що залежать від умов роботи

$$C_p=62; z = 1; y = 0,8; [11].$$

$$K_M = \left( \frac{HB}{190} \right)^n - \text{коефіцієнт, що враховує якість поверхні};$$

де  $HB=210$  – твердість матеріалу заготовки;

$n_v=0,6$  – коефіцієнт, що враховує матеріал різальної частини інструменту [11].

$$K_{Mp} = \left( \frac{210}{190} \right)^{0,6} \approx 1,06;$$

$$P_z = 62 \cdot 6,7^1 \cdot 0,11^{0,8} \cdot 1,06 = 75,4 \text{ Н.}$$

$$3. \text{ Крутний момент } M_k = C_M \cdot D^z \cdot S^y \cdot K_M$$

де  $C_M$ ,  $z$ ,  $y$  – коефіцієнти, що залежать від умов роботи

$C_M=23,6$ ;  $z = 2$ ;  $y = 0,8$ ;  $K_M=1,4$  [11].

$$M_K = 23,6 \cdot 6,7^2 \cdot 0,11^{0,8} \cdot 1,4 = 229,3 \text{ Нм}$$

Розрахункова потужність різання  $N_p = \frac{M_K \cdot n}{975 \cdot 1000} = \frac{229,3 \cdot 1400}{975 \cdot 1000} = 0,32 \text{ кВт}$

Для шести свердел  $N_{гол} = \frac{R \cdot N}{\eta_{гол}} = \frac{6 \cdot 0,32}{0,9} = 2,2 \text{ кВт}$

де  $R$  - кількість інструментів,

$\eta_{гол} = 0,9$  – к.к.д свердлильної головки.

Потужність двигуна прийнятого вертикально-свердлильного верстату мод. 2Н135;  $N_q = 4 \text{ кВт}$ .

Подальші розрахунки виконуємо за рекомендаціями [12].

4. Передаточні числа  $i = \frac{n_{инс}}{n_в} = \frac{1400}{1400} = 1$

де  $n_{инс}$  – частота обертання інструменту, об/хв;

$n_в$  – частота обертання ведучого шпинделя верстату, об/хв.

5. Подача шпинделя верстату  $S_{в.хв} = S_{инс.хв}$  тобто  $S_{в.хв} = S_{в.об} \cdot n_в = S_{инс.об} \cdot n_{инс}$

$$S_{в.об} = \frac{S_{инс.об} \cdot n_{инс}}{n_в} = \frac{0,11 \cdot 1400}{1400} = 0,11; \quad S_{инс.об} = \frac{S_{в.об} \cdot n_в}{n_{инс}} = \frac{0,1 \cdot 1400}{1400} = 0,1.$$

$S_{в.об}$  повинно співпадати з однією із подач верстату 2Н135 або бути трохи більшою за неї. Дана умова виконується.

5. Сумарне зусилля подачі головки  $P_{гол.сум} = R_n \cdot P \leq P_{в.мах}$

$$P_{гол.сум} = 6 \cdot 75,4 = 452,4 \text{ Н} \leq P_{в.мах} = 3350 \text{ Н}$$

6. Діаметр ведучого валика (центрального шпинделя)

$$d = \sqrt{\frac{16 \cdot M_{кр}}{\pi \cdot [\tau]}} = \sqrt{\frac{16 \cdot 229,3}{\pi \cdot 174}} = 2,5 \text{ см} = 25 \text{ мм}$$

де  $[\tau] = 174 \text{ МПа}$  – допустиме напруження кручення.

7. Довговічність підшипників кочення встановлюється із виразу  $C = Q \left( \frac{60 \cdot n \cdot h}{10^6} \right)^{0,3}$ .

де  $C$  – коефіцієнт працездатності підшипників [12];

$Q = 75$  – умовне навантаження підшипника, Н;

$n=1400$  – частота обертання підшипника з валом, об/хв;

$h$  – довговічність роботи підшипника, год. Приймаємо, умовно максимально допустиме,  $h=4500$  год. [12].

Тоді знаходимо  $\left(\frac{60 \cdot n \cdot h}{10^6}\right)^{0,3} = 5,9$  та  $C=75 \cdot 5,9=442\text{Н}$ .

Перевірочний розрахунок підшипника за графіком [12], для  $C/Q=5,9$  і  $n=1400$  об/хв дійсна довговічність роботи підшипника  $h=4000$  год, що відповідає нормативним даним 2500...4500 год.

Шестишпиндельна головка забезпечує одночасну роботу 6-ма свердла-зенківками (рис. Б.2). Призначена для обробки 6-ти отворів  $\varnothing 6,7$  мм під різь М8-6g. Опис принципу дії наведено у додатку Б.

Для контролю радіального биття в отворі  $\varnothing 60\text{H}10$  спроектовано контрольний пристрій (рис. Б.2).

## 2.6. Проектування ріжучого інструменту

З метою скорочення часу, який затрачається на виготовлення деталі, доцільно використовувати спеціальні ріжучі інструменти. В якості спеціального інструменту використаємо свердло-зенківку. Проведемо розрахунок свердла-зенківки [13].

1. Діаметр свердла 8,5 мм.
2. Режими різання:  $S=0,11\text{мм/об.}$ ;  $v=42\text{м/хв}$ .
3. Осьова складова сили різання:  $P_o=447\text{Н}$ .
4. Крутний момент:  $M_{кр}=1550\text{кгс}\cdot\text{мм}$ .
5. Геометричні і конструктивні параметри робочої частини свердла:  
 Форма заточки – подвійна.  
 Кут нахилу гвинтової канавки  $\varpi = 30^0$ .  
 Кут між ріжучими кромками дорівнює  $2\varphi = 118^0$ .  
 Задній кут рівний  $\alpha = 16^0$ .  
 Кут нахилу поперечної кромки  $\psi = 50^0$ .

6. Зворотня конусність свердла 0,03мм.

7. Ширину стрічки  $f_o = 0,7$  мм; і висота затилування по спинці  $K = 0,2$  мм.

8. Ширина пера:  $B=4,93$  мм

9. Номер конуса Морзе хвостовика. Середній діаметр конуса хвостовика з

формули: 
$$d_{cp} = \frac{6 \cdot M_{кр} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_o \cdot (1 - 0,04 \Delta \theta)},$$

де  $\mu = 0,096$  - коефіцієнт тертя сталі по сталі.

Кут  $\theta = 1,5^0$ ;  $\sin 1,5^0 = 0,02618$ ;  $\Delta \theta = 5'$  - відхилення кута конуса.

$$d = 7,1 \text{ мм}$$

За ДСТУ 25557:2008 вибираємо конус Морзе 1. Довжину хвостовика приймаємо  $l_x = 40$  мм.

10. Геометричні елементи профілю фрези для фрезерування канавки свердла визначаємо аналітичним способом.

Великий радіус профіля:  $R_1 = C_R \cdot C_r \cdot C_\phi \cdot D,$

де 
$$C_R = \frac{0,026 \cdot 2\varphi \cdot \sqrt[3]{2\varphi}}{\varpi} = \frac{0,026 \cdot 2 \cdot 118 \cdot \sqrt[3]{2 \cdot 118}}{30} = 0,5;$$

$$C_r = \left( \frac{0,14 \cdot D}{d_c} \right)^{0,044} = \left( \frac{0,14 \cdot 8,5}{7,1} \right)^{0,044} = 0,14 \approx 1 \text{ мм}, \quad C_\phi = \left( \frac{13 \cdot \sqrt{D}}{D_\phi} \right)^{0,9},$$

де  $D_\phi = 13 \cdot \sqrt{D}$ , тому  $C_\phi = 1$ .

Звідси  $R_1 = 0,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 8,5 = 4,25$  мм

Менший радіус профілю:  $R_2 = C_\kappa \cdot D,$

де  $C_\kappa = 0,015 \cdot \varpi^{0,75} = 0,015 \cdot 30^{0,75} = 0,192.$

Звідси  $R_2 = 0,192 \cdot 8,5 = 1,63$  мм

Ширина профілю дорівнює:  $B = R_1 + R_2 = 4,25 + 1,63 = 5,88$  мм

Довжину інструмента приймаємо  $L = 100$  мм, а довжину робочої частини свердла –  $l = 28$  мм.

11. Діаметр зенківки  $D = 20$  мм

12. Геометричні і конструктивні параметри робочої частини зенківки.

Задній кут  $\alpha = 10^{\circ}$ .

Передній кут  $\gamma = 0$ .

Кут в плані  $\varphi = 60^{\circ}$ .

Матеріал ріжучої частини Р6М5. Для корпусу інструмента приймаємо сталь 40Х ДСТУ 4738:2007. Радіальне биття робочої частини інструмента відносно осі хвостовика не повинно перевищувати 0,15 мм. Загальний вигляд свердла-зенківки представлено на ескізі рис. Б.4.

## 2.7. Висновки до 2-го розділу

В розділі виконано вибір вибір та розрахункове обґрунтування чистових та чорнових технологічних баз.

Виконано розмірно-точнісне моделювання модернізованого технологічного процесу, в результаті чого було визначено мінімальні проміжні припуски на обробку плоских поверхонь, значення технологічних розмірів, розміри початкової заготовки та допуски цих розмірів. Визначені: припуски і технологічні розміри на механічну обробку циліндричних поверхонь; режими різання і технічна норма часу на операції для умов серійного виробництва.

Для забезпечення виконання нового техпроцесу спроектовано:

- контрольний пристрій для перевірки радіального биття по отвору  $\text{Ø}60\text{H}10$  і торцевого по поверхні  $\text{Ø}240\pm 2$  мм, що забезпечує точність вимірювання 0,01 мм;
- шестишпindelьну свердлильну головку для одночасної обробки 6-ти отворів, яка встановлюється в шпинделі верстату 2Н135;
- спеціальний ріжучий інструмент свердло-зенківка для одночасної обробки отвору і фаски за один прохід, що зменшує праце ємність виконання свердлильної обробки дрібних отворів корпусу ПИМ16.101.

## РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТНОЇ ПІДРОЗДІЛУ НА ВИРОБНИЦТВІ З  
ВИГОТОВЛЕННЯ НАСОСА ОПРИСКУВАЧА 630А3.1. Працеватрати ремонтних робіт на дільниці механічної обробки корпусу  
ПІМ 16.101

За допомогою нормативів періодичності ремонтів і технічного обслуговування встановлюється структура ремонтного циклу – перелік ремонтів і ПТО, що входять в його склад і розміщених у порядку їх виконання. Ремонтний цикл може починатися з капітального ремонту (для виробів, що знаходяться в експлуатації) або з початку експлуатації (для нового виробу).

