

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

«_____» _____ 2021 р.

**Проектування технологічного процесу виготовлення
корпусу нижнього ЦФ7.772160**

Кваліфікаційна робота (проект) бакалавра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

Віталій ТОВКАЧ

Керівник

Юлія ДЕНИСЕНКО

Нормоконтроль

Юлія ДЕНИСЕНКО

РЕФЕРАТ

Записка: 62 сторінки, 8 рисунків, 9 таблиць, 6 джерел.

Об'єкт роботи: «корпус нижній ЦФ 7.772.160» електронного мікроскопа ПЕМ-100-01.

Предмет роботи: структура та параметри технологічного процесу виготовлення «корпусу нижнього ЦФ 7.772.160».

Мета роботи: удосконалення технологічного процесу виготовлення «корпусу нижнього ЦФ 7.772.160».

В роботі зроблено аналіз службового призначення електронного мікроскопа ПЕМ-100-01, вузла, деталі «корпусу нижнього ЦФ 7.772.160», аналіз технічних вимог, що пред'являють до конструкції деталі. Аналітичним методом визначено тип виробництва, форму організації виробництва. Вибрано раціональний спосіб отримання заготовки. В роботі виконано аналіз двох технологічних операцій : 015 токарної з ЧПК та 090 фрезерної з ЧПК механічної обробки «корпусу». Для зазначених операцій виконано обґрунтування вибору схем базування і закріплення заготовки, зроблено вибір раціональних моделей технологічного обладнання і технологічної оснастки. Для аналізованих операцій розрахунково-аналітичним методом визначені елементи режимів різання, табличним методом виконано технічне нормування операцій. Для установки заготовки на фрезерній з ЧПК операції спроектовано спеціальний верстатний пристрій з механізованим приводом. В кінці роботи представлені загальні висновки.

Графічна частина проєкту містить креслення заготовки та маршрутного технологічного процесу механічної обробки деталі. На операцію фрезерну з ЧПК розроблено налагодження. На спроектований верстатний пристрій розроблено складальне креслення.

Маршрутно-операційний опис механічної обробки деталі виконано на картах технологічного процесу КТП.

ЕЛЕКТРОННИЙ МІКРОСКОП, КОРПУС, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ОПЕРАЦІЯ, ПРИПУСК, ТОЧІННЯ.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Вступ..... | 4 |
| 1 Аналіз службового призначення виробу, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі й умов її експлуатації | 5 |
| 2 Аналіз технічних вимог, що пред'являють до конструкції деталі..... | 15 |
| 3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт | 19 |
| 4 Аналіз технологічності конструкції деталі..... | 23 |
| 5 Обґрунтування вибору способу отримання заготовки..... | 26 |
| 6 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі | 30 |
| 6.1 Визначення припусків на оброблення поверхні обертання аналітичним способом | 30 |
| 6.2 Аналіз схеми базування та закріплення заготовки..... | 33 |
| 6.3 Обґрунтування вибору технологічного устаткування | 37 |
| 6.4 Обґрунтування вибору технологічної оснастки | 39 |
| 6.5 Розрахунок режимів різання | 41 |
| 6.6 Технічне нормування операції..... | 48 |
| 7 Проектування верстатного пристрою | 52 |
| Висновки | 61 |
| Перелік джерел посилань | 62 |

| | | | | | | | | |
|-----------|------------------|----------|-------|------|---|--------------|-------|---------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | | | |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | <i>Проектування технологічного процесу виготовлення корпусу нижнього ЦФ7.772160</i> | Літ. | Аркуш | Аркушів |
| Розроб. | <i>Товкач</i> | | | | | | 3 | |
| Перевір. | <i>Денисенко</i> | | | | | | | |
| Н. контр. | <i>Денисенко</i> | | | | | <i>СумДУ</i> | | |
| Затверд. | <i>Іванов</i> | | | | | | | |

ВСТУП

Рівень розвитку будь-якої держави перш за все визначається рівнем розвитку машинобудування, як галузі, що обслуговує усі інші галузі народного господарства. Сьогодні перед машинобудуванням ставляться такі завдання, як впровадження нових прогресивних матеріалів та енергозберігаючих технологій, розроблення нових методів оброблення та способів отримання заготовок, підвищення рівня точності й продуктивності оброблення матеріалів, застосування прогресивного ріжучого інструменту та устаткування, в тому числі верстатів з ЧПК та обробних центрів, РТК. Особливу роль при цьому відіграє розвиток приладобудування, зокрема виробництво приладів електронної мікроскопії, що стимулюють розвиток таких фундаментальних та прикладних наук як фізика, хімія, медицина, матеріалознавство тощо. Для цього напрямку машинобудування характерні висока наукоємність виробів, високі вимоги щодо точності оброблення поверхонь виробів та їх складання, широка номенклатура оброблюваних матеріалів, складнопрофільність виробів, спеціальні методи оброблення з використанням різноманітних фізичних процесів. Розвиток галузі електронної мікроскопії відбувається за такими напрямками як підвищення точності й роздільної здатності приладів, підвищення напруги в електронній гарматі до 1 МВ, підвищення рівня вакууму, зниження температури в окремих вузлах до «абсолютного нуля». Все це вимагає від сучасного інженера-технолога систематичних знань у сфері сучасних технологій оброблення деталей і складання машин.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 4 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВИРОБУ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ Й УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

ПЕМ-100-01 – малогабаритний трансмісійний електронний мікроскоп широкого застосування для медико-біологічних досліджень, досліджень у сфері науки і техніки, а також для навчання фахівців вищих і середніх навчальних закладів, див. рисунок 1.1.



Рисунок 1.1 – Загальний вид мікроскопу ПЕМ-100-01

Основні переваги та особливості приладу:

- перешкодостійка система керування приладом з використанням промислового комп'ютера;
- висока якість електронно-мікроскопічних зображень, простота керування;
- наявність двох режимів роботи: основний режим високого розділення, режим високого контрасту для медико-біологічних об'єктів;

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 5 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

- малогабаритна з ефективною системою охолодження електромагнітних лінз колона, яка не потребує механічного юстування у замовника;
- 4-х лінзовий проєкційний блок з компенсацією повороту зображення і мікродифракційної картини;
- наявність воблерів юстирування мікроскопа і фокусування зображення;
- оригінальна конструкція вакуумної фотокамери з реєстрацією на фотоплівку розміром 90×120 мм або 3×4" (80 × 100 мм);
- проста і надійна вакуумна система;
- відображення інформації про стан приладу на дисплеї комп'ютера;
- сучасний дизайн і зручність під час експлуатації;
- доступна ціна.

Технічну характеристику мікроскопа наведено у таблиці 1.1.

Будова мікроскопа.

Електронний мікроскоп ПЕМ 100-01 являє собою складний електронно-оптичний прилад, що включає в себе електронно-оптичну систему (колону), вакуумну систему, систему електроживлення і систему охолодження. Досліджуваний об'єкт встановлюється в утримувач і вводиться в колону через шлюзовий пристрій гоніометра.

Зображення об'єкта формується на екрані мікроскопа в тубусі і може бути зареєстровано на фотопластинці або фотоплівці у фотокамері. Керування всіма режимами роботи мікроскопа здійснюється за допомогою персонального комп'ютера і пультів керування.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 6 |

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика мікроскопа ПЕМ-100-01

| Параметри | Основний режим | Контрастний режим |
|--|--------------------------|-----------------------|
| Роздільна здатність, нм, за кристалічною решіткою за точками | 0,34 0,4 | - 0,5 |
| Діапазон електронно-оптичних збільшень, × | 50 ... 600000 | 50 ... 430000 |
| Діапазон довжини дифракційної камери, мм | 200 ... 2000 | 280 ... 2800 |
| Напруга прискорення, кВ зі ступенями регулювання, кВ | 25 ... 100 0,05; 1; 5 | |
| Напруга живлення (1 фаза), В частота, Гц | 220 50/60 | |
| Потужність споживання, кВА, не більше | 4,5 | |
| Габаритні розміри, мм, не більше | Колона зі стендом | Високовольтне джерело |
| - довжина | 1220 | 430 |
| - ширина | 2100 | 610 |
| - висота | 2000 | 900 |
| Маса, кг, не більше | 650 | 160 |

Вакуумна система призначена для відкачування колони мікроскопа і підтримки в ній робочого вакууму. Пульт управління дозволяє керувати вакуумною системою, як в автоматичному, так і в ручному режимах.

Ручний режим управління використовується при введенні мікроскопа в експлуатацію та під час проведення профілактичних робіт.

Система електроживлення забезпечує електроживлення колони і вакуумної системи і складається з шафи управління, шафи живлення лінз, шафи харчування вакуумної системи і високовольтного джерела живлення.

Система охолодження забезпечує подачу води для охолодження елементів вакуумної системи, колони мікроскопа і системи електроживлення.

Особливості приладу.

Малогабаритний прилад на основі лінз з котушками на принципі «парової камери» з комп'ютерним управлінням, колоною (не підлягає механічному юстируванню), вакуумною фотокамерою з великим форматом фотоплівки (90×120

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 7 |

мм), спрощеною вакуумною системою на основі одного дифнасоса й одного форнасоса.

У приладі реалізовані два варіанти режиму роботи: основний і контрастний. Перехід з одного режиму в інший проводиться перемиканням режиму на моніторі комп'ютера. Більш високий контраст досягається завдяки більшій довжині фокуса об'єктивної лінзи в контрастному режимі, при цьому використовується спеціальний утримувач, який входить в комплект мікроскопа.

Мікроскоп може бути укомплектований системами виведення і аналізу електронно-мікроскопічних зображень. Висновок електронно-мікроскопічного зображення на монітор комп'ютера проводиться за допомогою високороздільної CCD-камери повільного сканування. Мікроскоп адаптований для установки двох систем виведення електронно-мікроскопічних зображень: система бокового виведення зображення, що забезпечує повне поле зору освітленого електронним пучком ділянки об'єкта з розділенням 1,0 нм, і система нижнього виведення зображення, що забезпечує поле зору 60 × 60 мм на рівні оглядового екрана з розділенням 0,34 нм. За бажанням споживача можлива установка будь-яких з цих систем або двох систем в комплексі. Керування системами виведення і аналізу електронно-мікроскопічних зображень здійснюється від того ж комп'ютера, який використовується для управління мікроскопом. Роздруківка електронно-мікроскопічних зображень здійснюється за допомогою високороздільного принтера.

Опис вузла.

Об'єктивна лінза представляє собою складний механічний вузол. Функціональне призначення лінзи полягає у формуванні первинного зображення досліджуваного об'єкта.

Лінза об'єктивна має в своєму складі два корпуси магнітопроводи – верхній і нижній, скріплені гвинтами і утворюють загальний магнітопровід. У корпусах розміщуються котушки. Магнітний потік лінзи проходить за нерозбірним полюсним наконечником, що складається з нижнього і верхнього башмаків. У

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 8 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

верхньому башмаку розташовується система відхилення юстирування конденсора. Зверху полюсний наконечник притиснутий пермалоевим екраном. У нижньому башмаку розташовується стігматор об'єктива, закріплений кришкою через пермалоевий екран.

Між верхнім і нижнім корпусами магнітопроводів розташований немагнітний корпус, закритий герметично кришкою. Немагнітний корпус служить основою, за якою переміщується каретка столу об'єкта. Переміщення каретки проводиться приводами столу і пружиною. У каретку встановлюється утримувач об'єкта. Установка утримувача об'єктів в каретку і його шлюзування проводиться об'єктоутримувачем. Для шлюзування проводиться відкачка об'єктоутримувача на форвакуум, для чого відкривається електромагнітний клапан. Після відкачки на форвакуум електромагнітний клапан закривається і проводиться відкривання шлюзу об'єкта. Для цього привід штока шлюзу злегка відтягується назад і знімається з фіксатора, після чого фіксатор відводиться в сторону і привід всувається. При цьому коромисло відкриває шлюз об'єкта і після невеликого провороту приводу за годинниковою стрілкою коромисло опускається вниз і шток об'єктоутримувача всувається.

Утримувач об'єктів фіксується в каретці, після чого шток об'єктоутримувача висувається назад.

Пристрій захисту від забруднень має металеву колбу для заливки рідкого азоту.

У приводах апертурних і селекторних діафрагм встановлені діафрагми з діаметрами отворів 0,03; 0,04 і 0,06 мм.

