

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Розроблення технології виготовлення корпусу
320 ПМФ4. 604.101 з дослідженням шорсткості поверхні при токарній
обробці**

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи МТ_м-61
спеціальності _____

131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Потішний Ю.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) Паньків М.Р.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис) Ткаченко І.Г.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____
(підпис) Окіпний І.Б.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

РЕФЕРАТ

Актуальність теми. У сучасному виробництві під час технологічного процесу виготовлення деталей важливе місце займає стан поверхневого шару оброблюваної деталі. Поверхневий шар впливає на експлуатаційні властивості деталей машин. Одним із визначальних параметрів, який забезпечує якість поверхневого шару служить шорсткість поверхні.

Шорсткість поверхні визначають по її профілю. Контроль шорсткості поверхні, що обробляється повинен бути надзвичайно точним. Важливим завданням сьогодення є створення автоматичних систем контролю з подальшою комп'ютерною обробкою одержаних результатів.

Метою дослідження є удосконалення процесу виготовлення корпусу 320 ПМФ4. 604. 101 з дослідженням шорсткості поверхні при токарній обробці.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення корпусу.

Предмет дослідження – параметри шорсткості поверхні при токарній обробці.

Методи дослідження. Робота виконана з використанням сучасних положень технології машинобудування, теорії різання та математичної статистики.

Отримані результати: запропоновано удосконалений технологічний процес виготовлення корпусу 320ПМФ4.604.101 та досліджено основні параметри шорсткості поверхні при токарній обробці.

Практичне значення. Отримані результати при дослідженні шорсткості поверхні можна використовувати при розрахунку режимів різання під час токарної обробки поверхні.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра. Окремі результати роботи доповідались на IV міжнародній студентській науково - технічній конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання" 28-29 квітня 2021.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, п'яти розділів, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить _ сторінки, у тому числі _ рисунки, _ таблиць, бібліографії із _ джерел на двох сторінках.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ

ВСТУП

1	АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1	Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами. Актуальність теми роботи	8
1.2	Методи вирішення поставлених задач	13
1.3	Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу	16
2	НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	20
2.1	Характеристика об'єкту або предмету дослідження	20
2.2	Оброблення результатів досліджень	23
2.3	Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень	27
3	ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	29
3.1	Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва	29
3.2	Розроблення технологічного процесу виготовлення виробу	38
3.3	Визначення кількості обладнання	47
3.4	Конструювання спеціального оснащення та інструменту	51
4	ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	56
4.1	Визначення основних і допоміжних площ цеху	56
4.2	Розробка планів компонування цеху та розміщення обладнання на ділянці	60
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	62
	ВИСНОВКИ	67
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	68
	ДОДАТКИ	

ВСТУП

У сучасному машинобудуванні різко змінюється стан поверхні під час експлуатації деталі. Показники якості стану поверхні визначають численні властивості деталі. Серед них можемо назвати втомну міцність, щільність з'єднання, контактну жорсткість, масломісткість та зносостійкість.

Під час обробки на поверхні заготовки залишаються сліди обробки - нерівності поверхні. Відомо, що деталі з номінальними поверхнями не можуть бути виконані. А вибрати такий процес оброблення деталі, щоб їх поверхня була близька до досконалості є затратним. Отже, наявність різного роду нерівностей на поверхнях деталей є неминучим.

Вимоги до поверхні деталі встановлюються у відповідності до забезпечення функціональних властивостей даної поверхні.

Оцінка впливу шорсткості та відхилень форми поверхонь деталей на їх експлуатаційні властивості є важливою проблемою. Шорсткість поверхні впливає на зносостійкість, контактну жорсткість та інші важливі функціональні характеристики поверхні.

У сучасному машинобудуванні часто деталі машин отримують використовуючи процес точіння. Точність сучасних верстатів це дозволяє і тому питання досягнення необхідної точності та шорсткості поверхні при точінні є актуальним.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами.

Актуальність теми роботи

Під якістю поверхні деталей розуміють сукупність всіх характеристик, які сають вплив на працездатність деталі протягом усього терміну служби. Якість поверхні деталей багато в чому визначає експлуатаційні характеристики машин і механізмів. Відповідно до теорії про життєвий цикл виробу, процес формування поверхневого шару деталі здійснюється в процесі її виробництва і відповідно, продовжує змінюватися в процесі її експлуатації.

За результатами робіт відомих вчених, а саме за Д.Д. Папшевим, І.В., Л.О. Хворостухіним, Кудрявцевим, Ю.Г. Шнейдером, П.А. Чепюю, Ю.І. Бабейом, Б.І. Костецьким, П.І. Ящеріциним, встановлено, що показники якості поверхні впливають на експлуатаційні властивості деталей машин, такі як зносостійкість, міцність, корозійну стійкість.

До показників, які характеризують якість поверхні деталі, відносять геометричні параметри, фізико-механічні та хімічні властивості. (рис.1.1)

Процес виготовлення деталі машин складається з ряду етапів, які дозволяють за допомогою відомих методів обробки із заготовки створити деталь, яка за своїми властивостями максимально наближена до спроектованої конструктором. Одним з основних параметрів оцінки деталі є її розмір. Отже, розмір - це числове значення лінійної величини, що характеризують її точність. Процес визначення значень номінального і граничних розмірів здійснюється на етапі проектування і підготовки конструкторської документації виробу. Використовуючи методи виконання кінематичних, динамічних і та інших розрахунків з врахуванням функціонального призначення виробу [23].

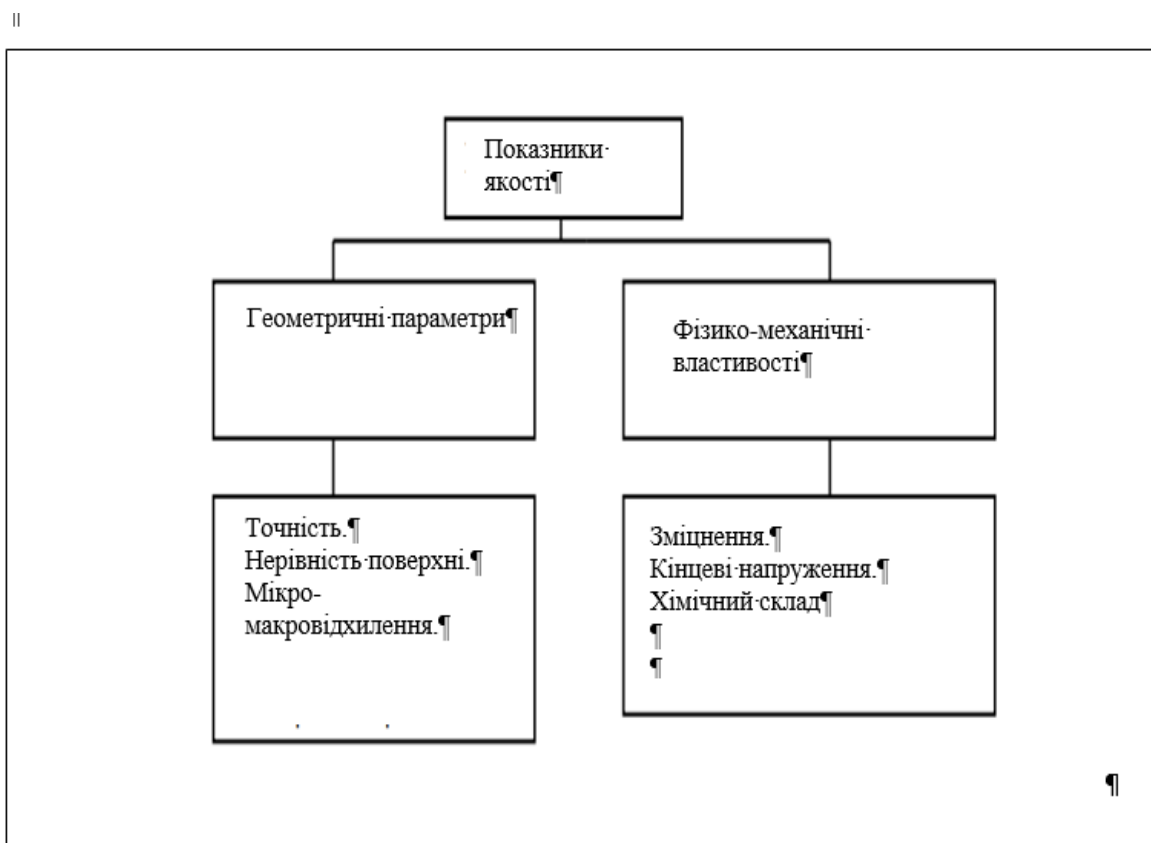


Рисунок 1.1- Показники якості поверхні деталі

Найбільш важливі експлуатаційні властивості деталей машин значною мірою залежать від їх контактної взаємодії [26]. При процесі дослідження контактної взаємодії двох деталей розглядають такі фактори, як характер контакту, фактичну площу контакту та характеристики стиків поверхонь. Процес контактної взаємодії деталей є актуальним питанням, а положення про дискретність контакту вважається загальновизнаним. Дискретність контакту двох деталей характеризується геометричними відхиленнями їх реальної поверхні від номінальної. Даний факт спричиняє зменшення фактичної площі контакту, що, відповідно, приводить до зміни величин контактних напружень.

Для опису поверхневого шару деталі в машинобудуванні існують наступні види геометричних характеристик [19]:

- макронеровності, які визначаються на всій довжині або ширині деталі;
- шорсткість, яка визначається на базовій довжині;
- хвилястість, яка визначається на довжині більшій, ніж базова довжина,

яка приймається для шорсткості;

- субшероховатість - нерівності, що накладаються на шорсткість поверхні.

Чіткого розмежування між цими групами характеристик немає.

На практиці найбільш часто використовуються висотні параметри шорсткості R_a , R_z , R_{max} . Якщо дві поверхні контактують між собою, тоді розглядають відносну опорну довжину профілю tr . Крокові параметри iS і S_m на практиці використовуються досить рідко. Всі параметри шорсткості отримують обробляючи профілограми поверхні на базовій довжині $l_{баз}$.

В машинобудуванні розрізняють п'ять видів відхилень форми (рис.1.2).

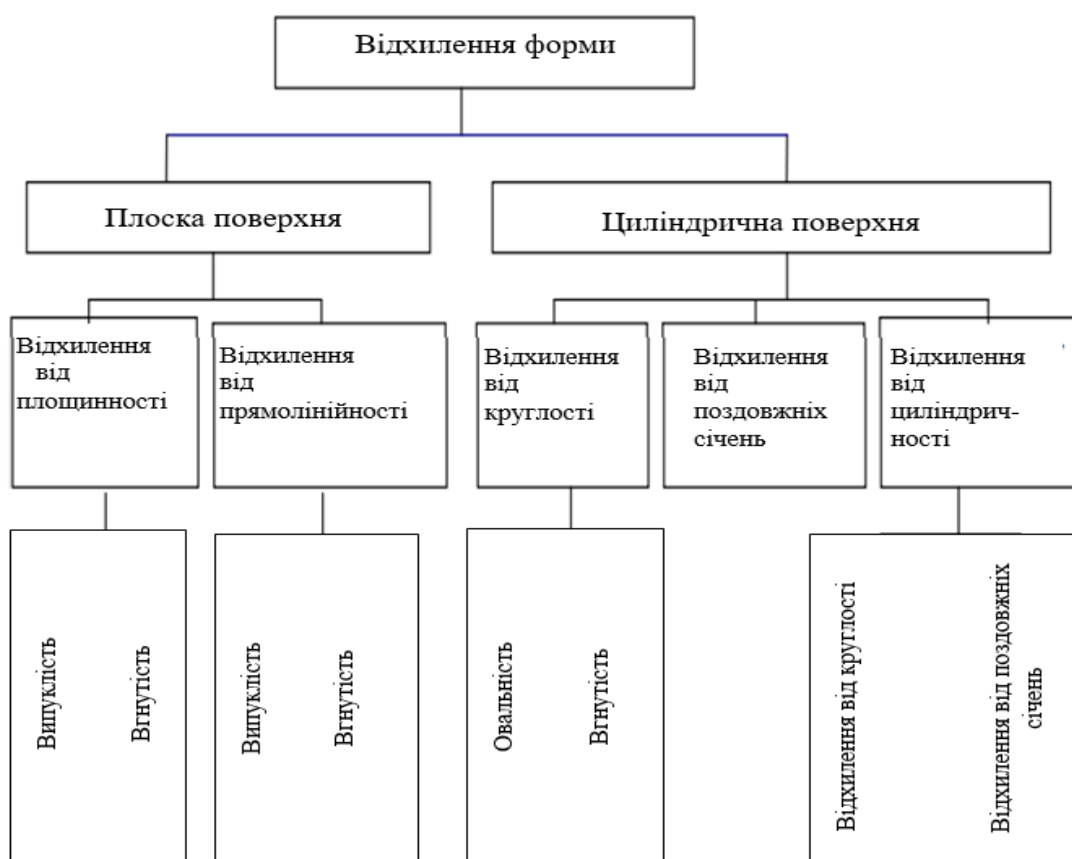


Рисунок 1.2 – Відхилення від форми деталей

Відхилення форми обробленої пов'язують з геометричною неточністю верстата, з

пружними деформаціями технологічної системи, із зношенням різального інструменту, та температурними деформаціями в процесі обробки поверхні [27].

На поверхні, обробленої токарним різцем, утворюються нерівності у вигляді гвинтових виступів і гвинтових канавок (рис. 1, 3 а). Вони є помітними при великій подачі S , якщо ж подача невелика, то їх можна виявити за допомогою спеціальних приладів. Такі нерівності розташовані в напрямку подачі і утворюють поперечну шорсткість. Як відомо, поздовжня шорсткість (рис. 1.3 б), утворена нерівностями в напрямку швидкості різання V .

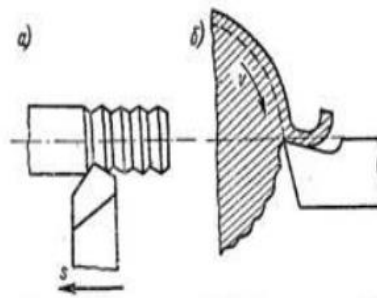


Рисунок 1.3 - Поперечна (а) та поздовжня (б) шорсткості при токарній обробці

При токарній обробці найбільш вагоме значення має поперечна шорсткість. Вона характеризується формою і розмірами гвинтових виступів, що утворюють нерівності. Геометричні параметри нерівностей залежить від багатьох факторів, що задіяні в процесі різання та які діють в різних випадках по-різному. Як висновок, дані параметри не можуть бути визначені за допомогою розрахунків, а знаходиться лише експериментальним шляхом.

При дослідженні режимів різання встановлено, що найбільший вплив на величину шорсткості мають подача і швидкість різання. Під час збільшення величини подачі показники шорсткості збільшуються. Цей факт можна пояснити двома фактами (рис.1.4):

1. За один оберт знімається великий шар металу. Тоді кількість відірваних та і виламаних частинок матеріалу зростає.

2. Відчутно збільшується площа кінцевого шару металу, що знімається. Очевидно, що при подачі S (рис.1.4) площа січення abc , а при $S' - a'b'c'$, отже, відповідно буде

збільшуватися висота H та H' .