Нормативна працемісткість ремонту враховує час на виконання повного об'єму слюсарних, монтажних, зварювальних та інших робіт (крім верстатних), а також час, затрачений черговим ремонтним і експлуатаційним персоналом, що залучається для проведення підготовчо-заклучних і ремонтних робіт.

Нормативна працемісткість охоплює наступні роботи і операції:

- підготовчі операції, що безпосередньо пов'язані з проведенням ремонту, в тому числі виконання заходів, які передбачені правилами техніки безпеки і пожежної безпеки;
- всі види ремонтних робіт із стропуванням, переміщенням агрегатів, вузлів в межах приміщення, де виконується ремонт;
- заміну несправних агрегатів, вузлів, приборів і зношених деталей, виконання зварювальних, регулювальних, слюсарно-підгоночних та інших слюсарних робіт;
- розбирання і складання вузлів і агрегатів із заміною окремих деталей і виконанням необхідних ремонтних операцій;
- інші роботи, крім верстатних;
- заключні операції.

Нормативи працемісткості ремонту призначені для планування об'єму ремонтних робіт і кількості ремонтних робітників. На підприємствах, де фактичні працезатрати нижчі нормативних, об'єм ремонтних робіт і кількість ремонтників розраховуються за фактичною працемісткістю.

На спроектованій ділянці механічної обробки корпусу ПИМ 16.101 за розрахунками необхідно 7 верстатів:

Токарно-револьверних 1К341 -2 штуки;

Горизонтально-фрезерних 6Р81Г – 1 штука;

Вертикально-свердлильних 2Н135 -4 штуки.

Річні сумарні працезатрати на ділянці:

$$T = \sum \left[ (t_o^i + t_{mp}^i + t_{cp}^i + t_{kp}^i) \cdot N^i \cdot \kappa_{\epsilon} \cdot \kappa_n \right],$$

де  $t_o^i$  - нормативна середньорічна працемісткість технічного обслуговування окремих видів обладнання;

$t_{mp}^i$  - нормативна середньорічна працемісткість малих ремонтів окремих видів обладнання;

$t_{cp}^i$  - нормативна середньорічна працемісткість середніх ремонтів окремих видів обладнання;

$t_{kp}^i$  - нормативна середньорічна працемісткість капітальних ремонтів окремих видів обладнання;

$N^i$  - число одиниць окремих видів обладнання;

$\kappa_{\epsilon}$  - нормативний коефіцієнт використання обладнання,  $\kappa_{\epsilon}=0,4$  для 2-х змінного режиму роботи;

$\kappa_n$  - нормативний коефіцієнт періодичності технічного обслуговування і ремонтів обладнання,  $\kappa_n=2,8$  для 2-х змінного режиму роботи.

Таблиця 3.1 – Нормативи міжремонтних періодів, протяжність і працемісткість видів ремонтів і технічного обслуговування обладнання [14]

| Найменування і тип обладнання | Ремонто-складність мех / електр. | Вид | Періодичність ремонтів (год) | Число в циклі | Середньорічна працемісткість, люд.год |
|-------------------------------|----------------------------------|-----|------------------------------|---------------|---------------------------------------|
| Токарно-револьверного 1К341   | 8/8                              | ТО  | 500                          | 45            | 522,0                                 |
|                               |                                  | П   | 2000                         | 10            | 878,0                                 |
|                               |                                  | С   | 6000                         | 4             | 1022,0                                |
|                               |                                  | К   | 30000                        | 1             | 520,0                                 |
| Горизонтально-фрезерний 6Р81Г | 9/8                              | ТО  | 500                          | 45            | 427,5                                 |
|                               |                                  | П   | 2000                         | 10            | 726,0                                 |
|                               |                                  | С   | 6000                         | 4             | 854,0                                 |
|                               |                                  | К   | 30000                        | 1             | 435,0                                 |
| Вертикально-свердильний 2Н135 | 5/2                              | ТО  | 500                          | 45            | 236,3                                 |
|                               |                                  | П   | 2000                         | 10            | 374,0                                 |
|                               |                                  | С   | 6000                         | 4             | 446,0                                 |
|                               |                                  | К   | 30000                        | 1             | 205,0                                 |

$T = 10738,336$  люд.год.

Планова кількість ремонтних робітників, що необхідна для виконання річного об'єму ремонтних робіт, визначається за формулою:

$$K_p = \frac{T_p \cdot K_{CK}}{F_H \cdot K_{BH}},$$

де  $T_p$  - річні сумарні працезатрати на ремонт обладнання діляниці, люд.дн.;

$F_H = 2070$  год - номінальний річний фонд робочого часу одного робітника – кількість годин в році у відповідності з режимом роботи (без врахування втрат);

$K_{BH} = 1,3$  - коефіцієнт планового виконання норм виробітку ;

$K_{CK}$  - коефіцієнт спискового складу, який розраховується за формулою:

$$K_{CK} = \frac{F_H}{F_E},$$

де  $F_E$  - ефективний (розрахунковий) річний фонд робочого часу (по плановому балансу робочого часу).

$$F_E = F_H - F_{ВД} - F_{ХВ} - F_{ГР},$$

де  $F_{ВД}$  – тривалість всіх видів відпусток в середньому на одного робітника,

$$F_{ВД} = 192 \text{ год};$$

$F_{ХВ}$  - цілоденні втрати робочого часу внаслідок невиходу на роботу по хворобі (2...4%);

$F_{ГР}$  – цілоденні невиходи на роботу внаслідок виконання державних і громадських обов'язків в середньому на одного робітника (0,3... 0,6%).

$$F_E = 2070 - 192 - 82,8 - 12,42 = 1782,78 \text{ год}$$

$$K_{СК} = \frac{2070}{1782,78} = 1,16$$

$$K_p = \frac{10738,336 \cdot 1,16}{2070 \cdot 1,3} = 4,6 \text{ робітника-ремонтника. Приймаємо 5 робітників.}$$

Періодичність технічного обслуговування і ремонтів визначені також для 2-х змінного режиму роботи обладнання (в годинах).

Міжремонтні періоди розраховуються за формулами:

- між двома капітальними ремонтами  $T_{кр} = T_{ц}$ ;
- між двома малими ремонтами  $T_{mp} = \frac{T_{кр}}{N_{cp} + N_{mp} + 1}$ ;
- між двома середніми ремонтами  $T_{cp} = \frac{T_{кр}}{N_{cp} + 1}$ ;
- між двома періодичними технічними обслуговуваннями

$$T_o = \frac{T_{кр}}{N_{cp} + N_{mp} + N_o + 1},$$

де  $T_{кр}$  - міжремонтний період між двома капітальними ремонтами;

$T_{ц}$  - ремонтний цикл;

$N_{mp}$  - кількість малих ремонтів у ремонтному циклі;

$N_{сз}$  - кількість середніх ремонтів у ремонтному циклі;

$N_o$  - кількість технічних оглядів у ремонтному циклі.

Оскільки для верстатів усіх груп на дільниці число в циклі ремонтів та оглядів є однаковим то і міжремонтні періоди будуть теж однаковими та становлять між двома:

- капітальними ремонтами:  $T_{\text{кап}} = T_{\text{ц}} = 2,8 \cdot 30000 = 84000$  год;
- малими ремонтами за формулою:  $T_M = \frac{840000}{4+10+1} = 5600$  год
- середніми ремонтами за формулою:  $T_C = \frac{84000}{4+1} = 16800$  год
- технічними обслуговуваннями за формулою:  $T_o = \frac{840000}{4+10+45+1} = 1400$  год

### 3.2. Структура ремонтного циклу для верстатів на дільниці обробки корпусу ПІМ 16.101

Типове положення “Єдина система ППР і раціональної експлуатації технологічного обладнання машинобудівних підприємств” встановлюють: міжремонтний період, міжоглядовий період та ремонтний цикл або структуру ремонтного циклу. Структуру ремонтного циклу зображують графічно ( рис. В.1) або у вигляді таблиць (табл. В.1). Під час користування таблицею потрібно враховувати:

- конструктивні та технологічні особливості обладнання, для якого встановлено ремонтний цикл;
- тип виробництва, де експлуатується обладнання;
- конкретні умови експлуатації.

Розробимо структуру ремонтного циклу для верстату горизонтально-фрезерувального 6Р81Г .

Верстат має 9 категорію ремонтоскладності верстату та циклічність видів ремонту і технічних оглядів є така; 45 – ТО, 8 – П, 4 - С. 1 – К. Проектуємо ремонтний цикл у вигляді графіка (рис. 3.1) і таблиці ( табл. 3.2).

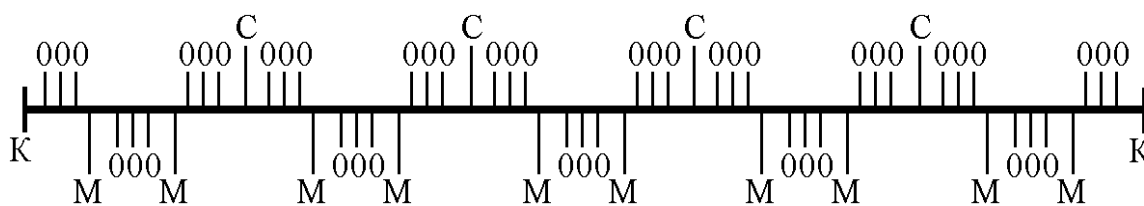


Рис. 3.1 – Графік структури ремонтного циклу верстату 6P81Г

Таблиця 3.2 – Структура ремонтного циклу верстату 6P81Г

| Обладнання | Чергування ремонтних операцій  | Кількість ремонтних операцій |              |       |
|------------|--|------------------------------|--------------|-------|
|            |  | Середній ремонт              | Малий ремонт | Огляд |
| 6P81Г      | К-О-О-О-М <sub>1</sub> -О- О-О- М <sub>2</sub> -О-О-О-<br>С <sub>1</sub> -О-О-О-М <sub>3</sub> -О-О-О-М <sub>4</sub> -О-О-О-<br>С <sub>2</sub> -О-О-О-М <sub>5</sub> -О- О-О-М <sub>6</sub> -О-О-О-<br>С <sub>3</sub> -О-О-О-М <sub>7</sub> -О-О-О-М <sub>8</sub> -О-О-<br>О-С <sub>4</sub> -О-О-О-М <sub>9</sub> -О-О-О-М <sub>10</sub> -О-<br>О-О- К | 4                            | 10           | 45    |

### 3.3. Структура працемісткості робіт за видами ремонтних робіт на дільниці обробки корпусу ПИМ 16.101

Для оцінки ремонтоскладності металорізального обладнання в типовому положенні “Єдина система ППР і раціональної експлуатації технологічного обладнання машинобудівних підприємств” прийнято в якості вимірювання ступінь складності ремонту токарно-гвинторізного верстату 1К62, якому присвоєна 11-а категорія. Для цієї початкової категорії ремонтоскладності визначається працемісткість капітального ремонту 385 нормогодин, що відповідає роботам 3 розряду. Таким чином, ремонтоскладність (1-а категорія) це 1/11 працемісткості капітального ремонту верстату 1К62. Вона складає:

- 35 нормогодин (23 слюсарні, 10 верстатні і 2 інші) — для капітального ремонту;
- 23,5 нормогодин (16 слюсарних, 7 верстатних і 0,5 інші) — для середнього ремонту;
- 6,1 нормогодин (4 слюсарні, 2 верстатні і 0,1 інші) — для малого ремонту;
- 0,85 нормо-годин ( 0,75 слюсарних і 0,1 верстатні) — для огляду.