Об'єктивна лінза представляє собою котушки, укладені в феромагнітний магнітопровід з немагнітним зазором. Для охолодження котушок використовується проточна вода. В області зазору формується магнітне поле за допомогою полюсних наконечників і розташовується досліджуваний об'єкт, який вводиться в лінзу за допомогою шлюзового пристрою і переміщається приводами столу.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 9 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

Для корекції неоднорідності магнітного поля, що виникає в результаті неоднорідності матеріалу магнітопривода, використовується котушка стігматора. Для збільшення контрасту зображення отриманого в електронному мікроскопі, використовуються змінні апертурні діафрагми розміром 20–100 мм. Діафрагми поміщаються в приводі.

Для запобігання забрудненню об'єкта під впливом електронного пучка в лінзі використовується система захисту від забруднень поз. 12. Система складається з мідного хладопровода, один кінець, якого знаходиться в області досліджуваного об'єкта, а другий входить в металеву колбу, що містить рідкий азот.

Для нахилу електронного пучка на об'єкті використовується система відхилення.

Корпус лінзи виготовлений з феромагнітного матеріалу 50Н і є магнітопроводом. У корпусі розташовуються нижня котушка лінзи, нижній башмак полюсного наконечника, стігматор об'єктивної лінзи. Лінза встановлюється на проєкційний блок, при цьому не допускається перекос об'єктивної лінзи по відношенню до проєкційного блоку, з'єднання повинно бути герметичним.

Опис деталі.

Корпус нижній спільно з верхнім корпусом утворює загальний магнітопровід, магнітне поле в якому створюється котушками. Котушки відповідно розташовуються в нижньому і верхньому корпусах.

Полюсний наконечник знаходиться в середній частині верхнього і нижнього корпусів і концентрує магнітний потік в робочому зазорі полюсних наконечників.

Крім цього, в нижньому корпусі розташовується стігматор об'єктива. Точність виготовлення і з'єднання нижнього корпусу з верхнім, а також точність установки в ньому полюсного наконечника визначає таку важливу характеристику об'єктивної лінзи як астигматизм. Одночасно нижній корпус як корпусна деталь є несучим елементом верхньої частини колони по відношенню до нижньої. Жорсткість її кріплення по відношенню до нижньої, а також жорсткість кріплення

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 10 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

нижнього корпусу з верхнім корпусом об'єктивної лінзи визначають таку важливу характеристику як вібростійкість приладу.

Оскільки нижній корпус є складовою частиною магнітопровода лінзи, то для нього важливі такі магнітні властивості як малий магнітний опір, велика величина індукції насичення і мала коерцитивна сила.

Згідно з ГОСТ 17809-72, залізонікелеві сплави з вмістом нікелю 36,83%, звані пермалої, мають найвищі властивостями споживання. Пермалої – це сплави заліза з нікелем або заліза з нікелем і кобальтом, зазвичай леговані молібденом, хромом і деякими іншими елементами. Для поліпшення тих чи інших характеристик до їх складу вводять хром, молібден, мідь тощо. Величина їх магнітної проникності перевершує аналогічні показники для низьковуглецевих сталей в 15–103 разів. Пермалої – легко деформовані сплави. Однак деформація значно погіршує їх початкові магнітні властивості. Для відновлення властивостей проводять термооброблення за строго розробленим режимом: швидкість нагріву (до 900–1000°C), витримка і швидкість охолодження. Основна перевага пермалоїв – дуже високі значення магнітної проникності в слабких полях і мала величина коерцитивної сили. Недоліками пермалоїв є велика чутливість магнітних властивостей до механічних напружень, знижені значення індукції насичення і порівняно висока вартість. Високі магнітні властивості у пермалоїв отримують лише після відпалу готових виробів у водні або вакуумі, що ускладнює їх застосування.

Базування деталі.

Базування деталі у вузлі проводиться по 3-х поверхнях. Базування деталі по площині торця в розмір 91Н8 реалізує установчу базу (див. рисунок 1.1), що позбавляє деталь 3-х ступенів свободи: поступального переміщення уздовж осі Z і 2-х обертань: навколо осей X і Y.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 11 |

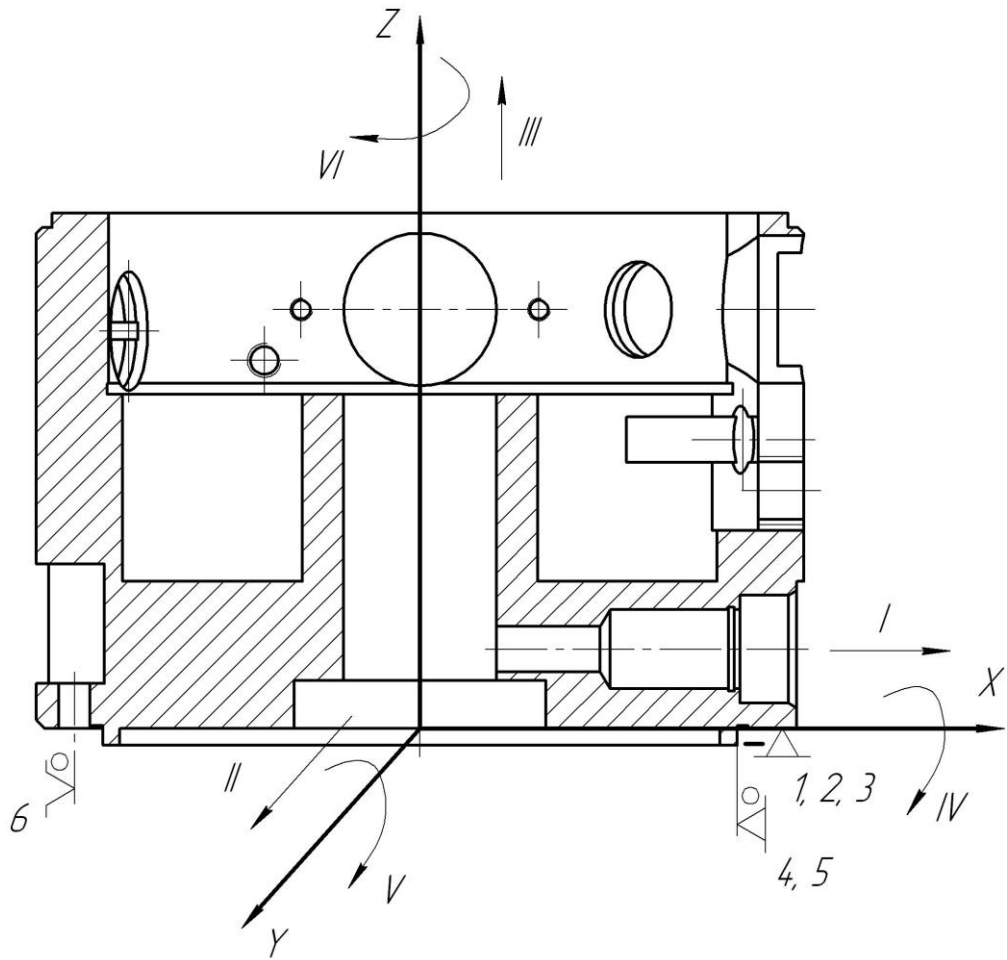


Рисунок 1.1 – Схема базування деталі у виробі

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 12 |

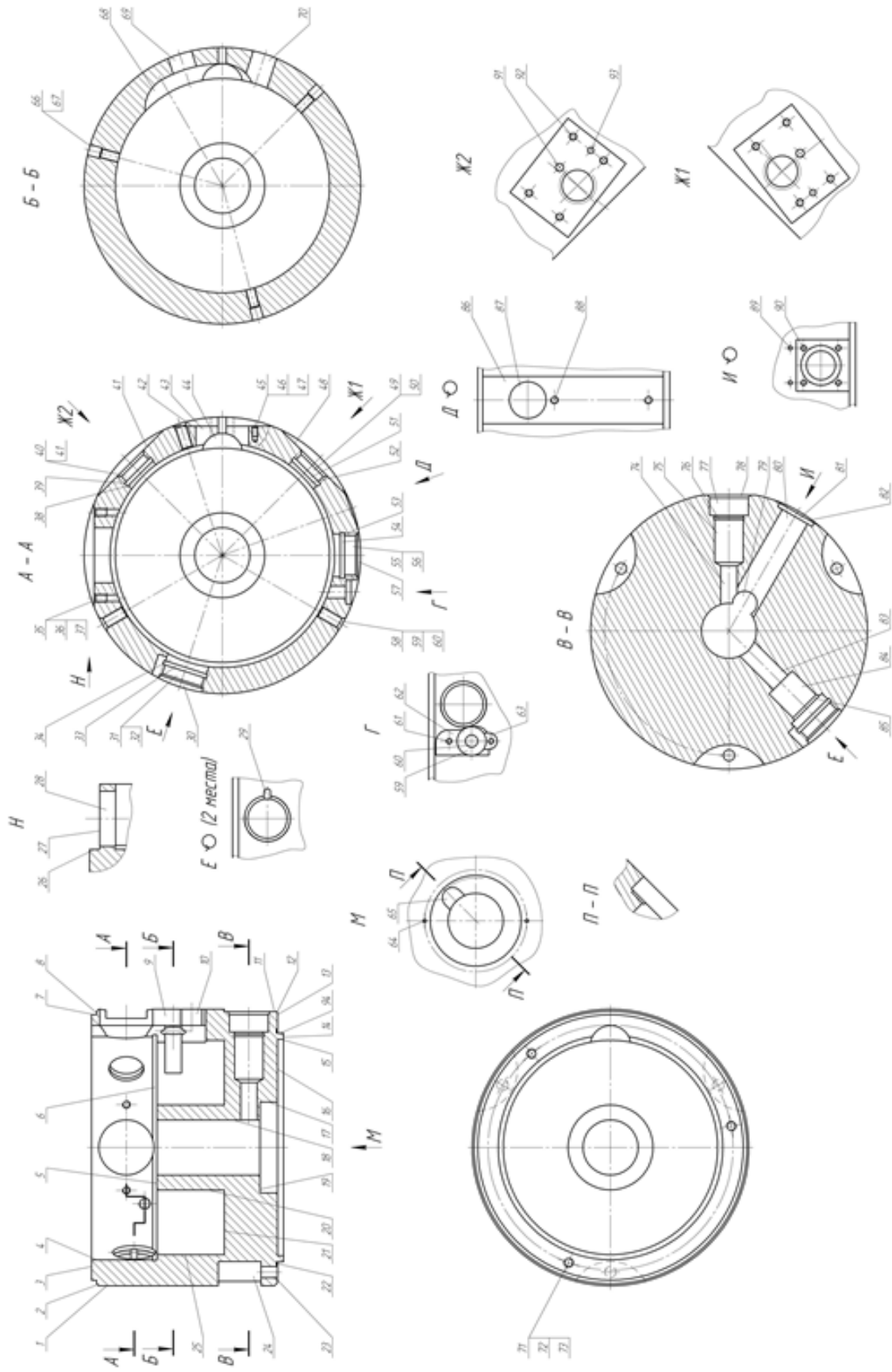


Рисунок 1.2 – Ескіз деталі

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|------|----------|-------|------|

ТМЗ 19190026-00.ПЗ

Арк.

13

Базування по циліндричній поверхні $\varnothing 112f9$ реалізує подвійну опорну базу, що позбавляє деталь 2-х ступенів свободи: поступальних переміщень вздовж осей X і Y. Опорна база реалізується при базуванні деталі по одному з 3-х отворів $\varnothing 5,5$ мм – деталь позбавляється 1-го ступеня свободи – обертання навколо осі Z. Таким чином, деталь позбавлена усіх 6-ти степенів свободи, має місце повний комплект баз.

Таблиця 1.1 – Таблиця відповідності

| Зв'язок | Ступінь свободи | Найменування бази |
|---------|-----------------|-------------------|
| 1, 2, 3 | III, IV, V | УБ |
| 4, 5 | I, II | ДОБ |
| 6 | VI | ОБ |

Таблиця 1.2 – Матриця зв'язків

| | X | Y | Z | Найменування бази |
|----------|---|---|---|-------------------|
| L | 0 | 0 | 1 | УБ |
| α | 1 | 1 | 0 | |
| L | 1 | 1 | 0 | ПОБ |
| α | 0 | 0 | 0 | |
| L | 0 | 0 | 0 | ОБ |
| α | 0 | 0 | 1 | |
| Σ | 2 | 2 | 2 | 6 |

На рисунку 1.2 приведений ескіз деталі з зазначенням номерів поверхонь. Відповідно до рисунка 1.2 поверхні деталі мають таке призначення:

- виконавчі поверхні: 10, 44, 68, 79;
- основні конструкторські бази (ОКБ): 13, 23, 94;
- допоміжні конструкторські бази (ДКБ): 2, 7, 9, 11, 15–21, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 32, 35, 40, 41, 42, 43, 45, 49, 55, 57–71, 75, 77, 81, 82, 84, 86–93.