Із параметрів ріжучої кромки інструменту на шорсткість впливає головний кут в плані φ , радіус різальної кромки R та задній кут α і. Із зменшенням величини кута в плані, зменшується висота січення H . Зменшення заднього кута викликає задирки на оброблювальній поверхні та збільшується шорсткість. Тому, чим менша шорсткість задньої частини ріжучої головки інструменту, відповідно тим менша шорсткість поверхні, що обробляється. Збільшення радіусу R при вершині різальної кромки, отже зменшує шорсткість.

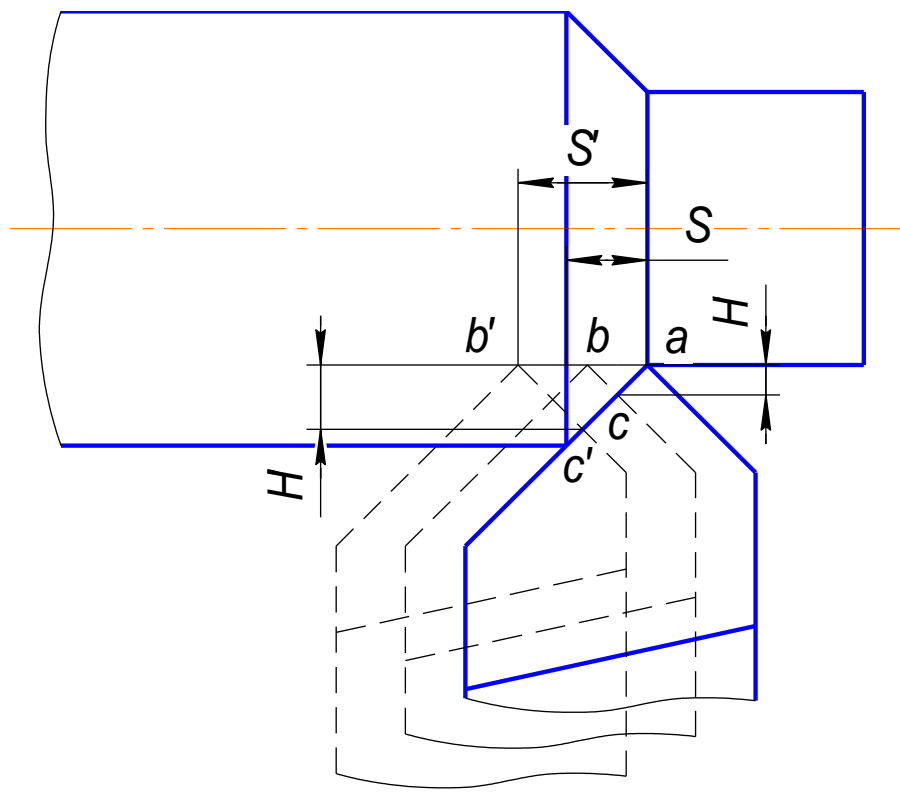


Рисунок 1.4 - Вплив подачі на шорсткість поверхні

До основних факторів, які мають вплив на шорсткість можна віднести:

1. Термічна обробка матеріалу. Із збільшенням однорідності структури матеріалу, шорсткість поверхні зменшується.
2. Величина подачі. При великих подачах висота нерівностей збільшується.
3. Марка матеріал ріжучого інструменту. Різцями з твердих сплавів неможливо

одержати високу якість оброблювальної поверхні при обробці матеріалів в'язких видів.

4. Вібрації, що виникають в процесі різання. До прикладу, зазори в напрямних супорта і в підшипниках, погане балансування верстата, недостатня жорсткість оброблюваної деталі, виліт ріжучого інструменту. Перелічені явища при токарній обробці можуть викликати подовжню шорсткість оброблювальної поверхні.

5. Стан ріжучого інструменту. Невелике затуплення різця суттєво не впливає на параметри шорсткості, при сильному затупленні різця шорсткість оброблювальної поверхні збільшується.

6. Швидкість різання. При малих швидкостях різання до 3-5 м/хв розміри нерівностей незначні, а із збільшенням швидкості різання параметри нерівностей зростають. Потім, при підвищенні швидкості різання до 60-70 м/хв спостерігаємо зменшення висоти нерівностей. Шорсткість поверхні буде найменшою при швидкості близько 70 м/хв. Подальше збільшення швидкості різання не чинить впливу на параметри шорсткості обробленої поверхні.

7. Вібрації, що виникають в процесі різання. До прикладу, зазори в напрямних супорта і в підшипниках, погане балансування верстата, недостатня жорсткість оброблюваної деталі, виліт ріжучого інструменту. Перелічені явища при токарній обробці можуть викликати подовжню шорсткість оброблювальної поверхні.

1.2 Методи вирішення поставлених задач

При дослідженні параметрів шорсткості поверхні важливим моментом є встановлення теоретичного взаємозв'язку параметрів з умовами процесу обробки. Як правило чистова обробка деталей проводиться механічними методами. [4]

На формування параметрів шорсткості при точінні впливають наступні фактори:

- 1) геометрія інструменту та особливості його руху щодо заготовки;
- 2) шорсткість на робочих поверхнях інструменту;
- 3) вібрації інструменту по відношенню до оброблюваної поверхні;
- 4) вирив частинок оброблюваного матеріалу.
- 5) пластичні і пружні деформації в зоні контакту оброблюваного матеріалу заготовки з робочим інструментом;

Ступінь впливу кожного фактора, зокрема на формування шорсткості поверхні буде різною і визначатиметься умовами обробки Третій фактор визначає дисперсію та сприяє утворенню випадкової складової профілю. Всі інші утворюють систематичну складову профілю шорсткості поверхні. [12]

Схема для розрахунку системної складової висоти профілю шорсткості поверхні при механічній обробці приведена на рисунку 1.5.

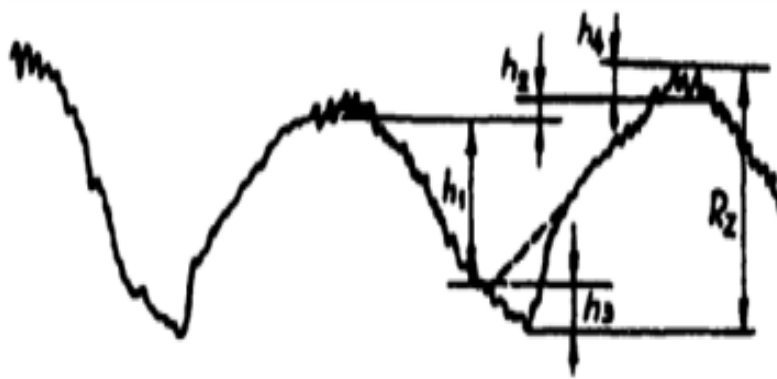


Рисунок 1.5 - Схема для розрахунку висоти профілю шорсткості поверхні при механічній обробці

Середня висота профілю шорсткості в загальному випадку при всіх методах механічної обробки визначається за формулою:

$$R_z = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \quad (1.1)$$

де h_1 , h_2 , h_3 , h_4 - складові профілю відповідно обумовлені геометрією і кінематикою переміщення ріжучого інструменту, коливаннями інструменту, пластичними деформаціями в зоні контакту, шорсткістю ріжучої частини інструменту.

Для опису мікропрофілю поверхні при токарній обробці будемо використовувати два блоки. Перший включає систематичну складову, яка виникає внаслідок кінематичної взаємодії інструменту та заготовки. Для визначення цієї складової є відомі математичні моделі.

Даний [14] принцип полягає на копіюванні профілю інструменту в тіло заготовки (рисунок 1.6), при цьому утворюються риски. Послідовне з'єднання рисок дає повний профіль обробленої поверхні (рисунок 1.6 д). Профіль риски визначається параметрами

інструменту і подачею: R - радіус при вершині різця; φ - головний кут в плані; φ_1 - допоміжний кут в плані; S - подача. Розглянуто де-кілька варіантів (рисунок 1.6а ... г) взаємодії інструменту і заготовки.

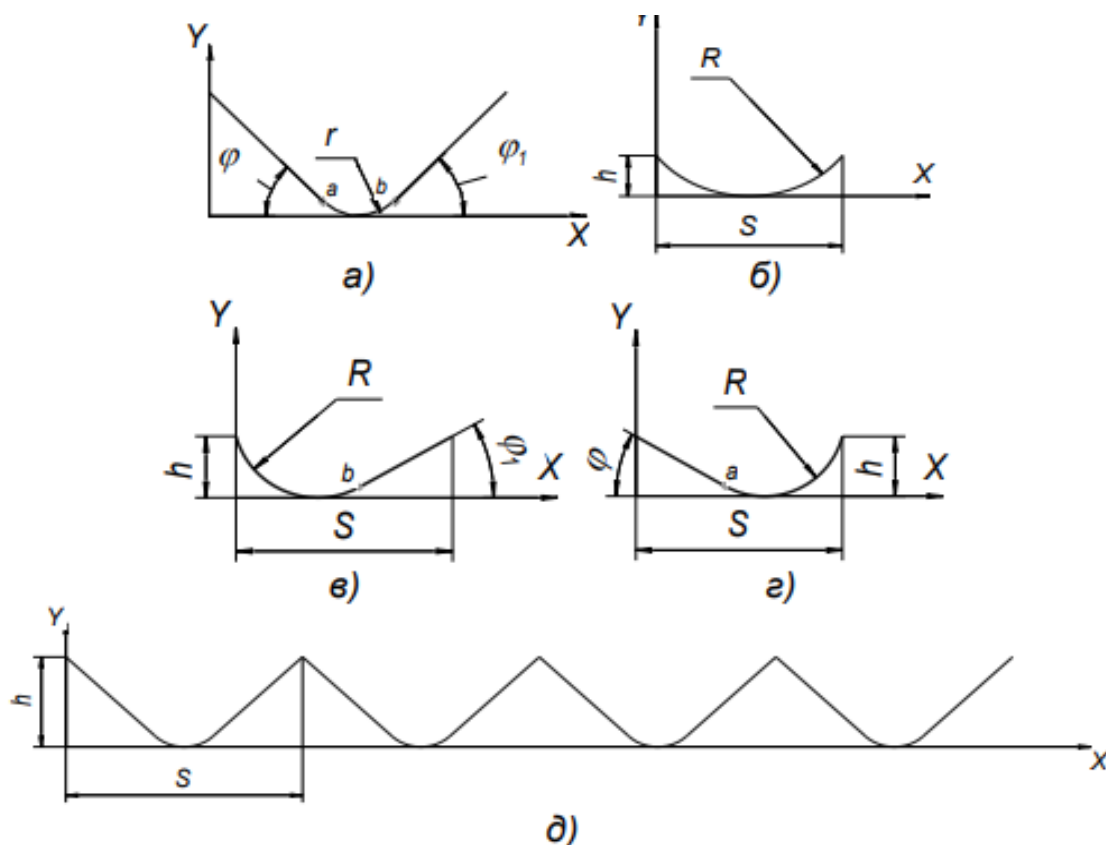


Рисунок 1.6 - Розрахунок профілю обробленої поверхні копіюванням профілю інструменту:

а) з двома лінійними і радіусною ділянками; б) містить тільки радіусну ділянку; в, г) радіусний та лінійну ділянки; д) повний профіль обробленої поверхні

Другий блок описує формування випадкової складової профілю, яка утворюється в результаті деформації, короблення матеріалу та інших випадкових факторів виникають в зоні різання. Для визначення випадкової складової пропонується розглядати субмікронервності в вигляді маленьких рівнобедрих трикутників, які визначаються трьома параметрами: шириною основи b , висота

трикутника h і крок їх відносного розташування p (рис.1.7). Ці параметри (b , h , p) мають випадковий характер.

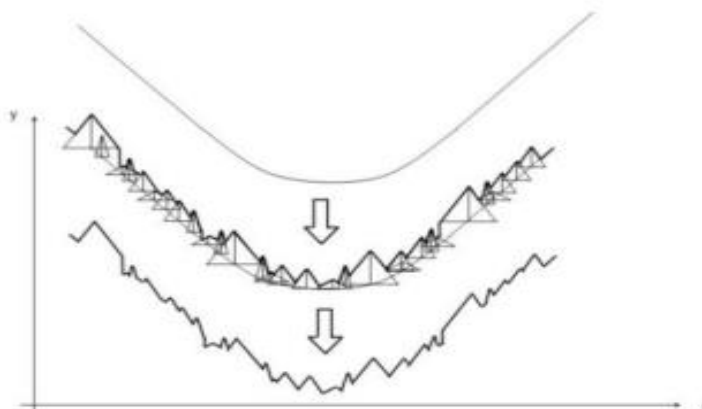


Рисунок 1.7 - Формування випадкової складової мікропрофілю поверхні при моделюванні

При моделюванні на систематичну складову з кроком p накладатимуться трикутники з випадковими параметрами. В результаті моделювання повинна по світитися наступна картина: кожному тре косинці відповідає точка прив'язки на профілі ($x_1; y_1, x_2; y_2, \dots \dots x_n; y_n$). Далі профіль буде формуватися по точках з максимальним значенням координати U .

Проаналізувавши дану модель, можна зробити висновок, що всі три параметри трикутних елементів (висота, ширина, крок) мають переважно нормальний або логарифмічний розподіл.

1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

Сучасні підходи, які вимагають підвищення продуктивності та зниження собівартості продукції сприяють до зменшення дискретних методів. Тому, що дані методи значно збільшують час операції для виготовлення деталей. Потрібно прагнути до суміщення кількох операцій на одному верстаті, який працює в автоматичному режимі незалежно від

твердості матеріалу та конфігурації оброблюваної деталі. Така комбінація декількох процесів на одному верстатному обладнанні дозволяє підвищити ефективність обробки, за рахунок зниження тривалості виготовлення деталі.

З метою покращання експлуатаційних характеристик виробів необхідно використовувати сучасне технологічне обладнання, яке б дозволило забезпечити геометричні параметри якості та точності поверхневих шарів робочих поверхонь деталей.

Задачі, які виносяться на кваліфікаційну роботу магістра:

- дослідити шорсткість поверхні при токарній обробці;
- розробити алгоритм оптимізації дослідження шорсткості;
- дослідити залежність параметрів шорсткості від швидкості різання;
- дослідити залежність параметрів шорсткості від повздовжньої подачі;
- вдосконалити технологічний процес виготовлення корпусу 320ПМФ4.604.101.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика об'єкту або предмету дослідження

При технологічному процесі точіння зовнішньої циліндричної поверхні форма теоретичного профілю складається з дуг кіл, який має певний радіус. Даний радіус по величині рівний радіусу при вершині різця. Якщо розглядати реальний процес обробки деталі, то на описаний профіль накладається де-яка випадкова складова.

Таким чином утворюється композиційна модель шорсткості. Тобто існує детермінована періодична основа та так звана випадкова компонента, що суміщається з нею. В технологічному процесі різання може переважати одна або двуга складові і це залежить умов протікання процесу.

Випадкова складова є наслідком численних факторів. Вони абсолютно випадковим чином мають вплив на утворення шорсткості. Тоді робимо висновок, що розподіл ординат даної складової відбувається відповідно до нормального закону. [18]

Отже, робимо припущення, що профіль шорсткості поверхні деталі є сума всіх перелічених випадкових відхилень, Під час реалізації технологічного процесу різання в системі ТОС відбуваються складні стохастичні перетворення. Внаслідок їх впливу формується профіль, який має імовірнісний розподіл.