Працемісткість ремонтних робіт:

- для горизонтально-фрезерного верстата 6P81Г (9 категорія ремонтоскладності) - 589,05 н/год;  
для токарно-револьверного верстата 1K341 (8 категорія ремонтоскладності) - 523,6 н/год, для 2-х верстатів 1047,2 н/год;
- для вертикально-свердлильного верстата 2H135 (5 категорія ремонтоскладності) - 326,35 н/год, для 4-х верстатів 1305,4 н/год.

### 3.4. Автоматизація розробки графіків ППР обладнання

Однією з умов ефективної організації роботи машинобудівного підприємства є наявність налагодженого механізму виконання ремонтних робіт і ведення їх документованого обліку в повному обсязі. Чим нижче питома вага витрат на ремонт, обслуговування і утримання обладнання в собівартості продукції, тим вище ефективність виробництва і самого ремонтного господарства [15].

Традиційно завдання складання графіків ППР вирішувалася вручну фахівцем підприємства, який, на підставі певних критеріїв, вручну заповнював на папері графік, який має вигляд таблиці і задовольняє певним умовами. Зі збільшенням числа одиниць обладнання у виробничій схемі і трудомісткості проведених ремонтів процес складання графіків планово попереджувального ремонту значно ускладнився. Хоча за досить довгий термін існування даної проблеми були

вироблені деякі методичні вказівки та рекомендації з розробки та формування таких графіків, при досить великому наборі вихідних даних процес формування графіків ППР продовжує залишатися досить складним і трудомістким заняттям і часто носить формальний характер. Слід зауважити, що в наш час загальної автоматизації та комп'ютеризації виробництва і суспільства в цілому на багатьох підприємствах завдання складання графіків планово-попереджувальних ремонтів вирішується вручну. З опису проблеми видно, що вона не є чимось новим, але явно потребує спрощення праці робітника, зайнятого її рішенням. Тобто необхідна автоматизація вирішення даного завдання за допомогою використання комп'ютерної програми. Також, невід'ємною частиною ефективного управління підприємством є система документування ремонтних робіт. Створення такої системи є однією з найскладніших завдань автоматизації, оскільки документообіг, і особливо технічний, об'єднує велику кількість бізнес-процесів і структурних підрозділів як усередині підприємства, так і при спільній діяльності підприємств. Більшість існуючих програмних продуктів, які володіють схожим функціоналом, поширюються на комерційній основі і мають ряд інших недоліків, серед яких можна виділити неможливість завдання своїх критеріїв складання графіків ППР, облік малої кількості параметрів, а також неможливість збереження графіка в форматі, зручному для подальшої зміни в будь-якому поширеному редакторі.

Таким чином, всі перераховані вище зауваження призводять до висновку про необхідність вибору програми зручної у використанні для автоматизації складання графіків ППР з більш повним набором функцій і якісно новим результатом. Тому нами було вибрано, як оптимальний і найбільш зручний варіант - середовище програми Embarcadero Delphi 2010, оскільки дана середовище забезпечує повну підтримку більшості відомих СУБД. Крім того, її компонентний підхід значно спрощує і прискорює організацію роботи з базами даних.

Оскільки в рамках великих підприємств часто необхідний розрахований на багато користувачів доступ до даних, доцільно створити і використовувати

додаток на основі технології «клієнт-сервер». Embarcadero Delphi істотно спрощує побудову такого додатка, оскільки містить вбудовані компоненти множинного доступу до даних (RDM - технологія). Як середовище розробки баз даних використана СУБД MS Access, так як дане середовище дозволяє швидко і зручно оперувати таблицями і запитам. Крім того, драйвер постачальника даних Microsoft Jet 4.0 OLE DB, сумісний з базами даних Access, поставляється разом з операційною системою Windows, що дозволяє зробити що розробляється незалежним від складу встановленого на комп'ютері програмного забезпечення.

Програма складається з двох частин: серверної і клієнтської. Серверна частина забезпечує віддалений доступ до бази даних для клієнтських додатків, проводить моніторинг підключень і змін в базі даних, а також використовується для маніпуляцій з обліковими записами користувачів. Клієнтська частина програми дозволяє управляти даними по обладнанню, ремонтному персоналу, вести облік фактично проведених ремонтів в електронному агрегатному журналі, а також розробляти на основі ремонтного циклу обладнання графіки ППР, починаючи від дати введення в експлуатацію, розраховувати чисельність персоналу і створювати звіти. Клієнтську програму підключається до сервера за допомогою технології Windows Sockets і спілкується з ним за допомогою передачі SQL-запитів і отримання набору необхідних даних. Крім цього, в програмі реалізована підсистема аутентифікації користувачів і розмежування їх прав доступу для роботи з розділами програми на основі їх безпосередніх посадових обов'язків.

Управління даними по обладнанню та ремонтному персоналу підприємства проводиться за допомогою зручного, інтуїтивно-зрозумілого інтерфейсу (рис. В.2). Результат складання графіків ППР являє собою лист даних MS Excel. Після закінчення розрахунку і збереження графіка можна переглянути графіки в разі необхідності провести їх коригування (рис. В.3).

Нормативні дані для складання графіків ППР в більшості випадків вимагають коректування, зумовленої специфікою роботи конкретного підприємства. У

зв'язку з цим виникає необхідність ведення статистичного обліку фактичних ремонтів для можливості їх коректування. Такий облік ведеться в агрегатному журналі по кожній одиниці обладнання і містить наступні дані: дату і час початку і закінчення відповідного ремонту, звіт про нього, склад ремонтної бригади та відповідального за цей ремонт (рис. В.4).

Підсистема обліку ремонтів дозволяє формувати звіти про фактично проведених ремонтних роботах в розрізі різних показників і забезпечує можливість перегляду їх в табличній формі. Результатом є повнофункціональний агрегатний журнал з можливістю подальшого аналізу накопичених даних (рис. В.5). При використанні цього додатка можна говорити про підвищення ефективності роботи ремонтної служби підприємства, так як в наявності є налагоджений механізм планування та обліку виконання ремонтних робіт. Внаслідок запропонованого підходу питома вага витрат на ремонт, обслуговування і утримання обладнання скорочується, що попереджає нераціональні втрати в виробництві.

Враховуючи все вище викладене розробляємо графік ППР ремонтного циклу (рис. 3.2) та на 1 місяць для обладнання встановленого на ділянці обробки корпусу ПИМ16.101 (рис. 3.3).

| ППР на ремонтний цикл 2017-2024 рік |              |         |                 |      |      |      |      |      |      |      |                                   |     |     |     |
|-------------------------------------|--------------|---------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------------------|-----|-----|-----|
| 1                                   | 2            | 3 Назва | 4 Час виконання | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2022 | 2023 | 2024 | кількість ремонтів та протяжність |     |     |     |
| 5                                   | 6            | 7       | 8               | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16                                | 17  | 18  | 19  |
| 1К341                               | кількість ТО | ТО6     | ТО6             | ТО6  | ТО5  | ТО6  | ТО8  | ТО8  | ТО8  | ТО8  | 45                                | 0   | 0   | 0   |
|                                     | протяжність  | 42      | 42              | 42   | 35   | 42   | 56   | 56   | 56   | 315  | 0                                 | 0   | 0   |     |
|                                     | кількість П  | П2      | П1              | П1   | П2   | П1   | П2   | П1   | П2   | П1   | 0                                 | 10  | 0   | 0   |
|                                     | протяжність  | 98      | 49              | 49   | 98   | 49   | 98   | 49   | 98   | 49   | 0                                 | 490 | 0   | 0   |
|                                     | кількість С  | С1      |                 | С1   |      | С1   | С1   | С1   |      |      | 0                                 | 0   | 4   | 0   |
|                                     | протяжність  | 47      |                 | 47   |      | 47   | 47   |      |      |      | 0                                 | 0   | 752 | 0   |
|                                     | кількість К  |         |                 |      |      |      |      |      |      | К1   | 0                                 | 0   | 0   | 1   |
|                                     | протяжність  |         |                 |      |      |      |      |      |      | 280  | 0                                 | 0   | 0   | 280 |
| 6Р82Г                               | кількість ТО | ТО6     | ТО6             | ТО6  | ТО6  | ТО6  | ТО8  | ТО7  | ТО7  | ТО7  | 45                                | 0   | 0   | 0   |
|                                     | протяжність  | 48      | 48              | 48   | 48   | 48   | 64   | 56   | 56   | 360  | 0                                 | 0   | 0   | 0   |
|                                     | кількість П  | П1      | П2              | П1   | П2   | П1   | П2   | П1   | П2   | П1   | 0                                 | 10  | 0   | 0   |
|                                     | протяжність  | 60      | 120             | 60   | 120  | 60   | 120  | 60   | 60   | 600  | 0                                 | 0   | 0   | 0   |
|                                     | кількість С  | С1      |                 | С1   |      | С1   |      | С1   |      | С1   | 0                                 | 0   | 4   | 0   |
|                                     | протяжність  | 212     |                 | 212  |      | 212  |      | 212  |      | 212  | 0                                 | 0   | 848 | 0   |
|                                     | кількість К  |         |                 |      |      |      |      |      |      | К1   | 0                                 | 0   | 0   | 1   |
|                                     | протяжність  |         |                 |      |      |      |      |      |      | 280  | 0                                 | 0   | 0   | 315 |
| 2Н135                               | кількість ТО | ТО5     | ТО7             | ТО5  | ТО7  | ТО7  | ТО7  | ТО7  | ТО7  | ТО7  | 45                                | 0   | 0   | 0   |
|                                     | протяжність  | 20      | 28              | 20   | 28   | 28   | 28   | 28   | 28   | 180  | 0                                 | 0   | 0   | 0   |
|                                     | кількість П  | П1      | П1              | П2   | П2   | П1   | П1   | П2   | П2   | П2   | 0                                 | 10  | 0   | 0   |
|                                     | протяжність  | 30      | 30              | 60   | 60   | 30   | 30   | 60   | 60   | 0    | 300                               | 0   | 0   | 0   |
|                                     | кількість С  | С1      |                 | С1   | С1   |      | С1   |      |      |      | 0                                 | 0   | 4   | 0   |
|                                     | протяжність  | 188     |                 | 188  | 118  |      | 118  |      |      |      | 0                                 | 0   | 472 | 0   |
|                                     | кількість К  |         |                 |      |      |      |      |      |      | К1   | 0                                 | 0   | 0   | 1   |
|                                     | протяжність  |         |                 |      |      |      |      |      |      | 175  | 0                                 | 0   | 0   | 175 |