Усі інші поверхні є вільними.

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ, ЩО ПРЕД'ЯВЛЯЮТЬ ДО КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Деталь «корпус нижній» можна віднести до типу корпусів. За конфігурацією деталь являє собою тіло обертання з центральним ступінчастим отвором. Габарити деталі – $\varnothing 135,5 \times 94$ мм, маса – 3,9 кг.

Конструкція деталі відрізняється наявністю великою кількістю гладких і різьбових східчастих отворів, які призначені для виконання основного функціонального призначення – надати деталям вузла певне взаємне положення. У той же час слід зазначити практичну відсутність допусків взаємного розташування поверхонь, що виконують функції основних і допоміжних конструкторських баз.

Розглянемо технічні вимоги, що пред'являють до найбільш точних поверхонь (див. креслення деталі у додатку А цієї роботи і рисунок 1.2).

Поверхня 3 – верхній торець деталі, виконаний в розмір 91H8 ($R_a = 0,63$ мкм). Дана поверхня виконує роль ДКБ. Висока розмірна точність (по IT8) цілком виправдана, тому що дана поверхня в парі з протилежним торцем деталі (поверхня 13), що виконує функції ОКБ, визначають довжину колони. Точність взаємного розташування зазначених поверхонь, допуск торцевого биття 10 мкм, має безпосередній вплив на точність розташування деталей вузла.

Поверхня 4 – $\varnothing 110H7$ ($R_z = 20$ мкм). Дана поверхня виконує роль ДКБ. Висока розмірна точність (по IT7) цілком виправдана, тому що дозволяє забезпечити посадку з гарантованим мінімальним зазором H7/g6.

Поверхня 5 – торець деталі, виконаний в розмір 32H8 ($R_a = 0,63$ мкм). Дана поверхня виконує роль ДКБ. Висока розмірна точність (по IT8) цілком виправдана, тому що дана поверхня забезпечує необхідне положення установлення деталі вузла всередині корпусу по висоті.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 15 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

Поверхня 7 – $\varnothing 130g6$ ($Rz = 20$ мкм). Дана поверхня виконує роль ДКБ. Висока розмірна точність (по IT6) цілком виправдана, тому що дозволяє забезпечити посадку з гарантованим мінімальним зазором H7/g6.

Поверхня 43 – отвір $\varnothing 26H9$ ($Rz = 20$ мкм). Дана поверхня виконує роль ДКБ. Розмірна точність по IT9 цілком виправдана, тому що дозволяє забезпечити посадку з гарантованим зазором H9/f9.

Поверхня 13 – торцева поверхня, яка виконується в розмір 91H8, тим не менш, має шорсткість $Ra = 12,5$ мкм. Розмірна точність по IT8 дозволяє забезпечити необхідну довжину колони в зборі. У той же час дана поверхня є ОКБ, поверхнею зовнішньою щодо вузла. Тому чистота поверхні по $Ra = 12,5$ мкм цілком виправдана.

Поверхня 28 – отвір $\varnothing 27H12$ ($Rz = 20$ мкм), поверхня 77 – отвір $\varnothing 19H7$ ($Ra = 0,63$ мкм), поверхня 84 – отвір $\varnothing 16H9$ ($Ra = 0,63$ мкм) є посадочними, тому їх розмірна точність і шорсткість цілком виправдані.

Матеріал деталі. З огляду на складні умови експлуатації деталі з точки зору електромагнітних полів, до матеріалу деталі пред'являються особливі вимоги.

Деталь виготовляють зі сплаву з особливими фізичними властивостями – сплав 50Н.

Марка сплаву: 50Н. Класифікація: сплав прецизійний магнітно-м'який. Застосування: для сердечників міжлампових і малогабаритних силових трансформаторів, дроселів, реле і деталей магнітних ланцюгів, що працюють при підвищених індукціях без підмагнічування або з невеликим підмагнічуванням; сплав має підвищену магнітну проникність і підвищену індукцію технічного насичення.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 16 |

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сплаву 50Н, у відсотках

| Fe | C | Si | Mn | Ni | S | P | Cu |
|---------------|---------|------------|-----------|-----------|---------|---------|--------|
| 48,33 – 50,55 | до 0,03 | 0,15 – 0,3 | 0,3 – 0,6 | 49 – 50,5 | до 0,02 | до 0,02 | до 0,2 |

Інші властивості:

- щільність: $\gamma=8,2$ г/см³;
- питомий електричний опір: $\rho=0,45$ Ом·мм²/м;
- температура точки Кюрі: $\Theta_c=500$ °С;
- магнітострикція насичення: $\lambda_s=25 \cdot 106$;
- твердість за Брінелем: 170/130 НВ;
- тимчасовий опір: $\sigma_B = 780/440$ МПа;
- межа текучості $\sigma_{0,2} = 685/145$ МПа;
- модуль нормальної пружності: $E=160$ кН/мм²;
- відносне подовження: $\delta_5=3/35$ %;
- відносне стиснення: $\varphi= 15/60$ %.

Сплав 50Н – це пермалой з вмістом 50% Ni, 50% Fe і дуже малим вмістом вуглецю. Величина індукції насичення 1,5–1,6 Тл (Тесла).

Прецизійний сплав 50Н відноситься до категорії низьконікелевих пермалоїв.

Пермалої – це залізонікелеві сплави з високою проникністю в слабких полях. По складу виділяють низьконікелеві (40–50% Ni), до яких і відносять сплав 50Н, і високонікелевих (72–82% Ni)). Поділ на ці групи залежить від ступеня зміщення магнітних і електричних характеристик залежно від процентного вмісту нікелю в сплаві. 50Н означає, що в сплаві присутній 50% нікелю. Електропровідність у низьконікелевих пермалоїв приблизно в два рази вище, ніж у високонікелевих. Це призводить до розмежування сфери застосування низьконікелевих і високонікелевих пермалоїв.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 17 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

Сплав 50Н для поліпшення електромагнітних властивостей легується різними елементами: молібденом, хромом, міддю і деякими іншими. Плавка металу здійснюється у вакуумі або нейтральних газах. Тонкі листи і стрічки штамнують холоднокатаними з подальшим високотемпературним відпалом для отримання високих магнітних властивостей. Пермалої володіють високими магнітними властивостями, здатністю легко намагнічуватися, але також і більшою чутливістю магнітних властивостей до зовнішніх напружень.

Завдяки низькій магнітострикції сплав 50Н застосовується в прецизійних магнітомеханічних пристроях та інших пристроях, де потрібна стабільність розмірів в мінливому магнітному полі. Електричний опір пермалою змінюється зазвичай в межах 5% залежно від сили і напрямку діючого магнітного поля.

Сплав 50Н використовується для виготовлення трансформаторних пластинок, для елементів магнітних записуючих головок. Спочатку, цей пермалой використовувався для зменшення спотворення сигналу в телекомунікаційних кабелях як компенсатор їх розподіленої ємності.

Магніторезистивні властивості сплаву 50Н використовують в датчиках магнітного поля, наприклад, в мікросхемах.

В цілому, аналіз технічних вимог, що пред'являють до конструкції деталі, показав їх обґрунтованість. Зазначені на кресленні вимоги наведені в повному обсязі. Креслення виконано відповідно до діючих рекомендацій та стандартів. Наведені на кресленні види, розрізи і перетини вказані в достатній для розуміння конфігурації деталі кількості.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підп.</i> | <i>Дата</i> | | 18 |

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ

Під час аналізу й проектування технологічного процесу механічної обробки деталі необхідно обов'язково враховувати тип виробництва виробів. Згідно з ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о}$, який показує відношення усіх різних операцій, виконуваних підрозділом впродовж місяця, до числа робочих місць. В результаті визначення типу виробництва табличним методом (з урахуванням маси деталі 3,9 кг і річної програми випуску виробів 400 шт.) маємо дрібносерійний тип виробництва.

Уточнимо тип виробництва через розрахунок коефіцієнта $K_{з.о}$ для річного обсягу випуску виробів $N_{річ} = 400$ шт. та технічних норм часу згідно з інформацією про існуючий технологічний процес виготовлення деталі за методикою [1].

Згідно з методикою [1] визначимо кількість потрібного металорізального устаткування за формулою

$$m_p = (N_{річ} \cdot T_{шт}) / (60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н}),$$

де $T_{шт}$ – штучний час на операцію (див. таблицю 3.1), хв.;

$F_d = 4015$ год. – дійсний річний фонд часу роботи устаткування [1];

$\eta_{з.н} = 0,8$ – нормативний коефіцієнт завантаження устаткування (для умов серійного типу виробництва).

Проміжні результати обчислення $K_{з.о}$ наведемо в таблиці 3.1.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 19 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

Таблиця 3.1 – Розрахунок $K_{з.о}$

| № операції | Найменування операції | $T_{шт}$ хв. | m_p | P | $\eta_{з.ф}$ | O |
|------------|---------------------------|-----------------|--------|-----|--------------|--------|
| 1 | Токарно-гвинторізна | 6,40 | 0,0133 | 1 | 0,0133 | 60,23 |
| 2 | Токарно-гвинторізна | 12,40 | 0,0257 | 1 | 0,0257 | 31,08 |
| 3 | Координатно-розточувальна | 24,20 | 0,0502 | 1 | 0,0502 | 15,93 |
| 4 | Координатно-розточувальна | 18,20 | 0,0378 | 1 | 0,0378 | 21,18 |
| 5 | Вертикально-фрезерна | 8,80 | 0,0183 | 1 | 0,0183 | 43,80 |
| 6 | Токарно-гвинторізна | 8,40 | 0,0174 | 1 | 0,0174 | 45,89 |
| 7 | Токарно-гвинторізна | 7,20 | 0,0149 | 1 | 0,0149 | 53,53 |
| Сума: | | | | 7 | | 271,63 |

Як приклад, для «першої» механічної операції ($T_{шт} = 6,4$ хв.) кількість потрібного устаткування на операцію становитиме

$$m_p = (400 \cdot 6,4) / (60 \cdot 4015 \cdot 0,8) = 0,0133.$$

Округливши отримане значення до цілих в більшу сторону маємо – $P = 1$ верстат.

Аналогічно робимо для інших операцій.

Для кожної операції обчислюємо значення фактичного коефіцієнта завантаження робочого місця за формулою [1]:

$$\eta_{з.ф} = m_p / P.$$

Для «першої» операції маємо:

$$\eta_{з.ф} = 0,0133 / 1 = 0,0133.$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 20 |

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці, визначаємо за формулою [1]

$$O = \eta_{з.н} / \eta_{з.ф}.$$

Для «першої» операції маємо

$$O = 0,8 / 0,0133 \approx 60,23.$$

Визначимо значення коефіцієнта закріплення операцій за формулою

$$K_{з.о} = \Sigma O / \Sigma P = 271,63 / 7 = 38,81.$$

Відповідно до [1, 2] для умови $20 < K_{з.о} = 38,81 < 40$ маємо дрібносерійний тип виробництва

При дрібносерійному типі виробництва вироби виготовляють партіями або серіями, що складаються з однойменних, однотипних за конструкцією і типорозмірами виробів, що запускають у виробництво одночасно [1, 2].

Застосовується різноманітне технологічне устаткування й оснащення: верстати універсальні і з числовим програмним керуванням, оснащення універсальне, стандартизоване з механізованим і ручним приводом. Обробка заготовок проводиться партіями з послідовним виконанням операцій. Устаткування розташовується, в основному, за групами верстатів.

Середня кваліфікація основних виробничих робітників при цьому є вищою, ніж в масовому виробництві, але нижчою, ніж в одиничному. Серійне виробництво є значно економнішим, ніж одиничне, так як краще використання спеціального обладнання і оснастки (за рахунок великих партій оброблюваних деталей) дозволяє зменшити собівартість продукції.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 21 |

Беремо форму організації робіт в умовах дрібносерійного виробництва – групову.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом за формулою [1]:

$$n = (N \cdot a) / 259,$$

де $a = 24$ – періодичність запуску в днях (кількість робочих днів на місяць) [1].

$$n = (400 \cdot 24) / 259 = 37,1 \text{ шт.}$$

Беремо $n = 38$ шт.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підп.</i> | <i>Дата</i> | | 22 |

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Аналіз технологічності конструкції деталі – це якісна і кількісна оцінка того, наскільки простою і зручною є деталь для виготовлення, наскільки раціонально при цьому використовується матеріал заготовки, чи достатньо на кресленні конструкторських розмірів для складання технологічного процесу і наскільки раціонально вони проставлені. Також виявляється необхідність отримання поверхонь певної точності і чистоти.