Для реалізації математичної моделі опису утворення профілю деталі, зокрема при токарній обробці на першому етапі потрібно дослідити ідеальний профіль поверхні, яка підлягає обробці. [11]

Висоту ділянки профілю визначає параметр R_z . Він і буде описувати гармоніку розкладу профілю оброблювальної поверхні у ряд Фур'є.

Приведемо методику дослідження зміни параметру R_z та шорсткості поверхні для технологічного процесу точіння. У випадку, коли коли профіль

утворюється шляхом перетину головної та допоміжної різальних кромки (рис.2.1).

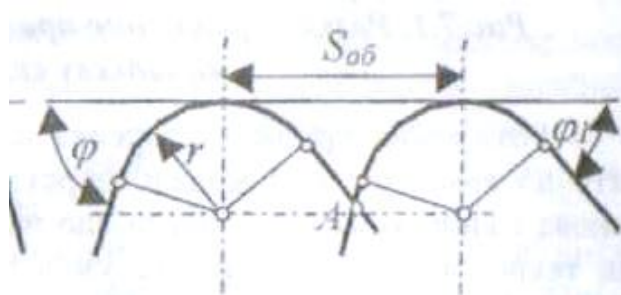


Рисунок 2.1 - Утворення ідеального профілю шорсткості

На рисунку 2.2 зображено положення різальної частини інструменту у плані. Вона описується такими параметрами:

- головний кут φ ;
- радіус округлення r ;
- допоміжний кут φ_1 .

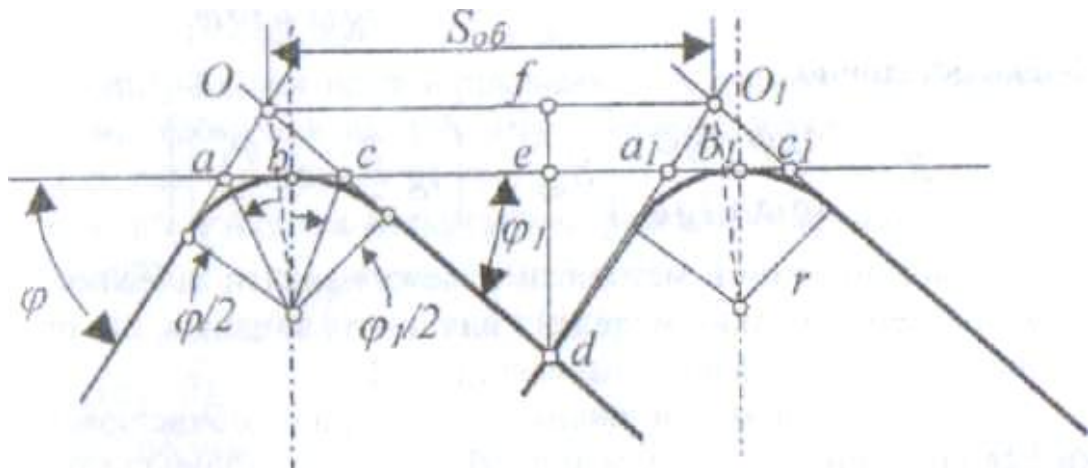


Рисунок 2.2 - Визначення параметру Rz при точінні

Враховуючи геометричні співвідношень рис.2.2: можна записати

$$bc = r \cdot \operatorname{tg}(\varphi_1/2) \quad ab = r \cdot \operatorname{tg}(\varphi/2) \quad (2.1)$$

звідки:

$$ac = r \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} \right) \quad (2.2)$$

З аналізу трикутників Ofd та O_1fd отримуємо:

$$fd = Of \cdot tg(\varphi_1) \quad (2.3)$$

$$O_1f = S_{o\phi} - Of \quad (2.4)$$

$$fd = O_1f \cdot tg(\varphi) \quad (2.5)$$

Підставивши (2.3) і (2.5) у (2.4):

$$Of \cdot tg(\varphi_1) = (S_{o\phi} - Of) \cdot tg\varphi$$

звідки:

$$Of = \frac{S_{o\phi} tg\varphi}{tg\varphi_1 + tg\varphi} \quad (2.6)$$

Після алгебраїчних алгебраїчних перетворень одержимо формулу для визначення параметру R_z

$$R_z = ed = fd - fe = \frac{S_{o\phi} tg\varphi \cdot tg\varphi_1 - r \left(tg \frac{\varphi}{2} + tg \frac{\varphi_1}{2} \right) tg\varphi \cdot tg\varphi_1}{tg\varphi + tg\varphi_1}$$

Звідки кінцева формула :

$$R_z = \frac{tg\varphi \cdot tg\varphi_1}{tg\varphi + tg\varphi_1} \left[S_{o\phi} - r \left(tg \frac{\varphi}{2} + tg \frac{\varphi_1}{2} \right) \right] \quad (2.7)$$

Для забезпечення процесу оптимізації [29] дослідження шорсткості запропоновано алгоритм, схема якого представлена на рис. 2.3.

Представимо композиційну модель. В її склад входять дві складові детермінована періодична та випадкова. Випадкова складова нормальної компоненти визначається щільністю розподілення та характеризується рівнем γ , при чому $\gamma=0\dots 1$. Відомо, що при значенні $\gamma=0$ профіль включає періодичну складову, при $\gamma=1$ – протікання процесу. Змінна γ характеризує фізичну суть процесу оброблення. В літературних джерелах [23] зустрічаються дані, які можна використовувати при дослідженні профілю поверхні при процесі точіння. При виконанні операції точіння величина випадкової компоненти у

профілограмі змінюється. А саме, зростає від чорного $\gamma = 0,15...0,31$ до чистового точіння $\gamma = 0,62...0,80$. Стверджуємо, що випадкова складова, яка залежить від фізичних явищ практично зовсім не залежить від детермінованої складової. Остання при виконанні чистових режимів зменшується.

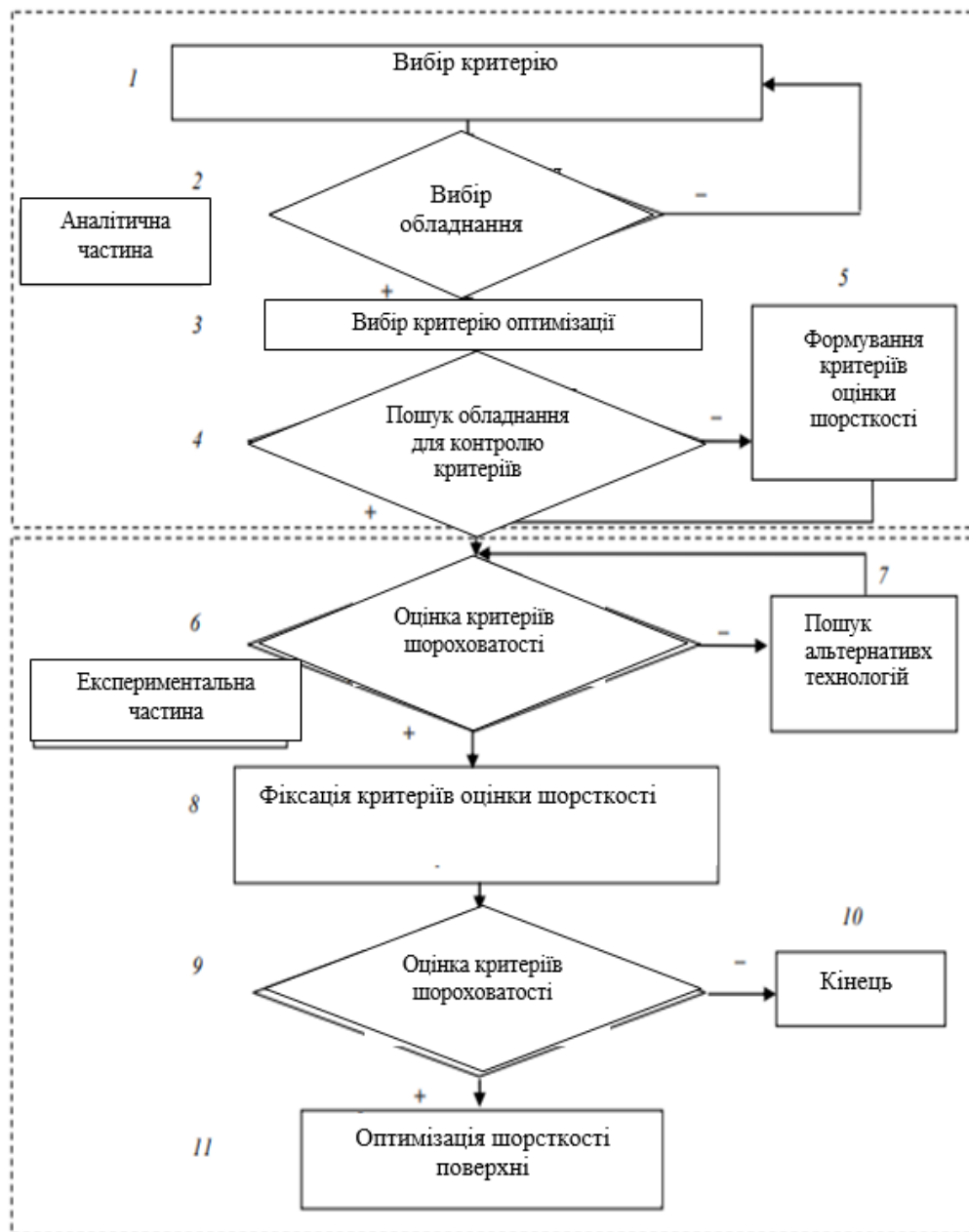


Рисунок 2.3 - Оптимізація дослідження шорсткості

Матеріал, що підлягає обробці має вплив на рівень випадкової складової. Для нашої деталі, яка виготовляється з чавуну $\gamma = 0,72$. На поверхні матеріалу

чавун, який під час оброблення дають сколювання величина шорсткості зростає.

Рівні випадкової складової при обробленні різних матеріалів повинні корегуватися із врахуванням швидкості різання. Необхідність в такій корекції виникає тому, що існує пряма залежність наростоутворення від величини швидкості різання для різних видів матеріалів (рис. 2.4).

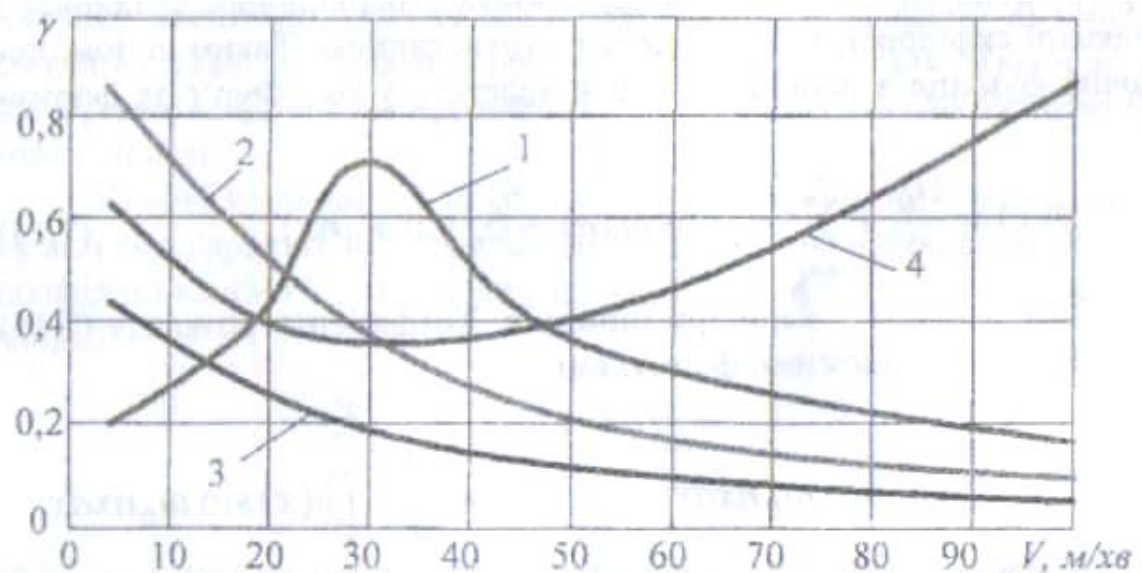


Рисунок 2.4 - Залежність рівня γ від швидкості різання:

1 - леговані та вуглецеві сталі, 2 - нержавіючі сплави, 3 - крихкі матеріали,
4- легкосплавні матеріали

Найбільш чітку інформацію про профілограму отримуємо з частотного аналізу, який проводиться за допомогою перетворень Фур'є.

Профілографі поверхні, яку можна одержати за допомогою профілографі-профілометра, є не що інше, як аналоговий сигнал. ЕОМ представляє такі сигнали у цифровій формі, тобто проводить їх дискретизацію.

За класифікацією, всі функції поділяються на періодичні і не періодичні. А модель утворення шорсткості даної поверхні буде композиційною, тобто стохастичною. Тому що, як згадувалося вище, така модель складається з двох складових: детермінованої періодичної та випадкової складової. [20]

Нехай де-яка періодична функція має період X . Розкладемо у ряд Фур'є:

$$y(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos \omega_0 n x + b_n \sin \omega_0 n x) \quad (2.8)$$

де $\omega = 2\pi/X$, $n=1,2,3\dots$ - номери гармонік.

Обчислюємо коефіцієнти розкладу:

$$a_n = \frac{2}{X} \int_{-\frac{X}{2}}^{+\frac{X}{2}} y(x) \cos \omega_0 n x dx, \quad b_n = \frac{2}{X} \int_{-\frac{X}{2}}^{+\frac{X}{2}} y(x) \sin \omega_0 n x dx$$

Переставимо у комплексних числах:

$$Y(nf_0) = \frac{1}{2} (a_n - j b_n)$$

де $j = \sqrt{-1}$, $f_0 = \omega_0 / 2\pi$, одержимо:

$$Y(nf_0) = \frac{1}{X} \int_{-\frac{X}{2}}^{+\frac{X}{2}} y(x) e^{-2\pi j n f_0 x} dx. \quad (2.9)$$

Спектр амплітуд:

$$|Y(nf_0)| = \frac{1}{2} \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

і спектр фаз:

$$\varphi(nf_0) = \text{arctg} \left(-\frac{b_n}{a_n} \right).$$

За допомогою допомоги даних формул можна розрахувати спектр амплітуд та спектр фаз.

2.2 Оброблення результатів досліджень

Із теоретичного матеріалу відомо, що кожна операція механічної обробки різанням являє собою сукупність динамічних процесів, які спостерігаються в

зоні різання та в пружній системі верстата. Однією з основних проблем управління технологічними системами є ідентифікація динамічних процесів, які відбуваються під час виконання технологічної операції. [25]

Для прикладу розглянемо технологічну систему, яка включає в себе заготовку, пристосування, інструмент і елементи верстата (рис.2.5). Вхідним сигналом служить F є сила різання, а вихідним сигналом Y - переміщення. Функція переходів буде являти собою систему диференціальних рівнянь. У випадку, коли розглядаємо коливання тільки в одній площині, то їх можна описати диференціальним рівнянням другого порядку:

$$m\ddot{Y} + G\dot{Y} + kY = F(\tau) \quad (2.10)$$

де τ - час, m , G і k - відповідно параметри технологічної системи: приведена маса, демпфування та жорсткість системи .