Рис.3.2 – Графік ППР річний для верстатів ділянки обробки корпусу ПИМ16.101

| ППР на грудень 2017 року |              |    |   |   |     |      |    |      |   |   |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |      |      |      |      |    | кількість ремонтів та протяжність |    |    |      |      |      |   |   |
|--------------------------|--------------|----|---|---|-----|------|----|------|---|---|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|----|----|------|------|------|------|----|-----------------------------------|----|----|------|------|------|---|---|
| Назва                    | Час виконані | 1  | 2 | 3 | 4   | 5    | 6  | 7    | 8 | 9 | 10   | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22   | 23 | 24 | 25   | 26   | 27   | 28   | 29 | 30                                | 31 | ТО | П    | С    | К    |   |   |
| 1К341                    | кількість    |    |   |   | ТО  |      |    |      |   |   |      |    |    |    |    | ТО |    |    |    | П1 | П1 | П1 | П1   |    |    |      | ТО   |      |      |    |                                   |    |    | 3    | 1    | 0    | 0 |   |
|                          | протяжність  |    |   |   | 2,8 |      |    |      |   |   |      |    |    |    |    | 2  |    |    |    | 12 | 12 | 12 | 12,8 |    |    |      | 2    |      |      |    |                                   |    |    | 6,8  | 48,8 | 0    | 0 |   |
| 2Н135                    | кількість    | ТО |   |   | П1  | П1   | П1 | П1   |   |   |      | ТО |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |      |      |      |      |    |                                   |    |    |      | 3    | 1    | 0 | 0 |
|                          | протяжність  | 2  |   |   | 12  | 12   | 12 | 12,8 |   |   |      | 2  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |      |      |      |      |    |                                   |    |    |      | 6,8  | 48,8 | 0 | 0 |
| 6Р82Г                    | кількість    |    |   |   | ТО  |      |    |      |   |   |      |    |    |    | ТО |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    | ТО   | П1   | П1   | П1   | П1 |                                   |    |    | 3    | 1    | 0    | 0 |   |
|                          | протяжність  |    |   |   | 2,3 |      |    |      |   |   |      |    |    |    | 3  |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    | 2    | 13,3 | 13,3 | 12,3 | 16 |                                   |    |    | 7,65 | 54,9 | 0    | 0 |   |
| 2Н135                    | кількість    |    |   |   | ТО  |      | П1 |      |   |   | П1   |    | ТО |    |    |    |    |    |    |    | ТО |    |      |    |    |      | ТО   |      |      |    |                                   |    |    | 4    | 1    | 0    | 0 |   |
|                          | протяжність  |    |   |   | 1   |      | 15 |      |   |   | 15,1 |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |      |    |    |      | 1,25 |      |      |    |                                   |    |    | 4,25 | 30,1 | 0    | 0 |   |
| 2Н135                    | кількість    |    |   |   | ТО  |      |    |      |   |   |      |    | ТО |    |    |    |    |    |    |    | ТО | П1 | П1   |    |    | ТО   |      |      |      |    |                                   |    |    | 4    | 1    | 0    | 0 |   |
|                          | протяжність  |    |   |   | 1   |      |    |      |   |   |      |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    | 1  | 15 | 15,1 |    |    | 1,25 |      |      |      |    |                                   |    |    | 4,25 | 30,1 | 0    | 0 |   |
| 2Н135                    | кількість    |    |   |   | ТО  |      |    |      |   |   |      |    | ТО |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |    | П1 | П1   |      | ТО   |      |    |                                   |    |    |      | 4    | 1    | 0 | 0 |
|                          | протяжність  |    |   |   | 15  | 15,1 |    | 1    |   |   |      |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    | 15   | 15,1 |      | 1,25 |    |                                   |    |    | 4,25 | 30,1 | 0    | 0 |   |

Рис. 3.3 – Графік ППР місячний для верстатів дільниці обробки корпусу ПИМ16.101

На основі розробленого графіка та проведених розрахунків із нормування ремонтних робіт будуюмо графіки за кількістю та працемісткістю технічних оглядів та поточних ремонтів (рис. 3.4). Також рафік загальної працемісткості в ремонтному циклі (рис. 3.5) для 1-єї одиниці обладнання за типом.

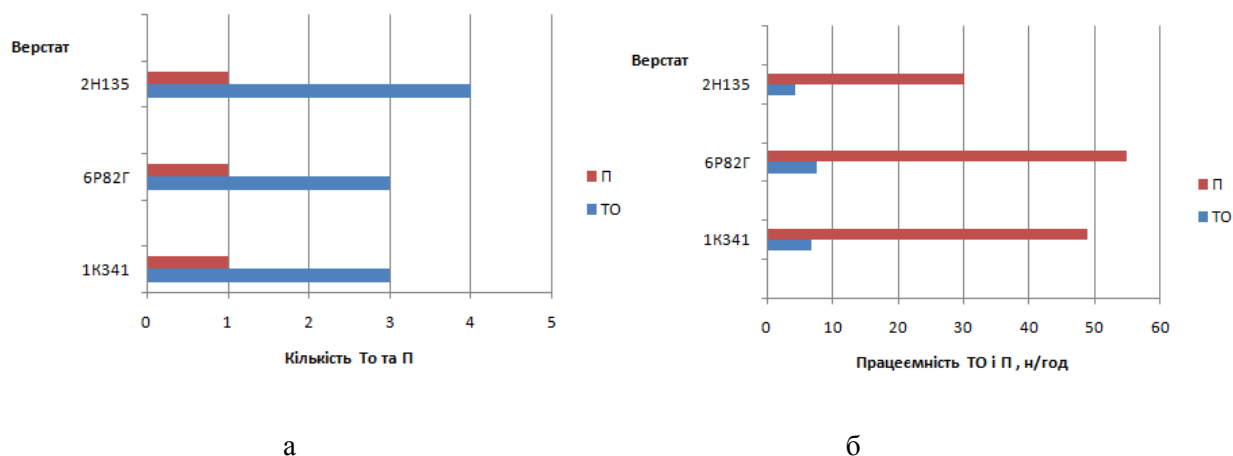


Рис. 3.4 - Графіки за кількістю (а) та праце місткістю (б) технічних оглядів та поточних ремонтів на 1 місяць

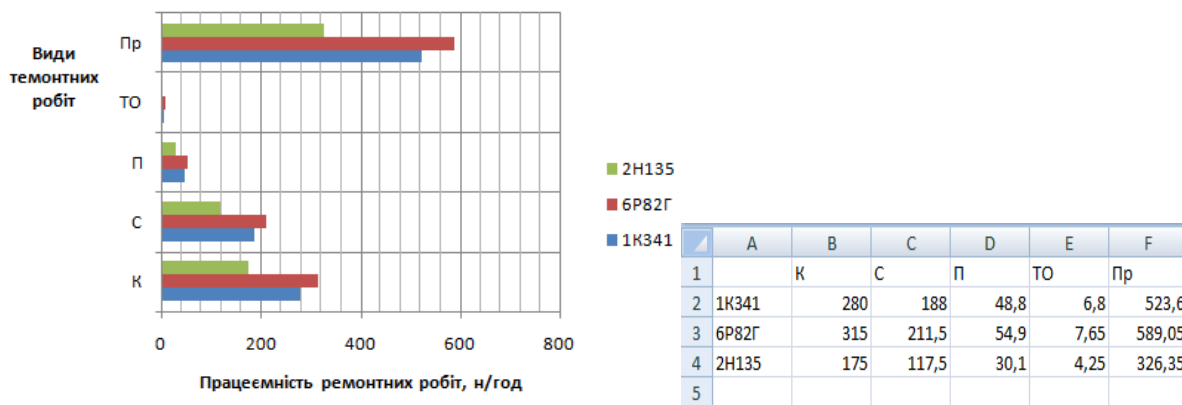


Рис. 3.5 - Графік загальної працездатності в ремонтному циклі

### 3.5. Висновки до 3-го розділу

В розділі проведено планування робіт з технічного обслуговування і ремонту обладнання встановленого на дільниці з виготовлення корпусу ПИМ 16.101, що є основною складовою частиною насосу ПОМ-630. Встановлено: річні сумарні працездатності ремонтних робіт - 10738,336 люд.год. (за умови роботи у 2-ї зміни); планову кількість ремонтних робітників - 5 чоловік; періодичність технічного обслуговування і ремонтів, що становить між капітальними ремонтами - 84000 год; малими ремонтами 5600 год; середніми ремонтами -16800год; технічними обслуговуваннями 1400 год (для верстатів усіх груп на дільниці число в циклі ремонтів та оглядів є однаковим то і міжремонтні періоди будуть теж однаковими). Розроблено структуру ремонтного циклу та працездатності робіт за видами ремонтних робіт на дільниці обробки корпусу ПИМ 16.101.