Підвищення технологічності конструкції дозволяє знизити трудомісткість і собівартість її виробництва без шкоди службовому призначенню. Згідно з завданням проведемо якісний аналіз деталі на технологічність, тобто узагальнено охарактеризуємо технологічність деталі з урахуванням матеріалу, геометричної форми деталі, якості поверхонь, а також проставлених розмірів.

Аналіз технологічності проводиться за кресленням деталі ЦФ 7.772.160 «корпус нижній».

Основні напрямки оцінювання технологічності деталі:

- при виготовленні деталі неможливо змінити використовуваний матеріал тому, що для її службового призначення важливу роль відіграють саме фізико-механічні властивості залізонікелевого сплаву. Тому можлива тільки заміна використовуваного матеріалу на іншу марку ЖР-005ВД ГОСТ 11036-75 цього ж типу за відсутності даного. В іншому випадку ця заміна є недоцільною. При цьому слід пам'ятати, що сплав 50Н є досить дорогим та рідким матеріалом, що робить його використання нетехнологічним;

- деталі, що входять до складу колони мікроскопа мають раціональну конструкцію, яка необхідна для виконання його службових функцій, тому спрощення її призведе до порушення роботи вузла та виробу в цілому. Можливою є тільки незначна зміна розмірів вільних поверхонь, але це на наш погляд є недоцільним.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 23 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

Деталь являє собою циліндричне тіло зі складною конфігурацією, що відноситься до III групи складності корпусних деталей. Внутрішні контури деталі мають досить складну форму і різкі перепади діаметрів. Іншими словами така деталь є дуже нетехнологічною з цієї точки зору через важкодоступність інструменту до деяких зон обробки і неекономічного використання матеріалу з-за великих обсягів металу, що повинен бути видалений, але як-небудь істотно спростити конструкцію деталі неможливо, так як всі її нетехнологічні елементи обґрунтовані її функціональним призначенням.

Зупинимося на цьому докладніше. До нетехнологічним елементам можна віднести:

1) отвори на бокових циліндричних поверхнях просвердлити досить важко, навіть з використанням кондуктора через викривлення осі свердла, тому для свердління таких отворів необхідно попередньо підготувати оброблювану поверхню, наприклад, фрезерувати лиску, а це додаткова операція. Проте, наявність цих отворів обґрунтовано їх функціональним призначенням;

2) східчасті бокові отвори, що мають канавки, фаски і галтелі є нетехнологічними через важкодоступність для обробки (наприклад, канавка шириною $2^{+0,3}$ мм знаходиться в отворі $\varnothing 22,5$ на глибині $10^{+0,4}$ мм). Конструкцію отворів спростити не можна, тому що всі його елементи також виконують певні функції;

3) велика кількість кутових розмірів, що вимагає для виготовлення додаткові точні кутові й ділильні пристосування і працівників вищої кваліфікації. Наявність цих нетехнологічних елементів також обґрунтовано функціональним призначенням деталі;

4) великий обсяг матеріалу, що видалється, через наявність внутрішніх порожнин, що є неекономічним використанням матеріалу, що підвищує собівартість виготовлення деталі через дорожнечу матеріалу.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 24 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

Незначні маса (3,9 кг) та габарити ($\varnothing 135,5 \times 94$ мм) деталі можна віднести до технологічних ознак. Такі характеристики деталі дозволяють використовувати під час її виготовлення малогабаритне устаткування та не потребують для транспортування та переустановки додаткових засобів механізації тощо.

Саме креслення є досить громіздким, має багато видів, розрізів, в тому числі і східчастих, що ускладнює його читання і розуміння конфігурації деталі в цілому.

Таким чином, в цілому деталь є нетехнологічною, але конфігурація її диктується функціональним призначенням її у вузлі, а значить змінювати будь-яким чином конфігурацію деталі є небажаним.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підп.</i> | <i>Дата</i> | | 25 |

5 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ

У машинобудуванні основними видами заготовок для деталей машин є сталеві і чавунні виливки, виливки з кольорових металів і сплавів, поковки та різноманітні профілі прокату.

Спосіб отримання заготовки повинен бути найбільш економічним при заданому обсягу випуску деталей.

У заводському варіанті технологічного процесу виготовлення деталі заготовку зі сплаву 50Н ГОСТ 10994-74 отримують відрізанням з круглого прокату, див. рисунок 4.1. До переваг такого способу отримання заготовок відносять простоту й дешевизну. Недоліки – великі припуски на механічну обробку і напуски, наявність дефектів поверхні, що призводить до швидкої поломки інструменту особливо під час точіння.

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу для заводського варіанту способу отримання заготовки:

$$K_{и.м} = m_d / m_з = 3,9 / 15,5 = 0,252,$$

де m_d – маса деталі;

$m_з$ – маса заготовки (прокату).

Коефіцієнт використання матеріалу з урахуванням відходів виробництва обчислимо за формулою

$$K_{в.м.в} = m_d / (m_з + m_{в.в}) = 3,9 / (15,5 + 1,5) = 0,229,$$

де $m_{в.в}$ – маса відходів виробництва.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 26 |

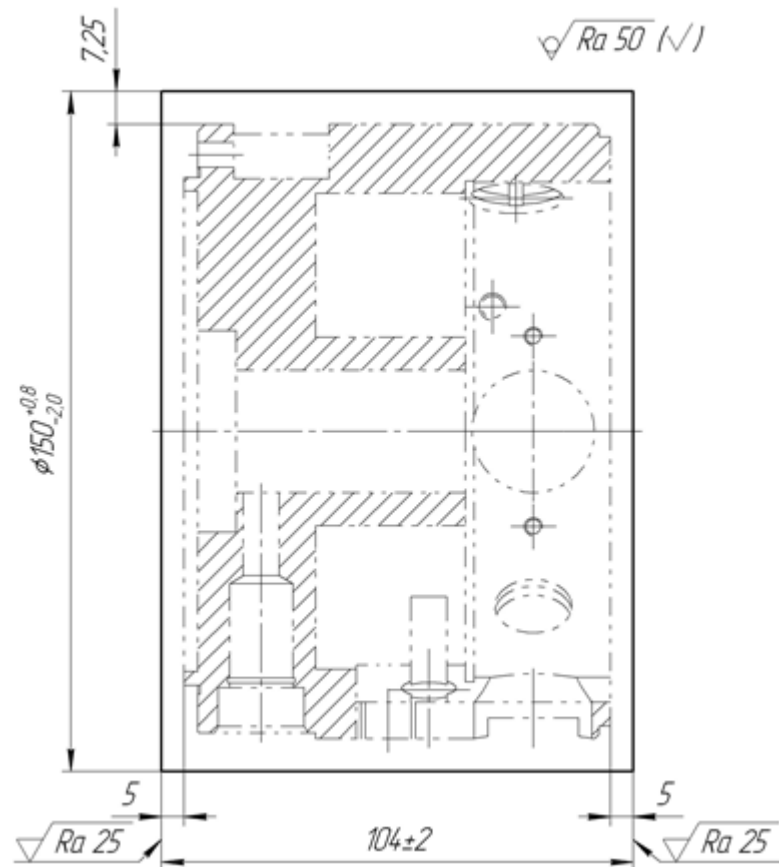


Рисунок 5.1 – Ескіз заготовки

Як видно з наведених розрахунків, з точки зору використання матеріалу розглянутий спосіб отримання заготовки є неефективним. Однак у зв'язку з особливими властивостями сплаву 50Н залишаємо базовий варіант отримання заготовки – відрізанням круглого прокату.

Вибір способу отримання заготовки виконаємо після розрахунку собівартості отримання заготовки за варіантами (для круглого прокату й поковки штампуванням на КГШП) відповідно до методики [2].

Відповідно до методики [2] собівартість заготовки з прокату визначимо за формулою

$$S_{np} = M + \sum C_{o.3},$$

| | | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 27 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | | | | | |

де M – витрати на матеріал заготовки;

$\Sigma C_{o.з}$ – технологічна собівартість операцій правки, калібрування прутків (за необхідності), розрізання їх на штучні заготовки:

Витрати на матеріал визначимо за формулою

$$M = QS - (Q - q) \frac{S_{вдх}}{1000},$$

де Q – маса заготовки, кг;

S – ціна 1 кг матеріалу заготовки;

q – маса готової деталі, кг;

$S_{вдх}$ – ціна 1 т відходів, грн.

При $Q = 15,5$ кг, $S = 48$ грн., $q = 3,9$ кг, $S_{вдх} = 4800$ грн. маємо $M = 688,32$ грн.

З урахуванням собівартості додаткової обробки заготовки: на правку і розрізання прокату – 38 грн й зняття додаткових напусків і припусків (порівняно з заготовкою отримуваною штампуванням на КГШП) – 50 грн. маємо собівартість отримання заготовки, отримуваної з прокату $S_{пр} = 776,32$ грн.

Відповідно до методики [2] собівартість заготовки, одержуваної штампуванням можна визначити за формулою

$$S_{пок} = (C_i/1000) \cdot Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} - (Q - q) \cdot S_{вдх}/1000,$$

де C_i – базова вартість 1 т заготовок, грн;

k_T – коефіцієнт, що залежить від класу точності поковки;

k_c – коефіцієнт, що залежить від групи складності поковки;

k_B – коефіцієнт, що залежить від маси поковки;

k_M – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу поковки;

k_{II} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовок;

Q – маса поковки, кг;

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 28 |

q – маса готової деталі, кг;

$S_{вдх}$ – ціна 1 т відходів, грн.

Для поковки одержуваної штампуванням: $Q = 14,2$ кг, $q = 3,9$ кг,
 $C = 98000$ грн., $k_t = 1,0$, $k_c = 1,0$, $k_b = 0,73$, $k_m = 1,0$, $k_n = 0,85$, $S_{вдх} = 4800$ грн.

Тоді $S_{пок} = 814,05$ грн.

Таким чином співставлення способів отримання заготовок за варіантами
віддає перевагу круглому прокату.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підп.</i> | <i>Дата</i> | | 29 |

6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

6.1 Визначення припусків на оброблення поверхні обертання аналітичним способом

Виконаємо розрахунок операційних припусків і розмірів на обробку зовнішньої циліндричної поверхні d130g6 згідно з розрахунково-аналітичним методом проф. Кована В. М. [1].

В основі методики проф. Кована В. М. лежить розрахунок мінімального припуску, величина якого визначається за формулою

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

де Z_{\min_i} – мінімальний припуск на i -ому переході (етапі) оброблення;

Rz_{i-1} – шорсткість поверхні, що формується на попередньому ($i-1$) переході (етапі) оброблення;

T_{i-1} – величина дефектного шару, що формується на на попередньому ($i-1$) переході (етапі) оброблення;

E_i – похибка установки заготовки на поточному i -му переході (етапі) оброблення;

ρ_{i-1} – величина просторових відхилень, що формується на на попередньому ($i-1$) переході (етапі) оброблення.

Початкові дані для розрахунку припусків включають в себе:

1. Маршрут обробки поверхні з урахуванням заготівельної операції:

- прокат – кл. точності В;
- чорнове точіння – h12;
- чистове точіння – h8;

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 30 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

- тонке точіння – гб.

2. Шорсткість поверхні і величину дефектного шару за переходами:

- прокат – $Rz = 200$ мкм, $H = 300$ мкм;

- чорнове точіння – $Rz = 60$ мкм, $H = 60$ мкм;

- чистове точіння – $Rz = 30$ мкм, $H = 30$ мкм;

- тонке точіння – величини шорсткості і дефектного шару в розрахунках не використовуються.

3. Величина просторових відхилень.

Початкова величина просторових відхилень заготовки буде визначатися в основному викривленням прокату: $\rho_{\text{заг}} = \rho_{\text{кор}} = 740$ мкм [1].

Величина просторових відхилень для механічних операцій розраховується з урахуванням коефіцієнтів уточнення K_y (0,06 – для чорнового точіння, 0,05 – для чистового точіння)[1]:

$$\rho_{\text{чїрн точ}} = \rho_{\text{заг}} \cdot 0,06 = 45 \text{ мкм,}$$

$$\rho_{\text{чист точ}} = \rho_{\text{заг}} \cdot 0,05 = 37 \text{ мкм.}$$

4. Похибка установки заготовки включає в себе похибку базування і похибку закріплення заготовки. Приймаємо похибку базування заготовки на всіх переходах рівною нулю, тому що заготовка під час точіння встановлюється у 3-х кулачковому самоцентруючому токарному патроні.

Похибку закріплення приймаємо згідно з [1]:

- чорнове точіння – 600 мкм;

- чистове точіння – 140 мкм;

- тонке точіння – 70 мкм.