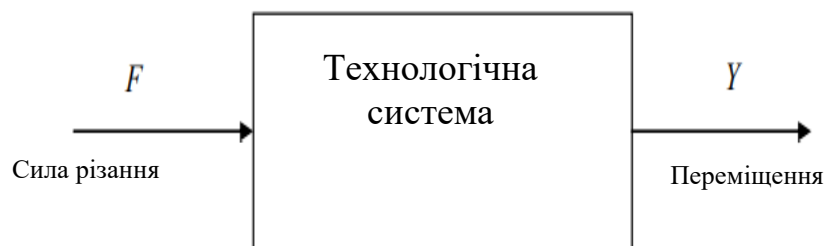


Рисунок 2.5 –Технологічна система як об’єкт дослідження

Для математичного представлення таких лінійних систем використовується апарат передаточних функцій. Для вище наведеного прикладу передаточна функція пружної технологічної системи матиме вигляд:

$$W_{yc}(S) = \frac{Y(s)}{F(S)} = \frac{1}{ms^2 + Gs + k} \quad (2.11)$$

де $Y(s)$ і $F(s)$ – зображення Лапласа відповідно вихідного переміщення і вхідного (сили різання) сигналів.

Для визначення коефіцієнтів диференціального рівняння (2.10) або передаточної функції (2.11) потрібно експериментально визначити залежності сили різання F та пружних деформацій Y в залежності від зміни часу.

Розглянемо операцію механічної обробки як систему для перетворення вихідного профілю заготовки в профіль деталі. В цьому випадку вхідним сигналом є профіль заготовки, а ви вихідним - профіль обробленої поверхні (рис.2.6)



Рисунок 2.6 –Перетворення вихідного профілю заготовки в профіль деталі

Для математичного опису динамічних систем такого типу також можна використовувати апарат передаточних функцій. При цьому передатна функція буде мати вигляд:

$$W_{yc}(S) = \frac{Y(s)}{F(S)} = \frac{a_k s_k + a_{k-1} s_{k-1} + \dots + a_1 s + a_0}{b_n s_n + b_{n-1} s_{n-1} + \dots + b_1 s + b_0} \quad (2.12)$$

де $X(s)$, $Y(s)$ - зображення профілю заготовки та профілю деталі.

Завдання ідентифікації технологічної системи зводиться до визначення коефіцієнтів передаточної функції a_i і b_i . Запропонований підхід заснований на теорії технологічної спадковості і враховує, як за рахунок технологічної операції профіль заготовки перетвориться в профіль деталі. При цьому коефіцієнти передавальної функції визначаються режимом різання та параметрами операції: її видом і властивостями технологічної системи.

Структурна схема операції механічної обробки може бути представлена у вигляді рис. 2.7

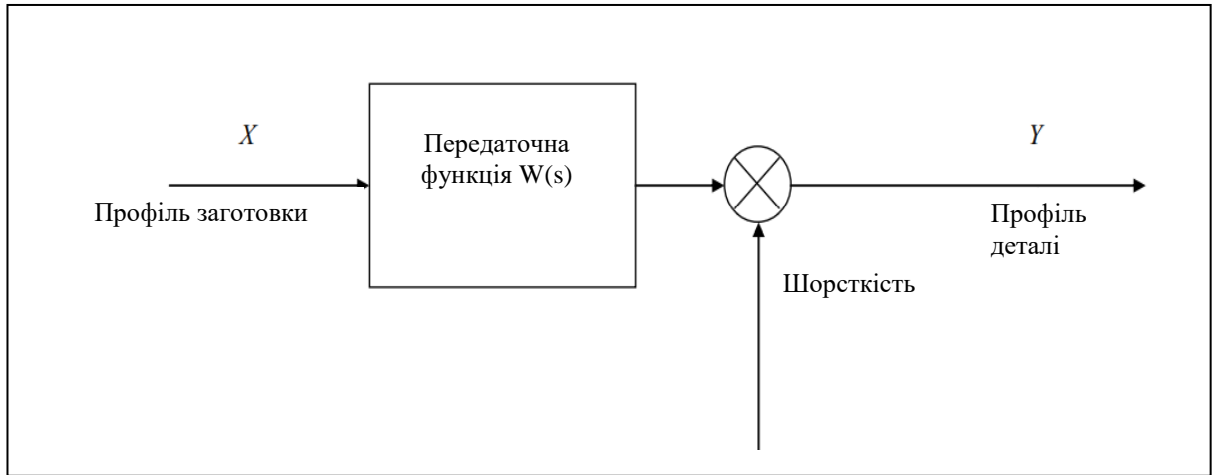


Рисунок 2.7 - Структурна схема операції механічної обробки

Прямий зв'язок характеризується явищами технологічної спадковості та шорсткістю, яка визначається процесом зняття стружки та явищами вимушених і власних автоколивань. [11]

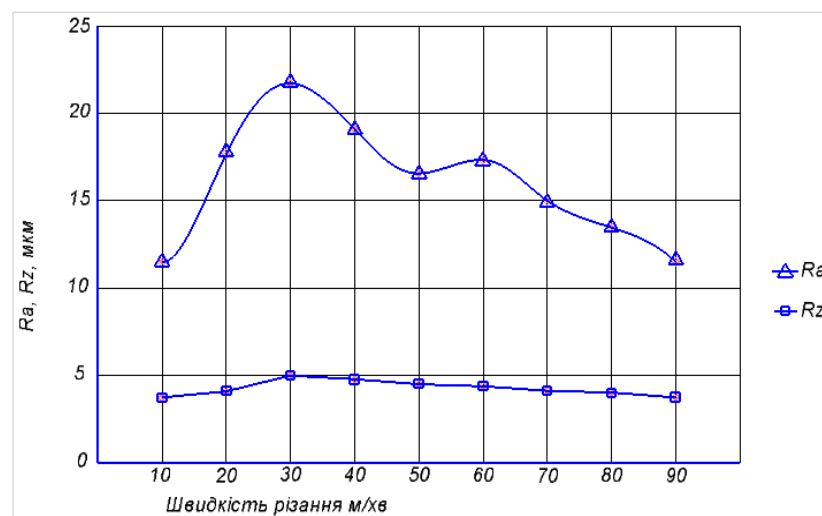


Рисунок 2.8 – Залежність параметрів шорсткості від швидкості різання

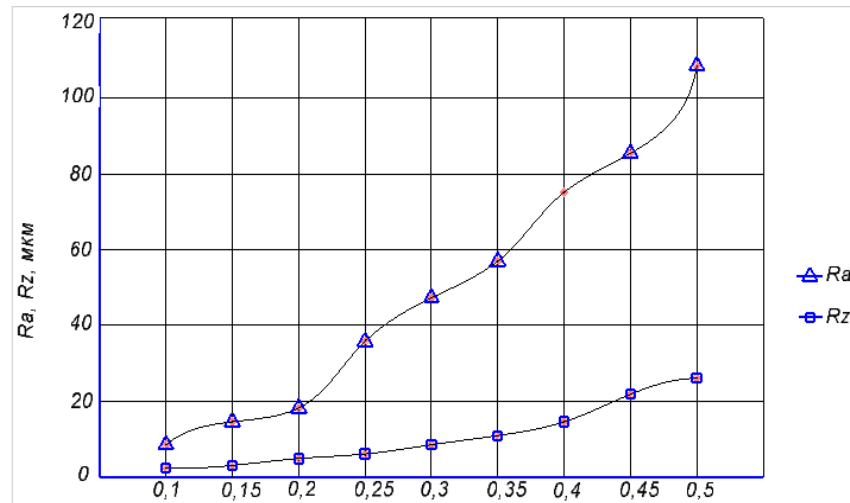


Рисунок 2.9 – Залежність параметрів шорсткості від повздожньої подачі

Аналізуючи графічні залежності робимо висновок, що параметр Rz шорсткості є більш змінним, ніж параметр Ra .

2.3 Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень

На шорсткість поверхні, яка обробляється лезовим інструментом, впливає велика кількість факторів. До важливих факторів можемо віднести метод обробки заготовок. Кожен метод обробки характеризується використанням певного виду обладнання та інструменту. Відповідно до цього, можемо одержати різну шорсткість поверхні. Утворення шорсткості не можна пояснити тільки траєкторією руху ріжучої кромки та впливом крихкого сколювання частинок. На величину шорсткості великий вплив має подача та швидкість різання, геометричні параметри ріжучої кромки, фізико-механічні властивості матеріалу та вид змащувально-охолоджуючої рідини.

Так, при однакових умовах діапазон зміни Rz - 1,9 рази, Ra - 1,4 рази. Зниження якості процесу точіння спостерігається у діапазоні зміни швидкостей 20...40 м/хв.

При дослідженні повздовжньої подачі, робимо висновок, що підвищення параметрів Ra і Rz змінюється запри збільшенні повздовжньої подачі. Отримані результати потрібно використовувати при призначенні режимів різання під час токарної обробки для збереження відповідної якості поверхні деталі.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва

Деталь — корпус 320 ПМФ4. 604. 101 відноситься до класу корпусних деталей. Цей корпус входить в склад багатоцільового верстату з системою ЧПК і автоматичною зміною інструменту. [1]

Корпус 320. ПМФ4. 604. 101 виготовляється з чавуну СЧ20. Він є основною несучою деталлю вузла і служить для закріплення на нього всіх інших деталей.

Аналізуючи заводський варіант технологічного процесу виготовлення корпусу 320 ПМФ4.604.101 можна зробити висновки.

Операції механічної обробки розміщені в наступній послідовності:

Операції 005 – 020 – поздовжньо – фрезерні.

Чорнова обробка торцевих поверхонь.

Операції 025 – 035 – поздовжньо – фрезерні.

Чистова обробка торцевих поверхонь.

Операція 040 – горизонтально – розточна.

Розточування отвору $\varnothing 50$, свердління 2-х отворів $\varnothing 10$ і шести отворів $\varnothing 14$ мм.

Операції 045 – 060 – горизонтально – розточна.

Фрезерування занижень 105×1 і 80×1 , свердління 5 отв. $\varnothing 10.2$ мм.

Операція 065 – радіально – свердлильна.

Нарізання різі в 20 – и отворах $\varnothing 10.2$ мм.

Операції 070 – 085 – плоско – шліфувальні.

Шліфування торцевих поверхонь деталі.

Операція 090 – горизонтально – розточна.

Розточування виточки $\varnothing 240$ мм і поверхні “А”, розточування $\varnothing 50H7$ начисто.

З точки зору економіки на даний технологічний процес використано велику кількість обладнання.

Як один з позитивних моментів в заводському технологічному процесі необхідно відзначити застосування стандартного ріжучого інструменту.

Визначаємо тип виробництва [12]

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (3.1)$$

де O — сума всіх технологічних операцій,

P — сума робочих місць.

Програма випуску - 10 000 шт., тип виробництва — багатосерійне виробництво.

Визначаємо коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{з.о.} = \frac{117}{18} = 6.5$$

Оскільки $1 < 6.5 < 10$, то дане виробництво є багатосерійним.

Результати розрахунку значень m_p - необхідної кількості одиниць технологічного обладнання, P - необхідної кількості робочих місць, $\eta_{з.ф.}$ - фактичного коефіцієнта завантаження обладнання, O - кількості операцій, закріплених за одним робочим місцем зведені в таблиці 2.1.

Для отримання заготовки з сірого чавуну СЧ20 для деталі корпус 320 ПМФ4.604.101 розглянемо два способи [15]:

- 1) литво в кокіль з стержнями;
- 2) литво в графітові форми.

Із проведених розрахунків можна зробити висновок, що заготовку для деталі корпус 320 ПМФ4.604.101 доцільно отримувати литвом в кокіль.

\

Встановлюємо клас точності розмірів і ряд припусків на механічну обробку.

Для відливки в кокіль приймаємо:

- клас точності розмірів і мас – 7;
- ряд припусків на механічну обробку – 2.

Таблиця 3.1 – Визначення типу виробництва

Нопер	Назва операції	$T_{ш-к}$	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
1	2	3	4	5	6	7
005	Фрезерна	3.3	0.17	1	0.17	5
010	Фрезерна	3.3	0.17	1	0.17	5
015	Фрезерна	3.3	0.17	1	0.17	5
020	Фрезерна	3.3	0.17	1	0.17	5
025	Фрезерна	3.3	0.17	1	0.17	5
030	Фрезерна	3.3	0.17	1	0.17	5
035	Фрезерна	3.3	0.17	1	0.17	5
040	Горизонтально –розточна	4.2	0.22	1	0.22	4
045	Горизонтально –розточна	4.15	0.21	1	0.21	4
050	Горизонтально –розточна	4.15	0.21	1	0.21	4
055	Горизонтально –розточна	4.15	0.21	1	0.21	4
060	Горизонтально –розточна	4.15	0.21	1	0.21	4
065	Радіально – свердлильна	0.84	0.04	1	0.04	20
070	Шліфувальна	1.58	0.082	1	0.082	10
075	Шліфувальна	1.58	0.082	1	0.082	10
080	Шліфувальна	1.58	0.082	1	0.082	10
085	Шліфувальна	1.58	0.082	1	0.082	10
090	Горизонтально – розточна	13.68	0.71	1	0.71	2

Для вибору технологічних методів обробки користуємося розрахунковим уточненням [3]:

$$\varepsilon_p = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}, \quad (3.2)$$

де $T_{заг}$, $T_{дет}$ — відповідно допуск на означену характеристику точності заготовки і деталі.

Уточнення ε_i будь — допуск якого методу обробки наближено визначають за формулою:

$$\varepsilon_p = \frac{T_{i-1}}{T_i}, \quad (3.3)$$

де T_{i-1} , T_i — відповідно допуски, що забезпечуються попереднім і даним методом обробки.

Перевіримо правильність розрахунків:

$$\varepsilon_p \leq \varepsilon_n \quad (3.5)$$

Кількість методів обробок m визначається за формулою:

$$m = \frac{\lg \varepsilon_p}{0,46}$$

Розглянемо встановлення методів обробки на прикладі поверхні $\varnothing 50 \text{ H7}$. Допуск деталі $T_{дет} = 0.03$ мм, шорсткість поверхні $Ra 1.25$.

1. Встановлюємо допуск заготовки $T_{заг}$: $T_{заг} = 1,2$ мм.
2. Встановлюємо розрахункове уточнення:

$$\varepsilon_p = \frac{1,2}{0,03} = 40$$

3. В зв'язку з конструктивними особливостями деталі, можна застосувати розточування.
4. Встановлюємо необхідну кількість методів обробки:

$$m = \frac{\lg 40}{0,46} = 3.4$$

Приймаємо 3 методи.

1. Встановлюємо попередні методи обробки поверхні та визначаємо:

- розточування чорнове – 12 квалітет $T_1^1 = 0.4$ мм;
- розточування чистове – 9 квалітет $T_1^2 = 0.1$ мм;
- розточування тонке – 7 квалітет $T_1^3 = 0.03$ мм.

6. Визначимо уточнення всіх обробок ε_n і уточнення для кожного методу обробки ε_i :

$$\varepsilon_1 = \frac{T_3}{T_1^1} = \frac{1.2}{0.4} = 3.0;$$

$$\varepsilon_2 = \frac{T_1^1}{T_1^2} = \frac{0.4}{0.1} = 4.0;$$

$$\varepsilon_3 = \frac{T_1^2}{T_1^3} = \frac{0.1}{0.03} = 3.3$$

$$\varepsilon_n = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 3 \cdot 4 \cdot 3.3 = 40$$

7. Перевіряємо правильність назначених методів обробки:

$$\varepsilon_n = 40 = \varepsilon_p = 40$$

Це значить, що вибрано достатньо необхідну кількість методів [22].