Показана доцільність використання середовище програми Embarcadero Delphi для побудови графіків ППР, що скорочує працездатність робіт з проектування ремонтної документації. Розроблено графік ППР ремонтного циклу та на 1 місяць для обладнання встановленого на дільниці обробки корпусу ПИМ16.101, а також графіки за кількістю та працездатністю технічних оглядів та поточних ремонтів на 1 місяць і ремонтний цикл в цілому.

## РОЗДІЛ 4

## ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЧОГО ПІДРОЗДІЛУ

## 4.1. Тип та організаційна форма виробництва

На основі розрахункових технічних норм часу проводимо уточнення типу і організаційної форми виробництва за методикою джерела [4]. Результати розрахунків представляємо у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Тип виробництва

| № операції | Назва операції          | $T_{шт.к.}$<br>хв. | $C_{рі}$ ,<br>шт. | $C_{пі}$ ,<br>шт. | $\eta_{з\phi i}$ | $Q_i$ |
|------------|-------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------|
| 005        | Токарно-револьверна     | 3,19               | 0,74              | 1                 | 0,74             | 1,08  |
| 010        | Токарно-револьверна     | 3,65               | 0,8               | 1                 | 0,8              | 1,00  |
| 015        | Горизонтально-фрезерна  | 1,64               | 0,38              | 1                 | 0,38             | 2,11  |
| 020        | Вертикально-свердлильна | 2,24               | 0,52              | 1                 | 0,52             | 3,46  |
| 025        | Вертикально-свердлильна | 1,98               | 0,46              | 1                 | 0,46             | 1,74  |
| 030        | Вертикально-свердлильна | 1,98               | 0,46              | 1                 | 0,46             | 1,74  |
| 035        | Вертикально-свердлильна | 2,43               | 0,57              | 1                 | 0,57             | 1,40  |
|            | Всього                  | 17,11              | -                 | 7                 | -                | 12,53 |

$$K_{3,0} = \frac{12,53}{7} \approx 1,8$$

Так, як  $K_{3,0} = 1,8$  згідно ГОСТ 14.004-83 при  $1 \leq K_{3,0} \leq 10$  тип виробництва багатосерійний. На основі отриманих даних завантаження обладнання будемо графік (рис.4.1).

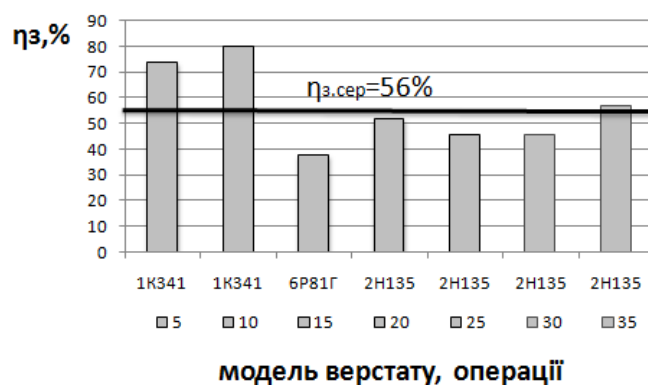


Рис. 4.1 - Графік завантаження верстатів

Аналіз графіка завантаження обладнання свідчить про те, що верстати на операціях 005 та 010, 035 завантажені в достатній мірі. На операції 010,025 та 030 верстат повинні бути довантажені обробкою інших деталей (крім тих, що враховані в приведеній програмі) з метою доведення завантаження верстатів до нормативних рекомендацій.

Розраховуємо коефіцієнт використання обладнання за основним часом:

$$\eta_3 = \frac{T_o}{T_{шт} - \kappa}$$

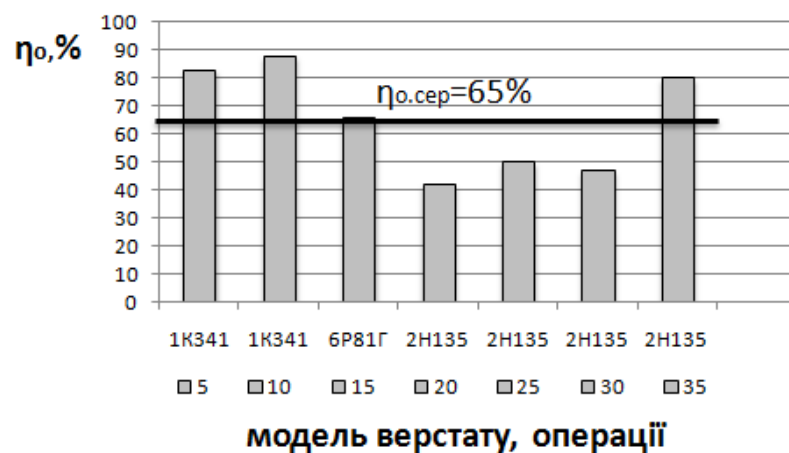


Рис. 4.2 - Графік використання верстатів за основним часом

Графік завантаження за основним часом досить високий, це свідчить про правильність побудови технологічного процесу, так як більша частина часу витрачається на обробку різанням і значно менша частка припадає на допоміжний час, час на відпочинок та обслуговування робочого місця.

У механічному цеху організований груповий метод обробки заготовок деталей, що є тілами обертання: вали, фланці, втулки, зубчасті колеса, корпусні деталі. Ці деталі, застосовуються в усіх машинах, які випускаються заводом.

Уточнюємо організаційну форму виробництва для проектного виробництва.

Добовий випуск: 
$$N_d = \frac{N}{254},$$

де  $N$  – річна програма випуску виробів;

254 – кількість робочих днів у році.

$$N_d = \frac{N}{254} = \frac{45000}{254} \approx 177 \text{ шт.}$$

Добова продуктивність:  $Q_d = \frac{F_d}{T_{\text{шт-к.с.}} \times \eta}$ ,

де  $F_d = 952$  хв – добовий фонд роботи обладнання у дві зміни;

$T_{\text{шт-к.с.}}$  - середня працемісткість основних операцій, хв;

$$T_{\text{шт-к.с.}} = \frac{\sum_i^n T_{\text{шт-к.с.}}}{n},$$

де  $T_{\text{шт-к}}$  – штучний час і-ої операції, хв;

$n$  – кількість основних операцій.

$$T_{\text{шт-к.с.}} = \frac{\sum_i^n T_{\text{шт-к.с.}}}{n} = \frac{17,11}{7} = 2,44$$

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{\text{шт-к.с.}} \cdot \eta} = \frac{952}{2,44 \cdot 0,8} = 487,7$$

Отже  $0,6 \cdot Q_d = 292,6 > N_d = 177$  і умова застосування потокової форми не виконується, тому для нового виробництва приймаємо групову форму.

Для уточненого типу виробництва розраховуємо розмір партії деталей, які одночасно запускаються у виробництво  $n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{45000 \cdot 3}{254} = 532 \text{ шт}$

де  $a = 3$  дні - періодичність запуску деталей у виробництво.

Визначаємо кількість змін необхідну для обробки даної партії деталей за формулою:

$$C = \frac{T_{\text{шт-к.с.}} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{2,4 \cdot 532}{476 \cdot 0,8} = 3,4$$

Приймаємо чотири зміни, тоді кількість деталей у партії, яка обробляється за одну зміну становить

$$n_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{пр}} \cdot 476 \cdot 0,8}{T_{\text{шт-к.с.}}} = \frac{4 \cdot 476 \cdot 0,8}{2,4} = 634 \text{ шт}$$

У зв'язку із зменшенням середньої працездатності виготовлення корпусу з 2,76 хв до 2,4 хв зросла і кількість виробів, що виготовляється протягом прийнятої кількості змін.

#### 4.2. Визначення кількості обладнання та робітників

На дільниці виготовлення корпусу ПИМ16.101 – 7 верстатів (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Специфікація основного технологічного обладнання дільниці

| Назва операції           | Модель верстату | Кількість, шт. |
|--------------------------|-----------------|----------------|
| Токарно-револьверний     | 1К341           | 2              |
| Горизонтально-фрезерний  | 6Р81Г           | 1              |
| Вертикально-свердлильний | 2Н135           | 4              |
| Всього                   |                 | 7              |

В механічних цехах кількість обладнання визначається кількістю подібних виробів для виготовлення. В нашому випадку - 10 видів. Приймаємо 100 верстатів.

Заточувальна дільниця використовується для централізованого заточування ріжучого інструменту. Основним її обладнанням є заточні верстати. Приймаємо 2% від металорізальних верстатів. Отже, 2 верстатів.

Дільниця ремонту інструментів і оснастки використовується для середнього і поточного ремонту. До складу дільниці для ремонту оснастки, крім основних верстатів. Входить допоміжне обладнання в кількості 3% від числа основних верстатів дільниці. Приймаємо 3 верстати.

Отже, загальна кількість верстатів цеху становить 105 шт.

Знаходимо загальну кількість верстатників цеху  $P_o = \frac{C_o \cdot K_c}{K_b}$ ,

де  $C_o = 105$  – загальна кількість верстатів;

$K_c = 1$  – кількість робочих змін;

$K_b = 0,8$  – коефіцієнт невиходу на роботу по хворобі і відпусток.

$$P_o = \frac{105 \cdot 1}{0,8} = 130$$

Кількість допоміжних робітників: наладчиків, підсобних робітників, чергових слюсарів, електриків, контролерів ВТК на підприємствах машинобудівного напрямку визначають із розрахунку 35...40% від кількості основних робітників:  $P_o = P_o \times (0,35...0,4) = 130 \cdot 0,3 = 39$  чоловік.

Кількість спеціалістів визначаємо із розрахунку 10...12% від загальної кількості робітників  $P_{спец} = (P_o + P_o) \cdot 0,1 = 10$  чоловік

Кількість службовців визначаємо із розрахунку 4% від загальної кількості робітників:  $P_{служ} = 5$  чоловік. Кількість керівників визначаємо із розрахунку 2% від загальної кількості робітників:  $P_{кер} = 2$  чоловік.

Всього в цеху 186 робітники.

#### 4.3. Склад цеху з виробництва деталей насоса ПОМ 630

До складу цеху заводу входять виробничі і допоміжні відділення (дільниці, господарства, служби), а також службово-побутові приміщення.

Виробничі дільниці призначені для безпосереднього здійснення технологічного процесу обробки. Склад виробничих дільниць визначається структурою технологічного процесу, характером виробів, що виготовляються, організацією виробництва.