Розрахунок припусків і операційних розмірів виконаємо на ЕОМ. Результати розрахунку наведемо у таблиці 6.1.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 31 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

Таблиця 6.1 – Результати розрахунку операційних припусків і розмірів

| Расчетные значения | | Принятые значения, мм | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-----------------------|------------------|---|-------------------|--------------|--------------|-------|------|------|
| припуск, мкм | | расчетный размер, мм | расчетный размер | номинальный размер с предельными отклонениями | предельный размер | | припуск, мкм | | | |
| миним | расч. | | | | минимальный | максимальный | миним | расч. | макс | |
| - | - | 137.706 | 137.8 | 137 | +0.800 | 135 | 137.8 | - | - | - |
| 2906 | 5706 | 131.435 | 132 | 132 | -2.000 | | | | | |
| 535 | 935 | 130.328 | 130.5 | 130.5 | 0 | 131.6 | 132 | 3000 | 5800 | 6200 |
| | | | | | -0.400 | | | | | |
| | | | | | 0 | 130.437 | 130.5 | 1100 | 1500 | 1563 |
| | | | | | -0.063 | | | | | |
| 279 | 342 | 129.986 | 129.986 | 130 | -0.014 | 129.961 | 129.986 | 451 | 514 | 539 |
| | | | | | -0.039 | | | | | |

Схему розміщення полів припусків і допусків наведено на рисунку 6.1.

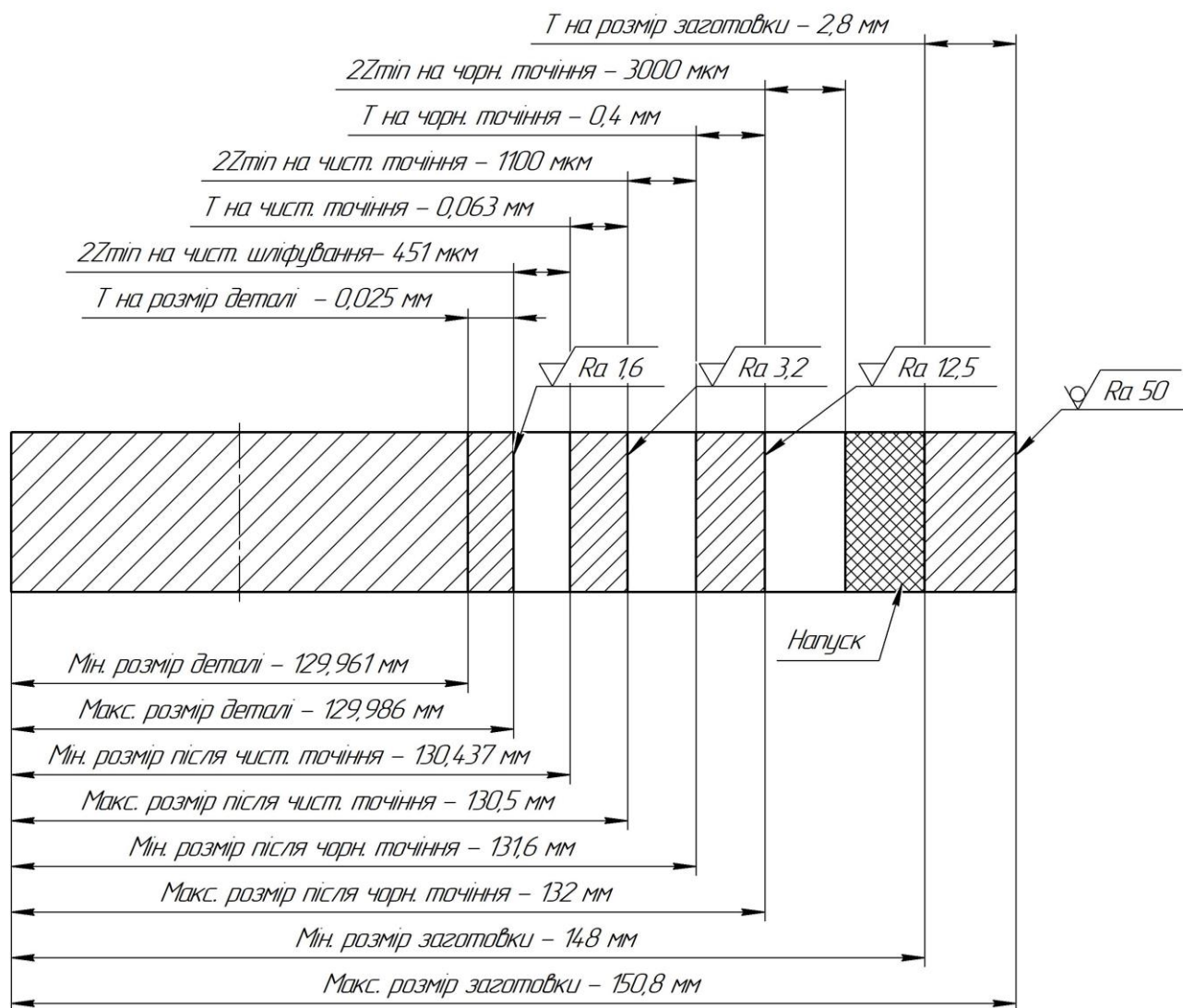


Рисунок 6.1 – Схема розміщення полів припусків і допусків під час оброблення зовнішньої циліндричної поверхні $d130g6$

6.2 Аналіз схеми базування та закріплення заготовки

Операція 015 токарна з ЧПК. На операції 015 токарно-гвинторізній реалізується попередня обробка заготовки точінням. Знімається основна частина припусків і напусків. Операція реалізується за 2 установи заготовки з закріпленням в токарному трикулачковому патроні.

У пропонованому технологічному процесі на даній операції планується використання токарного верстата з програмним керуванням, з попереднім налаштуванням верстата. У зв'язку з цим важливе значення має аналіз обраної схеми установки заготовки з точки зору похибки базування.

На рисунку 6.2 показана пропонована схема установки заготовки. Як видно з малюнка 6.2 на установках А і Б заготовка позбавляється 5-ти ступенів свободи: установча база за лівим торцем заготовки позбавляє останню 3-х ступенів свободи (1 – поступального переміщення уздовж центральної осі (осі X), 2 і 3 – обертання навколо осі Y та Z просторової системи координат); подвійна опорна база за зовнішньою циліндричною поверхнею позбавляє заготовку ще 2-х ступенів свободи (2-х поступальних переміщень вздовж осі Y та Z). Таким чином, вакантним залишається обертання заготовки навколо центральної осі (осі X).

Похибка базування для лінійних і діаметральні розмірів заготовки в даному випадку буде дорівнювати нулю, тому що технологічна та вимірювальна бази для усіх забезпечуваних операційних розмірів збігаються (реалізується принцип суміщення баз).

Операція 090 фрезерна з ЧПК. На операції 090 вертикально-фрезерній реалізується оброблення 3-х пазів $H = 21^{+0,4}$ мм, R20 мм фрезеруванням. Пропонована схема базування представлена на рисунку 6.3. При установці заготовки на нижній торець діаметром 130 мм реалізується установча база, заготовка позбавляється 3-х ступенів свободи: 2-х обертань (навколо осі X та Y) і 1-го поступального переміщення (уздовж центральної осі деталі (осі Z)).

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 33 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

За внутрішнім циліндричним ступенем діаметром 110H7 реалізується подвійна опорна база, що позбавляє заготовку ще 2-х ступенів свободи (2-х поступальних переміщень відповідно вздовж осі X та Y). Останнього 6-го ступеня свободи заготовка позбавляється шляхом установки в боковому отворі діаметром 19H7 конічного пальця (при цьому реалізується опорна база, що позбавляє заготовку обертання навколо центральної осі деталі (осі Z)). Таким чином, має місце повний комплект баз (виконується правило шести точок).

При установці заготовки має місце похибка базування на розмір $11,5 \pm 0,09$ мм, тому що вимірювальна база (верхній торець заготовки) та технологічна база (нижній торець заготовки) не збігаються. Зазначені поверхні пов'язані технологічним розміром $94,5h12_{(-0,35)}$. Однак допуск на розмір 94,5 мм $T_{94,5h12} = 0,35$ мм, що перевищує величину допуску на розмір 11,5 мм – $T_{11,5} = 0,18$ мм, що є неприйнятним. Посилимо допуск на розмір 94,5 мм виконавши його за 10 квалітетом розмірної точності, тоді маємо виконання такої умови

$$T_{94,5h10} = 0,14 \text{ мм} < T_{11,5} = 0,18 \text{ мм.}$$

Точність розмірів R20 мм і $21^{+0,4}$ мм забезпечується в першу чергу точністю позиціонування робочих органів верстата (при багатопрохідному фрезеруванні) і точністю самої фрези (геометрією її ріжучої частини, ступенем зношення тощо).

При установці за жорстким циліндричним пальцем і отвором діаметром 110H7 має місце зазор між поверхнею пальця і поверхнею базового отвору. Похибка базування визначається ексцентриситетом – можливим зміщенням центру заготовки (базового отвору) щодо центру пальця [3]:

$$\varepsilon_{\delta} = \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta,$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 36 |

де δ_1 – допуск на діаметр отвору ($T_{\varnothing 110H7} = 0,035$ мм);

δ_2 – допуск на діаметр пальця ($T_{\varnothing 110g6} = 0,022$ мм);

Δ – мінімальний радіальний зазор для посадки заготовка-палець (0,012 мм).

$$\varepsilon_{\delta} = 0,035 + 0,022 + 2 \cdot 0,012 = 0,081 \text{ мм.}$$

В результаті маємо виконання такої умови

$$\varepsilon_{\delta} = 0,081 \text{ мм} < T_{12} = 0,4 \text{ мм,}$$

що є цілком прийнятним.

6.3 Обґрунтування вибору технологічного устаткування

Операція 015 токарна з ЧПК. З урахуванням серійного типу виробництва, методів обробки (точінням), можливості підвищення продуктивності обробки шляхом скорочення допоміжних переходів, пов'язаних з реалізацією процесу різання, з урахуванням габаритів робочого простору та інших технологічних можливостей перевагу при виборі верстата віддаємо токарно-гвинторізному верстату з ЧПК моделі OPTturn L44. Характеристику верстата наведемо у таблиці 6.2.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 37 |

Таблиця 6.2 – Технічна характеристика верстата OPTiturn L44

| Найменування параметра | Величина |
|--|----------------|
| Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм: | |
| - над станиною | 446 |
| - над супортом | 240 |
| Міжцентрова відстань, мм | 850 |
| Висота розміщення центрів, мм | 223 |
| Прохідний отвір шпинделя, мм | 52 |
| Частота обертання шпинделя, об/хв. | 3500 |
| Діаметр патрона, мм | 160 |
| Потужність привода шпинделя, кВт | 8 |
| Кількість інструментів автоматичної системи заміни інструмента | 8 |
| Перетин різця, мм | 20 × 20 |
| Повторюваність, мм | 0,005 |
| Позиціонування, мм | ±0,005 |
| Вісь X | |
| Переміщення за віссю, мм | 250 |
| Швидкість робочої подачі за віссю, мм/хв | 15000 |
| Вісь Z | |
| Переміщення за віссю, мм | 760 |
| Швидкість робочої подачі за віссю, мм/хв | 15000 |
| Габаритні розміри (Д×Ш×В), мм | 2440×2240×1800 |
| Маса, кг | 2100 |

Операція 090 фрезерна з ЧПК. Устаткування на операцію вибираємо з урахуванням методу обробки (фрезеруванням), типу виробництва (дрібносерійного), габаритів заготовки (Ø130×95 мм), запропонованої схеми базування (див. рисунок 6.3), яка передбачає вертикальну компоновку верстата. На операції виконується одноінструментальне оброблення 3-х пазів: наявність інструментального магазину є не обов'язковою. Аналіз наведених даних віддає

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 38 |

перевагу вертикальному фрезерному верстату з ЧПК моделі 6P13Ф3-01, характеристики якого наведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Технічна характеристика верстата 6P13Ф3-01

| Наименование параметра | Величина |
|---|----------------------|
| Розміри робочої поверхні столу, мм | 1600×400 |
| Найбільше переміщення столу, мм: поздовжнє, поперечне, вертикальне | 1000, 400, 430 |
| Відстань від осі горизонтального (торця вертикального) шпинделя до робочої поверхні столу, мм | 70–500 |
| Межі частот обертання основного шпинделя, об/хв.: | 31,5–1600 |
| Діапазон подач столу, мм/хв.: поздовжніх й поперечних вертикальних | 12,5–1600 4,1–530 |
| Найбільша маса оброблюваної заготовки (з верстатним пристроєм), кг | 630 |
| Потужність електродвигунів приводів, кВт: основного шпинделя подач столу | 11 3 |
| Конус основного шпинделя згідно з ГОСТ 30064-93 | N50 |
| Габаритні розміри верстата, мм: довжина × ширина × висота | 2570×2252×2430 |
| Маса верстата з електрообладнанням, кг | 4300 |

6.4 Обґрунтування вибору технологічної оснастки

Операція 015 токарна з ЧПК. Ефективне використання верстата з ЧПК вимагає застосування механізованих засобів технологічного оснащення, в тому числі, використовуваних для закріплення заготовки. Згідно з обґрунтуванням вибору металорізального верстата (див. п. 6.3 цієї роботи) обточування заготовки на операції 015 буде реалізовано з використанням токарного верстата з ЧПК моделі OPTturn L44. Цей верстат оснащується токарним самоцентрувальним патроном з гідравлічним приводом закріплення заготовки (токарний патрон

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 39 |

входить до складу поставки верстата). Використання патрону з механізованим приводом дозволить покращити умови праці оператора, зменшити час на закріплення-розкріплення заготовки, зменшити похибку закріплення заготовки, що у свою чергу сприятиме стабілізації точності оброблення поверхонь. Гідравлічний привод, як відомо, забезпечує значну силу закріплення заготовки.