Результати обчислень на інші оброблювані поверхні зводимо в таблицю 3.2

Таблиця 3.2 – Методи обробки поверхонь деталі

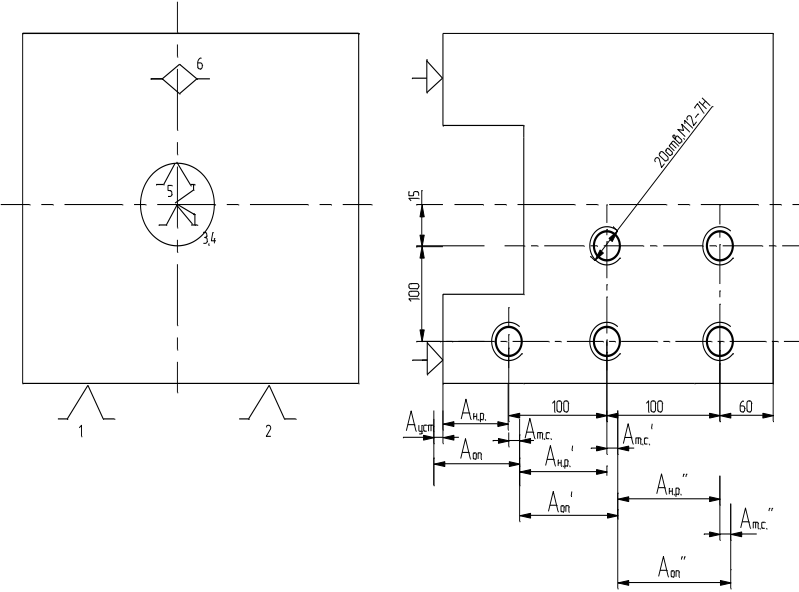
N п/п	Назва поверхні, методи обробки	Квалітет	Допуск		Уточнення		
			Позначення	Величина, мм	Позначення	Величина, мм	
1	2	3	4	5	6	7	
1	Передня поверхня 6, 5 l=300 мм Заготовка Фрезерування чорнове Фрезерування чистове	14	$T_{дет1}$	0.5	ε_p	5.4	
		16	$T_{заг1}$	2.7			
			14	T_1^1	0.8	ε_1	3.4
		T_1^2		0.5	ε_2		
2	Базові поверхні 1,2, 3, 4 l=300 мм Заготовка Фрезерування чорнове Фрезерування чистове	14	$T_{дет1}$	0.5	ε_p	5.4	
		16	$T_{заг1}$	2.7			
			14	T_1^1	0.8	ε_1	3.4
		T_1^2		0.5	ε_2		
3	Поверхня \varnothing 50 H7 Заготовка Розточування чорнове Розточування чистове Розточування тонке	7	$T_{дет1}$	0.03	ε_p	4	
		12	$T_{заг1}$	1.2			
			T_1^1	0.4			ε_1
		9	T_1^2	0.1			
7	T_1^3	0.03	ε_3	3.3			
					ε_n	40	

Проведемо вибір та розрахункове Обґрунтування баз.

Таблиця 3.3 – Технологічні бази та похибки обробки деталі корпус

Операція	Ескіз заготовки та розмірні ланцюги	Розрахунок похибок обробки
005		<p>$T=0.12$ [4];</p> <p>$\omega_{оп} = \omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} + \omega_{уст}$</p> <p>$\omega_{с.} = \omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} = 0.3$</p> <p>[15, дод.6];</p> <p>$\omega_{уст.} = 0.1$ мм. [1]</p> <p>$\omega_{оп.} = 0.4$ мм</p> <p>300 ± 0.5 мм</p>
010		<p>$T=1.0$ [4];</p> <p>$\omega_{оп} = \omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} + \omega_{уст}$</p> <p>$\omega_{с.} = \omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} = 0.3$</p> <p>[15, дод.6];</p> <p>$\omega_{уст.} = 0.12$</p> <p>$\omega_{оп.} = 0.42$ мм</p>

Операція	Ескіз заготовки та розмірні ланцюги	Розрахунок похибок обробки
015		$T=1.0$ [4]; $\omega_{оп} = \omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} + \omega_{уст}$ $\omega_{с.} = \omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} = 0.3$ [15, дод.6]; $\omega_{уст.} = 0.12$ $\omega_{оп.} = 0.42$ М $\omega_{оп.} = 0.3$ мм
020		$T=0.25$ [4]; $\omega_{оп} = \omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} + \omega_{уст}$ $\omega_{с.} = \omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} = 0.12$ [15, дод.6]; $\omega_{уст.} = 0$ [1]; $\omega_{оп.} = 0.12$ мм

Операція	Ескіз заготовки та розмірні ланцюги	Розрахунок похибок обробки
045		$T=0.043$ [4]; $\omega_3=0.003$; $\omega_6=0.007$ $\omega_{уст.}=0$, тому що використовується оброблена поверхня в якості чистової бази $\omega_с=0.004$ $\omega_{обр}=0.025$

3.2 Розроблення технологічного процесу виготовлення виробу

Визначення допусків, припусків і операційних розмірів

1. Визначення припусків на механічну обробку табличним методом.

Використаємо дані заготовки вилівка із сірого чавуну 7 – го класу точності.

Таблиця 3.4 – Припуски і розміри заготовки

Розмір деталі, мм	Припуск, мм	Допуск, мм	Розміри заготовки, мм
$\varnothing 50 H7$	2.0	$\begin{matrix} +0.03 \\ 0 \end{matrix}$	$\varnothing 46.0 \begin{matrix} +0.03 \\ 0 \end{matrix}$
$\varnothing 240^{+0.46}$	2.8	$\begin{matrix} +0.7 \\ -0.9 \end{matrix}$	234.4
300 ± 0.5	2.4	$\begin{matrix} +0.9 \\ -1.7 \end{matrix}$	304.8

2. Аналітичний розрахунок припусків на механічну обробку.

Розрахункова формула для визначення мінімального значення припуску на обробку циліндричних поверхонь [11]:

$$2Z_{\min} = 2\left(R_{z-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_y^2}\right), \quad (3.6)$$

де R_{z-1} - висота мікронерівностей поверхні залишених від попередньої обробки;

T_{i-1} - товщина дефектного шару залишеного від попередньої обробки;

ρ_{i-1} - сумарні відхилення форми взаємного розташування поверхонь на попередньому переході;

ε_y - похибка установки заготовки.

Виконаємо розрахунки припусків на механічну обробку пов. Ø 50 H7.

Таблиця 3.5 - Розрахунок припусків аналітичним методом

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску				Розра- хунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розра- хун- ковий розмір d_p , мм.	До- пуск δ , мм	Макси- мально допустимий розмір, мм		Максимальне допустиме значення припусків, мм	
								d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}^{Z_p}$	$2Z_{\max}^{Z_p}$
	Rz	T	ρ	ε							
Заготовка	300	300	286	—	—	47.99	0.4	47.59	48	—	—
Чорнове розточування	50	50	17,2	12 0	2·810	49.614	0.17	49.44	49.6 1	1.61	1.85
Чистове розточування	25	25	11,4	40	2·143	49.9	0.03	49.87	49.9	0.29	0.43
Тонке розточування	5	5	—	10	2·65	50.03	0.01	50.02	50.0 3	0.13	0.15

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу визначають:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_m^2} \quad (3.7)$$

Короблення отвору слід враховувати як в діаметральному, так і в осьовому січенні, тому:

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot \ell)^2}, \quad (3.8)$$

де $\Delta_k=0,7$ — питоме короблення заготовки;

d — діаметр отвору, мм;

ℓ — довжина отвору, мм.

$$\rho_{кор} = \sqrt{(0,7 \cdot 50)^2 + (0,7 \cdot 25)^2} = 40 \text{ мкм}$$

Враховуючи, що сумарне зміщення отвору у виливку відносно зовнішньої поверхні являє собою геометричну суму двох взаємно перпендикулярних площин, отримаємо:

$$\rho_m = \sqrt{\left(\frac{\delta_g}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_z}{2}\right)^2}, \quad (3.9)$$

де δ_g, δ_z — допуски на розміри у вертикальному і горизонтальному напрямку, відповідно до класу точності, що відповідає даному виливку.

$$\rho_m = \sqrt{\left(\frac{400}{2}\right)^2 + \left(\frac{400}{2}\right)^2} = 284 \text{ мкм}$$

Так отримуємо сумарне значення просторового відхилення заготовки:

$$\rho_3 = \sqrt{40^2 + 284^2} = 286 \text{ мкм}$$

Знаходимо залишкове просторове відхилення:

- для чорнового розточування:

$$\rho_1 = k_y \cdot \rho_s, \quad (3.10)$$

де k_y - коефіцієнт уточнення форми.

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 286 = 17,2 \text{ мкм}$$

- після чистового розточування:

$$\rho_2 = 0,06 \cdot \rho_s = 0,06 \cdot 286 = 11,4 \text{ мкм}$$

Похибка встановлення при розточуванні:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_s^2} \quad (3.11)$$

Похибку базування на довжині:

$$\varepsilon_\delta = l \cdot \operatorname{tg} \alpha = 25 \cdot 0,0004 = 10 \text{ мкм}$$

Тоді похибка встановлення при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{10^2 + 120^2} = 120,4 \text{ мкм}$$

Похибка встановлення при чистовому розточуванні:

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1 + \varepsilon_{ind} = 40 \text{ мкм}$$

Похибка встановлення при тонкому розточуванні:

$$\varepsilon_3 = 10 \text{ мкм}$$

Обчислимо мінімальний припуск під розточування.

Мінімальний припуск під чорнове розточування:

$$2Z_{2 \min} = 2 \left(200 + 300 + \sqrt{286^2 + 40^2} \right) = 2 \cdot 810 \text{ мкм}$$

Мінімальний припуск під чистове розточування:

$$2Z_{3 \min} = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{17,2^2 + 40^2} \right) = 2 \cdot 143 \text{ мкм}$$

Мінімальний припуск під тонке розточування:

$$2Z_{4 \min} = 2 \left(25 + 25 + \sqrt{11,4^2 + 10^2} \right) = 2 \cdot 65 \text{ мкм}$$

Знаходимо розрахункові розміри:

$$d_{pi} = d_{p+1} - 2Z_{\min i+1} \quad (3.12)$$

Розрахунок ведеться починаючи з розміру заданого кресленням з верхнім

Відхиленням:

$$d_{p_4} = 50.03 \text{ мм};$$

$$d_{p_3} = 50.03 - 0.130 = 49.9 \text{ мм};$$

$$d_{p_2} = 49.9 - 0.286 = 49.614 \text{ мм};$$

$$d_{p_1} = 49.614 - 1.62 = 47.99 \text{ мм}.$$

Виберемо значення допусків, що відповідають квалітетам точності, які досягаються внаслідок механічної обробки.

Розточування тонке: 7 квалітет.

$$\delta = 0.010 \text{ мм}; d_{p_4} = 50.03 \text{ мм}$$

Розточування чистове: 9 квалітет.

$$\delta = 0.030 \text{ мм}; d_{p_3} = 49.9 \text{ мм}$$

Розточування чорнове: 12 квалітет.

$$\delta = 0.17 \text{ мм}; d_{p_2} = 49.614 \text{ мм}$$

Заготовка

$$\delta = 0.4 \text{ мм}; d_{p_1} = 47.99 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальне значення міжопераційних розмірів:

$$d_{i \min} = d_{p_i} - \delta_i \quad (3.13)$$

$$d_{4 \min} = 50.03 - 0.01 = 50.02 \text{ мм};$$

$$d_{3 \min} = 49.9 - 0.03 = 49.87 \text{ мм};$$

$$d_{2 \min} = 49.614 - 0.17 = 49.44 \text{ мм};$$

$$d_{1 \min} = 47.99 - 0.4 = 47.59 \text{ мм}.$$

Знаходимо граничні значення припусків:

$$2Z_{\min}^{Z_p} = d_{\max i} - d_{\max i-1} \quad (3.14)$$

$$2Z_{4 \min}^{Z_p} = 50.03 - 49.9 = 0.13 \text{ мм};$$

$$2Z_{3 \min}^{Z_p} = 49.9 - 49.61 = 0.29 \text{ мм};$$

$$2Z_{2 \min}^{Z_p} = 49.61 - 48 = 1.61 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max}^{Z_p} = d_{\min i} - d_{\min i-1} \quad (3.15)$$

$$2Z_{4 \max}^{Z_p} = 50.02 - 49.87 = 0.15 \text{ мм};$$

$$2Z_{3 \max}^{Z_p} = 49.87 - 49.44 = 0.43 \text{ мм};$$

$$2Z_{2 \max}^{Z_p} = 49.44 - 47.59 = 1.85 \text{ мм}.$$

Проводимо перевірку правильності виконання розрахунків:

$$2Z_{4 \max}^{Z_p} - 2Z_{4 \min}^{Z_p} = 0.15 - 0.13 = 0.02 \text{ мм};$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 0.03 - 0.01 = 0.02 \text{ мм};$$

$$2Z_{3 \max}^{Z_p} - 2Z_{3 \min}^{Z_p} = 0.43 - 0.29 = 0.14 \text{ мм};$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 0.17 - 0.03 = 0.14 \text{ мм};$$

$$2Z_{2 \max}^{Z_p} - 2Z_{2 \min}^{Z_p} = 1.85 - 1.62 = 0.23 \text{ мм};$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 0.4 - 0.17 = 0.23 \text{ мм}.$$

Розрахунок виконаний вірно.