Допоміжні дільниці ремонту, обслуговування, розміщення, усього того, що використовується для забезпечення роботи виробничих відділень: інструментальне господарство; складське господарство; контрольна служба (відділ, бюро технічного контролю); ремонтне господарство (ремонтна служба);

Інструментальне господарство – комори, заточувальні відділення, майстерня для ремонту оснащення та інструменту. Комори на виробництві є інструментальні, пристосувань, абразивного інструменту. У нашому випадку невеликий цех і комори інструментального господарства поєднують. Також у цеху передбачене заточувальне відділення для переточування ріжучого інструмента і

майстерня з ремонту оснащення та інструменту призначена для нескладного поточного ремонту пристосувань, інструменту.

Складське господарство – склади, які необхідні для забезпечення нормального ходу виробництва. На виробництві цехові склади шихти, заготовок і напівфабрикатів розташовані на початку прольотів відповідно до номенклатури продукції, яка випускається. Міжопераційні склади для серійного виробництва не передбачені біля кожної одиниці обладнання. У цьому випадку створюються міжопераційні склади для груп обладнання.

Контрольна служба (відділ, бюро технічного контролю) організаційно може містити в собі контрольне відділення, контрольні площадки, контрольні пункти, столи або стелажі біля верстатів або робочих місць. Враховуючи структури розробленого технологічного процесу контроль використовується поточний, міжопераційний та остаточний. Поточному (статистичному) контролю підлягають перші деталі оброблені після налагодження або переналагодження обладнання, деталі після відповідальних операцій. Такий контроль виконується на робочих місцях, де здійснювалася обробка. Міжопераційний контроль здійснюється між операціями. Він проводиться на контрольних пунктах. Контрольні площадки встановлені під час планування цеху за груповою ознакою і розташовуються наприкінці кожної групи верстатів даного типу. Остаточний (вихідний) контроль здійснюється в кінці обробки. Перевірка здійснюється як правило, у контрольному відділенні. Остаточний контроль застосовують для частини (вибірковий контроль).

Ремонтне господарство має у своєму складі майстерню для міжремонтного обслуговування та здійснення окремих видів ремонту. Цехові ремонтні господарства рекомендується організовувати в цехах з устаткуванням не менше 500...800 одиниць. Тому в проектному цеху буде організована ремонтна база, що обслуговуватиме кілька невеликих цехів.

До складу допоміжних відділень також передбачається входження відділення для приготування змащувально-охолоджуючих технологічних середовищ, відділення для переробки стружки та інші підрозділи.

До складу службово-побутових приміщень входять: приміщення для розміщення адміністративно-технічного персоналу; гардеробні; душові; умивальники; їдальні, буфети, кімнати для приймання їжі.

#### 4.4. Виробничі площі

Площа для механічних дільниць  $F_{вир} = C_p \cdot F_{верс} = 105 \cdot 20 = 2080 м^2$ ,

де  $F_{верс} = 25 м^2$ .

В тому числі площа дільниці для обробки корпусу ПИМ 16.101 становить  $200 м^2$  (табл. 4.3).

Площа складальної і випробувальної дільниці  $F_{ск.вип} = 30...40\%$  від  $F_{вир}=30\%$  від  $2080 м^2 = 624 м^2$ .

Таблиця 4.3 - Розрахунок виробничої площі для обробки корпусу ПИМ 16.101

| № п/п | Модель обладнання       | Модель                  | Кількість верстатів | Виробнича площа на 1 верстат, $м^2$ | Виробнича площа, $м^2$ |
|-------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------|------------------------|
| 1     | Токарно-револьверний    | Токарно-револьверний    | 2                   | 25                                  | 50                     |
| 2     | Горизонтально-фрезерний | Горизонтально-фрезерний | 1                   | 25                                  | 25                     |
| 4     | Вертикально-свердильний | Вертикально-свердильний | 4                   | 25                                  | 100                    |
| 5     | Всього                  | Всього                  | 7                   |                                     | 175                    |

Площа допоміжних відділень:

- Заточування інструменту  $F_{зат} = 8...10 м^2$ , приймаємо  $F_{зат} = 10 \times 2 = 20 м^2$ .
- Ремонтної бази  $F_{ЦРБ} = C_p \times F_{верс} = 3 \times 20 = 60 м^2$ .
- Ремонту виробничого оснащення та інструменту  $F_{р.в.о} = 20 \times 6 = 120 м^2$ .
- Контрольне відділення  $F_{к.в} = 2 \times 6 \times 1,75 = 20 м^2$ .

- Складів металу, заготовок, деталей, вузлів:

$$\text{площа складів металу і заготовок } F_1 = \frac{A \times Q}{q \times k \times m} = \frac{3 \times 1000}{1,5 \times 0,6 \times 254} = 108 \text{ м}^2;$$

$$\text{площа складів деталей і вузлів } F_2 = \frac{A \times Q}{q \times k \times m} = \frac{7 \times 1000}{1,5 \times 0,6 \times 254} = 305 \text{ м}^2.$$

$$\text{Загальна площа складів складає } F_{\text{скл}} = F_1 + F_2 = 108 + 305 = 413 \text{ м}^2.$$

- Приміщення МОР та переробки стружки, площа встановлюється з умови  $1 \text{ м}^2$  розрахунку площі на одну одиницю технологічного обладнання механічного цеху  $F_{\text{мор}} = 100 \times 1 = 100 \text{ м}^2$ .

Загальна площа допоміжних відділень

$$F_{\text{заг. доп.}} = F_{\text{заг}} + F_{\text{црб}} + F_{\text{р.в.о}} + F_{\text{к.в}} + F_{\text{скл}} + F_{\text{мор}} = 20 + 60 + 120 + 20 + 413 + 100 = 733 \text{ м}^2.$$

- Площа службово-побутових приміщень  $F_{\text{с.п.п}} = P \times F_{\text{пит}} = 12 \times 4 = 58 \text{ м}^2$ ,  
де  $P$  – кількість робітників ІРТ та МОП.

Площа під куточок відпочинку складає  $0,9 \text{ м}^2$  на одного працюючого

$$F_{\text{в.к}} = 186 \times 0,9 = 167 \text{ м}^2$$

Площа санітарно-технічних приміщень (медпункту, роздягалень, душових, туалетів) становить  $0,9 \text{ м}^2$  з розрахунку коли в цеху працює більше 100 чоловік

$$F_{\text{с.т.п}} = 186 \times 0,9 = 167 \text{ м}^2$$

Площа їдальні, буфети приймається  $1 \text{ м}^2$  на працівника

$$F_{\text{буф}} = 186 \times 1 = 186 \text{ м}^2$$

Загальна площа службово-побутових приміщень складає

$$F_{\text{заг}} = 58 + 167 + 167 + 186 = 578 \text{ м}^2$$

Загальна площа цеху  $F_{\text{заг.ц}} = F_{\text{вир.пл.}} + F_{\text{заг.доп.}} + F_{\text{скл.вип}} = 2080 + 733 + 578 = 3391 \text{ м}^2$

#### 4.5. Вибір типу приміщення, компановка виробничих підрозділів

Будівля механоскладального цеху – прямокутної форми з розмірами ширини до довжини 1:2. Сітка колон 24:12м. Висота цеху – 7,2м, кількість проїздів – один магістральний і два поперечні. Допоміжні відділення розташовані вздовж прольотів пристінних колон. Складське приміщення розташоване

перпендикулярно до поздовжніх колон з торцевого боку цеху. Колони прямокутного перерізу в плані, залізобетонні, висотою 8100 мм і

розмірами в плані 500×500 мм. Несучі конструкції покриттів виконані у вигляді залізобетонних уніфікованих сегментних ферм (рис. 4.3).

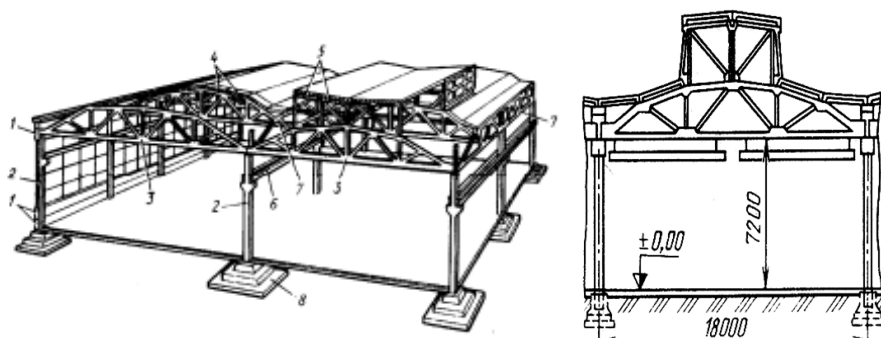


Рис. 4.3 - Конструктивні схеми та поперечний розріз прогонів одноповерхових виробничих будівель

Зовнішні стіни використовуються з залізобетонних навісних панелей з віконними пройомами і простінакми. Віконні конструкції з алюмінію, заповнені склопакетами. Двері використовуються розміром 1,5×2,4 м і розміщуються на рівних відстанях між собою по периметру будівлі.

Покрівля цеху скатна, складається з збірних настилів, укладених по фермах. По плитах укладено утеплювач, цементна стяжка і водоізоляційний килим з трьох шарів рубероїду (рис. 4.4).

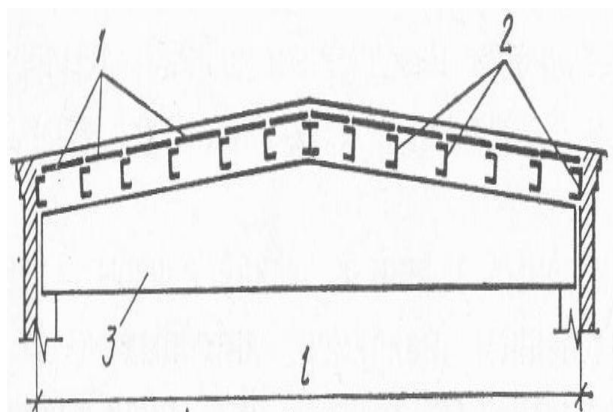


Рис. 4.4 - Конструкція перекриття по прогонах: 1-плити; 2- прогони; 3- несуча конструкція

Підлога в цеху виконана з полімерцементним покриттям, яке допускає технологічне навантаження  $3..5 \text{ т/м}^2$ , використання води, мінеральних масел і емульсій і має низьку трудомісткість очищення.