З огляду на метод обробки, особливості обладнання, оброблюваного матеріалу, в якості ріжучого інструменту використовуємо прохідні й розточувальні різці з твердосплавними непереточуваними ріжучими пластинами й швидкорізальні свердла зі зносостійким покриттям.

Так, для підрізання торця та обточування зовнішньої циліндричної поверхні заготовки скористаємося різцем PCLNR2020M16 T5K10 ТУ 2-035-892-82. Для свердління отвору під подальше розточування – свердло 035-2301-1060 P6M5 ОСТ 2И20-2-80. Для розточування центрального отвору – різець К.01.49.82.000-00 T5K10 ТУ 2-035-1040-86. Для розточування торцевої канавки скористаємося різцем спеціальним з напайною пластиною з твердого сплаву T5K10.

Як вимірювальний інструмент, з урахуванням точності забезпечуваних розмірів згідно з 12–14 квалітетом, номінальних значень розмірів та умов виробництва, беремо універсальний шкальний інструмент типу штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 й ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89. Для контролю якості оброблених поверхонь скористаємося зразками шорсткості згідно з ГОСТ 9378-93.

Операція 090 фрезерна з ЧПК. Для підвищення продуктивності обробки шляхом зниження витрат часу на установку і закріплення заготовки скористаємося спеціальним верстатним пристосуванням з механізованим (наприклад пневматичним) приводом. Установчий елемент для базування заготовки – короткий циліндричний палець.

Як ріжучий інструмент для оброблення пазів беремо спеціальну 3-х сторонню фрезу дискового типу: $D_{фр} = 40$ мм, $B = 8$ мм, $z = 8$, P6M5.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 40 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89, шаблон радісний R20 мм. Для контролю якості оброблених поверхонь скористаємося зразками шорсткості згідно з ГОСТ 9378-93.

6.5 Розрахунок режимів різання

Операція 015 токарна з ЧПК. Виконаємо розрахунок режимів різання на перехід поздовжнього точіння зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 138_{-0,4}$ мм. Поздовжнє обточування зазначеної поверхні виконується за 2 проходи.

1. Визначимо глибину різання з урахуванням розміру заготовки $\varnothing 150$ мм і умови обробки поверхні за 2 проходи – $t = 3$ мм.
2. Відповідно до методики [4] визначимо величину подачі для умов попередньої обробки заготовки. Беремо $S_o = 0,8$ мм / об.
3. Визначимо швидкість різання, допустиму умовами обробки.

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_o^y} \cdot K_v,$$

де $C_v = 340$ – коефіцієнт, що враховує умови обробки поверхні;

$$m = 0,20,$$

$$x = 0,15,$$

$$y = 0,45,$$

$T = 40$ хв. – стійкість інструмента [2];

$K_v = K_{MV} \cdot K_{PIV} \cdot K_{IIV}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки K_{MV} , стан оброблюваної поверхні K_{PIV} , матеріал ріжучої частини інструмента K_{IIV} .

$$\text{Відповідно до [4]} \quad K_{MV} = K_r \cdot (750 / \sigma_s)^{mv} = 1,0 \cdot (750/440)^{1,75} = 2,543.$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 41 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

За умови різання «по корці» маємо $K_{ПВ1} = 0,8$.

Для матеріалу ріжучої частини Т5К10 маємо – $K_{ИV} = 0,65$.

В такому разі допустима умовами оброблення швидкість різання становитиме

$$V_1 = \frac{340}{40^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 2,543 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 201,57 \text{ м/хв.}$$

4. Визначимо частоту обертання заготовки.

Відповідно до [4] маємо

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 201,57}{\pi \cdot 138} = 464,941 \text{ об/хв.}$$

Беремо $n = 460$ об/хв.

Тож фактична швидкість різання становитиме $V = 199,428$ м/хв.

5. Згідно з [4] визначимо величину тангенціальної складової сили різання за формулою

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

де $C_p = 300$,

$x = 1,0$,

$y = 0,75$,

$n = -0,15$,

$K_p = K_{MP} \cdot K_{ФP} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,597$ – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання.

Маємо

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 42 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^{1,0} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 199,428^{-0,15} \cdot 0,597 = 2052,464 \text{ Н.}$$

Відповідно до [4] визначимо потужність різання за формулою

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2052,464 \cdot 199,428}{1020 \cdot 60} = 6,688 \text{ кВт.}$$

За умови потужності головного приводу 8 кВт для обраного для операції верстата OPTturn L44 потужність на шпинделі верстата з урахуванням ККД 0,85 складає $N_{\text{шп}} = 6,8$ кВт, що перевищує розрахункову величину потужності різання. Тож визначені режими різання можна реалізувати на вибраному верстаті.

Визначимо основний час T_o на зазначений перехід. Основний час визначимо за відомою формулою

$$T_o = L \cdot i / S_o \cdot n,$$

де $L = l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}}$,

$l = 70$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

$l_{\text{вр}} = 2$ мм – довжина врізання;

$l_{\text{пер}} = 0$ мм – довжина перебігу (за умови точіння до упору);

$i = 2$ – кількість проходів.

Для першого переходу маємо

$$T_o = (70+2) \cdot 2 / (0,8 \cdot 460) = 0,641 \text{ хв.}$$

Для інших переходів операції елементи режимів різання вибираємо згідно з нормативами [5]. Режими різання на токарну операцію за переходами наведемо в таблиці 6.4.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 43 |

Таблиця 6.4 – Режими різання на токарну з ЧПК операцію 015

| Номер, вміст переходу | D, мм | L, мм | t, мм | i | S _o , мм/об | n, об/хв | V, м/хв | T _o , хв |
|---|-------|-------|-------|----|------------------------|----------|---------|---------------------|
| А.1. Підрізати торець в розмір 100 _{-0,35} мм | 150 | 78 | 3/2 | 2 | 0,8 | 460min | 199,43 | 0,25 |
| А.2. Точити поверхню Ø138 _{-0,4} мм в розмір 70±0,37 мм | 138 | 72 | 3 | 2 | 0,8 | 460 | 199,43 | 0,64 |
| А.3. Свердлити отвір Ø20 ^{+0,52} мм напрохід | 20 | 104 | 10 | 1 | 0,3 | 315 | 19,78 | 1,10 |
| А.4. Розточити отвір Ø103 ^{+0,35} мм з підрізанням торця в розмір 32 ^{+0,25} мм | 103 | 34 | 3 | 14 | 0,4 | 500min | 161,71 | 1,48 |
| А.5. Розточити карман Ø103 ^{+0,35} /Ø44 _{-0,25} мм в розмір 65 ^{+0,3} мм | 103 | 17 | 5 | 12 | 0,10 | 400min | 129,37 | 4,08 |
| А.6. Розточити отвір Ø25 ^{+0,21} мм напрохід | 25 | 72 | 2,5 | 1 | 0,4 | 2000 | 157,00 | 0,09 |
| Б.1. Підрізати торець в розмір 96 _{-0,35} мм | 150 | 65 | 3/2 | 2 | 0,8 | 460min | 199,43 | 0,21 |
| Б.2. Точити поверхню Ø138 _{-0,4} мм в розмір 27±0,26 мм | 138 | 30 | 3 | 2 | 0,8 | 460 | 199,43 | 0,17 |
| Сумма: | | | | | | | | 8,02 |

Таким чином, сумарно основний час на операцію становить 8,02 хв. З урахуванням машинно-допоміжного часу $T_{м.д} = 2,82$ хв, що враховує час на зміну інструменту, допоміжні переміщення інструменту тощо, час автоматичного циклу визначимо за формулою

$$T_{а.ц} = T_o + T_{м.д} = 8,02 + 2,82 = 10,84 \text{ хв.}$$

Операція 090 фрезерна з ЧПК. Операція фрезерування включає в себе 3 чорнових проходи з радіальним врізанням фрези і один чистової прохід з радіальним врізанням й переміщенням в осьовому напрямку на висоту

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 44 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

оброблюваного паза ($R20$ мм, $B = 21^{+0,4}$ мм, $R_a = 6,3$ мкм). Розрахунок режимів різання виконаємо за методикою [4].

1. Глибина різання для чорнового проходу визначається глибиною фрезерування, виконуваного за один прохід – $t = 8$ мм.

2. Подача на зуб фрези для умов фрезерування дисковою фрезою в умовах середньої жорсткості системи заготовка-пристрій – $S_z = 0,08$ мм.

3. Швидкість різання при фрезеруванні паза визначаємо за формулою

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

де $C_v = 68,5$, $q = 0,25$, $x = 0,3$, $y = 0,2$, $m = 0,2$, $u = 0,1$, $p = 0,1$ – показники степенів у формулі для фрезерування шпонкових пазів;

$T = 60$ хв.

K – поправочний коефіцієнт на швидкість, який визначається за формулою:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV},$$

де K_{MV} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу, визначається за формулою

$$K_{MV} = K_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^n,$$

де K_Γ – коефіцієнт, що характеризує групу сталі за оброблюваністю, $K_\Gamma = 1,0$;

n – показник степені, для оброблення фрезами $n = -0,9$;

K_{nV} – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу, $K_{nV} = 1$;

K_{uV} – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки (заготовка без корки) $K_{uV} = 1,0$.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 45 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{440} \right)^{-0,9} = 0,62.$$

Тож беремо $K_V = 0,62$.

$$V = \frac{68,5 \cdot 40^{0,25}}{60^{0,2} \cdot 8^{0,3} \cdot 0,08^{0,2} \cdot 8^{0,1} \cdot 8^{0,1}} \cdot 0,62 = 27,54 \text{ м/хв.}$$

4. Частота обертання шпинделя, що відповідає визначеній швидкості головного руху, визначимо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 27,54}{\pi \cdot 40} = 219,2 \text{ хв}^{-1},$$

де D – діаметр фрези, $D = 40$ мм.

5. Коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата й встановлюємо таку дійсну частоту обертання $n_D = 220$ об/хв.

6. Визначаємо дійсну швидкість головного руху різання по формулі:

$$V_D = \frac{\pi \cdot D \cdot n_D}{1000} = \frac{\pi \cdot 40 \cdot 220}{1000} = 27,6 \text{ м/хв.}$$

7. Сила різання

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp},$$

де $C_p = 68,2$, $x = 0,86$, $y = 0,72$, $u = 1$, $q = 0,86$, $w = 0$.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 46 |

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n = \left(\frac{440}{750} \right)^{0,3} = 0,85.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 8^{0,86} \cdot 0,08^{0,72} \cdot 8^1 \cdot 8}{40^{0,86} \cdot 220^0} \cdot 0,85 = 1512 \text{ Н.}$$

8. Крутний момент на шпинделі визначимо за формулою

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1512 \cdot 40}{2 \cdot 100} = 302 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

9. Потужність, що витрачається на різання визначимо за формулою:

$$N_{риз} = \frac{P_z \cdot V_D}{60 \cdot 1020} = \frac{1512 \cdot 27,6}{60 \cdot 1020} = 0,68 \text{ кВт.}$$

Так як потужність різання 0,68 кВт не перевищує потужності двигуна головного приводу (11 кВт), розраховані режими різання можуть бути реалізовані на вибраному верстаті.