Сумарні значення припусків:

$$2Z_{\min} = \sum 2Z_{\min i}^{Z_p} = 0.13 + 0.29 + 1.61 = 2.03 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max} = \sum 2Z_{\max i}^{Z_p} = 0.15 + 0.43 + 1.85 = 2.43 \text{ мм}.$$

Номінальний припуск визначається враховуючи:

$$Z_{\text{ном}} = Z_{\min} + B_3 - B_d = 2.03 + 0.2 - 0.05 = 2.18 \text{ мм}$$

Номінальний діаметр заготовки:

$$d_{\text{ном.зар}} = d_{\min \text{дет}} - Z_{\text{ном}} = 50.02 - 2.18 = 47.84 \text{ мм}$$

Розмір, що проставляється на кресленні $\varnothing 47.84$

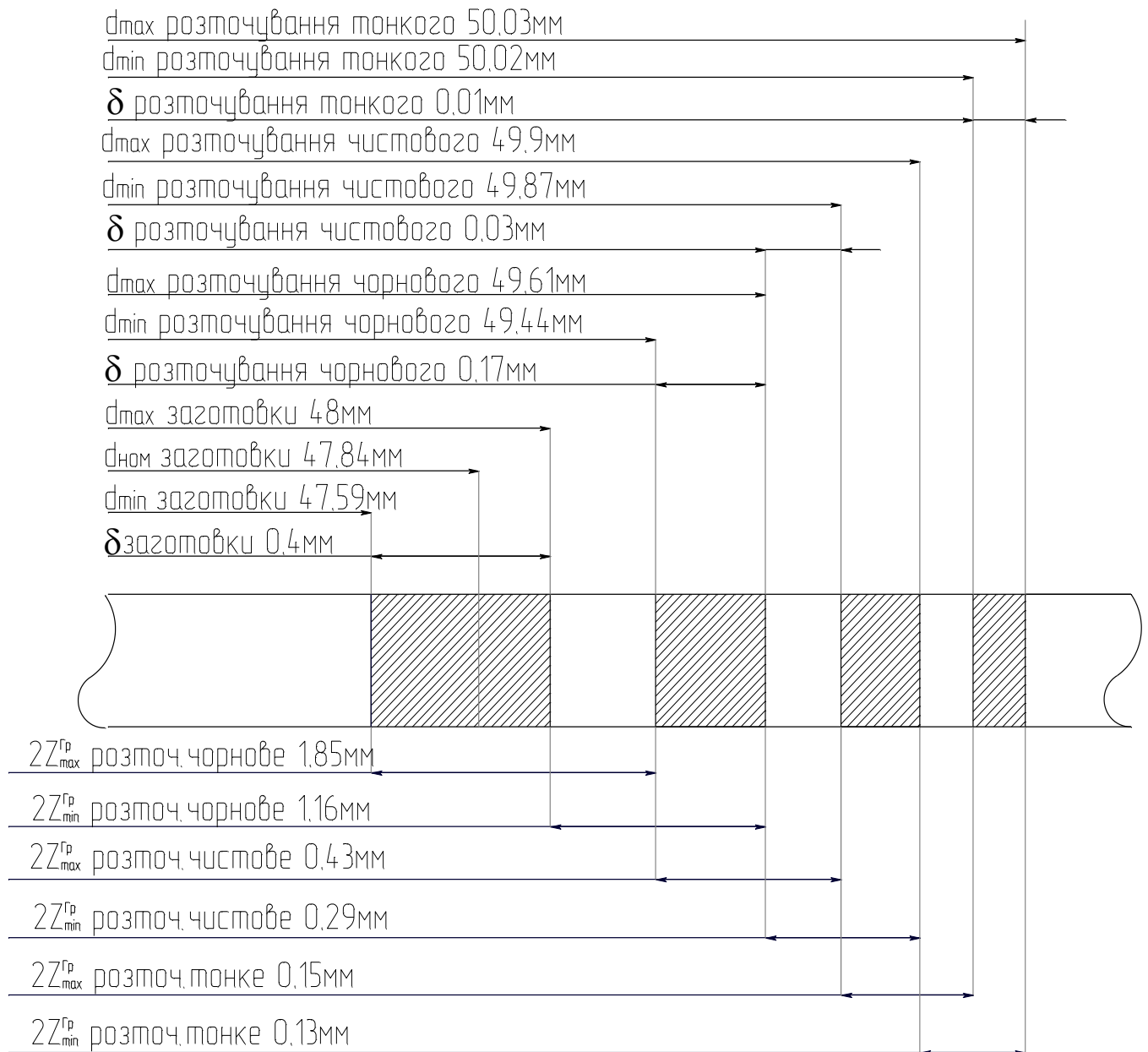


Рисунок 3.1 – Схема графічного розміщення припусків і допусків на обробку отвору $\varnothing 50 H7$

Розрахунок режимів різання представлено в додатку В1.

Результати розрахунків режимів різання [16] для корпусу 320ПМФ4.604.101 заносимо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Розрахунок режимів різання табличним методом

Операції і технологічні переходи	t, мм	S _{розр.} , мм/об	S _{д.} , мм/об	V _{розр.} , м/хв	V _{д.} , м/хв	n _{розр.} , об/хв	n _{д.} , об/хв	N _{різ.} , кВт	Марка Верста-ту
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005 Карусельно-фрезерна операція									623М
1. фрезерувати пов. 1 начорно;	2	400	400	138	125	137	124	9.7	
2. фрезерувати пов. 1 начисто	0.4	400	400	176	160	176	160	9.7	
010Вертикально-фрезерна операція									6Н10
1. фрезерувати виточку 150×1	1	300	280	120	126	250	260	1.6	
015Вертикально-фрезерна операція									6Н10
1. фрезерувати виточку 80×1	1	300	280	120	126	250	260	1.6	

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
020 Горизонтально розточна операція									2615
1. розточити поверхню 11, 12 начорно;	1.2	0.2	1.2	100	100	400	320	2.2	
2. розточити поверхню 11, 12 начисто	0.4	0.1	0.4	160	160	656	400	2.2	
025 Вертикально - свердлильна операція									2С150
1. свердлити 6 отв. Ø 14	7	0.3	0.1	19.8	21	450	480	5.0	
030 Вертикально - свердлильна операція									2С150
1. цекувати 6 отв. Ø 20 на l=16 мм	3	0.25	0.1	21.6	21	340	480	3.8	
035 Вертикально - свердлильна операція									2С150
1. свердлити 2 отв. Ø 10	5	0.25	0.1	50	50	1300	1200	2	
040 Горизонтально- розточна операція									2615
1. розточити Ø 50 начорно	1.8	0.4	1.4	70	80	450	480	1.4	
2. розточити Ø 50 начисто	0.4	0.2	0.4	100	100	640	640	0.4	
3. тонке розточування Ø 50	0.1	0.1	0.1	120	126	764	780	0.1	

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
045Радіально-свердлильна операція									2E52
1. свердлити 5 отв. Ø 10.2	5.1	0.25	0.2	50	70	1200	1200	1	
2. зенкувати 5 отв. в розмір 1.5×45	5.1	0.1	0.1	50	80	1200	1200	0.25	
3. нарізати різь в 5 отв. М12	5.1	1.25	1.25	7.6	8	63	63	0.25	

3.3 Визначення кількості обладнання

Розрахунок норм часу представлено в додатку В2 та зведено в таблицю 3.7

Таблиця 3.7– Нормування часу на виконання технологічних операцій

Назва операції	T _о ,	T _д ,	T _{оп} ,	T _{об.}		T _{від.} ,	T _{п.з.} ,	T _{шт.к.} ,
	хв	хв	хв			хв	хв	хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005 Карусельно-фрезерна операція	14.1 6		14.16	0.12	0.34	0.85	24	15.6
010 Вертикально-фрезерна операція	6.16	0.03	0.19	0.28	0.15	0.37	24	6.1
015 Вертикально-фрезерна операція	6.16	0.03	0.19	0.28	0.15	0.37	24	6.1
020Горизонтально-розточна операція	1.8	0.4	2.2	0.26	0.65	0.13	25	2.76
025 Вертикально - свердлильна операція	0.64	0.76	1.4	0.14	0.033	0.084	25	1.77
030 Вертикально - свердлильна операція	0.64	0.76	1.4	0.14	0.033	0.084	25	1.77

035 Вертикально - свердлильна операція	0.24	0.61	0.85	0.14	0.02	0.05	25	1.05
040 Горизонтально-розточна операція	8.1	0.84	8.94	0.3	0.211	0.54	25	10.6
045 Радіально-свердлильна операція	12.1 8	1.2	13.38	0.91	0.32	0.8	25	15.53

Проведемо уточнення типу виробництва.

Знаючи реальний штучний час операцій уточнюємо необхідну кількість верстатів і визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження [1] обладнання:

$$\eta_{з.ф.і} = \frac{m_{p_i}}{P_i}, \quad (3.16)$$

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}},$$

де $\eta_{з.ф.і}$ — фактичний коефіцієнт завантаження обладнання на i – ої операції;

m_p — розрахункова кількість верстатів необхідних для виконання i –ої операції;

P_i — прийнята кількість верстатів;

$N=10\,000$ шт. — річна програма випуску, шт.;

$T_{ш-к}$ — штучно калькуляційний час операції;

F_d — дійсний фонд роботи обладнання;

$\eta_{з.н.}$ — нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0.75...0.8$).

Приведемо приклад розрахунку.

Операція 005 Карусельно – фрезерна :

$$m_{p005} = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}} = \frac{10000 \cdot 15.6}{60 \cdot 4015 \cdot 0.8} = 0.81 \quad P_{010}=1$$

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{0.81}{1} = 0.81$$

Визначаємо кількість операцій:

$$O_{005} = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.005}} = \frac{0.8}{0.81} = 0.99$$

Аналогічно проводяться розрахунки і на інші операції, результати зведені в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 – Дані для уточнення типу виробництва

Назва операції	Штучний час $T_{шт.к}, \text{хв}$	К-ть верстатів m_p , шт	К-ть робочих місць P , шт	Нормативний коеф. завантаження обладнання $\eta_{з.ф.}$
1	2	3	4	5
005 Карусельно-фрезерна операція	15.6	0.81	1	0.81
010 Вертикально-фрезерна операція	6.1	0.32	1	0.32
015 Вертикально-фрезерна операція	6.1	0.32	1	0.32
020 Горизонтально-розточна операція	2.76	0.13	1	0.13
025 Вертикально -свердлильна операція	1.77	0.1	1	0.1
030 Вертикально -свердлильна операція	1.77	0.1	1	0.1
035 Вертикально -свердлильна операція	1.05	0.05	1	0.05

Продовження таблиці 3.8				
1	2	3	4	5
040 Горизонтально-розточна операція	10.6	0.55	1	0.55
045 Радіально-свердлильна операція	15.53	0.8	1	0.8

Аналізуючи таблицю 3.8, приходимо до висновку про необхідність об'єднання всіх вертикально – фрезерних операцій на одному верстаті з коефіцієнтом завантаження:

$$\eta_{з.ф.i} = 0.32 + 0.32 = 0.64$$

Необхідно об'єднати всі вертикально–свердлильні операції на одному верстаті з коефіцієнтом завантаження:

$$\eta_{з.ф.i} = 0.1 + 0.1 + 0.05 = 0.25$$

Об'єднаємо горизонтально – розточні операції:

$$\eta_{з.ф.i} = 0.13 + 0.55 = 0.68$$

Фактичний середній коефіцієнт завантаження:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{\sum_{i=1}^5 \eta_{з.ф.i} \cdot P_i}{\sum P} = \frac{0.81 \cdot 1 + 0.64 \cdot 1 + 0.25 \cdot 1 + 0.68 \cdot 1 + 0.8 \cdot 1}{5} = 0.64$$

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції і визначаємо тип виробництва.

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{1,170.99 + 1.25 + 3.2 + 1.18 + 1}{1 + 1 + 1 + 1 + 1} = \frac{7.62}{5} = 1.52$$

Оскільки $10 > K_{з.о.} > 1$, то маємо багатосерійне виробництво.

Будуємо графік завантаження обладнання.

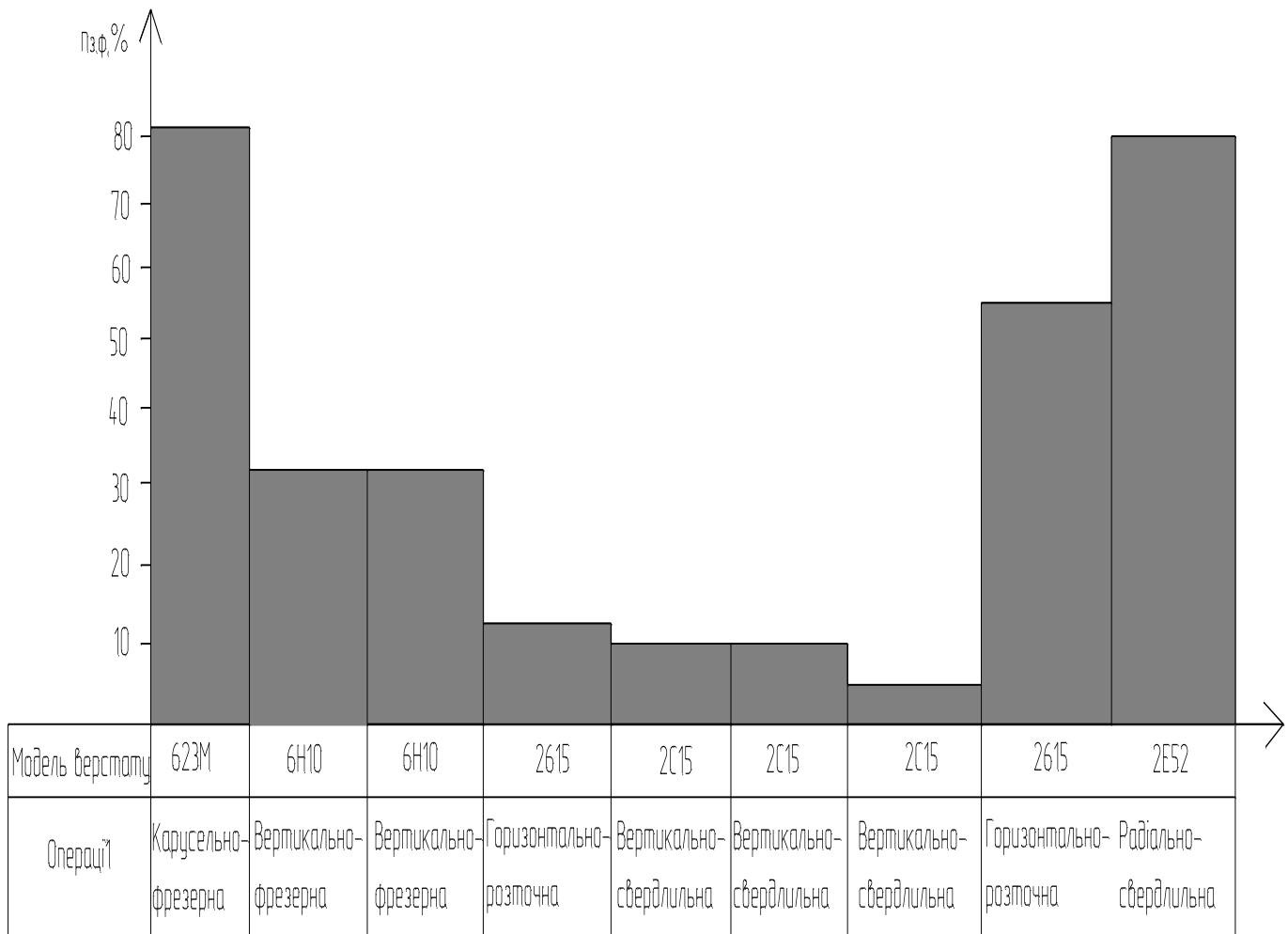


Рисунок 3.2 – Графік завантаження обладнання

3.4 Конструювання спеціального оснащення та інструменту

Силовий розрахунок параметрів приводу. Зусилля затиску фрезерного пристрою розраховується по залежності, відповідно до [9] схеми представленої на рисунку 3.3

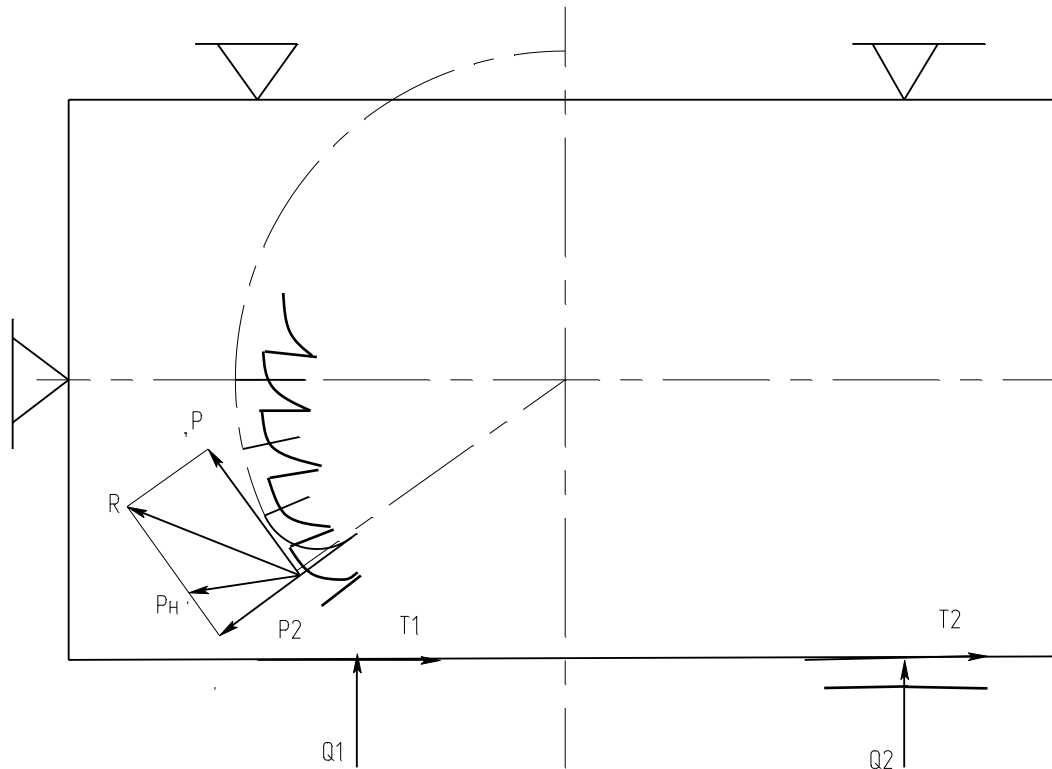


Рисунок 3.3 – Зусилля затиску фрезерного пристрою

Сили затиску Q_1 і Q_2 рівні і відповідні сили тертя T_1 і T_2 також рівні.

Тоді можна записати:

$$T_1 = T_2 = T = fQ \quad (3.17)$$

Надійний затиск заготовки забезпечується при умові, якщо

$$2fQ \geq k * P_H, \quad (3.18)$$

$$Q = \frac{K \cdot P_H}{2 \cdot f},$$

де f – коефіцієнт тертя, що для даного випадку рівний 0.6;

K — коефіцієнт запасу рівний 1.4

P_H — сила різання при фрезеруванні взято з таблиці режимів різання ($P_H=3090.4$)

Тоді:

$$Q = \frac{1.4 \cdot 3090.4}{2 \cdot 0.6} = 3605.5 \text{ Н}$$

Силу приводу розраховуємо по залежності:

$$N = P \cdot F \cdot \eta, \quad (3.19)$$

де $P=0.5$ МПа тиск повітря в робочій порожнині циліндра, мм^2 ;

η —коефіцієнт корисної дії $\eta=0.85$;

F —площа січення в робочій порожнині

$$F = \frac{N}{P \cdot \eta} = \frac{3605.5}{0.5 \cdot 0.85} = 8483.5 \text{ мм}^2$$

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Тоді діаметр циліндра буде рівний:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8483.5}{3.14}} = 103.9 \text{ мм}$$

Вибираємо пневмоциліндр з ряду стандартних з діаметром 120 мм.

Розрахунок на точність. Оскільки пристрій є ланкою системи ВПД, то від точності його виготовлення, установки на верстаті, зносостійкості установочних елементів в значній мірі залежить виготовлення деталі.

Сумарна похибка визначається по формулі:

$$\Sigma \varepsilon = k \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2 + \varepsilon_{рп}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{рне}^2 + \varepsilon_{пд}^2 + \varepsilon_n^2 + 3\varepsilon_{рз}^2 + \varepsilon_t^2}, \quad (3.20)$$

де ε_b — похибка яка зв'язана з похибкою верстата в навантаженому стані;

ε_6 — похибка базування;

ε_3 — похибка закріплення;

$\varepsilon_{пр}$ — похибка пристрою;

$\varepsilon_{рп}$ — похибка розташування пристрою на столі верстата;

$\varepsilon_{зн}$ — похибка, що викликана зношуванням установочних елементів;

$\varepsilon_{рне}$ — похибка розташування направляючих елементів пристрою;

$\varepsilon_{пд}$ — похибка пружних деформацій;

ε_n — похибка наладки пристрою на даному верстаті;

ε_{pz} — похибка зносу ріжучого інструменту;

ε_t — похибка температурних деформацій;

k — коефіцієнт розподілення випадкових величин.

Пристрій для фрезерування торців корпусу столів накопичувачів.

Похибка верстата в навантаженому стані $\varepsilon_b=0,03$ мм.

Похибка базування $\varepsilon_6=0$ мм, так як конструкторська, вимірна і технологічна бази співпадають.

Похибка закріплення $\varepsilon_3=0$ мм

Похибка пристрою $\varepsilon_{пр}=0,08$ мм

Похибка розташування пристрою на столі верстату $\varepsilon_{рп}=0$ мм.

Похибка розташування направляючих елементів $\varepsilon_{рне}=0,033$ мм

Похибка зносу установчих елементів розраховується по залежності:

$$\varepsilon_{зн.} = \beta \cdot N^n = 0.003 \cdot 10000^{0.5} = 0.3 \text{ мм,}$$

де $\beta=0.003$ – коефіцієнт, який залежить від типу виробництва;

$n=0.5$ – коефіцієнт, який залежить від виду установочних елементів,

$N=10000$ – річна програма випуску.

Похибка пружних деформацій різального інструменту і теплових деформацій рівні 0.

Коефіцієнт, що враховує закони розподілу похибок $k=1...1.2$

Тоді:

$$\Sigma\varepsilon = 1.2 \cdot \sqrt{0.03^2 + 0.08^2 + 0.033^2 + 0.03^2} = 0.38 \text{ мм}$$

Для забезпечення точності пристрою необхідно виконати умову:

$$\Sigma\varepsilon < T$$

де $T=0.5$ мм — допуск на розмір

Умова $\Sigma\varepsilon=0.38 < T=0.5$ мм виконується. Отже пристрій забезпечує необхідну точність обробки.

Розрахунок контрольного пристрою на точність.

Розрахунок контрольного пристрою на точність проводимо за формулою:

$$\Sigma \varepsilon = a \sqrt{\varepsilon_i^2 + \varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2 + \varepsilon_{pn}^2 + \varepsilon_{pne}^2 + \varepsilon_n^2 + 3\varepsilon_t^2}, \quad (3.21)$$

де $a=1.2$;

$\varepsilon_i=0.012$ — похибка індикатора;

$\varepsilon_\delta=0$ — похибка базування;

$\varepsilon_3=0.012$ — похибка закріплення індикаторів на важелик;

$\varepsilon_{np}=0.03$ — похибка розташування пристрою;

$\varepsilon_{pn}=0.01$ — похибка самого пристрою, згідно;

$\varepsilon_n=0.012$ — похибка налагодження;

ε_t — похибка температурних деформацій. Повну похибку обробки, пов'язану з температурними деформаціями часто визначити не вдається.

Тоді:

$$\Sigma \varepsilon = 1.2 \sqrt{0.012^2 + 0.012^2 + 0.03^2 + 0.01^2 + 0.012^2} = 0.021 \text{ мм}$$

Технологічний допуск рівний $T=0.03$ мм, значить спроектований пристрій забезпечує необхідну точність вимірювання.

4 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

4.1 Визначення основних і допоміжних площ цеху

Проведемо орієнтовний підрахунок площі цеху [7].

1. Виробнича площа для виробничої дільниці:

$$F_{\text{вир}} = C_p \cdot F_{\text{верст}}, \quad (4.1)$$

де $C_p = 120$ – прийнята кількість верстатів в цеху;

$F_{\text{верст}} = 15 \div 25 \text{ м}^2$ – площа необхідна під один верстат при його середніх габаритах, згідно [8].

$$F_{\text{вир}} = 120 \cdot 20 = 2400 \text{ м}^2$$

2. Площа складальної і випробувальної дільниці:

$$F_{\text{скл.вип.}} = 30\% \dots 40\% \text{ від } F_{\text{вир}}$$

$$F_{\text{скл.вип.}} = 2400 \cdot 0.4 = 960 \text{ м}^2$$

3. Допоміжних відділень:

3.1 Заточування інструменту.

Площа такого відділення залежить від габаритів інструментів і в середньому при розрахунку можна прийняти: $F_{\text{заг.вер.}}^{\text{н}} = 10 \text{ м}^2$ на один верстат, згідно [8].

. Площа необхідна для 6 верстатів дільниці:

$$F_{\text{заг.діл.}} = F_{\text{заг.вер.}}^{\text{н}} \cdot 6 = 10 \cdot 6 = 60 \text{ м}^2 \quad (4.2)$$

3.2 Ремонтної бази (ЦРБ).

Питома площа під один верстат складає: $F_{\text{ЦРБ.вер.}}^{\text{н}} = 25 \text{ м}^2$.

Площа необхідна під 3 верстати ЦРБ:

$$F_{\text{ЦРБ}} = F_{\text{ЦРБ.вер.}}^{\text{н}} \cdot 3 = 25 \cdot 3 = 75 \text{ м}^2 \quad (4.3)$$

3.3 Ремонту виробничого оснащення та інструменту.

Площа такого відділення вибирається виходячи із габаритів виробів. Для середніх виробів $F_{p.v.o.вер.}'' = 17...22 \text{ м}^2$ на один верстат. Площа необхідна під розміщення 6 верстатів дільниці:

$$F_{P.B.O.} = F_{p.v.o.вер.}'' \cdot 6 = 20 \cdot 6 = 120 \text{ м}^2$$

3.4 Контрольного відділення.

Вираховується із розрахунку $F_n = 5 \div 6 \text{ м}^2$ на одного контролера з коефіцієнтом $k_k = 1.75$, що враховує прибавку площі на розташування контрольного обладнання, згідно [8]. Кількість контролерів визначається в процентному відношенні від кількості верстатників і становить $5 \div 10 \%$, згідно [8].

При двозмінній роботі в крупносерійному виробництві приймаємо $p=6$ контролерів. Тоді:

$$F_{K.B.} = 6 \cdot 5 \cdot 1.75 = 52.5 \text{ м}^2$$

3.5 Складів металу, заготовок, деталей.

Площа складів деталей і вузлів розраховується за формулою, згідно [8]:

$$F_{скл.1} = \frac{A_1 \cdot Q_1}{q \cdot k \cdot m}, \quad (4.3)$$

де A_1 – час зберігання деталей, вузлів, напівфабрикатів, для багатосерійного виробництва $A_1 = 3...6$ дні. Приймаємо $A_1 = 4$ дні, згідно [8];

Q_1 – маса деталей, що проходить за рік через склад, в тонах;

q – допустима вантажна напруженість площі складу $q = 1.5 \text{ т / м}^2$;

k – коефіцієнт використання площі складу з врахуванням проходів і проїздів

$k = 0.4 \div 0.6$, згідно [8];

$m = 254$ – кількість робочих днів у році.

Значення Q_1 розраховується взявши до уваги масу одного вузла

$$m_g = 52 + 20 + 10 + 8 + 6 + 5 + 1 + 0.5 + 0.5 = 103 \text{ кг};$$

річну програму випуску: $N=10000$ шт.;

i – кількість аналогічних виробів, що випускається цехом, $i=12$

$$Q_1 = m_g \cdot N \cdot i = 103 \cdot 10000 \cdot 12 = 12360000 = 12360 \text{ т.}$$

Тоді:

$$F_{\text{скл.1}} = \frac{4 \cdot 12360}{1.5 \cdot 0.6 \cdot 254} = 216 \text{ м}^2$$

Площа складів металу і заготовок вираховується по формулі:

$$F_{\text{скл.2}} = \frac{A_2 \cdot Q_2}{q \cdot k \cdot m}, \quad (4.5)$$

де A_2 – час зберігання заготовок на складі для багатосерійного виробництва;

Q_2 – маса заготовок, що проходить через склад за рік, в тонах.

Q_2 визначається виходячи з маси деталей, що проходять через склади за рік, взявши до уваги середні цифри використання матеріалу.

$$Q_2 = \frac{Q_1}{K_{\text{в.м.}}} = \frac{12360}{0.65} = 19016 \text{ т} \quad (4.6)$$

Тоді:

$$F_{\text{скл.2}} = \frac{4 \cdot 19016}{1.5 \cdot 0.6 \cdot 254} = 334 \text{ м}^2$$

Загальна площа складатиме:

$$F_{\text{скл.}} = F_{\text{скл.1}} + F_{\text{скл.2}} = 216 + 334 = 550 \text{ м}^2$$

3.6 Приміщення змащувально – охолоджувальної рідини (ЗОР) та переробки стружки.

Ця площа визначається виходячи із витрат мастил за формулою, згідно [8]:

$$Q_m = \frac{q_m \cdot C_p \cdot 254}{1000} = \frac{0.2 \cdot 120 \cdot 254}{1000} = 6.01 \text{ т,}$$

а також витрати емульсії за формулою:

$$Q_e = \frac{q_e \cdot C_p \cdot 254}{1000} = \frac{2.0 \cdot 120 \cdot 254}{1000} = 60.96 \text{ т,}$$

де q_m , q_e – розхід мастил і емульсії на один верстат на добу, кг;

C_p – кількість верстатів в цеху, шт.;

254 – число робочих днів в році.

Площа приміщення переробки стружки встановлюється з умови 1 м² розрахунку площі на одну одиницю технологічного обладнання механічного цеху:

$$F_{ЗОР,сmp.} = C_p \cdot 1 \text{ м}^2 = 120 \cdot 1 = 120 \text{ м}^2;$$

3.7 Загальна площа допоміжних відділень складає суму їх площ:

$$F_{заг}^{дон} = F_{заг.дйл.} + F_{ЦРБ} + F_{P.B.O.} + F_{K.B.} + F_{скл.} + F_{ЗОР,сmp.} \quad (4.7)$$

$$F_{заг}^{дон} = 60 + 75 + 120 + 52.5 + 550 + 120 = 977.5 \text{ м}^2$$

3.8 Службово – побутових приміщень.

Площа адміністративно – конторських приміщень вираховується з розрахунку 4 м² на одного інженерно – технічного робітника (ІТР), а їх кількість береться в межах 7 ÷ 10 % від кількості основних виробників. Кількість молодшого обслуговуючого персоналу (МОП) складає 1...2 % від кількості ІТР.

Тоді від 240 чол. основних виробничників з розрахунку прийнятих 8 % отримаємо 20 чол. ІТР і від цього числа 4 чол. МОП, разом 24 чол., для яких загальна площа приміщень складатиме:

$$F_{c-n.n.} = P \cdot F_{нит} = 24 \cdot 4 = 96 \text{ м}^2$$

Площа під відпочивальний куток складає 0.9 м² на одного працюючого.

$$F_{e.k} = 264 \cdot 0.9 = 238 \text{ м}^2$$

Площа під їдальню і буфет вибирається з розрахунку 1 м² площі на одного працюючого в зміну. Тоді:

$$F_{id.б.} = 120 \cdot 1 = 120 \text{ м}^2$$

Площа санітарно – технічних приміщень (медпункту, роздягальнь, душевих, туалетів, умивальників) вибирається з розрахунку 0.9 м² на одного працюючого, коли в цеху працює більше 100 чол.:

$$F_{c-m.n.} = 144 \cdot 0.9 = 130 \text{ м}^2$$

Загальна площа службово – побутових приміщень складає:

$$F_{заг.} = F_{c-n.n.} + F_{e.k} + F_{id.б.} + F_{c-m.n.} \quad (4.8)$$

$$F_{заг.} = 96 + 238 + 120 + 130 = 584 \text{ м}^2$$

3.9 Загальна площа механо – складального цеху дорівнює сумі виробничих і допоміжних відділень без врахування площі службових приміщень:

$$F_{розр.}^{цех} = F_{вир.} + F_{доп.}^{заг} \quad (4.9)$$

$$F_{розр.}^{цех} = 2400 + 960 + 977.5 = 4377.5 \text{ м}^2$$

4.2 Розробка планів компонування цеху та розміщення обладнання на дільниці

Здійснюється виходячи із загальної розрахункової площі цеху на базі використання уніфікованих секцій каркасу самої будівлі у відповідності до рекомендацій [8]. В нашому випадку для механо – складального цеху сітка колон буде розмірами 24×12, причому ширина і довжина цеху будуть дорівнювати: 12×4=48 м і 24×4=96 м.

Тоді прийнята площа цеху:

$$F_y = a \cdot b = 48 \cdot 96 = 4608 \text{ м}^2,$$

що відповідає розрахунковому значенню $F_{розр.}^{цех} = 4377.5 \text{ м}^2$

Будівля цеху приймається прямокутної форми з відношенням ширини до довжини 1: 2, сітка колон 24×12, висота цеху 8.4 м. Кількість проїздів – один магістральний і два поперечних. Допоміжні відділення будуть розташовані вздовж прольоту пристінних колон. Складські приміщення розташовані перпендикулярно до пристінних колон з торцевого боку цеху.

Схема розташування виробничих відділень.

Для крупносерійного виробництва з груповою організаційною формою роботи схема розташування виконується у відповідності до розробленого маршруту технологічного процесу механічної обробки.

Схема взаємного розташування транспортних засобів.

Пов'язується з типом виробництва у відповідності до технологічного процесу виготовлення виробу.

Технологічний план дільниці, цеху.

В зв'язку з тим, що для виготовлення деталі “Корпус 320 ПМФ4.604.101” необхідно 5 одиниць металорізального обладнання середніх габаритних розмірів, а саме верстати: карусельно – фрезерний 623М, вертикально – фрезерний 6Н10, радіально – свердлильний 2Е52, розточний 2615, вертикально – свердлильний 2С150, то все обладнання розташовується в один ряд.

Транспортування заготовок із складу на дільницю і деталей до складу здійснюємо в тарі автотранспортом. Для транспортування деталей між верстатами використовуємо вантажопіднімальні механізми.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Заходи щодо приведення небезпечних та шкідливих виробничих факторів до нормативних вимог

Здійснюючи профілактичні заходи по доведенню пилу та інших шкідливих речовин до граничне допустимих концентрацій, в робочій зоні, для даного виробництва використовується наступне [5]:

1. Створити в цеху оптимальний температурний режим (і обладнання не більше 45°C);
2. Для зменшення пилу при механічній обробці будемо подавати змащувально-охолоджуючу рідину (емульсія).

Одним з основних міроприємств по оптимізації параметрів мікроклімату і складу повітря є повітрообмін. З цією метою використовується припливно-витяжна система вентиляції, яка складається з двох окремих систем приточної і витяжної. За допомогою цих систем в цех попадає чисте повітря і видаляється з нього забруднене. Також можливе використання витяжних шаф. Для зменшення механічного шуму передбачено своєчасно проводити ремонт механізмів, які зносилися, запровадити заміну підшипників; більш широко застосовувати примусове змащення поверхонь які труться; проводиться балансування елементів машин.

Для зниження шуму в виробничих приміщеннях використовуємо обшивку стелі шумо-поглинаючим матеріалом: наприклад деревоволокнистими плитами - цей прийом знижує шум на 8ДБ.

В якості засобів індивідуального захисту використовуємо вкладиші з ультра тонкого волокна, із суміші волокна і парафіну це приводить до зниження шуму на 20 ДБ.

Для зменшення вібрації на шляху її розповсюдження встановлюються ребра жорсткості, підвищуючи таким чином жорсткість верстата.

Крім того використовується віброізоляція. Оброблюючий центр встановлюється на віброізоляторах, які поглинають вібрацію. В ролі віброізолятора застосовують віброізолюючу опору типу пружних прокладок або пружин.

Для захисту від електричного струму використовуємо:

1. Заземлення корпусів електроустановок;
2. Ізоляція робочого місця;
3. Ізоляція струмоведучих частин, проводів шляхом нанесення на них діелектричного матеріалу.

5.2 Розрахунок заземлення вертикально – свердлильного верстата 2С150

1. Вихідні дані: потужність верстата $N=4$ кВт (Напруга $U_H=380$ В. Грунт – суглинок. В якості вертикальних стержнів передбачається використати сталеві стержні $\varnothing 0.012$ м і довжиною $l=5$ м, з'єднувальна стрічка шириною 40 мм і товщиною 4 мм)

2. Розрахунок заземлюючого пристрою контурного типу:

а) для електроустановок зі струмом менше 1000 В використовується розтікання заземлюючого пристрою $R_3=4$ Ом.

б) визначаємо питомий опір ґрунту з врахуванням кліматичного коефіцієнта ψ :

$$\varphi_{розр} = \varphi_{сп} \cdot \psi = 300 \cdot 1.5 = 450 \text{ Ом}$$

$$\varphi_{сп} = 300 \text{ Ом} \text{ – питомий опір ґрунту [10],}$$

$$\psi = 1.5 \text{ – кліматичний коефіцієнт опору для сухого ґрунту [10].}$$

в) визначаємо опір поширення струму заземлювача, яким є залізо бетонний фундамент цеху:

$$R_L = 0.5 \cdot \varphi_{сп} \cdot r_3 / \sqrt{S} = 0.5 \cdot 300 \cdot 4 \cdot \sqrt{2592} = 1800 / \sqrt{2592} = 35.4 \text{ Ом} > R_H;$$

$$R_H = 4 \text{ Ом,}$$

де S – площа цеха, де розташоване обладнання $S=2592 \text{ м}^2$

г) визначаємо опір поширення струму штучного заземлювача:

$$R_U = R_L \cdot r_3 / R_L - r_3 = 35.4 \cdot 4 / 35.4 - 4 = 4.5 \text{ Ом}$$

д) визначаємо опір одного вертикального заземлювача [10]:

$$R_{el} = R_{роз} \cdot 2\pi \cdot \ln 4l / d = 450 / 2 \cdot 3.14 \cdot 5 \cdot \ln 5 \cdot 3 / 0.04 = 36.8 \text{ Ом}$$

е) визначаємо число вертикальних заземлювачів: $n=9$ шт і відстань між ними: 4 м, а також коефіцієнт використання вертикальних стержнів:

$\eta_{cm} = 0.52(a/l = 1; n = 15)$ [10], і коефіцієнт використання з'єднувальної полоси $\eta_{cm} = 0.62$ [1].

е) визначаємо опір з'єднувальної стрічки:

$$R_{cm} = P_{роз} / 2\pi \cdot \ln 4l / v = 450 / 2 \cdot 3.14 \cdot 60 \cdot \ln 4 \cdot 32 / 0.04 = 1.1 \cdot 3.7 = 4.15 \text{ Ом},$$

де $l=32$ м – довжина з'єднувальної стрічки; $v=4$ мм – ширина.

ж) визначаємо опір одиничного вертикального заземлювачі з'єднувальної стрічки з врахуванням коефіцієнта використання стрічки і стержня:

$$R_{cm.од.} = R_{el} / \eta_{cm} = 36.8 / 0.52 = 70.7 \text{ Ом}$$

$$R_n = R_{cm} / \eta_{cm} = 4.15 / 0.62 = 6.6 \text{ Ом}$$

з) ви значаємо потрібний опір сталевих стержнів:

$$R_{cm} = R_n \cdot R_u / R_n - R_u = 6.6 \cdot 4.5 / 6.6 - 4.5 = 29.7 / 2.1 = 13.5 \text{ Ом}$$

Уточнюємо кількість сталевих стержнів:

$$n = R_{cm.од.} / R_{cm} = 70.7 / 13.5 = 5.2 \approx 6 \text{ шт.}$$

Визначаємо загальний опір заземлення з врахуванням опору штучного і природнього заземлювача:

$$R = R_u \cdot R_{el} / R_u + R_{el} = 4.5 \cdot 36.8 / 4.5 + 36.8 = 3.75 \text{ Ом} \leq 4 \text{ Ом}$$

Висновок: загальний опір заземлення $R=3.75$ Ом не перевищує опору заземлюючого пристрою $r_3=4$ Ом.

5.3 Класифікація надзвичайних ситуацій за походженням

Положення про класифікацію надзвичайних ситуацій за характером походження подій, котрі зумовлюють виникнення надзвичайних ситуацій на території України, розрізняє чотири класи надзвичайних ситуацій: - техногенного; - природного; - соціально-політичного; - військового характеру. Кожен клас надзвичайних ситуацій поділяється на групи, які містять конкретні їх види. Надзвичайні ситуації техногенного характеру - це транспортні аварії (катастрофи), пожежі, неспровоковані вибухи чи їх загроза, аварії з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптове руйнування споруд та будівель, аварії на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення, гідродинамічні аварії на греблях, дамбах тощо. Надзвичайні ситуації природного характеру - це небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні морські та прісноводні явища, деградація ґрунтів чи надр, природні пожежі, зміна стану повітряного басейну, інфекційна захворюваність людей, сільськогосподарських тварин, масове ураження сільськогосподарських рослин хворобами чи шкідниками, зміна стану водних ресурсів та біосфери тощо. Надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру - це ситуації, пов'язані з протиправними діями терористичного та антиконституційного спрямування: здійснення або реальна загроза терористичного акту (збройний напад, захоплення і затримання важливих об'єктів, ядерних установок і матеріалів, систем зв'язку та телекомунікацій, напад чи замах на екіпаж повітряного чи морського судна), викрадення (спроба викрадення) чи знищення суден, встановлення вибухових пристроїв у громадських місцях, викрадення або захоплення зброї, виявлення застарілих боєприпасів тощо. Надзвичайні ситуації воєнного характеру - це ситуації, пов'язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок зруйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин та відходів, нафтопродуктів,

вибухівки, сильнодіючих отруйних речовин, токсичних відходів, нафтопродуктів, транспортних та інженерних комунікацій тощо

ВИСНОВКИ

Якість деталей визначається допусками на розмір, форму, розташування та основними показниками шорсткості поверхні. З перерахованих факторів якості в даний час найскладнішим забезпечення відповідної шорсткості поверхні деталі. Тому що саме шорсткість поверхні значною мірою впливає на функціональні властивості поверхні: контактну міцність; якість з'єднання; тепловіддачу; зносостійкість; реакцію на мастила. Ця інформація добувається за допомогою правильного розроблення технологічного процесу та уніфікованому виборі інструменту та обладнання.

В даній роботі досліджено основні параметри шорсткості поверхні при токарній обробці. Запропоновано алгоритм оптимізації даних параметрів. А також проведено аналіз впливу параметрів шорсткості на якість оброблювальної поверхні взлежності від зміни швидкості різання та зміни величини поздовжньої подачі.

Відповідно до поставлених задач вдосконалено технологічний процес виготовлення виготовлення корпусу 320ПМФ4.604.101, запропоновано конструкції спеціальних верстатних приспособлень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготованок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
2. Грабченко А.І., Узунян М.Д., Зубкова Н.В та ін. Розрахунок найвигідніших режимів різання при точінні. Харків НТУ «ХП» 2014. 87 с.
3. Григурко І. О., Брендюля М. Ф., Доценко С. М. Технологія машинобудування. Дипломне проектування : навч. посіб. Львів : Новий світ, 2011. 768 с.
4. Дударев, А. С. Определение микропрофиля поверхности, образованной механической обработкой лезвийным и алмазно-абразивным инструментом / А. С. Дударев. – Пермь : ПНИПУ.
5. Джигерей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : навч. посіб. Вид. 2-ге, стер. Київ : Знання, 2002. 203 с.
6. Жарков Н. В., Прокди Р. Г., Финков М. В. AutoCAD 2014 : посібник. Санкт-Петербург : Наука и техника, 2014. 624 с.
7. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В., Дячун А. Є. Механоскладальні дільниці та цехи : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 40 с.
8. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв : навч. посіб. Тернопіль: ТНТУ, 2017. 40 с.
9. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 152 с.
10. Паньків М., Потішний Ю. Дослідження шорсткості поверхні при токарній обробці. Зб. Тез IV міжнародній студентській науково - технічній конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання" 28-29 квітня 2021.ТНТУ, 2021. С.116
11. Петраков Ю В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням. УкрНДІАТ, К.: 2004.– 384 с.
12. Маталин А.А. Технология машиностроения.– Л. – М., 1985. – 496 с.
13. Міренський І.Г. Основи технології машинобудування: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 207. 275 с.
14. Некрасов В.Н, Исследование процесса формирования шероховатости

- обработанной поверхности при точении/ Некрасов В.Н., Черданцев А.О., Черданцев П.О. Ползуновский вестник № 3, 2016. С.72-75
15. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навч. посіб. / Ж. П. Дусанюк та ін. Вінниця, 2009. 199 с.
 16. Локтев А. Д. Общемашиностроительные нормативы режимов резания : справочник. В 2 т. Москва : Машиностроение, 1991.
 17. Солнцев Ю. П. Материаловедение: учебник для вузов. Санкт-Петербург : Химиздат, 2007. 784 с.
 18. Суслов, А. Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей / А. Г. Суслов. – М. : Машиностроение, 1987. – 208 с
 19. Суслов, А. Г. Экспериментально-статистический метод обеспечения качества поверхности деталей машин / А. Г. Суслов, О. А. Горленко. – М. : Машиностроение-1, 2003. – 303 с.
 20. Ф Суслов, А. Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А. Г. Суслов. – М. : Машиностроение, 2000. – 320 с.
 21. Старков, В. К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве / В. К. Старков. – М. : Машиностроение, 1989. – 296 с.
 22. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. Москва : Машиностроение, 1985. 496 с.
 23. Шашок, А. В. Прогнозирование надежности операций токарной обработки по показателям качества изготавливаемой продукции / А. В. Шашок // Вестник машиностроения. – 2008. – №3. – С. 41–46.
 24. Day R. Machining Technology Developments / PRIME Faraday Partnership, May 2001, p
 25. J. Кораč. High precision machining on high speed machines / Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. – V/24, - ISSUE 1, 2007, p. 405 – 412.
 26. Tönshoff, H. K., Arendt, C., Ben Amor, R., 2000, Cutting of Hardened Steel,

Annals of the CIRP, 49/2:547-566.

27. 5. Byrne, G., Dornfeld, D., and Denkena, B. (2003), "Advancing Cutting Technology", STC "C" Keynote, CIRP Annals, 52, 2, pp. 483-507.
28. 6. Poulachon, A., Moisan, A., Jawahir, I.S., 2001, On modelling the influence of thermomechanical behaviour in chip formation during hard turning of 100Cr6 bearing steel, Annals of the CIRP, 50/1: 31-36
29. Baranovskiy V.M., Chicory root crops combined harvester/ Baranovskiy V.M., Pankiv M.R., Skalsky O.Yu., Pastushenko A.S. INMATEH – Agricultural Engineering. – INMA Bucharest : National Institute of research-development for machines and installations designed to agriculture and food industry, 2017. – Vol. 53. – No. 3/2017. – P. 41–50 (SciVerse SCOPUS).