Вибір сітки колон і встановлення розмірів цеху здійснюємо виходячи із загальної розрахункової площі цеху на базі використання уніфікованих типових секцій каркасу самої будівлі. В нашому випадку сітка буде розміром  $24 \times 12$ . За планом приймаємо цех двох прольотний по 24м. Ширина цеху  $18 \times 2 = 36\text{м}$ , довжина  $12 \times 8 = 96\text{м}$ . Тоді остаточно площа цеху  $F = 36 \times 96 = 3456\text{м}^2$ .

План ділянки розробляємо на основі компановки цеху. Для цього робиться вкопірка із схеми цеху із заданою координатною сіткою. Координатні осі будівлі на плані співпадають з позначеннями, прийнятими на компоновочному плані. Мінімальна відстань між верстатами – 700 мм, максимальна 1800мм; від проїзду до фронтальної сторони верстата – 1500 мм, від стін, колон до тильної сторони верстата – 800 мм, від зовнішньої стіни до тильної сторони верстату – 1800мм. Верстати на ділянці розташовані вздовж колон за ходом технологічного процесу обробки корпусу по груповій ознаці. Подача заготовок від верстату до верстату здійснюється візками. Для встановлення пристроїв використовується кран-балка.

Під час проектування виробничого підрозділу використовували систему автоматизованого проектування для планування виробничих приміщень. Проектування за допомогою САПР розпочинали із визначення сітки колон та габаритних розмірів будівлі. Виходячи з вимог організації технологічного процесу виготовлення корпусу ПИМ 16.101 та врахуванням протипожежних, санітарних вимог визначили раціональне розташування цехів, діляниць тощо. На компоновальному плані вказали габаритні розміри будівлі, величина кроку колон та прольотів, а також сітку по колонам для прив'язки виробничих підрозділів. На кресленні планування виробничої будівлі цеху зображено виробничі, побутові та складські приміщення з умовним зображенням стін та перетинок, дверних та віконних проїомів, колон сходів і т.д. Також вказуємо транспортні засоби такі, як піднімально-транспортне обладнання (мостові крани). Особлива увага

надається відстаням між технологічним обладнанням, між обладнанням та стінами будівлі, між обладнанням та проїздами у цехах [16,17]. Для побудування планів цехів та дільниць існує достатньо програм які дають нам таку можливість, а саме Auto CAD та Solid Works. В роботі використовуємо графічний пакет Auto CAD. Враховуючи перелічені вище вимоги отримуємо план виробничого підрозділу дільниці (рис. Г.1) та цеху (рис. Г.2).

#### 4.6. Вантажопідйомні і транспортні засоби

Підйомно-транспортні і завантажувально-розвантажувальні роботи є важливими і трудомісткими елементами виробничих процесів механоскладальних виробництв. Від методів організації і оснащення цих робіт в значній мірі залежить продуктивність праці, об'єм втрат виробництва і умови праці робітників. В даному цеху для потреб на дільницях в якості міжопераційного транспорту використовуються електрокари з підйомною платформою вантажопідйомністю 1 т. Для транспортування малогабаритних вантажів на відстані до 50 м застосовуються ручні візки вантажопідйомністю 250 кг. Для перевезення однотипних деталей невеликих розмірів призначені спеціальні візки, оснащені стелажми.

Для перевезення вантажів в цеху приймаємо 1 електрокар з непідйомною платформою і один електронавантажувач вантажопідйомністю 2 т з швидкістю переміщення 10 км/год.

Підвісні однобалочні крани вантажопідйомністю 5 т, висотою підйому до 6 м і швидкістю переміщення 30 м/хв призначені виконання завантажувально-розвантажувальних робіт всередині цеху і складів, а також для використання в якості технологічного транспорту. Великогабаритні заготовки, деталі, вузли, пристосування верстатів транспортуються підвісними кранами. Їх кількість

$$Г_{кр} = \frac{N \cdot i \cdot T_m \cdot K_H}{\Phi_{э} \cdot 60} = \frac{45000 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{4015 \cdot 60} = 1,7 \text{ шт.}$$

де  $i = 10$  – середнє число транспортних операцій;

$T_m = 1,2$  хв – середній час транспортування;

$K_n = 1,5$  – коефіцієнт нерівномірності подачі вантажу.

Оскільки в цеху крім корпусу обробляються ще 9 виробів, що входять до насоса ПОМ630, то відповідно річна програма випуску виробів збільшиться до 405000 штук. Тоді кількість кранів в цеху буде становити 2,07 приймаємо 2 крани, що рухаються вздовж прогонів.

#### 4.7. Висновки до 5-го розділу

В даному розділі визначено кількість верстатів для дільниці з виготовлення корпусу ПИМ 16.101 за модернізованим техпроцесом та в цеху по виготовленню деталей насоса ПОМ 639; коефіцієнти завантаження; побудовані графіки завантаження верстатів та використання верстатів за основним часом. З графіка завантаження верстатів видно, що середнє значення завантаження менше за нормативне. Це викликане низькою завантаженістю фрезерувального та свердлильних верстатів (на 025 та 030 операціях). Як вказано раніше верстати можна довантажити обробкою інших деталей, в результаті середнє значення буде на нормальному рівні. Графік використання верстатів за основним часом показує, що середнє значення використання знаходиться на високому рівні (65%) – це пояснюється використанням на верстатах верстатів під час обробки свердлильних головок, що призводить до скорочення основного і допоміжного часу. Цей показник свідчить про правильність побудови маршруту механічної обробки.

Спроектовано за допомогою графічний пакет Auto CAD планування обладнання на дільниці обробки корпусу ПИМ 16.101 та компоувальний план цеху для виготовлення деталей насоса ПОМ 630 для умов серійного виробництва за модернізованим техпроцесом.

## РОЗДІЛ 5

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

## 5.1 Капітальні витрати на проектування виробництва

Капітальні вкладення розраховують формулою, грн [18]:

$$K = Z_o + Z_{дод} + Z_n + B_{обл} + B_{пр} + B_{нв} + B_{ну} + B_{оз}$$

де  $Z_o$  – основна заробітна плата розробників, грн.;

$Z_{дод}$  – додаткова заробітна плата розробників, грн.;

$Z_n$  – нарахування на заробітну плату розробників, грн.;

$B_{обл}$  – початкова вартість технологічного обладнання, грн.;

$B_{осн}$  – початкова вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів, грн.;

$B_{оз}$  – вартість оборотних засобів, грн.

Витрати на основну заробітну плату розробників таблиця 5.1.

Таблиця 5.1 – Витрати на заробітну плату розробників

| Найменування посади    | Місячний посадовий оклад, грн | Оплата за робочий день, грн | Число днів роботи | Витрати на заробітну плату, грн. |
|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------------|
| Керівник проекту       | 18000                         | 3635                        | 14                | 50900                            |
| Інженер-технолог (ІІр) | 16000                         | 2727                        | 10                | 27270                            |
| Начальник цеху         | 18000                         | 3635                        | 14                | 50900                            |
| Технік (Ір)            | 3500                          | 1590                        | 6                 | 9540                             |
| Всього                 |                               |                             |                   | 138610                           |

Додаткова заробітна плата розробників становить 10...12 % від основної заробітної плати, грн:  $Z_d = 13861 \cdot 0,1 = 13861$ .

Нарахування на заробітну плату розробників - 36,76...49,7 % від суми основної та додаткової заробітної плати розробників, грн:

$$Z_n = (138610 + 13861) \cdot 0,4 = 60988$$

Початкова вартість технологічного обладнання та спеціальних пристосувань

Таблиця 5.2 - Зведені витрати на обладнання

| Назва верстату           | Модель | Кількість | Потужність, кВт | Ціна, грн. | Затрати на перевезення, грн | Сума всіх затрат, грн |
|--------------------------|--------|-----------|-----------------|------------|-----------------------------|-----------------------|
| Токарно-револьверний     | 1К341  | 2         | 24              | 126400     | 12640                       | 139040                |
| Горизонтально-фрезерний  | 6Р81Г  | 1         | 5.5             | 39400      | 3940                        | 43340                 |
| Вертикально-свердлильний | 2Н135  | 4         | 16              | 172000     | 17200                       | 189200                |
| Всього                   |        | 7         | 45,5            |            |                             | 371580                |

Ціна продажу старих універсальних верстатів наведена в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Ціна реалізації старих універсальних верстатів

| № п/п | Назва верстату          | Модель | Кількість | Ціна, грн. | Затрати на перевезення, грн | Сума всіх затрат, грн |
|-------|-------------------------|--------|-----------|------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1     | Токарно-гвинторізний    | 1К62   | 2         | 112000     | 11200                       | 123200                |
| 2     | Горизонтально-фрезерний | 6Р82   | 1         | 46600      | 4660                        | 51260                 |
| 3     | Радіально-свердлильний  | 2Н55   | 8         | 734400     | 73440                       | 807840                |
|       | Всього                  |        | 11        |            |                             | 982300                |

Враховуючи вартість продажі старого обладнання і початкової вартості нового технологічного обладнання отримаємо дохід, грн:

$$B_{обл}=982300-371580=610720.$$

Вартість спеціальних пристосувань, грн:  $B_{сп.пр.} = 371580 \cdot 0,25 = 92895.$

Величина передвиробничих витрат становить 10...15% сумарної вартості основного технологічного обладнання та транспортних засобів, які використовуються на виробництві, грн:  $B_{не} = 0,1 \cdot 371580 = 37158.$

Величину оборотних засобів приймаємо в межах 150...200% загальної вартості матеріалів на виготовлення річної виробничої програми за всією номенклатурою виробів, грн:

$$B_{оз} = (1,5...2) \cdot \sum_{j=1}^n N_j \cdot H_j \cdot Ц_j$$

де  $N_j$  – обсяг випуску деталей  $j$ -го найменування за відповідний період часу, шт;

$H_j$  – норма витрат матеріалу  $j$ -го найменування, кг;

$Ц_j$  – вартість матеріалу  $j$ -го найменування, грн /кг;

$n$  – кількість видів матеріалів.

$$B_{оз} = 1,5 \cdot 45000 \cdot 7,2 \cdot 2,9 \cdot 1 = 1409400 \text{ грн}$$

Тоді, капітальні вкладення на проектування:

$$K = 138610 + 13861 + 60988 + 371580 + 92895 + 37158 + 1409400 = 2032598 \text{ грн}$$

З врахуванням доходу від продажі старого обладнання  $K$  становлять:

$$K = 2032598 - 610720 = 1420878 \text{ грн}$$

## 5.2. Виробнича собівартість виготовлення продукції

Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції наведено у додатку Д, результати у табл. 5.3

Таблиця 5.3 - Собівартість виготовлення виробу, грн

| Стаття витрат   | Сума, грн. |
|---|------------|
| 1. Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн.            | 1089654    |
| 2. Витрати на силову електроенергію, грн.                     | 72818      |
| 3. Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.        | 1916500    |
| 4. Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.      | 191650     |
| 5. Витрати на нарахування на заробітну плату робітників, грн. | 885420     |
| 6. Загальновиробничі витрати, грн.                            | 4791250    |
| Всього на програму  | 8947292    |
| Одного виробу   | 199        |

## 5.3. Величина чистого прибутку

Величина чистого прибутку, який ми можемо отримати за рік

$$\Pi = \left[ C_{дог} - \frac{(C_{дог} - Z_{см}) \cdot f}{100} - S_{в} - \frac{q \cdot S_{в}}{100} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{h}{100} \right] \cdot N,$$

де  $C_{дог}$  - договірна ціна реалізації виробу, грн.  $C_{дог}=240$ ;

$Z_{см}$  - вартість матеріальних ресурсів, які були придбані виробником для виготовлення одиниці виробу, грн.;

$S_{в}$  - виробнича собівартість виробу, грн.;

$f$ - зустрічна ставка податку на додану вартість,  $f=16,67\%$  ;

$h$ - ставка податку на прибуток, %,  $h=17\%$ ;

$q$  - норматив, який визначає величину адміністративних витрат, витрат на збут та інші операційні витрати, %;  $q=5 \dots 10\%$ ;

$N$  - число виробів, які планується реалізувати за рік, шт.

$$\Pi = \left[ 260 - \frac{(260 - 24,2) \cdot 16,67}{100} - 199 - \frac{5 \cdot 199}{100} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{17}{100} \right] \cdot 45000 = 597600 \text{ грн}$$

#### 5.4. Економічна ефективність проектних рішень

Внутрішня норма дохідності визначається за мінімальним можливим значення  $IRR_{\text{MIN}}$ :

$$IRR_{\text{min}} = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=1}^n (\Pi_t + A_t)}{K}} - 1,$$

де  $A_t$  - амортизаційні відрахування на обладнання, грн.;

$$A = \frac{C_0}{T_в},$$

де  $C_0$  – балансова вартість обладнання,  $C_0 = 371580$  грн.;

$T_в$  – строк використання обладнання,  $T_в = 7$  років.

$K$  - величина капітальних вкладень у розробку проекту, грн.;

$n$  - термін протягом якого продукція реалізовуватиметься на ринку, років;

$t$  - відповідний рік функціонування проекту, в якому очікується прибуток, грн.

Проведемо розрахунок внутрішньої норми доходності.

$$A = \frac{371580}{7} = 53083 \text{ грн}$$

$$IRR \min = \sqrt[7]{\frac{(762313,5 + 53083) \cdot 7}{1321688,9}} - 1 = 0,23$$

Внутрішня норма доходності складає 23%, що є достатнім для зацікавленості інвестора.

Розрахунок індексу прибутковості без врахування фактору часу

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^n (\Pi_i + K_i)}{\sum_{i=1}^n K_i}; \quad PI = \frac{597600 + 1420878}{1420878} = 1,42$$

Так, як PI більше 1, то проект є ефективним і його можна рекомендувати до реалізації.

Термін окупності капітальних вкладень

$$T_{ок} = \frac{K}{\Pi + A},$$

де  $K$  - величина капітальних вкладень для розробки нової технології грн.,

$A$  - амортизаційні відрахування, грн

$\Pi$  - прибуток, отриманий виробником за 1 рік продажу продукції, виробленої з застосуванням нового технологічного процесу, грн.

$$T_{ок} = \frac{1420878}{597600 + 53083} = 2,1$$

Термін окупності модернізованого технологічного процесу складає 2,1 рік, що в межах нормативного терміну окупності – 2...4 роки. Отже проектний технологічний процес виготовлення деталі корпус ПИМ 16.101 є доцільним.

### 5.5. Висновки до 5-го розділу

В результаті проведених розрахунків було здійснено економічне обґрунтування доцільності модернізації технологічного процесу деталі «корпус ПИМ 16.101». Використання модернізованого технологічного процесу на підприємстві дозволить отримати позитивний економічний ефект завдяки

зменшенню трудомісткості обробки, скороченню кількості працюючих та обладнання, зменшенню енерговитрат, підвищенню продуктивності.

Впровадження модернізованого технологічного процесу потребує від інвестора 1420878 грн. капітальних вкладень. Чистий прибуток складе 597600 грн. Під час оцінки ефективності інноваційного проекту отримані такі важливі показники, як: внутрішня норма дохідності (прибутковості) 23%; індекс прибутковості 1,42; термін окупності 2,1 роки.

Отримані показники свідчать про високий рівень дохідності для інвестора і підтверджують доцільність впровадження технологічного процесу виготовлення деталі типу «корпус ПИМ 16.101» з організацією групової багатоінструментальної обробки на дільниці.

## ВИСНОВКИ

В запропонованій магістерській кваліфікаційній роботі в повній мірі використані всі сучасні тенденції розвитку машинобудування та досягнення комп'ютерних технологій. Враховуючи серійність та організаційну форму виробництва, запропонований технологічний процес орієнтований на використання багато-інструментальної обробки.

Отже, в результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи розроблено модернізований технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус ПИМ 16.101», який дозволяє знизити собівартість, енерговитрати та трудомісткість механічної обробки, та підвищити продуктивність праці. Крім цього, розраховані технологічні параметри, що потрібні для виготовлення даної деталі. Поставлені та послідовно розв'язані такі задачі: визначено, що серед існуючих способів виготовлення заготовки деталі «Корпус ПИМ 16.101» спосіб лиття в кокіль є який економічно доцільніший; на основі аналізу базового процесу механічної обробки для заданої деталі і програми випуску 45000 штук розроблено технологічний процес механічної обробки. Виконаний розмірний аналіз технологічного процесу механічної обробки та визначені режими різання на його переходах, а також технічна норма часу.

Спроектовано спеціальний контрольний пристрій для перевірки радіального та торцевого биття, а також шестишпindelну свердлильну головку; спеціальний ріжучий інструмент свердло-зенківку, що зменшують працесмність виконання свердлильної обробки дрібних отворів корпусу ПИМ16.101.

Проведено планування робіт по технічному обслуговуванню і ремонту обладнання встановленому на дільниці з виготовлення корпусу ПИМ 16.101, що є основною складовою частиною насосу ПОМ-630. Розроблено структуру ремонтного циклу та працесмності робіт за видами ремонтних робіт на дільниці обробки корпусу ПИМ 16.101 за допомогою середовища програми Embarcadero Delphi 2010.

Спроектовано за допомогою графічний пакет Auto CAD планування обладнання на ділянці обробки корпусу ПИМ 16.101 та компоувальний план цеху для виготовлення деталей насоса ПОМ 630 для умов серійного виробництва за модернізованим техпроцесом.

Виконані економічні розрахунки, за якими впровадження модернізованого технологічного процесу дасть чистий прибуток 597600 грн. При оцінці ефективності інноваційного проекту отримані такі важливі показники, як: внутрішня норма дохідності (прибутковості) 23%; індекс прибутковості 1,42; термін окупності 2,1 роки.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Чередніков О.М. Технологічні основи ремонту машин і відновлення деталей [Текст]: навчальний посібник. Чернігів: ЧДТУ, 2008. 212с.
2. Техніка, машини для внесення рідких добрив. [сайт]. URS: <http://www.agrotechnika-ukr.com.ua/infotorg.php?categoria>. Назва з екрану.
3. Чумак М.Г. Матеріали та технологія машинобудування. К.: Либідь, 2000. 368 с.
4. Рудь В.Д., Божко Т.Є., Гальчук Т.Н. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131- Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр; спеціалізація – технології машинобудування): навчальний посібник. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2017. 487с.
5. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 148 с. URS: <https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/38939/>
6. Назаренко І. І. Технологія машинобудування : навчальний посібник для студ. спец. : 133 “Галузеве машинобудування”, 015 «Професійна освіта (машинобудування)» та 131 «Прикладна механіка». Київ : Ямчинський О. В., 2024.164 с. URS: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/123456789/13033>
7. [Григурко І.О.](#) Технологія машинобудування: підручник. Львів: Новий світ-2000, 2025. 301 с. URS: <https://mybook.biz.ua/ua/zagalne-mashinobuduvannya/tehnologiya-mashinobuduvannya-162196/>
8. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2009. 199 с.
9. Технологія машинобудування: Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт : навч. посіб. / І.І. Юрчишин, Я.М. Литвиняк, І.Є. Грицай та ін.; за ред. І.І. Юрчишина. Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2009. 527 с.
10. Рудь В.Д. Розмірно-точносний аналіз конструкцій та технологій: навч. посібник. Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2008. 344с.

11. Ревнівцев М. П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні: навч. посіб. К. : А.С.К., 2006. 416 с.
12. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: підручник. К.: Кондор, 2008. 726 с.
13. Основи проектування різального інструмента. Частина II: навч. посіб. для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 178 с.
14. Типове положення “Єдина система ППР і раціональної експлуатації технологічного обладнання машинобудівних підприємств”.[сайт]. Режим доступу: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=65285>. Назва з екрану.
15. Севостьянов І. В. Експлуатація верстатних комплексів: навчальний посібник. Ч. І. Вінниця: ВНТУ, 2005. 125 с.
16. Джур, Є.О. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина : навч. посіб. /Є.О. Джур, О.В. Бондаренко. – Д.: “Інновація”, 2011. – 109 с..
17. «Вимоги до розміщення виробничого обладнання і організація робочих місць» [сайт]. Режим доступу: [сайт]. Режим доступу: <http://do.gendocs.ru/docs/index-24983.html?page=7>. Назва з екрану.
18. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні. Методика і особливості виконання курсової роботи: навчальний посібник / В.В.Кавецький, В.О.Козловський. Вінниця: ВНТУ, 2013.100 с.

## ДОДАТКИ