10. Основний час на обробку пазів обчислимо за формулою

$$T_0 = \frac{L}{S_M} \cdot i = \frac{L}{S_Z \cdot Z \cdot n} \cdot i,$$

де S_M – хвилинна подача, мм/хв.;

L – довжина обробки, мм;

i – кількість проходів.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 47 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

За попередніми розрахунками довжина обробки з урахуванням багатопрохідного фрезерування паза складає 210 мм. За хвилинної подачі $S_M = 0,08 \cdot 8 \cdot 220 = 140,8$ мм/хв. основний час на чорнове фрезерування паза складає

$$T_{o1} = \frac{210}{140,8} \cdot 1 = 1,49 \text{ хв.}$$

Режими різання для чистового фрезерування пазів: $t = 2$ мм, $S_z = 0,02$ мм ($S_M = 64$ мм/хв.), $n = 400$ об/хв., $V = 50,2$ м/хв., $L = 54$ мм, $T_{O2} = 0,84$ хв.

Таким чином основний час на оброблення одного паза становить $T_o = 1,49 + 0,84 = 2,33$ хв., на оброблення 3-х пазів – $T_{o\Sigma} = 6,99$ хв.

Час автоматичного циклу $T_{ц.а}$ з урахуванням машинно-допоміжного часу $T_{м.д} = 1,4$ хв. на прискорені переміщення тощо, становить – 8,39 хв.

6.6 Технічне нормування операції

Норма часу на виконання операцій на верстатах з ЧПК під час роботи на одному верстаті ($H_{ч}$) складається з норми підготовчо-завершального часу ($T_{п.з}$) і норми штучного часу ($T_{шт}$) [6]:

$$H_{ч} = T_{шт} + T_{п.з} / n, \quad (6.1)$$

$$T_{шт} = (T_{ц.а} + T_{д} \cdot Kt_{д}) \cdot (1 + [a_{тех} + a_{орг} + a_{вдп}] / 100), \quad (6.2)$$

де $T_{ц.а}$ – час циклу роботи верстата в автоматичному режимі за програмою, хв.;

$$T_{ц.а} = T_o + T_{м.д}, \quad (6.3)$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 48 |

де T_o – основний (технологічний) час на оброблення однієї заготовки, хв.;

$T_{м.д}$ – машинно-допоміжний час за програмою (на підведення деталі або інструменту від вихідних точок до зони обробки і відведення від неї; установку інструменту на розмір, зміну інструменту, зміну розміру й напрямку подачі, час технологічних пауз (зупинок) тощо), хв;

$$T_d = T_{д.у} + T_{д.оп} + T_{д.вим}, \quad (6.4)$$

$T_{д.у}$ – час на установку й зняття заготовки вручну або з використанням допоміжних технічних засобів, хв.;

$T_{д.оп}$ – допоміжний час, пов'язаний з операцією (що не увійшов до програми), хв.;

$T_{д.вим}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання, що не перекривається основним часом, хв;

Kt_d – поправочний коефіцієнт на час виконання ручної допоміжної роботи залежно від партії оброблюваних деталей;

$a_{тех}$, $a_{орг}$, $a_{вдп}$ – час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця, на відпочинок й особисті потреби за умови одноверстатного обслуговування, % від оперативного часу.

Операція 015 токарна з ЧПК. З п. 6.5 цієї роботи відомий час автоматичного циклу на операцію – $T_{ц.а} = 10,84$ хв.

Відповідно до [6] маємо:

$$Kt_d = 1,0, T_{д.у} = 0,68 \text{ хв.}, T_{д.оп} = 1,0 \text{ хв}, T_{д.вим} = 0,8 \text{ хв.}$$

Згідно з формулою (6.4) маємо:

$$T_d \cdot Kt_d = (0,68 + 1,0 + 0,8) \cdot 1,0 \approx 2,48 \text{ хв.}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 49 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

Сумарний час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця, на відпочинок і особисті потреби складає 7% від оперативного часу.

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{ц.а}} + T_{\text{д}} \cdot K_{\text{тд}} = 10,82 + 2,48 = 13,3 \text{ хв.}$$

Згідно з формулою (6.2) маємо:

$$T_{\text{шт}} = 13,3 \cdot (1 + 7/100) = 14,22 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний на операцію час згідно з [6] становить $T_{\text{п.з}} = 49,8$ хв. Тоді згідно з формулою (6.1) маємо:

$$H_{\text{ч}} = 14,22 + 49,8/38 \approx 15,53 \text{ хв.}$$

Операція 090 фрезерна з ЧПК. З п. 6.5 цієї роботи маємо час автоматичного циклу – $T_{\text{ц.а}} = 8,39$ хв.

Відповідно до [6] маємо:

$$K_{\text{тд}} = 1,0, T_{\text{д.у}} = 0,15 \text{ хв.}, T_{\text{д.оп}} = 0,84 \text{ хв.}, T_{\text{д.вим}} = 0,51 \text{ хв.}$$

Згідно з формулою (6.4) маємо:

$$T_{\text{д}} \cdot K_{\text{тд}} = (0,15 + 0,84 + 0,51) \cdot 1,0 \approx 1,5 \text{ хв.}$$

Сумарний час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця, на відпочинок і особисті потреби складає 9% від оперативного часу.

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{ц.а}} + T_{\text{д}} \cdot K_{\text{тд}} = 8,39 + 1,5 = 9,89 \text{ хв.}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 50 |

Згідно з формулою (6.2) маємо:

$$T_{шт} = 9,89 \cdot (1 + 9/100) = 10,78 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний на операцію час згідно з [6] становить $T_{п.з} = 28 \text{ хв.}$

Тоді згідно з формулою (6.1) маємо:

$$H_{ч} = 10,78 + 28/38 \approx 11,52 \text{ хв.}$$

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 51 |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підп.</i> | <i>Дата</i> | | |

7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Мета проєктування. Згідно з завданням необхідно спроектувати верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки під час фрезерування 3-х пазів R20 на операції 090 фрезерній з ЧПК. При цьому формуються такі операційні розміри: закруглення R20 мм, глибина пазу $12^{+0,4}$ мм, відстань від верхнього торця заготовки $11,5 \pm 0,09$ мм, кути між пазами $120^\circ \pm 7'$ (див. рисунок 6.3). Пази формуються трьохсторонньою швидкорізальною фрезою діаметром 40 мм на вертикальному фрезерному верстаті з ЧПК моделі 6P13Ф3-01 (див. таблицю 6.3). В базовому технологічному процесі оброблення поверхонь пазів здійснюється на вертикальному фрезерному верстаті з попереднім розмічуванням. Роботу виконує фрезерувальник 4 розряду. Для підвищення ефективності верстата з ЧПК та зниження розряду робітника в умовах перспективного технологічного процесу виготовлення деталі пропонується впровадження верстатного пристрою з механізованим приводом закріплення заготовки. Цей крок дозволить зменшити допоміжний час на закріплення-розкріплення заготовки та приведе до підвищення точності оброблення поверхонь шляхом зменшення похибки закріплення заготовки. Використання у складі проєктованого верстатного пристрою спеціального установчого елемента, наприклад, у вигляді циліндричного пальця, сприятиме зменшенню похибки базування заготовки та, як результат, також сприятиме підвищенню точності оброблення поверхонь.

Схема базування заготовки. Вибір схеми базування заготовки обґрунтовано у п. 6.2 цієї роботи. Згідно з вибраною схемою базування (див. рисунок 6.3) заготовка позбавлена усіх 6-ти ступенів вільності. При цьому реалізуються установча, подвійна опорна та опорна технологічні бази. Вертикальне положення заготовки дозволяє забезпечити її достатню стійкість під час оброблення пазів, що сприяє дотриманню параметрів точності оброблюваних поверхонь. Слід згадати, що подвійна опорна база реалізується шляхом установки заготовки за отвором

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 52 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

діаметром 110Н7 на жорсткому циліндричному пальці діаметром 110g6. Між поверхнями отвору та пальця має місце зазор, наявність якого сприяє можливому виникненню ексцентриситету – зміщенню центру заготовки щодо центру пальця на величину до 0,081 мм, що є допустимою похибкою з огляду на точність оброблюваних поверхонь.

Схема дії сил різання та сил закріплення на заготовку. З урахуванням прийнятої схеми базування заготовки та кінематики процесу фрезерування пазів розглянемо схему дії сил різання та сил закріплення на заготовку, наведену на рисунку 7.1. З рисунка 7.1 видно, що під час фрезерування пазів на заготовку на відстані R від центру діє тангенціальна складова сили різання P_z , що викликає дію крутного моменту $M_{кр}$. Момент $M_{кр}$ намагається повернути заготовку навколо її центральної осі (осі Z). Питання обертання заготовки навколо її центральної осі частково вирішується шляхом установки в боковий отвір конічного пальця, через який реалізується опорна технологічна база. Все ж основним призначенням пальця є забезпечення певної кутової прив'язки заготовки щодо системи координат технологічної системи. Для попередження обертання заготовки навколо своєї центральної осі до неї необхідно прикласти силу закріплення W . Згідно з рисунком 7.1 сила закріплення W діє на заготовку зверху вниз, притискаючи останню до установчого елементу (опори) верстатного пристрою. При цьому між заготовкою та опорою на відстані r_1 виникає сила тертя $F_{тр1}$. Аналогічна сила тертя $F_{тр2}$ виникає між заготовкою та прихватом на відстані r_2 .

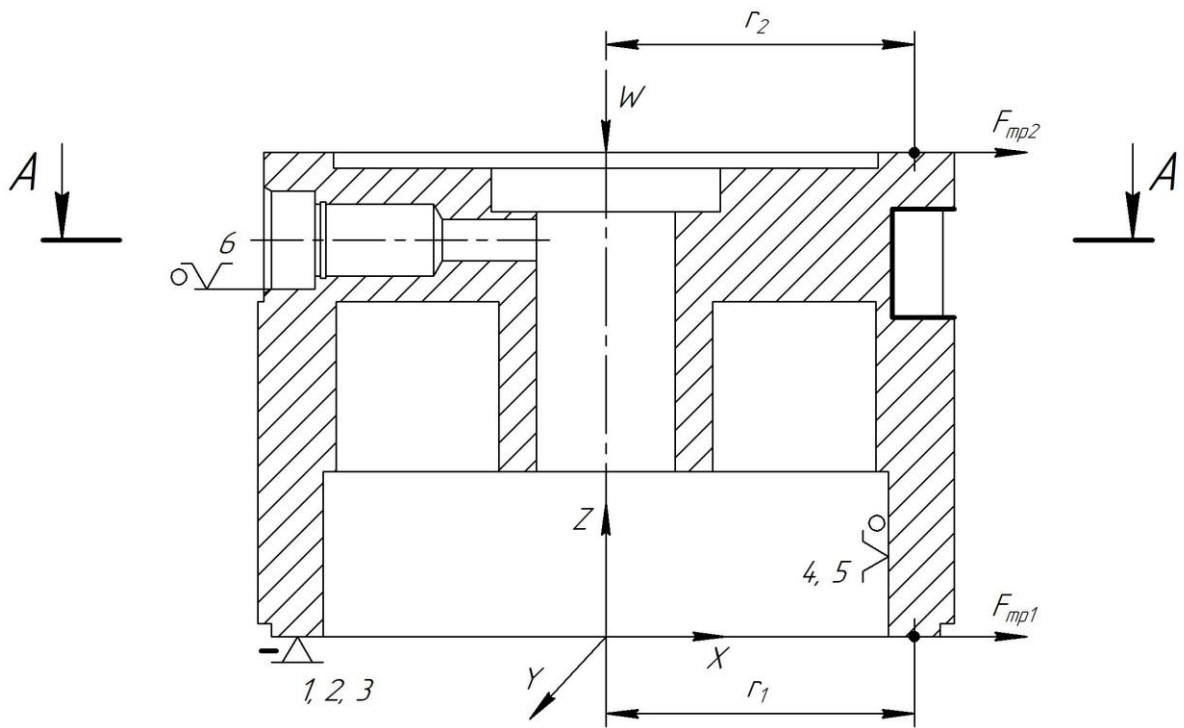
Таким чином, з боку процесу фрезерування на заготовку діє крутний момент

$$M_{кр} = P_z \cdot R,$$

а з іншого боку діє загальний момент тертя

$$M_{тр} = M_{тр1} + M_{тр2},$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 53 |



$A - A$

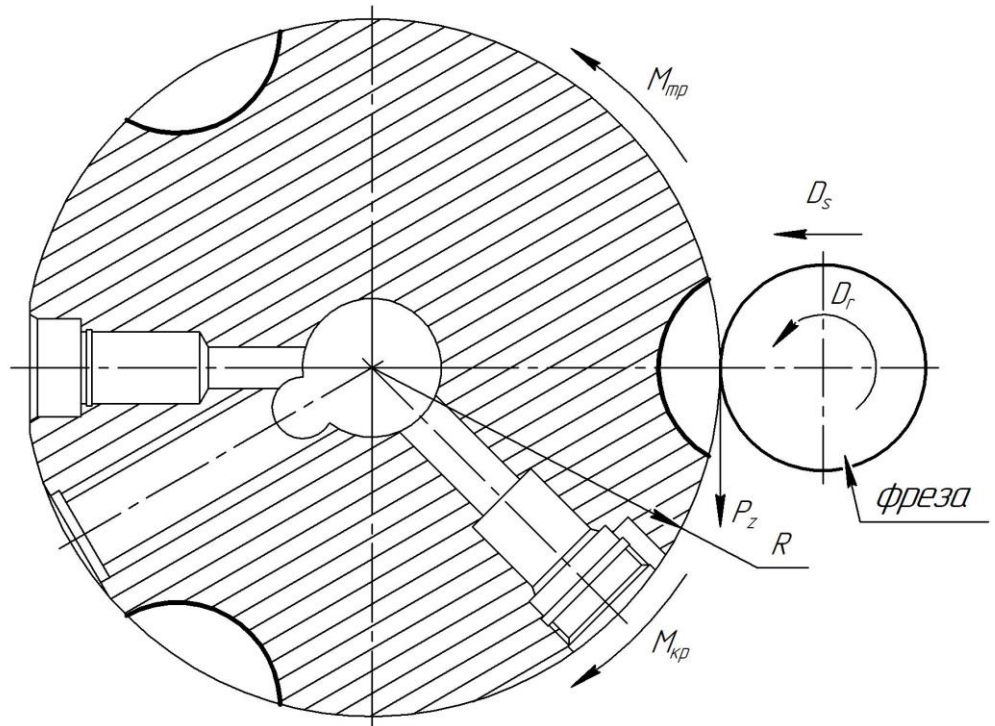


Рисунок 7.1 – Схема дії сил різання та сил закріплення на заготовку

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |

ТМЗ 19190026-00.ПЗ

Арк.

54

$$M_{\text{тр1}} = F_{\text{тр1}} \cdot r_1,$$

$$M_{\text{тр2}} = F_{\text{тр2}} \cdot r_2.$$

Відомо, що сила тертя визначається як добуток між коефіцієнтом тертя f та зусиллям, що притискає тіла та діє нормально щодо поверхні тертя. В нашому випадку таким зусиллям є сила закріплення заготовки W , яка діє перпендикулярно до торцевих поверхонь заготовки, що контактують зверху з прихватом, а знизу з установчим елементом верстатного пристрою:

$$F_{\text{тр1}} = W \cdot f_1,$$

$$F_{\text{тр2}} = W \cdot f_2.$$

Для забезпечення нерухомого положення заготовки під час фрезерування поверхонь повинна виконуватися умова:

$$M_{\text{тр}} \geq M_{\text{кр}}.$$

З урахуванням коефіцієнту запасу $k_{\text{зап}}$, що враховує фактичні умови установки заготовки зазначена умова буде мати такий вигляд:

$$M_{\text{тр}} = k_{\text{зап}} \cdot M_{\text{кр}}.$$

З урахуванням вищенаведених рівнянь маємо:

$$M_{\text{тр1}} + M_{\text{тр2}} = k_{\text{зап}} \cdot P_z \cdot R,$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 55 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

$$F_{\text{тр}1} \cdot r_1 + F_{\text{тр}2} \cdot r_2 = k_{\text{зап}} \cdot P_z \cdot R,$$

$$W \cdot f_1 \cdot r_1 + W \cdot f_2 \cdot r_2 = k_{\text{зап}} \cdot P_z \cdot R.$$

Якщо припустити, що умови контакту (тертя) між поверхнями заготовки та прихватом зверху і опорою знизу є однаковими, то коефіцієнти тертя f_1 та f_2 будуть рівними:

$$f_1 = f_2 = f.$$

Згідно з кресленням деталі також маємо рівність радіусів

$$r_1 = r_2 = r.$$

В результаті маємо:

$$W \cdot f \cdot r + W \cdot f \cdot r = k_{\text{зап}} \cdot P_z \cdot R,$$

$$2 \cdot W \cdot f \cdot r = k_{\text{зап}} \cdot P_z \cdot R.$$

Тож силу закріплення заготовки можна розрахувати за формулою

$$W = \frac{k_{\text{зап}} \cdot P_z \cdot R}{2 \cdot f \cdot r}.$$

Згідно з [4] маємо: $k_{\text{зап}} = 2,5$, $f = 0,2$. Тангенціальна складова сили різання $P_z = 1512$ Н (див. п. 6.5 цієї роботи). Згідно з кресленням деталі маємо: $R = 67,75$ мм, $r = 60$ мм. В результаті маємо:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 56 |

$$W = \frac{2,5 \cdot 1512 \cdot 67,75}{2 \cdot 0,2 \cdot 60} \approx 10067 \text{ Н.}$$

Вибір типу приводу та визначення його параметрів. При виборі типу механізованого приводу закріплення заготовки перевагу віддамо пневмокамері односторонньої дії, так як пневмокамери є найбільш дешевим типом приводів, вони є простими за своєю конструкцією, не мають точних деталей, не потребують високої кваліфікації робітників для технічного обслуговування.

Діаметр пневмокамери визначимо за формулою

$$D = \sqrt{\frac{16 \cdot (Q + q)}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d_{шт}^2},$$

де Q – зусилля на штоку пневмокамери. В нашому випадку використання передаточних пристроїв не передбачено: $Q = W = 10067 \text{ Н}$;

q – зусилля, що розвиває зворотна пружина. Беремо $q = 300 \text{ Н}$;

p – тиск в пневмомережі. Беремо $p = 0,4 \text{ МПа}$;

η – коефіцієнт корисної дії. Беремо $\eta = 0,9$;

$d_{шт}$ – діаметр штока. Беремо з конструктивних міркувань $d_{шт} = 20 \text{ мм}$.

В результаті маємо

$$D = \sqrt{\frac{16 \cdot (1512 + 300)}{\pi \cdot 0,4 \cdot 0,9} + 20^2} \approx 232 \text{ мм.}$$

Беремо найближчий більший стандартний діаметр пневмокамери $D_{\phi} = 250 \text{ мм}$.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 57 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

Тоді фактичне зусилля на штоку пневмокамери та сила закріплення заготовки будуть дорівнювати $Q = W = 12440 \text{ Н}$.

При фрезеруванні бокових пазів до розрахункових параметрів, які в більшій мірі вплинуть на досягнення заданих кресленням допусків поверхонь деталі можна віднести відхилення від паралельності опорної поверхні установчого елемента верстатного пристрою щодо основи корпусу верстатного пристрою. Зазначена похибка може привести до перекосу заготовки у вертикальній площині та як наслідок, непаралельності поверхонь оброблюваних пазів щодо торців деталі.

Допустима величина непаралельності поверхонь оброблюваних пазів щодо торців деталі з огляду на допуск розміру $11 \pm 0,09 \text{ мм}$ ($T_{11} = 0,18 \text{ мм}$), що визначає відстань від верхнього торця деталі до верхньої поверхні пазу, дорівнює $0,06 \text{ мм}$.

Допустиму похибку виготовлення верстатного пристрою визначимо за формулою

$$E_{np} = T - K \sqrt{(K_1 \cdot E_6)^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_{zn}^2 + E_n^2 + (K_2 \cdot \omega)^2},$$

де $K = 1,2$;

$K_1 = 0,8$;

$E_6 = 0 \text{ мм}$ – похибка базування;

$E_3 = 0 \text{ мм}$ – похибка закріплення;

$E_y = 0 \text{ мм}$ – похибка установки верстатного пристрою на столі верстата;

$E_{zn} = 0 \text{ мм}$ – похибка, спричинена зношенням установчих елементів верстатного пристрою (за умови рівномірного зношення);

$E_n = 0,01 \text{ мм}$ – похибки установки й (або) перекосу ріжучого інструмента;

$K_2 = 0,6$;

$\omega = 0,02 \text{ мм}$ – середня економічна точність оброблення поверхонь заготовки чистовим шліфуванням.

В результаті маємо:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 58 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

$$E_{np} = 0,06 - 1,2\sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0,01^2 + (0,6 \cdot 0,02)^2} \approx 0,041 \text{ мм.}$$

Беремо найближчу стандартну величину допуску непаралельності у розмірі 0,04 мм. Цю величину наведемо у технічних вимогах на виготовлення верстатного пристрою (на складальному кресленні).

Будова та принцип дії верстатного пристрою.

Спроектований верстатний пристрій складається з корпусу 1, в центральній верхній частині якого встановлено палець установчий 7, закріплений гвинтами 13. Ліворуч від пальця встановлено упор 2 (до складу упору входить висувний конічний палець), також закріплений на корпусі 1 гвинтами 13. В центральній нижній частині корпусу 1 розміщено пневмокамеру односторонньої дії, яка складається з мембрани 1 (як складальної одиниці) та кришки 4, закріпленої на корпусі гвинтами 13. Штокова порожнина пневмокамери утворюється як порожнина у корпусі 1, а безштокова порожнина камери утворюється кришкою 4. До складу мембрани 1, як складальної одиниці входить шток, який проходить наскрізь через отвір у корпусі 1 та пальці 7. В верхній частині штока закріплено комплект сферичних шайб 15, 16 та гайки 10. Під шайбами 15, 16 розміщено шайбу 9, яка виконує функцію прихвата. В нижній частині корпусу 1 з обох боків у П-подібних пазах розміщені призматичні шпонки 17, що використовуються для установки пристрою на столі верстата. Шпонки закріплені на корпусі 1 гвинтами 12. Для транспортування та переустановки верстатного пристрою на верхній поверхні корпусу 1 розміщені два рим-болти 14.

Заготовка встановлюється на пальці 7 за центральним отвором $\varnothing 110H7$ з упором в нижній торець. Зверху на заготовку встановлюється шайба 9. Стиснене повітря подається до штокової порожнини пневмокамери. При цьому мембрана деформується та тягне шток вниз. Разом зі штоком вниз рухаються гайки 10, шайби 15, 16 та шайба 9, яка і притискає заготовку до опори, функцію якої виконує

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 59 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

торець пальця 7. Для розкріплення заготовки подачу повітря до штокової порожнини припиняють. Зворотна пружина 8 повертає мембрану зі штоком, гайками 10, шайбами 15, 16 до початкового положення. Шайба 9 прибирається. Заготовку можна знімати.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|---------------------------|------|
| | | | | | <i>ТМЗ 19190026-00.ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 60 |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підп.</i> | <i>Дата</i> | | |

ВИСНОВКИ

1) Виконано аналіз службового призначення машини (електронного мікроскопа ПЕМ-100-01), вузла (складеного об'єктива), деталі (корпусу нижнього ЦФ 7.772.160) і технічних вимог, що пред'являються до конструкції деталі. Встановлено, що корпус нижній ЦФ 7.772.160 відноситься до відповідальних деталей машини, в зв'язку з чим до її конструкції пред'являються досить жорсткі вимоги з розмірної точності, шорсткості поверхонь, їх взаємного розташування і форми.

2) Визначено тип виробництва – дрібносерійний та форму організації робіт – групову. Розрахована партія запуску – 38 шт.

3) Шляхом техніко-економічного обґрунтування визначено спосіб отримання вихідної заготовки – прокат круглий.

4) Виконано аналіз операції 015 токарної з ЧПК та 090 фрезерної з ЧПК. Уточнено зміст операцій по переходах, запропоновано раціональні схеми базування заготовки, вибрані раціональні моделі верстатів та технологічно оснастки. Обґрунтовано вибір ріжучого і вимірювального інструмента, проведений розрахунок режимів різання і технічне нормування операцій.

5) Спроектовано верстатний пристрій для установки заготовки на фрезерній з ЧПК операції 090.

6) Виконано маршрутно-операційний опис технологічного процесу виготовлення корпусу ЦФ 7.772.160 на картах КТП.

7) В додатку В розглянуто питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 61 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. **Горбацевич, А. Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск: Высшая школа, 1983. – 256 с.

2. **Маталин, А. А.** Технология машиностроения / А. А. Маталин. – Ленинград : Машиностроение, 1985. – 496 с.

3. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 656 с.

4. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.

5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Ч.2. Нормативы режимов резания. – М.: Экономика, 1990. – 473 с.

6. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Ч.1. Нормативы времени. – М.: Экономика, 1990. – 207 с.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------|------|
| | | | | | ТМЗ 19190026-00.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 62 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |