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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр
(назва освітнього ступеня)

на тему: **Дослідження динамічних характеристик свердління на верстаті вертикальної компоновки при роботі плаваючим інструментом**

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи МВм-61
спеціальності
133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Шмирко В.І. (прізвище та ініціали)

Керівник (підпис) Луців І.В. (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль (підпис) Ярема І.Т. (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри (підпис) Кобельник В.Р. (прізвище та ініціали)

Рецензент (підпис) Ляшук О.Л. (прізвище та ініціали)

Тернопіль 2020

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет **інженерії машин, споруд та технологій**
(повна назва факультету)

Кафедра **конструювання верстатів, інструментів та машин**
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Кобельник В.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« 28 » вересня 2020 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здооуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

студенту Шмирку Віталію Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження динамічних характеристик свердління на Верстаті вертикальної компоновки при роботі плаваючим інструментом

Керівник роботи Луців Ігор Володимирович, доктор технічних наук, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 28 » *вересня* 2020 року № 4/7-679

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи Типовий технологічний процес обробки деталі, паспорт вертикально-свердлильного верстату, ескіз плаваючого інструменту для свердління отворів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) 1)Аналітичний розділ. Аналіз проблематики дипломної роботи. Задачі дослідження. 2) Аналіз типового технологічного процесу. 3) Обґрунтування конструкції верстату. Вибір компоновки, структурної, кінематичної схеми. 4) Динамічні розрахунки і конструювання плаваючого інструменту. 5) Розробка методики досліджень і математичної моделі динаміки свердління плаваючим інструментом. 6) Визначення динамічних характеристик процесу 7) Техніко-економічні обгрунтування. 8) Охорона праці і безпека життєдіяльності стосовно об'єкту дослідження. 9) Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1) Тема, мета роботи, об'єкт і предмет дослідження; завдання роботи.
2) Витяг з технологічного процесу обробки типової деталі.
3) Аналіз компоновок свердлильних верстатів вертикального типу. Вибір раціональної.
4) Розробка конструкції коробки швидкостей верстату і його шпиндельного вузла.
5) Розробка технологічних схем обробки отворів плаваючим інструментом. Аналіз і вибір раціональної. 6) Математична модель процесу свердлювання при роботі плаваючим інструментом 7) Складальне креслення збірного свердла плаваючого типу. 8) Дослідження динамічних характеристик процесу свердління при роботі плаваючим інструментом

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сеник А.А. к.т.н., ас.. каф. ВІ		
Безпека життєдіяльності	Клепчик В.М., проректор з АГЧ		
Нормоконтроль	Ярема І.Т., к.т.н., доц.. каф. ВІ		

7. Дата видачі завдання 28 вересня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд та аналіз проблематики кваліфікаційної роботи	Тиждень 1	
2	Інформаційно-патентний пошук	Тиждень 2	
3	Постановка мети і завдань дослідження	Тиждень 2	
4	Опис та обґрунтування конструкцій		
	свердлильних верстатів вертикальної компоновки	Тиждень 3	
5	Типовий технологічний процес обробки	Тиждень 4	
6	Розробка структурної та кінематичної схем верстату	Тиждень 5	
7	Вибір раціональної компоновки верстату	Тиждень 5	
8	Конструювання функціональних вузлів верстату	Тиждень 6	
9	Розробка методики для проведення наукових досліджень	Тиждень 4	
10	Розробка конструкції плаваючого інструменту	Тиждень 5	
11	Представлення математичної моделі динаміки	Тиждень 6	
12	Побудова графічних залежностей процесу	Тиждень 7	
13	Дослідження инамічних характеристик свердління		
	при роботі інструментом плаваючого типу і визначення		
	їх особливостей	Тиждень 8	
14	Застосування елементів автоматизованих досліджень	Тиждень 8	
15	Аналіз графічних залежностей динамічної поведінки	Тиждень 9	
	різальних елементів плаваючого інструменту		
16	Техніко-економічні обґрунтування прийнятих рішень	Тиждень 10	
17	Заходи з охорони праці відповідно до завдання	Тиждень 10	
18	Безпека життєдіяльності для розроблених об’єктів	Тиждень 10	
19	Оформлення кваліфікаційної роботи	Тиждень 11	
20	Захист кваліфікаційної роботи	Тиждень 12	

Студент _____ Шмирко В.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Луців І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зміст

	Реферат	5
	Вступ	12
1.	Аналітичний розділ	14
1.1.	Обговорення проблематики кваліфікаційної роботи	15
1.2.	Результати інформаційного пошуку стосовно компоновочного рішення верстату та конструкції інструменту	21
	Висновки щодо розділу 1. Визначення мети роботи і постановка задач дослідження	31
2.	Дослідно-проектний розділ	34
2.1.	Опис та обґрунтування багатоваріантної технології обробки	34
2.2.	Обґрунтування компонувальної схеми верстату з елементами оптимізації	39
2.3.	Кінематичний розрахунок та вибір структури приводів верстату	45
2.4.	Принцип роботи та розрахунок коробки подач	54
	Висновки по розділу 2	65
3.	Науково-дослідна частина	66
3.1.	Мета і послідовність досліджень наукового розділу	66
3.2.	Обґрунтування конструкції плаваючого інструменту для свердління	67
3.3.	Побудова математичної моделі	78
3.4.	Зміст наукових розвідок особливостей динаміки процесу свердління при роботі плаваючим інструментом	84
3.5.	Техніко-економічна ефективність роботи свердел плаваючого типу	90
	Висновки за результатами розділу 3 наукового дослідження	95
4.	Охорона праці і безпека життєдіяльності	96
4.1.	Засоби з охорони праці пр. и роботі на свердлильних верстатах	96
4.2.	Безпека життєдіяльності на прикладі механічного цеху	101
	Висновки щодо розділу 4	111
	Загальні висновки	112
	Перелік посилань	114
	Додатки	118

РЕФЕРАТ

Тема. Дослідження динамічних характеристик свердління на верстаті вертикальної компоновки при роботі плаваючим інструментом

Метою даного дослідження є покращення якості оброблення отворів на свердлильному верстаті вертикальної компоновки пр. використання свердел плаваючого типу

Об'єкт дослідження - процес роботи плаваючого інструменту при свердлінні отворів.

Предмет дослідження – динамічні особливості роботи плаваючим інструментом при свердлінні на верстаті вертикальної компоновки.

У виконуваній кваліфікаційній роботі магістра досягнуті такі **основні результати**:

1. Знайомство з відомими підходами і моделями до вивчення роботи інструментів при здійснені свердління отворів.
2. Вдосконалити типову технологію механічної обробки деталі-представника, що включає обробку отворів..
3. На основі технологічного процесу і його характеристик розробити компоновочне рішення верстату вертикальної компоновки для свердління отворів.
4. Провести розрахунок кінематичної структури свердлильного верстату визначеної компоновки.
5. Провести силовий розрахунок механізму подач верстату із розробкою конструкції коробки подач, спорядженою варіатором для зміни швидкості руху.
6. Здійснити аналіз можливих схем свердлильних інструментів плаваючого типу і здійснити синтез їх конструктивного рішення.

7. Побудувати математичну модель процесу поздовжніх коливань плаваючого свердла та його елементів.

8. Визначити основні кінематичні особливості свердла плаваючого типу на основі динамічного аналізу при використанні розробленої математичної моделі.

9. Визначити техніко-економічну ефективність запропонованих рішень.

10. Запропонувати заходи з охорони праці і безпеки життєдіяльності.

АНОТАЦІЇ

Шмирко В.І.; " Дослідження динамічних характеристик свердління на верстаті вертикальної компоновки при роботі плаваючим інструментом". 133 – Галузеве машинобудування; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2020 р.

Кваліфікаційна робота містить результати досліджень динамічних характеристик, що проявляються при свердлінні плаваючими інструментами. В таких інструментах само пристосування різальних лез до роботи у змінних умовах свердління проявляється за рахунок рухливості окремих лез в напрямку подачі і вирівнювання осьових навантажень. Мета роботи полягає у досягненні підвищених якісних характеристик свердління і забезпечення розширення технологічних можливостей обладнання. В аналітичному розділі подається актуальність роботи і обґрунтовані основні принципові підходи до досягнення позитивного результату на основі аналізу відомих джерел щодо проблем процесу свердління і застосування інструментів плаваючого типу. В роботі наведений опис трьох варіантів маршрутів обробки деталей, що передбачають технологічні операції свердління. На основі аналізу таких технологічних рішень встановлені режимні обмеження, що стосуються такого свердління. Шляхом проведеного підбору формоутворюючих рухів, скомпоновані конструкції верстатів вертикального вигляду, а також розроблені структурні сітки , графіки чисел обертів та подач і розгорнута кінематична схеми примірного верстату із підвищеними технологічними можливостями. Конструкторська частина включає розрахунок і конструювання коробки подач пропонованого верстату. Третій розділ передбачає

пропозицію до методики і послідовності наукового дослідження. На основі розгляду варіантів рухів компонентів свердел запропонований опис процедури створення функціональних схем плаваючих інструментів із можливістю їх пристосування до змінності умов роботи. Показані можливі варіанти конструкцій таких свердел і подано їх опис графовим способом. Робота містить розвиток математичної моделі процесу свердління із врахуванням домінуючих осьових осциляцій елементів інструменту плаваючого типу. На основі представленої моделі коливань за рахунок використання методу кінематичного збудження визначені основні характеристики динамічного процесу свердління, включно із швидкодією та реакцією на тверді включення матеріалу. Значна увага приділена економічній ефективності застосування свердел плаваючого типу. На завершальному етапі роботи пропонуються заходи щодо охорони праці і відповідної безпеки життєдіяльності.

Ключові слова: свердління, верстат вертикальної компоновки, свердло, плаваючий інструмент, різальні леза

Shmyrko V.I.; " Dynamical characteristic study of drilling on machine of vertical design while working with floating tool" 133 – Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2020.

Qualification paper contains the study’s results of dynamical characteristics that take place when drilling with floating tools. In such tools the self-adaptation of the cutting edges to work in variable drilling conditions is provided by the mobility of these individual edges on the feed direction and equalization of axial loads. The objective of the work is to achieve the improved characteristics of drilling and to ensure the enlarged technological capabilities of the equipment. The analytic section presents

the actuality of the work and substantiates the main fundamental approaches to achieve a positive result based on the analysis of known sources on the problems of the drilling process and the use of floating tools. The paper describes three variants of machining routes of parts that provide manufacturing drilling operations. Based on the analysis of such technological decisions the conditions restrictions concerning such drilling are established. Through the selection of shape-forming movements, the construction designs of vertical machines are composed as well as structural grids, graphs of speeds and feeds are developed and the kinematic scheme of the exemplary machine with the increased technological possibilities is developed. The paper design part includes the calculation and design of the feed gearbox of the proposed machine. The third part provides a proposal for the technique and sequence of the scientific research. On the basis of consideration of the drill components motions the description of the procedure of creation of functional schemes of floating tools with the possibilities of their adaptation to the working conditions changing is proposed. Possible variants of such drills designs are shown as well as their description by the graph method are given. The present paper contains the development of a mathematical model of the drilling process taking into account the dominant axial oscillations of the elements of the floating type tool. Based on the presented model of oscillations due to the use of the method of kinematic perturbations, the main characteristics of dynamic drilling process, including the speed quickness and reaction to solid inclusions of the material are determined. Considerable attention is paid to the cost-effectiveness of floating drills. At the final stage of the investigation measures for labor protection and appropriate life safety are proposed.

Key words: drilling, vertical design machine, drill, floating tool, cutting edges

Кваліфікаційна робота магістра виконана на кафедрі конструювання верстатів, інструментів та машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що:

1. Запропонований принцип конструювання осьових свердлильних інструментів на основі забезпечення їх плаваючого функціонування в процесі роботи та відтворене представлення таких конструкцій з допомогою елементів теорії графів.
2. Отримала розвиток математична модель для визначення динамічних характеристик плаваючого свердління в осьовій постановці.
3. На основі розвинутої математичної моделі, що описує рухи різальних лез і корпусу свердла визначені зміни характеристик швидкодії і динамічного спрацьовування під час роботи інструменту.

Практичне значення результатів:

1. На основі аналізу існуючих компоновок і формоутворюючих рухів для верстатів вертикального типу запропоновані структурні і кінематична схема свердлильного верстату з розширеними технологічними можливостями та проведені відповідні проектні розрахунки та конструювання коробки подач.
2. Запропоновані конструкторські рішення для свердлильних інструментів плаваючого типу.

Апробація досліджень

Окремі результати дослідження згідно до теми роботи магістра оприлюднені на IX міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 25-26 листопада 2020 року і опубліковані в її матеріалах:

І.В. Луців, В.І. Шмирко Зображення конструкцій інструментів для обробки отворів з допомогою графових схем. Матеріали III міжнародної студентської науково-технічної конференції / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 23-24 квітня 2020 року), 2020. Т.1 - С.87-88.

Структура кваліфікаційної роботи включає вступ, 4 основні розділи, загальні висновки, бібліографічний список із 32 найменувань та додатки.

Обсяг основної текстової частини складає 117 сторінок, 12 таблиць, 30 рисунків.

Вступ

Сучасний розвиток виробництва вимагає постійного підвищення його ефективності. Це зумовлює удосконалення технологічних процесів при забезпеченні економічно доцільної якості продукції. Таким чином, з'являється перспективне обладнання та інструменти, які покликані забезпечити вказані ефекти.

При цьому проявляються основні тенденції сучасного верстатобудування: досягнення високої продуктивності оброблення при обов'язковому забезпеченні високої якості виготовлення деталей машин, і перш за все – підвищеної точності оброблення.

Забезпеченню виконання таких тенденцій служать ряд критеріальних напрямків.

Серед них в першу чергу – збільшення швидкостей формоутворюючих рухів: головного і рухів подач. Цим покликана поява верстатів для оброблення з підвищеною швидкістю.

Слід також забезпечувати регулювання рухами в процесі оброблення, а також досягати режимів різання близьких до оптимальних, що сприяє зниженню величини основного часу.

Перспективним є спорядження верстатно-інструментального оснащення різноманітними пристосуваннями, що підвищують ефективність здійснення технологічної операції.

Доцільно спрощувати обслуговування металообробних верстатів за рахунок використання автоматичних пристроїв та систем.

Оскільки підвищення ефективності оброблення заготовок на верстатах різних груп супроводжується виникненням збільшених навантажень, в тому числі, динамічного характеру, то доцільно досягати підвищеної динамічної стійкості технологічної обробної

системи. При цьому слід забезпечувати відповідну статичну, а також динамічну жорсткість верстатно-інструментального спорядження.

Слід також додати, що необхідним є забезпечення необхідних параметрів точності форми і розмірів, що характеризують якість оброблення деталі.

Дана кваліфікаційна робота стосується технологічної і наукової проблеми обробки отворів на свердлильному верстаті вертикальної компоновки.

Обробка отворів на верстатах супроводжується високонавантаженим протіканням технологічного процесу свердління. Це пов'язане із тим, що даний процес має місце в умовах закритої зони різання, виникнення додаткових перевантажень, зміни умов різання, появи зливної стружки великої довжини, яку нелегко вивести із області оброблення.

В таких умовах, на нашу думку, можна було б використати збірні інструменти плаваючого типу, які б забезпечували певне самовстановлення інструменту під час протікання процесу свердління. Динамічні особливості такого оброблення недостатньо вивчені.

Тому дослідження динамічних характеристик збірного свердла плаваючого типу при застосуванні у якості верстатного обладнання вертикально-свердлильного верстату є актуальною науково-технічною задачею, що відповідно підтверджує актуальність теми нашої кваліфікаційної роботи.

Вказане вище визначає основні задачі нашого дослідження. Очевидно, що в основному ці задачі повинні містити:

- аналіз технологічного процесу, який включає оброблення на вертикально-свердлильному верстаті;

- обговорення типових компоновок металорізальних верстатів для вертикального свердління;

- розрахунок і проектування формоутворюючих вузлів верстату;

- аналітичне дослідження конструкцій інструментів плаваючого типу на основі їх синтезу;

- опис динаміки роботи плаваючого свердла та визначення її особливості;

- техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень.

Прийняті в процесі виконання кваліфікаційної роботи технологічні і конструкторські рішення повинні відповідати регуляціям з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

1. Аналітичний розділ

1.1. Обговорення проблематики кваліфікаційної роботи

Отвори в деталях машин можуть бути відкритими з обох сторін або з одного боку. В такому разі отвори є глухими. Щодо форми отворів, то найчастіше в машинобудуванні мають справу з циліндричними отворами.

Необхідної точності оброблення отворів досягнути важче, ніж зовнішніх поверхонь обертання. З цієї причини допуски на точність отворів є вищими, ніж допуски на зовнішні циліндричні поверхні [1].

Основним видом оброблення отворів зі зняттям стружки є лезове оброблення, найчастіше свердління.

Кінематика процесу обробки отворів свердлами зводиться до гвинтового руху інструменту відносно заготовки [2]. Вісь інструменту співпадає із віссю оброблюваного отвору.

Оброблення, як правило, здійснюється на свердлильних верстатах. При цьому заготовка є нерухомою, а осьовий інструмент здійснює гвинтовий рух (випадок спірального свердла).

Такий гвинтовий рух свердління складається, таким чином, із головного обертового руху свердла навколо своєї осі і повільного руху подачі інструменту вздовж його осі [2].

В промисловості отримали застосування різні типи свердел.

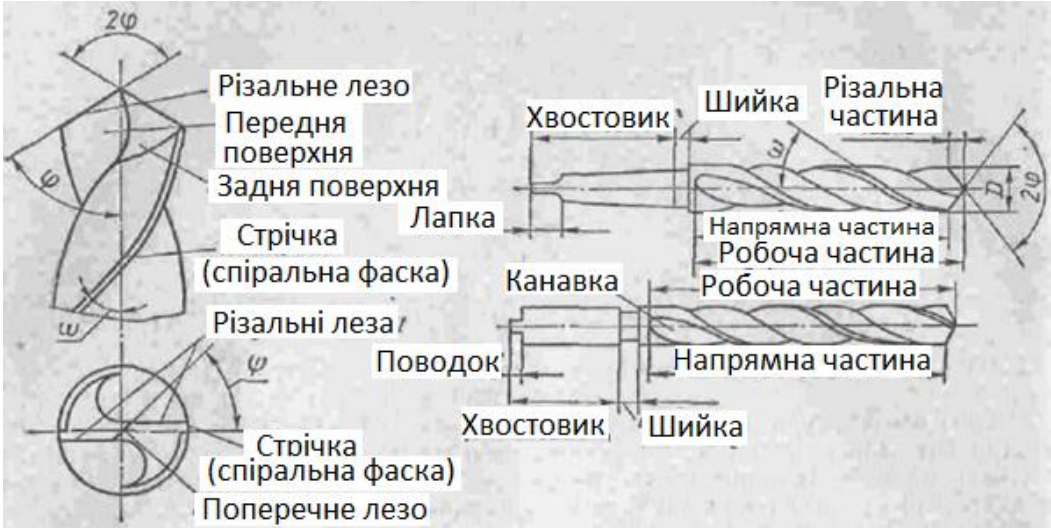


Рис. 1.1. Конструктивні особливості спірального свердла

Найбільш розповсюдженими є спіральні свердла [2]. Їх використовують для свердління отворів: в діапазоні діаметрів - 0,25…80 мм; з точністю обробки за - 11…12 квалітетами; шорсткістю оброблення – Rz=40…160 мкм [3] (рис. 1.1).

Спіральне свердло є різальним інструментом із 2 зубами. Різальні леза такого свердла, як правило, складають між собою кут, що дорівнює: $2\varphi=120^{o}$. Спіральне свердло має поперечне різальне лезо на своєму торці. Кут нахилу цього різального леза складає $50…55^{o}$, а довжина – визначається залежно від діаметру серцевини і коливається в межах: 0,125…0,19 від діаметру свердління. Спіральні свердла конструюють так, що товщина серцевини у напрямку до хвостовика інструменту збільшується на величину 1,4…1,8 мм на 100мм довжини. Цим забезпечується підвищення необхідної жорсткості свердла при його роботі. Для спрямування інструменту в отворі існує ще вузька стрічка, яку обробляють шліфуванням. Ширина шліфованої стрічки коливається в межах: 0,6…2,6 мм (стосовно свердел діаметру

5…50мм). Кут нахилу вказаної стрічки призначають для більшості оброблюваних матеріалів у межах 24…30°.

Для зменшення тертя стрічок застосовують зворотну конусність величиною 0,01…0,03 мм на 100 мм [Родин]. Окрім того, що свердла виготовляють із швидкорізальної сталі, застосовують і кріплення твердосплавних пластинок, особливо для свердел більших діаметрів.

Загалом, операція свердління отворів є складною і достатньо трудомісткою. Спіральні свердла, зокрема завдяки їх конструкції не мають великої жорсткості. Тому при свердлінні отворів на свердлильних верстатах відбувається уведення інструменту від потрібного напрямку осі отвору. Має місце певна деформація (вигин) тіла свердла. Вісь майбутнього отвору виявляється викривленою.

В умовах свердління власне на інструмент чинять вплив дуже багато несприятливих чинників. Ці фактори пов’язані із тим, що свердло перебуває у закритому середовищі.

В процесі роботи при обробці таких матеріалів, як сталі, в тому числі важкооброблювані, чи кольорові метали, утворюється стружка зливного типу, причому значної довжини. Така стружка дуже погано дробиться, а її виведенню із робочої зони, тобто власне зони різання, в таких умовах чиниться значний опір, що значно погіршує умову плавного протікання процесу.

Під час такого процесу свердління, як правило, має місце радіальне биття свердла, викликане можливими несиметричностями у конструкції інструменту. Протягом роботи спіральних свердел часто спостерігається нерівномірне навантаження на робочі леза зі сторони опору оброблюваного матеріалу. Таким чином, зусилля різання від роботи окремих лез чинять різний вплив на загальне тіло свердла, і це спричинює певне уведення інструменту від геометричної осі отвору, що обробляється, а відповідне від осі самого інструменту. Таке

уведення призводить до погіршення якості оброблення поверхонь деталі, а також до істотного розбивання отвору, а іноді – і до руйнування самого інструменту, чи його окремих елементів.

Вказані фактори спонукають інженерів до здійснення певних технологічних і конструкторських вдосконалень для того, щоб уникнути вказаної ситуації.

Аналіз показує, що для того, щоб досягнути якісних показників оброблення отворів, які виявляються економічно доцільними, що особливо стосується свердлильної технологічної операції, слід безпосередньо приділити увагу конструктивному забезпеченню виконання процесу.

Отже, для забезпечення досягнення основної мети здійснення робочого процесу – отримання в результаті свердління якісної поверхні і забезпечення досконалої форми отвору і його розмірів, прагнуть застосовувати прогресивні конструкції, як інструментів, так і загалом верстатно-інструментального оснащення. При цьому повинна покращуватись і якість оброблення поверхонь отворів, і працездатність самої конструкції інструменту.

Такі конструкції повинні сприяти полегшенню складних умов оброблення внутрішніх поверхонь деталей, а отже – досягненню високих показників надійності робочого процесу. Немало важливим є збільшення продуктивності різання, в тому числі при призначення скорегованих елементів режимів, близьких до оптимальних.

Дослідження доступних літературних джерел в області обробки матеріалів різанням, показує що у випадках затрудненого процесу обробки можна використовувати інструменти, так званого плаваючого типу [4].

Інструменти вказаного типу само встановлюються в процесі різання по периметру кола оброблюваної поверхні. Цьому сприяє

плаваючий характер побудови конструкції цих інструментів щодо власне різальних лез. Такі інструменти можна застосовувати як для оброблення зовнішніх поверхонь (токарної обробки), але переважно - і для оброблення внутрішніх поверхонь деталей машин (отворів).

Зокрема, автором В.Г. Лепиховим [4] запропоновані само встановлювані інструменти, один із яких представлено на рис. 1.2.

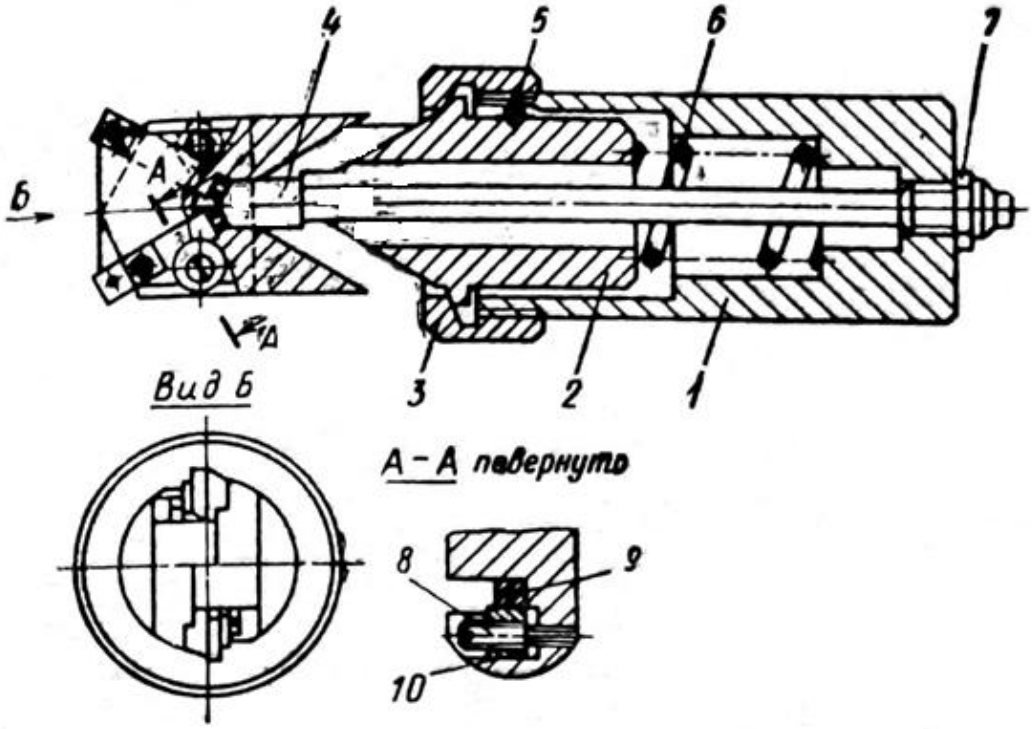


Рис. 1.2. Розвертка плаваючого типу

Показаний на рис. 1.2 інструмент для обробки отвору є розверткою плаваючого типу. Роль різальних лез в такій розвертці виконують леза різців. Ці різці можна легко встановлювати в корпусі розвертки, причому їх налагодження на необхідний діаметр обробки здійснюють за межами самого верстату. Щоб компенсувати

відхилення (уникнути уведення вісі розвертки від напрямку осі отвору) корпус розвертки під дією зусиль різання може гойдатись. Таким чином відбувається його само встановлення в процесі різання. Нижче описана конструкція наведеної розвертки.

У втулці 1 плаваючої розвертки знаходиться корпус 2. Цей корпус має три шарніри. Вказані шарніри 5 розміщені під кутом величиною 120° , тобто симетрично відносно до кола отвору. Оскільки за допомогою гайки 3 корпус 2 з'єднаний із втулкою 1, то це дає змогу встановлювати необхідне зусилля пружності пружини 6. Обидва різальні елементи 9 встановлюються у пазах корпусу 2. Ці різці споряджені твердосплавними пластинками, які кріпляться механічно. Прихоплювачі 10 фіксують різальні елементи у пазах. Ці прихоплювачі можна пересувати використовуючи гвинти 8.

Для того, що виконувати регулювання розвертки, використовують клин 4 конічного типу, що зафіксований контргайкою 7. При цьому вказані прихоплювачі 10 послаблюють, а клин 4 провертають у потрібний бік за хвостовик із 6-ма гранями. Різці 9 налаштовують на потрібний розмір, а прихоплювачі 10 – затягують. Також контргайку 7 відгвинчують, а конічний клин 4 відводять, бо якщо не відвести клин і недокрутити гайку 3 – розвертка гойдатись не зможе. Тому властивості плаваючого інструменту нівелюються.

Робота такого плаваючого інструменту полягає у наступному.

При контакті різальних елементів із поверхнею отвору, що обробляється, виявиться, що розвертка за рахунок дії зусиль різання буде центруватись відносно осі оброблюваного отвору. Цього досягають за рахунок зазорів між втулкою і корпусом та інших зазорів у парах з шариками5.

Регулювання пружиною 6 допомагає зменшити вібрації корпусу 2. Цим досягається задана шорсткість, а також забезпечується стійкість твердосплавних лез.

Отже, інструменти такого типу можуть служити основою для подальшого інформаційного пошуку.

1.2. Результати інформаційного пошуку стосовно компоновочних рішень верстату та конструкцій інструменту

Якщо аналізувати існуючий парк верстатів, то можна зробити висновок, що процес свердління отворів реалізують на вертикально-, горизонтально-, радіально-свердлильних верстатах, а також - багатоцільових металорізальних верстатах і оброблюючих центрах.

Нами попередньо встановлено, що при свердлінні в утруднених умовах доцільно використовувати інструменти плаваючого типу. В даній постановці завдання на кваліфікаційну роботу, слід сказати, що плаваюче свердління можна проводити на типових верстатах свердлильної групи, зокрема на верстатах вертикальної компоновки, тобто – вертикально- свердлильних верстатах.

Відомо [5,6,7], що вертикально-свердлильні верстати широко використовують для свердління отворів циліндричної форми (наскрізних або ж глухих) у суцільному матеріалі. Також відоме їх призначення для чистової обробки отворів (тобто зенкерування та розвертування), Також на таких верстатах здійснюється нарізання різей. Вони також призначені для зенкування фасок на торцевих поверхнях отворів.

Вертикально-свердлильні верстати дозволяють при застосуванні спеціальних пристосувань та інструментів також проводити розточування отворів. В окремих випадках вони придатні для вирізання отворів у листових заготовках, а також – для притирки отворів.

На машинобудівних заводах вертикально-свердлильні верстати розміщують здебільшого у механічних та інструментальних цехах, а також у цехах для складання об'єктів та для ремонту машинобудівної продукції [7].

Попередньо вже вказувалось, що в якості інструментів при обробленні на вертикально-свердлильних верстатах використовують перш за все – свердла, зенкери та розвертки. Для зенкування поверхонь використовують зенківки, а для нарізання внутрішніх різей – мітчики.

Розрізняють декілька типів свердлильних верстатів, проте найбільш поширеними у загальному машинобудуванні серед них є вертикально-свердлильні верстати.

Аналіз літературних джерел показує, що існує поділ вертикально-свердлильних верстатів на три групи всього розмірного ряду [7]. Легкі верстати,як правило, є настільними. Максимальний діаметр свердління на них – 3,6…12 мм. Для середніх верстатів (найбільш розповсюджених – 70% парку) характерний діапазон найбільших діаметрів свердління – 18…50 мм. За габаритами і можливостями найбільшими є важкі верстати. Вони характеризуються максимальним діаметром свердління, що є більшим 75 мм.

Найбільш характерні компоновки для вказаних трьох груп вертикально-свердлильних верстатів показані на рис. 1.3.

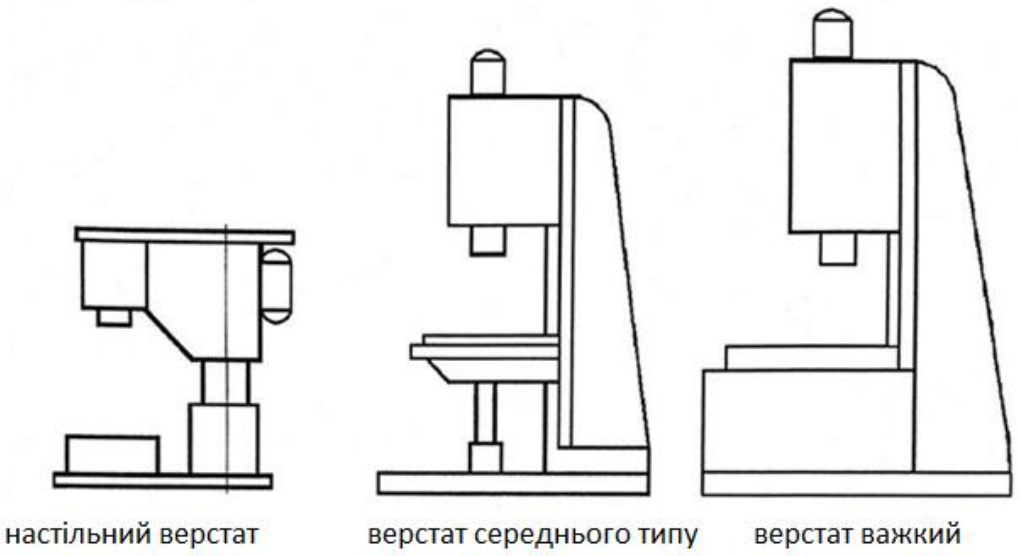


Рис. 1.3 – Основні типи вертикально-свердлильних верстатів за їх максимальним діаметром свердління

Вказані 3 групи верстатів істотно відрізняються між собою саме габаритними розмірами. Ці габарити диктують принципову різницю щодо їх конструкційних, а особливо – компоновочних рішень [8].

Таким чином яскраво вирізняються відмінності вказаних верстатів у компоновці, а також – у ступені автоматизації. Істотно різними є також діапазони кінематичних параметрів.

Всі ці відмінності слід враховувати при технічній пропозиції компонованого характеру, а також при проектуванні кінематики вертикально-свердлильного верстату та проектуванні всіх його вузлів.

Відомо, що компоновка технологічної машини (верстату) в першу чергу залежить від просторового розміщенням формоутворюючих вузлів - шпинделів та інших вузлів, а також - відновним розташуванням інших основних робочих вузлів [6,8].

Щодо відомих компоновок вертикально-свердлильних верстатів, то ці компоновки зручно вирізнити у 3 крупні групи чи блоки [7]. Такі блоки можна назвати таким чином відносно їхнього

типу: кронштейн, рухомий моноблок - агрегат і нерухомий моноблок, або прес.

Щодо вертикально-свердлильних верстатів, які мають компоновку типу кронштейн, то у цих верстатах коробка швидкостей виконується як самостійний функціональний вузол. Цей вузол розміщують у верхній частині колони верстату.

Якщо розглядати компоновочні рішення щодо вертикально-свердлильних верстатів типу агрегат, то вони характеризуються тим, що, всі вузли, призначені для здійснення обертового, а також і поступального рухів, об'єднані у єдиний силовий вузол. Цей вузол має свій індивідуальний привід. Він носить назву - свердлильна головка.

Щодо середніх верстатів, то вказана свердлильна головка має лише один рух установки по колоні. При цьому формоутворюючий рух подачі, передається до шпинделя.

В той же час у важких верстатах формоутворюючий рух подачі здійснює вся головка. При цьому шпинделю надається тільки обертовий рух. Можливі варіанти компоновок верстатів, в яких подача відбувається як за допомогою переміщення шпинделя, так і при переміщенні самої свердлильної головки.

Агрегатна компоновка вертикально-свердлильних верстатів є дуже поширеною. Цьому, зокрема, сприяють її позитивні якості як в конструкційному плані, так і щодо її експлуатації. Так, агрегатна компоновка верстатів сприяє простоті створення спеціальних різновидностей таких верстатів із збільшеною робочою зоною – робочим простором. Поряд з тим, існує можливість розміщення всі органи керування в одному корпусі, що дуже зручно для зони обслуговування.

Експлуатаційні переваги агрегатних верстатів доповнюються достоїнствами її конструкції. При цьому спрощеним є загальний монтаж верстата. Досконалими виявляються конструкція колони, шпиндельного вузла, а також система змащування. Позитивним є збільшена крутильна жорсткість шпинделя.

Проаналізуємо також компоновки вертикально-свердлильних верстатів типу прес. Подібна компоновка характеризуються тим, що у верхній частині колони розміщені обидві коробки передач - коробка швидкостей і коробка подач. В цій же частині колони розміщені шпиндельний вузол, механізми подач, а також інші вузли. При цьому дана компоновка передбачає вертикальне переміщення установки тільки для стола.

Рис. 1.4. ілюструє компоновочні рішення щодо вертикально-свердлильних верстатів в розрізі агрегат і прес.

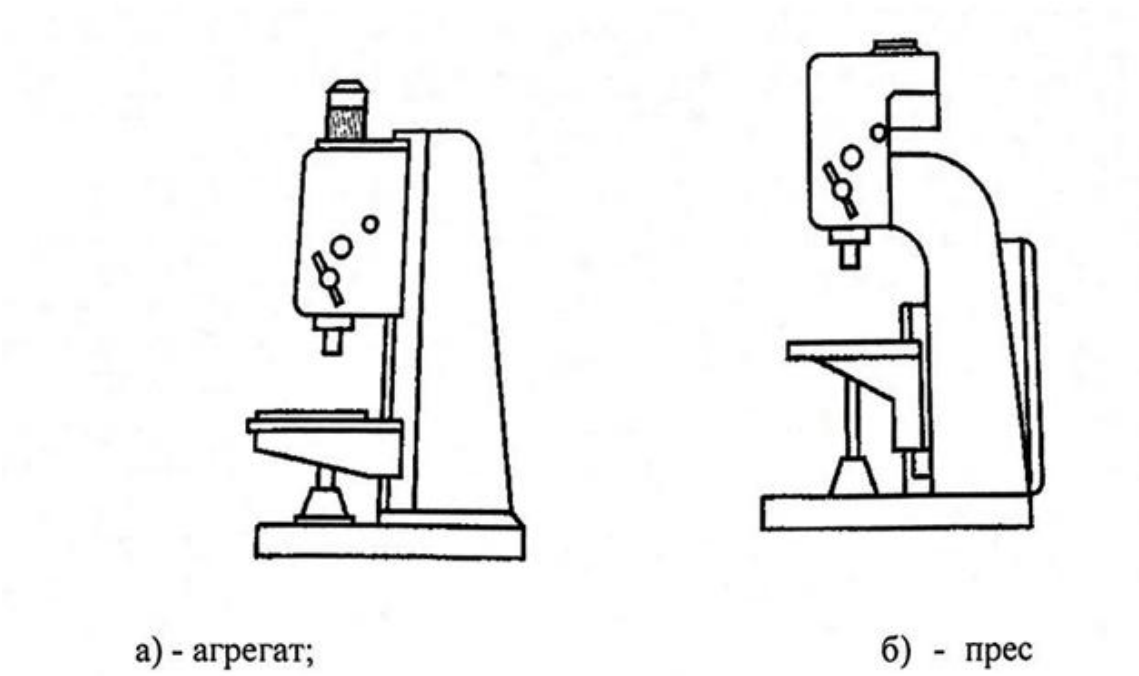


Рис. 1.4. – Окремі схеми компоновок вертикально-свердлильних верстатів

Потрібно зазначити, що як для важкого верстата переваги компоновки типу прес очевидні. Вони полягають перш за все у підвищеній жорсткості системи верстату. Зрозуміло проте, що ці верстати є досить нетехнологічними у виготовленні. Вони передбачають також затруднене по-вузлового складання.

Останнім часом розроблені компоновочні рішення [8], які передбачають, що всі основні вузли можуть кріпитися в індивідуальному корпусі, який монтується на колоні. При цьому подібно до верстатів з агрегатною компоновкою, принципово зберігається можливість по вузлового складання. Така компоновка є перспективною, тому цим пояснюється її бажане застосування.

Важливим є аналіз саме середніх вертикально-свердлильних верстатів. Гама таких верстатів складається з декількох модифікацій.

За основу взятий найбільший діаметр свердління. Модифікації відповідно поділяються на чотири підрозділи: 18 - 25 - 35 - 50 (мм). Тому у вказаній гамі для кожного визначеного розміру встановлені чотири типи універсальних верстатів. Так, базовими є вертикально-свердлильні верстати таких моделей: 2Н118, 2Н125, 2Н135, 2Н150 [7]. Всі ці моделі призначені, для умов індивідуального виробництва, коли значення коефіцієнту завантаження складає 50% і вище. Такі умови виявляються в інструментальних або ж ремонтних цехах машинобудівних заводів.

Універсальні вертикально-свердлильні верстати можуть бути автоматизованими. Серед них - поширені моделі: 2Н118А, 2Н125А, 2Н135А та 2Н150А [7]. Всі вони призначені для виробництва дрібносерійного чи серійного. Верстати зазначених моделей

можуть застосовуватись, коли забезпечується напівавтоматичний та автоматичний цикли руху шпинделя.

Існують також спрощені компоновки універсальних вертикально-свердлильних верстатів. Їх моделі - це 2Н125Л, 2Н135Л, 2Н150Л [7]. Такі варіації компоновок вертикально-свердлильних верстатів використовують у не основних немеханічних цехах машинобудівних заводів. Можливим є застосування їх для служб ремонту, або ж в інших галузях виробництва і господарства, тобто тоді, коли питання забезпечення високої продуктивності не є вирішальним. В таких випадках можуть бути зниженими за величиною силові та кінематичні параметри верстатів. Щодо компоновок, то в такій гамі використовують верстати на колонах круглої або коробчастої форми.

Поширеним є використання багатьма фірмами не зміна компоновки верстатів, а їх удосконалення за рахунок різних варіаційних підходів до робочих функціональних вузлів.

Зокрема, відомими є верстати випуску фірми Solid. Це конструкції - на круглій колоні з охолодженням і специфічними механізмами для здійснення подачі. Німецька фірма Alzmetall відома своїми верстатами із круглою колоною для діаметрів свердління 25, 28 і 40 мм. Верстати відрізняються тим, що робота здійснюється на колоні з необробленою плитою. Свердлильна головка є нерухомою. Подача або ручна або ж механічна. Інша серія верстатів для діаметрів від 25 до 70 мм допускає модифікації на круглій, а також коробчастій колонах. Всі ці верстати є верстатами нормального виконання.

Певним питанням, що потребує додаткового вивчення є обґрунтований вибір значень елементів режимів різання при

обробленні отворів [1,9,10]. Також істотним є призначення геометричних та конструкційних характеристик різального інструменту в залежності від вказаних параметрів режимів [10,11]. При цьому зачіпається питання підвищення продуктивності процесу свердління.

Тому до обробки різанням отворів застосовують особливі технології, дещо відмінні від, наприклад, оброблення зовнішніх поверхонь [1,9]. При цьому за рахунок специфічних конструкторсько-технологічних підходів вдається обробити заданий отвір із економічно максимально досяжною точністю за формою і прямолінійністю, причому з достатньо високим ступенем проведення оптимізації процесу. Важливо, що також забезпечується достатньо висока якість поверхні – наприклад стосовно її шорсткості і хвилястості.

Конструкцію інструменту для обробки отвору починають із встановлення діаметру інструменту відповідно до необхідного діаметру отвору [2,3]. Важливою характеристикою є загальна довжина отвору. Для різних умов тип хвостовика може відрізнятись. Наприклад, на вказані параметри конструкції чинять вплив характеристики оброблюваного матеріалу. Конструкцію інструменту корегують в залежності від величини подачі та прийнятого способу відведення утворюваної стружки.

Відомо, що, якщо визначена розрахунком довжина отвору перевищує 40d (де d – діаметр отвору), то необхідно для свердління призначати два свердла [1,9].

Встановлено, що величина швидкості різання впливає на вибір співвідношення довжини свердла до його діаметру [2]. Для такого вибору можна використати графік, приведений на рис. 1.5

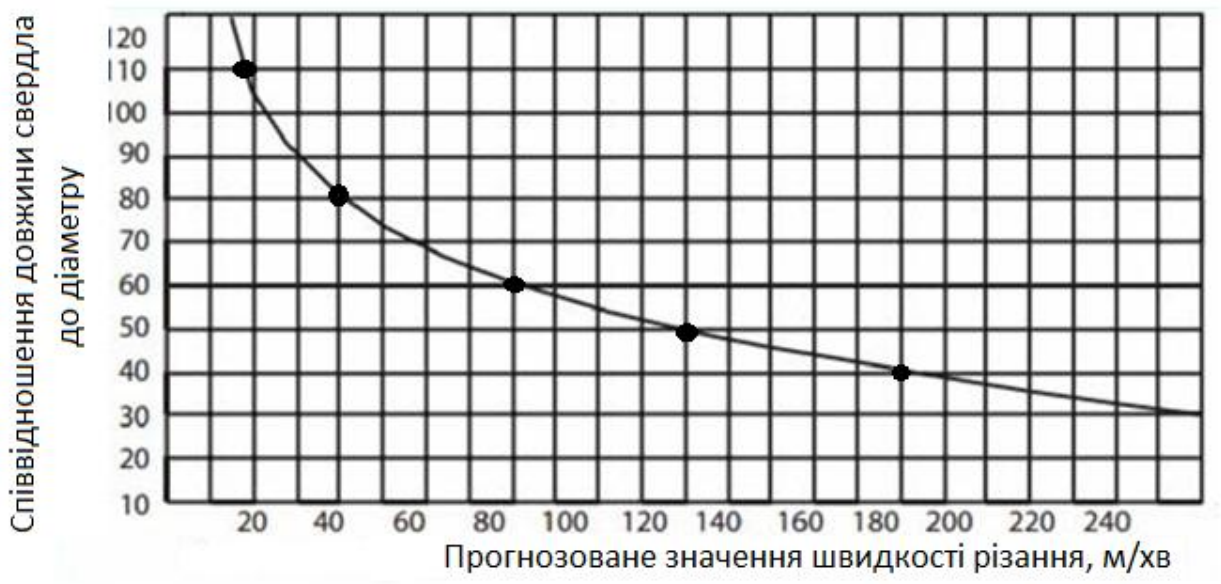


Рис.1.5. Графік щодо визначення за прогнозованою швидкістю різання співвідношення довжини свердла та його діаметру

Треба відмітити, що ще однією проблемою при конструюванні свердел є питання їх базування [1,9]. Адже, існують випадки, коли свердло буде опиратись тільки на поверхню отвору. При несиметричному базуванні свердла в отворі виникатимуть зусилля, які додатково бути сприяти уведенню інструменту від його встановленої осі. Окрім цього базуючи система сама буде обертатись, зумовлюючи підвищене биття інструменту.

При цьому будемо мати начебто процес розгойдування свердла. Тому використання свердел плаваючого типу при обробленні отворів в цьому випадку буде виглядати позитивним фактором, підвищуючи надійність здійснення робочого процесу.

Сама конструкція, зокрема спірального свердла [2,3], є доцільною з точки зору розподілу ширини зрізу між двома різальними лезами.

Якщо зважати на розподіл навантаження на різні леза, то можна побачити, що подібні інструменти працюють за двома принципами –

поділу ширини зрізуваного шару і поділу подачі [4,12,13]. Зокрема, спіральне свердло працює за методом поділу подачі, бо положення окремих лез є стаціонарним. Якщо допустити певну рухливість лез в якомусь напрямку, то поряд із миттєвим поділом подачі можна досягнути і миттєвого поділу ширини зрізу.

Таким чином, можна вважати доведеним, що щодо конструкцій інструментів, то треба прагнути рівномірного розподілу ширини зрізу між різальними елементами. При свердлінні з розподілом ширини зрізу розуміють кількість різальних лез, що необхідні для перекриття всієї ширини зрізу.

Важливим є те, як відводиться стружка із зони різання [1, 2, 3].

Загалом, прийнято вважати, що більш доцільним є зовнішнє відведення стружки порівняно із внутрішнім відведенням як більш складного процесу. Проте при внутрішньому відведенні не відбувається пошкодження поверхні отвору, і крім того, стружка не запаковує канавки. Окрім того, внутрішній метод кращий для свердел великих діаметрів.

При невеликих діаметрах свердел габарити стебла не можуть дозволити внутрішнє відведення. Тому в більшості випадків застосовують відведення зовнішнє.

Сприяють відведенню стружки також величини значень подач. Так, за менших подач стружка відводиться краще. Цей фактор є дуже істотним для конструювання плаваючих свердел, бо вони передбачають варіювання подачі в процесі роботи свердла в отворі.

Важливим питанням для конструювання плаваючих свердел є також питання організації напрямних оснащення. Вони повинні забезпечувати плавне вирівнювання навантажень на леза при свердлінні.

Висновки щодо розділу 1.
Визначення мети роботи та постановка задач дослідження

На основі результатів стосовно розділу 1 нами отримані такі висновки:

1) Аналіз процесу свердління типовими спіральними свердлами висвітлює проблемні питання робочого процесу, які полягають у встановлених труднощах, що виникають при такому різанні і заважають досягненню параметрів точності оброблюваного отвору та економічно доцільної продуктивності процесу свердління.
2) Таким чином встановлена актуальність дослідження у кваліфікаційній роботи конструктивних особливостей і принципів синтезу плаваючих свердлильних інструментів осьового типу, зокрема їх динамічних характеристик.
3) Показано, що процес свердління більшості отворів найбільш широко застосовують при використанні свердлильних верстатів вертикальної компоновки. В цьому плані проаналізовані їх типові компоновочні рішення і різні модифікації конструкції, які слід взяти за основу при конструюванні компоновок і формоутворюючих вузлів шуканої конструкції.
4) Виявлено, що при конструюванні свердлильного інструменту плаваючого типу слід зосередитись як на забезпеченні конструктивного виконання вирівнюючого різального пристрою, так і на питаннях знаходження вирішення питань відведення стружки, проектування конструктивної частини, встановлення раціональних режимів оброблення, а також забезпечення високої продуктивності роботи прогнозованої конструкції свердла.
5) Визначено, що проведений аналіз є основою для вдосконалення існуючої технології обробки отворів, створення конструкції і

компоновки верстатного обладнання і власне самого плаваючого свердла і дослідження особливостей його динамічної поведінки.

Таким чином, можна визначити мету кваліфікаційної роботи згідно визначеного завдання і здійснити постановку задач дослідження.

Метою роботи є покращення якості оброблення отворів на свердлильному верстаті вертикальної компоновки пр. використання свердел плаваючого типу

Об'єкт дослідження - процес роботи плаваючого інструменту при свердлінні отворів

Предмет дослідження – динамічні особливості роботи плаваючим інструментом при свердлінні на верстаті вертикальної компоновки.

В результаті для розроблення у роботі магістра нами формулюються такі **основні задачі**:

1. Знайомство з відомими підходами і моделями до вивчення роботи інструментів при здійснені свердління отворів.
2. Вдосконалити типову технологію механічної обробки деталі-представника, що включає обробку отворів.
3. На основі технологічного процесу і його характеристик розробити компоновочне рішення верстату вертикальної компоновки для свердління отворів.
4. Провести розрахунок кінематичної структури свердлильного верстату визначеної компоновки.
5. Провести силовий розрахунок механізму подач верстату із розробкою конструкції коробки подач, спорядженою варіатором для зміни швидкості руху.

6. Здійснити аналіз можливих схем свердлильних інструментів плаваючого типу і здійснити синтез їх конструктивного рішення.
7. Побудувати математичну модель процесу поздовжніх коливань плаваючого свердла та його елементів.
8. Визначити основні кінематичні особливості свердла плаваючого типу на основі динамічного аналізу при використанні розробленої математичної моделі.
9. Визначити техніко-економічну ефективність запропонованих рішень.
10. Запропонувати заходи з охорони праці і безпеки життєдіяльності.

2. Дослідно-проектний розділ

2.1. Опис та обґрунтування багатоваріантної технології обробки

2.1.1. Елементи технологічних процесів із свердлінням отворів

Для аналізу технологічних процесів обробки і здійснення багатоваріантного підходу до проектування верстату вертикальної компоновки оберемо три деталі-представники, а саме: плита 1; плита 2 і диск. Їх технологічними рисами є те, що вони передбачають всі види обробки отворів, які будуть проводитись на вибраному верстаті.

Матеріал деталі-представника 1 – це сталь 45, деталі 2 – алюміній АДІ, а деталі-представника 3 – чавун СЧ36. Як бачимо названі матеріали охоплюють найбільш часто оброблювані у машинобудуванні матеріали, що зручно для подальшого кінематичного аналізу верстатного обладнання. Хімічний склад і механічні властивості матеріалів наведені у таблицях 2.1 та 2.2 [14].

Таблиця 2.1.

Склад хімічних елементів заданих матеріалів

Матеріал	C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr
				Не більше			
Сталь 45	0,4 – 0,5	0,5-0,8	0,17-0,37	0,045	0,045	0,30	0,30
Алюміній АДІ	-	0,6	0,4	-	-	-	-
Чавун СЧ36	2,2-2,3	0,2-1,1	1,0-2,9	0,1-0,2	0,2	-	-

Таблиця 2.2.

Основні механічні властивості матеріалів деталей-представників

Матеріал	σ_T, $H/мм^2$	σ_M, $H/мм^2$	δ_S, %	ψ, %	α_n, $H/мм^2$	HB
	Не менше					
Сталь 45	360	610	16	40	50	5
Алюміній АДІ	110	210	18	58	-	450
Чавун СЧ36	300	350	1,1-1,3	-	11	225

В таблиці 2.2. відповідні позначення означають наступне :

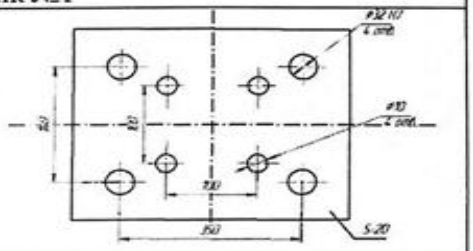
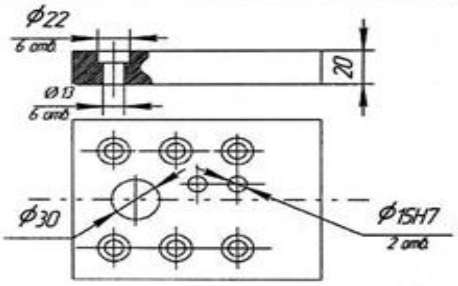
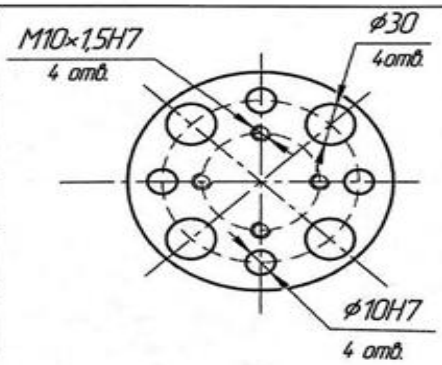
$\sigma_т$ - межа текучості; $\sigma_м$ – межа міцності; δ_s – відносне видовження; ψ – відносне звуження; α_n – ударна в’язкість.

Технічні вимоги креслень - для діаметрів оброблення 10, 15, 32 мм – по 7 квалітету – Н7. Шорсткість точних отворів – Ra(6,3-2,5), інших отворів – нижча.

Після розробки маршрутних технологічних процесів елементи технологій зведемо у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3.

Елементи технологій обробки деталей-представників

Назва операції(переходу)	Ріжучий інструмент	Ескіз обробки
Деталь – представник №1		
005 Свердлити 4 отвори Ø10 послідовно	Свердло Ø10 Спеціальне Р6М5	
010 Свердлити 4 отвори Ø32Н7 до Ø31,96 послідовно	Свердло Ø31,96 Спеціальне Р6М5	
015 Розвернути 4 отвори Ø32Н7 начисто	Розвертка Ø32Н7	
Деталь – представник №2		
005 Свердлити 6 отворів Ø13 послідовно	Свердло Ø10 Р6М5	
010 Цековати 6 отворів Ø13 до Ø22 на глибину 5 мм	Цековка Ø22 Р6М5	
015 Свердлити отвір Ø30	Свердло Ø30 Спеціальне Р6М5	
020 Свердлити 2 отвори Ø15Н7 до Ø14,96	Свердло Ø14,96 Спеціальне Р6М5	
025 Розвернути 2 отвори Ø15Н7 начисто послідовно	Розвертка Ø15Н7	
Деталь – представник №3		
005 Свердлити 4 отвори Ø10Н7 до Ø9,96 послідовно	Свердло Ø9,96 Спеціальне ВК8	
010 Розвернути 4 отвори Ø10Н7 начисто послідовно	Розвертка Ø10Н7	
015 Свердлити 4 отворів Ø30 послідовно	Свердло Ø30 Спеціальне ВК8	
020 Свердлити 4 отворів Ø8,3 під різь послідовно	Свердло Ø8,3 ВК8	
025 Зенкувати фаску 1,5×45° в 4-ох отворах	Зенківка Ø15 спеціальна ВК8	
030 Нарізати різьбу М10 в 4-ох отворах	Мітчик М10	

2.1.2 Обчислення значень елементів режимів різання

Спочатку проведемо обчислення режимів стосовно деталі-представника №1.

Першою операцією є операція 005, яка передбачає свердління 4-х отворів діаметром 10мм послідовно.

Глибину різання приймаємо рівною половині діаметру d отвору:

$$t = 0{,}5d = 0{,}5 \cdot 10 = 5\text{мм}$$

Найбільшу можливу допустиму подачу вибираємо за критерієм міцності свердла [10] : s=0,25 мм/об.

Обчислення швидкості різання проведемо за відомою залежністю. Для операції свердління ця залежність має вигляд [15]:

$$v = \frac{C_v \cdot d^q}{T^m \cdot s^y} \cdot k_v \,, \qquad (2.1)$$

де $k_v = K_{mv} K_{uv} K_{ev}$ – поправочний коефіцієнт стосовно швидкості різання. Складові множники цього коефіцієнта визначимо так [10]:

$K_{mv} = 1{,}2$ – значення коефіцієнта щодо твердості

$K_{uv} = 1{,}0$ - коефіцієнт на інструментальний матеріал;

$K_{ev} = 0{,}85$ – коефіцієнт на корекцію глибини свердління. Тоді

$$k_v = 1{,}2 \times 1{,}0 \times 0{,}85 = 1{,}02. \qquad (2.2)$$

Значення коефіцієнту C_v при швидкості різання, а також показників ступенів наведені в довідковій літературі, зокрема [15]:

C_v=9,8; q=0,4; y=0,5; m=0,2.

Приймаємо, що згідно [15] стійкість інструменту дорівнює T=25 хв. Таким чином, матимемо:

$$v = \frac{9{,}8 \cdot 10^{0{,}4}}{25^{0{,}2} \cdot 0{,}25^{0{,}5}} \cdot 1{,}02 = 26{,}38 \text{ м/хв.} \qquad (2.3)$$

Заокруглюємо і приймаємо v = 26,4 м/хв.

Таким чином, знаючи значення швидкості різання, можемо визначити кількість обертів, які робить свердло за хвилину за відомою формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 26{,}4}{3{,}14 \cdot 10} = 840 \text{ об/хв.} \qquad (2.4)$$

При довжині робочого ходу інструменту $L_{px} = 25$ мм можемо розрахувати значення основного часу, який необхідний на оброблення:

$$t_0 = \frac{L_{px}}{n \cdot s} = \frac{25}{840 \cdot 0{,}25} = 0{,}12 \text{ хв.} \qquad (2.5)$$

Розрахунок режимів різання для інших операцій щодо деталі-представника 1 можна провести за нормативними даними. Так, згідно[11], маємо значення, які зводимо у таблицю 2.4.

Таблиця 2.4

Зведена таблиця режимів різання для деталі №1

Назва операції	Глибина різання t,мм	Подача S, мм/об	Швидкість різання, V, м/хв	Кількість обертів, n, об/хв	Потужність N, кВт	Основний час, t_o, хв.
Свердлити 4 отвори Ø10	5	0,25	26,4	840	0,79	0,12
Свердлити 4 отвори Ø31,96	15,98	0,5	20	200	2,14	0,32
Розвернути 4 отв. Ø32H7	0,25	0,9	6	60	0,36	0,4

Таким же чином на основі довідникових даних [11], вибираємо значення елементів режимів різання для деталей представників за номерами №2 і №3.

Отримані результати стосовно режимів різання, потужності, необхідної для оброблення, а також значень осевого часу зводимо у таблиці 2.5 і 2.6.

Таблиця 2.5

Зведена таблиця режимів різання для деталі №2

Назва операції	Глибина різання t,мм	Подача S, мм/об	Швидкість різання, V, м/хв	Кількість обертів, n, об/хв	Потуж-ність N, кВт	Основний час t_o, хв.
Свердлити 4 отвори Ø10	6,5	0,6	43	1050	1.3	0,04
Цекувати 6 отворів Ø13до Ø22	11,5	0,8	70	1013	1.1	0.012
Свердлити отвір Ø30	15	0,9	47,3	502	1,4	0,07
Свердлити 2 отвори℄14.96	7,48	0,6	48,4	1030	1,28	0,044
Розвернути 2 отвори Ø15H7	0,02	0,5	20	425	0,18	0,14

Таблиця 2.6

Елементи режимів різання і основний час для деталі №3

Назва операції	Глибина різання t,мм	Подача S, мм/об	Швидкість різання, V, м/хв	Кількість обертів, n, об/хв	Потуж-ність N, кВт	Основний час, t_o, хв.
Свердлити 4 отвори Ø9,96	4,98	0,3	58, 0	1865	1,19	0,045
Розвернути 4 отвори Ø10H7	0,02	1,1	16, 6	528	0,23	0,05
Свердлити 4 отвори Ø30	15	0,6	38,5	408	1,96	0,09
Свердлити 4 отвори Ø8,3	4,15	0,3	51,7	1984	0,99	0,04
Зенкувати фаску 1,5×45° в 4-ох отворах	1,5	0,07	40, 5	1520	0,32	0,197
Нарізати різьбу M10 в 4-ох отворах	1	1	10	318	0,8	0,07

2.2. Обгрунтування компонувальної схеми верстату з елементами оптимізації

2.2.1. Призначення способу обробки і вибір виконавчих рухів

На свердлильному верстатів з метою оброблення циліндричних наскрізних отворів для різних діаметрів відповідно попередньо призначаємо спіральні свердла [2,3]. Для оброблення ступінчастих отворів використовуємо циліндричні церковки. При покращу вальних і завершу- вальних операціях треба використовувати зенкери і розвертки. Для утворення внутрішніх різьбових поверхонь в таких умовах слід виконувати різь мітчиками.

Для забезпечення адекватного формоутворення поверхонь при свердління та інших вказаних технологічних операціях необхідно застосовувати певний комплекс виконавчих рухів [16].

Ці виконавчі рухи можуть бути зведені до таких трьох:

1) Головний виконавчий рух різання – при цьому формоутворення забезпечується обертанням свердла навколо своєї осі – позначення $Ф_v(О_1)$. Тут О – обертовий рух, 1 – індекс порядкового номеру для руху.
2) Подача інструменту здійснюється за допомогою формоутворюючого руху подачі, який позначимо $Ф_s(П_2)$. Літера П стосується поступального руху. Вказаний рух співпадає за напрямком із рухами врізання $Вр(П_2)$ і $Вр(П_3)$. Ці руху кінематично співпадають із формоутворюючим рухом подач $Ф_s(П_2)$. Тому рухи врізання можна здійснювати за допомогою єдиного механізму.
3) При нарізанні різі з використанням мітчика подача $П_2$ забезпечує загвинчування власне мітчика в тіло заготовки і, таким чином, утворення різі необхідних параметрів.

2.2.2. Аналіз можливих вертикальних верстатних компоновок на основі множинного перебору

Аналіз виконавчих рухів показує, що у свердлильному верстаті потрібно забезпечити наявність функціонального вузла, що передбачає поступальний рух інструменту, а також функціональний вузол, який забезпечує обертання інструменту навколо своєї осі [17]. Таким чином, разом із стаціонарною основою матимемо множину блоків, перебором яких можна отримати 6 можливих компоновок.

Для верстатів вертикальної компоновки, таким чином, використовуючи блочний принцип [8,18], отримаємо загальну матрицю $\overline{Ver}$ компоновок:

$$\overline{\mathrm{Ver}}=\begin{vmatrix} \mathrm{ZC0} & \mathrm{Z0C} & \mathrm{0ZC} \\ \mathrm{CZ0} & \mathrm{C0Z} & \mathrm{0CZ} \end{vmatrix}.$$

У даній матриці Z означає вертикальну вісь, C – обертання, а 0 – стаціонарний блок.

Якщо б розглядати також множину горизонтальних компоновок, то ми б отримали ще 6 варіантів.

2.2.3. Обґрунтування компоновочного рішення на основі аналізу типових компоновок

Типові відомі конструкції вертикально свердлильних верстатів можна охарактеризувати рядом важливих функціональних характеристик. Аналіз цих характеристик важливий для прийняття рішення про кінцеве компоновочне рішення пропонованої верстатної конструкції. Зауважимо, що серед середніх вертикально-свердлильних верстатів найбільш використовуваними є конструкції

моделей 2Г125, 2Н135 [6,7]. Згрупуємо вище згадані характеристики для цих верстатів у єдиній таблиці 2.7 згідно із джерелом [7].

Таблиця 2.7

Основні технічні характеристики найбільш використовуваних моделей вертикально-свердлильних верстатів

Основні технічні характеристики	Моделі верстатів	
	2Г125	2Н135
Найбільший умовний діаметр свердління в сталі ,мм	25	35
Робоча поверхня стола,мм	450×450	450×500
Найбільша відстань від торця шпинделя до робочої поверхні стола,мм	700	750
Виліт шпинделя,мм	250	300
Найбільший хід шпинделя,мм	200	250
Найбільше вертикальне переміщення стола,мм	270	300
Частота обертання шпинделя ,об/хв.	45-2000	31-1400
Число подач шпинделя	9	9
Потужність електродвигуна приводу головного руху,кВт	2,8	4,0
Габаритні розміри:		
Довжина	915	1030
Ширина	785	850
Висота	2350	2535
Вага,кг	880	1200

Як бачимо, що в таблиці 2.7. вказані такі характеристики як найбільший діаметр свердління, габаритні розміри щодо різних позицій, найбільші хід шпинделя і вертикальне переміщення стола, показники площі стола, потужність електродвигуна та інші, які досить

повно характеризують можливості верстатів, а також оціночний вплив на можливі компоновочні рішення щодо конструкцій створюваних верстатів вертикальної компоновки ля свердління отворів.

Щодо характеристики різних типів можливих компоновок, то представимо до розгляду їх чотири типи. Ці типи можна зобразити відповідними матрицями, кожна – із трьох компонентів. Так, матимемо такі матричні виконання:

1) Тип $\overline{\boldsymbol{F}}\{\,\overline{0}\;\overline{0}\;0\}$. При цьому – описані компоновки з нерухомим інструментом у напрямку подачі.
2) Тип $\overline{\boldsymbol{E}}\{\,0\;\overline{0}\;\overline{0}\,\}$. Така компоновка передбачає нерухомий стіл.
3) Тип $\overline{\boldsymbol{Q}}\{\,\overline{0}\;0\;\overline{0}\,\}$. Передбачається обертання заготовки.
4) Тип $\overline{\boldsymbol{G}}\{\,\overline{0}\;0\;\overline{0}\,\}$. В цьому випадку також маємо випадки варіантів з обертанням заготовки.

Спробуємо зробити вибір шуканої заготовки за структурними ознаками.

При цьому для аналізу множини варіантів використовуватимемо міркування як конструкторського, так і технологічного характеру.

Спочатку визначимо ознаку М1, що обмежуватиме кількість рухів. Така ознака в першу чергу торкається більш крупних мас. Ця ознака стосується маси заготовки і найбільших вузлів верстату.

Друга ознака (позначимо її М2) стосується підвищення точності для верстаного обладнання.

Нарешті третя ознака М3 – призначена для характеризації динаміки верстату.

Проведемо розроблення значень вказаних ознак для компоновки прогнозованого нами верстату. При цьому зауважимо, що рухи заготовки повинні бути горизонтальними, тобто виключимо, що маса впливає при підніманні чи опусканні. Тоді матриця М1 набуде вигляду:

$$\overline{\boldsymbol{M1}} = \{\, \bar{1}\ \bar{1}\ 0 + \bar{1}\ 0\ \bar{0}\ + 0\ \bar{0}\ \ \bar{0}\,\}. \qquad (2.6)$$

Сформулюємо ознаку М2. Вона говорить про те, що обертатись повинен інструмент, а не заготовка.

Тобто виходячи із типажу аналізованих деталей-представників матимемо:

$$\overline{\boldsymbol{M2}} = \{\, \Phi + Z\ 0\ C\ + 0\ \bar{0}\ \ \bar{0}\,\}. \qquad (2.7)$$

Третя умова М3 не допускає підвищеного рівня динамічності конструкції. З точку зору такої прогнозованої динамічної поведінки – забезпечимо адекватне розміщення мас по структурі компоновки. Це означатиме, що, якщо вузол матиме більший хід, то, відповідно він буде розміщуватись ближче до стаціонарного блоку.

Таким чином матимемо, що

$$\overline{\boldsymbol{M3}} = \{\, \bar{Z}\ Z\ 0 + \bar{0}\ 0\ \bar{0}\ + 0\ Z\ \ \bar{Z}\,\}. \qquad (2.8)$$

Отже, сформулюємо узагальнену систему рівнянь логіки для правильного відбору необхідної компоновки у вигляді:

$$\begin{aligned} \overline{\boldsymbol{M1}} &= \{\, \bar{1}\ \bar{1}\ 0 + \bar{1}\ 0\ \bar{0}\ + 0\ \bar{0}\ \ \bar{0}\,\} \\ \overline{\boldsymbol{M2}} &= \{\, \Phi + Z\ 0\ C\ + 0\ \bar{0}\ \ \bar{0}\,\} \\ \overline{\boldsymbol{M3}} &= \{\, \bar{Z}\ Z\ 0 + \bar{0}\ 0\ \bar{0}\ + 0\ Z\ \ \bar{Z}\,\}. \end{aligned} \qquad (2.9)$$

Застосовуючи правило перетину множин на основі логічного множення матимемо можливість відмітити, що результуючі характеристики $\Phi + \Phi + 0\ Z\ \ C$ – стосуються вертикальних компоновок, а $\Phi + Z\ 0\ C + 0\ Z\ \ C$ - стосуються горизонтальних компоновок.

Зважаючи на описаний вже нами типаж деталей – представників, обираємо серед деяких можливих компоновочних рішень вертикальну компоновку (рис. 2.1), яку можна виразити формулою $0\ Z\ \ C$.

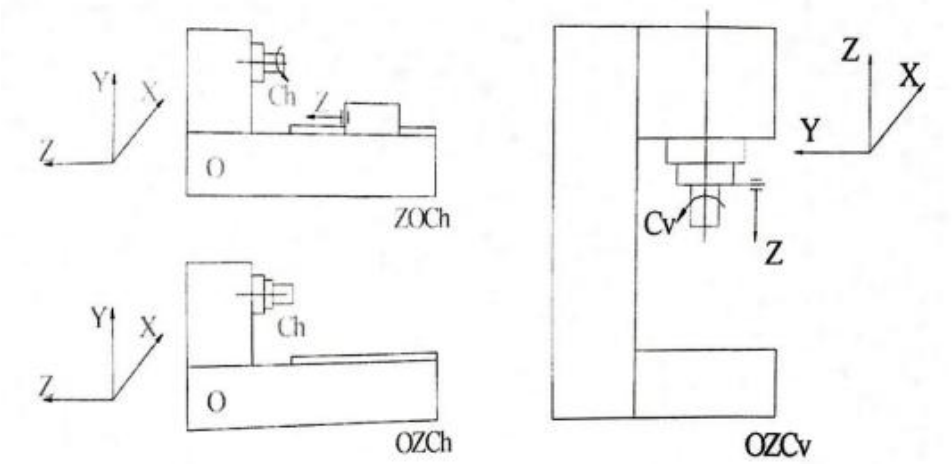


Рис. 2.1. Вибір можливих компоновочних рішень

Кінцевий варіант шуканого вирішення компоновки представлено на рис.2.2. При цьому вказані також допоміжні рухи, а також розписані основні структурні елементи конструкції.

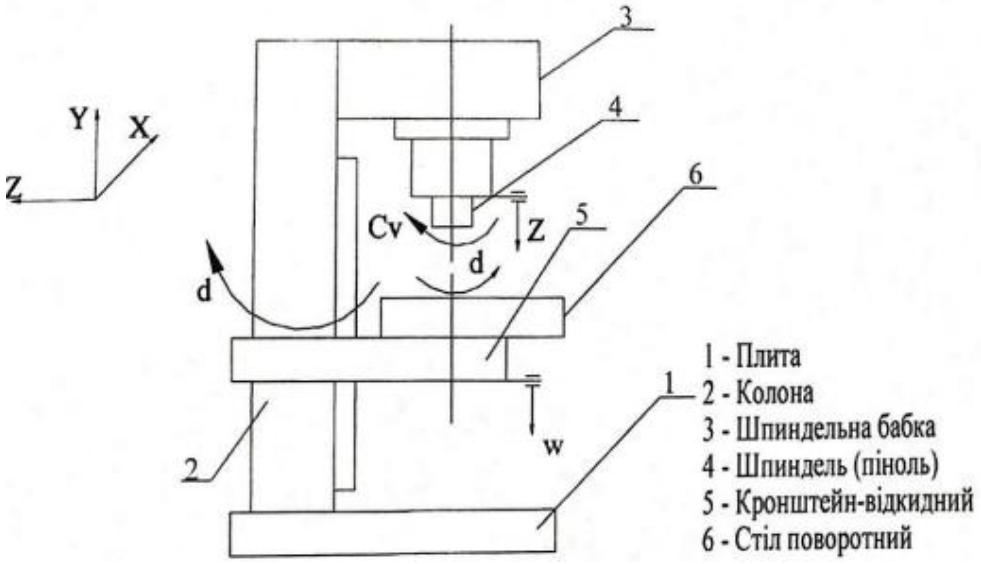


Рис. 2.2. Відібрана структурна компоновка вертикально-свердлильного верстату.

Таким чином, записуємо остаточну структурну формулу компоновки:

$$d^1 d^1 w^0 O Z^2 / C^0{}_v \, .$$

При цьому рухи установлення **d** передбачають обертання інструменту у кронштейні і обертання кронштейну навколо колони, а рух $\boldsymbol{w}$ - вертикальний рух стола.

2.3. Кінематичний розрахунок та вибір структури приводів верстату

2.3.1. Розрахунок діапазону регулювання приводу головного руху

Діапазон регулювання всього приводу загалом визначимо, знаючи мінімальне та максимальне значення можливих подач свердла [19]:

$$Dn = \frac{n_{max}}{n_{min}} = \frac{1985}{60} = 33\,. \qquad (2.10)$$

В якості двигуна призначимо: двигун асинхронний нерегульований, відповідно з діапазоном регулювання 1, тобто:

$$D_n = D_{\text{мех}} \cdot D_{\text{ел}} = D_{\text{мех}}\ , \qquad (2.11)$$

де $D_{\text{мех}}$ – діапазон регулювання механічної частини.

Зважаючи, на те, що $D_n = D_{\text{мех}} = 33$, для отримання такого великого діапазону швидкостей і згідно до завдань дослідження можемо використати безступеневе регулювання за варіатора швидкості здіапазоном регулювання, що дорівнює:

$$D\text{в} = 6\,.$$

Відомо, що у випадку використання варіатора загальний діапазон регулювання власне дорівнює

$$Dn = \gamma \cdot D_B \cdot D_k \qquad (2.12)$$

Звідси, з врахуванням коефіцієнту γ змінності діапазону через використання варіатора визначаємо діапазон регулювання власне коробки швидкостей:

$$D_k = \frac{Dn}{D_B \cdot \gamma} = \frac{33}{6 \cdot 0{,}985} = 5{,}58$$

Для проектованого вертикально-свердлильного верстату призначимо коефіцієнт геометричного ряду частот $\varphi_n = 1{,}26$

Впроваджений у структуру приводу варіатор характеризується так званим фіктивним значенням кількості передач варіатора, яке можна визначити за формулою:

$$\mathrm{P}_{\text{Ф.В.}} = \frac{\ln(\gamma \cdot R_B)}{\ln \gamma_{\text{ф}}} + 1 = \frac{\ln 0{,}95 \cdot 6}{\ln 1{,}26} + 1 = 8$$

Тоді кількість ступенів шуканої коробки швидкостей відповідно визначимо як : $z_k = 2$.

Звідси маємо, що загальна структурна формула для приводу швидкостей є власне такою: $z_{\text{пр}} = 8_{(1)} \cdot 2_{(7)}$

Якщо представити такий привід за допомогою структурної сітки, то отримаємо таку структуру (рис. 2.3).

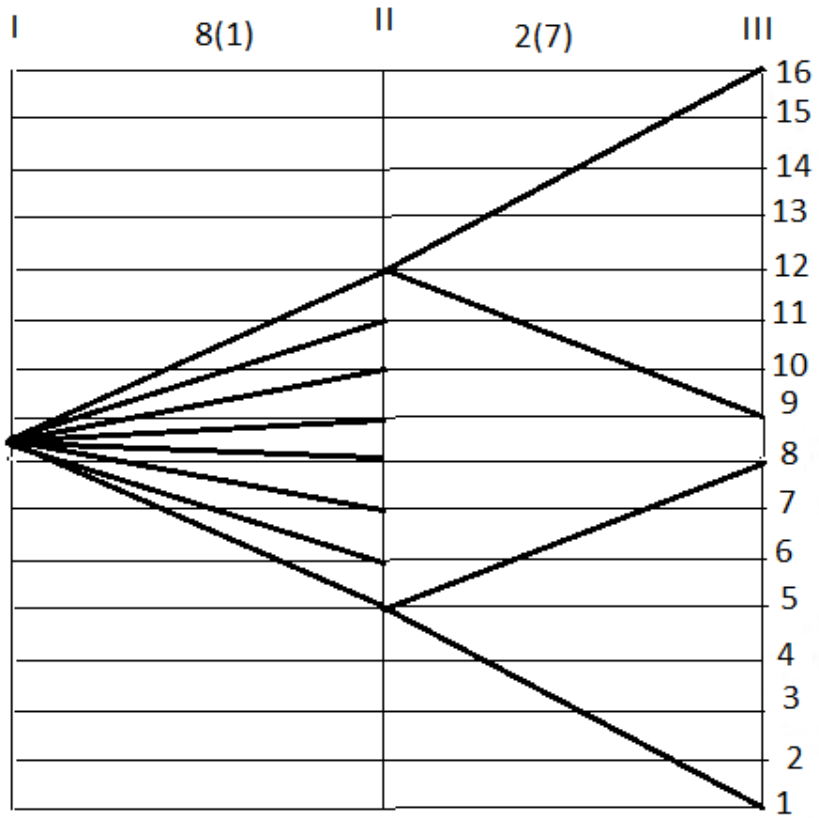


Рис. 2.3. Зображення умовної структурної сітки приводу головного руху

Таким чином, можемо перейти до побудови елементів кінематичної схеми приводу головного руху (рис. 2.4).

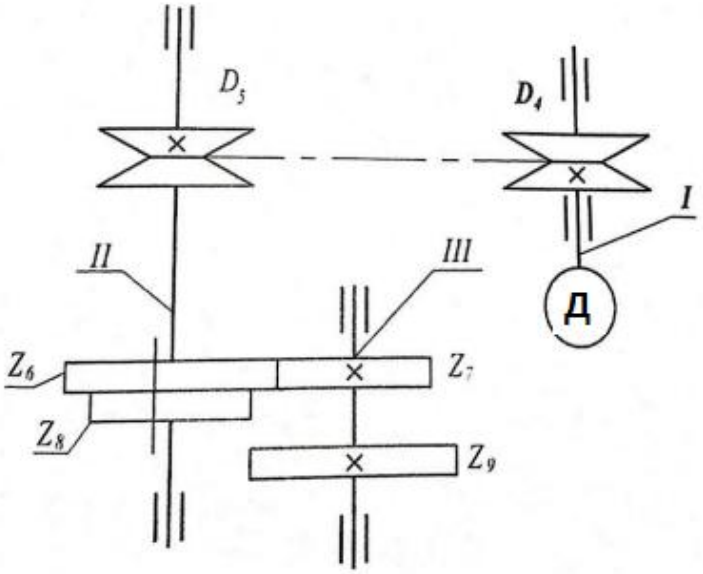


Рис. 2.4. Фрагмент кінематичної схеми верстату із зображенням приводу руху різання

2.3.2. Розрахунок кінематичних характеристик приводу подач

Для такого розрахунку спочатку знаходимо діапазон регулювання. Зважаючи на необхідність у свердлильному верстаті як ручної, так і механічної подачі, і те, що при малих подачах маємо справу із значними зусиллями, приймаємо максимальне і мінімальне значення подач:

$$s_{max} = 0{,}4 \text{ мм/об і } s_{min} = 0{,}07 \text{ мм/об.}$$

Ці малі значення подач призначаються, коли мають справу при різанні із найбільшими глибинами. Тоді шуканий діапазон регулювання подач обчислюємо за формулою:

$$D_s = \frac{s_{max}}{s_{min}} = \frac{0{,}4}{0{,}07} = 6.$$

Призначаємо значення коефіцієнту $\varphi_s = 1{,}41$ і, таким чином, визначаємо число ступенів регулювання:

$$Z_s = \frac{\lg D_s}{\lg 1{,}41} + 1 = \frac{\lg 6}{\lg 1{,}41} = 6{,}2$$

Заокруглюючи, приймаємо Zs=6 , тоді Zs = $3_{(1)} \cdot 2_{(3)}$.

Або ж можливим є інший варіант: Z = $2_{(3)} \cdot 3_{(1)}$.

Таким чином, маємо можливість для побудови структурної сітки стосовно шуканої коробки подач:

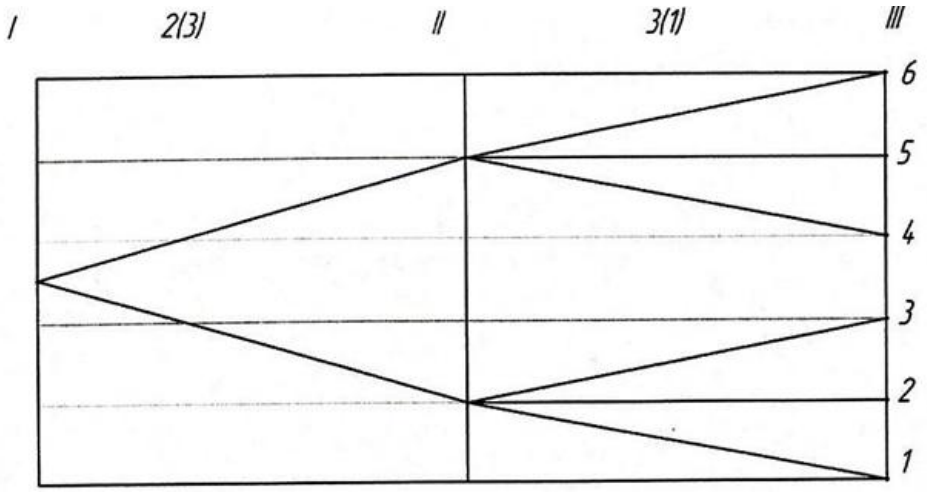


Рис. 2.5. Структурна сітка для проектованого приводу подач

На основі структурної сітки можемо прикинути орієнтовно як розміщуються у коробці подач на кінематичній схемі (рис. 2.6) відповідні вали і зубчасті колеса.

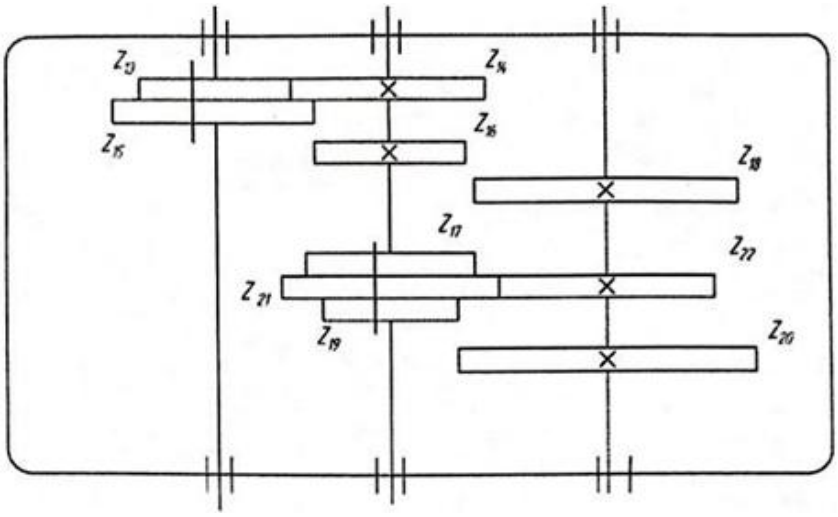


Рис. 2.6. Кінематична схема примірного приводу подач

2.3.4. Розрахунок потужностей і вибір двигунів

Для такого розрахунку застосуємо залежність [17]:

$$N_{дв} = N_e + N_1 + N_2$$

де N_e – ефективна потужність різання; N_1 – постійні втрати холостого ходу; N_2 – додаткові некорисні втрати.

Загалом вважають, що N_1 = 0,14 кВт.

Знаючи значення режимів різання, можна визначити ефективну потужність, яка витрачається власне на різання [15]:

$$N_e = \frac{P_{oc} \cdot v_c}{60 \cdot 10^3},$$

де осьове зусилля (Н) за його середнім значенням [15]:

$$P_{OC} = 10 C_p d^a s^y k_p \ .$$

Використовуючи результати, отримані раніше, можемо показати, що середнє значення цієї сили для проектованого верстату при обробці деталі-представника №1дорівнює:

$$P_{oc} = 4532{,}98 \text{ Н}.$$

Отже:

$$N_e = \frac{P_{oc} \cdot v_c}{60 \cdot 10^3} = 1{,}32 \text{ кВт} \ .$$

Таким чином, маємо, що розрахункова потужність двигуна -

$$N_{дв} = N_e + N_m = 1{,}32 + 0{,}14 = 1{,}46 \text{ кВт}.$$

Визначаємо також К.К.Д. приводу:

$$\eta = \frac{N_e}{N_{дв}} = \frac{1{,}32}{1{,}46} = 0{,}904$$

На основі одержаної розрахункової потужності електродвигуна за каталогом із певним запасом вибираємо асинхронний двигун [17] – 4А90L4У3 відповідно до наших умов:

$$N = 2{,}2 \text{ кВт}; \quad n_m = 1425 \text{ хв}^{-1}; \quad J_{рот} = 2{,}24 \cdot 10^{-2} \text{кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$\eta = 0{,}9; \quad n_0 = 1500\, хв^{-1}; \quad \Delta = \frac{m_n}{M_H} = 2{,}1; \quad \gamma = \frac{M_k}{M_H} = 2{,}4.$$

2.3.5. Завершальне компонування кінематичної схеми

Отримані дані щодо основних рухів у верстаті та їх характеристик дають змогу приступити до завершення компонування кінематичної схеми верстату.

При цьому беремо до уваги формування структурно-кінематичної схеми (за прикладом методики [16])(рис. 2.7).

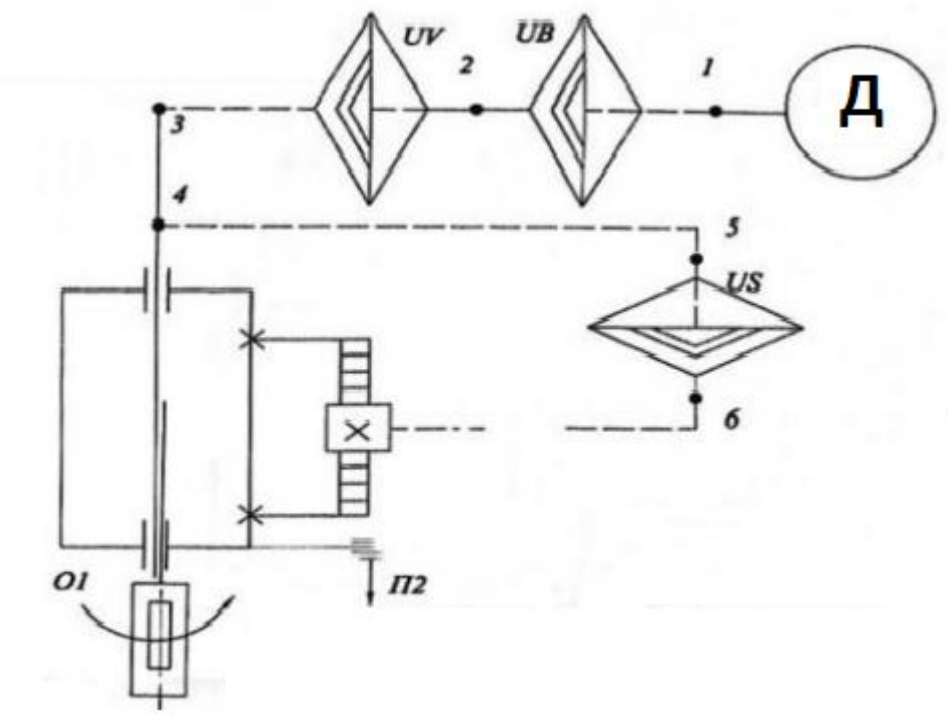


Рис. 2.7. Ескіз структурно-кінематичної схеми

З наведеної схеми видно, що головний рух від двигуна Д передається через органи налаштування Uв (варіатор швидкостей) і Uv (коробку швидкостей) до шпинделя 4 верстату, який здійснює обертовий формоутворюючий рух О1. Подібно як і інших свердлильних верстатах рух від шпинделя через орган налаштування подач Us (коробку подач) передається до механізму здійснення подач у вигляді рейкової пари, що забезпечує поступальний рух П2 інструменту під час обробки.

Наведена структурно-кінематична схема є базовою для подальшого компонування повної кінематичної схеми з зазначенням чисел зубів всіх шестерень.

Так, зокрема, стосовно приводу головного руху будуємо графік чисел обертів. Для цього використовуємо наведену на рис. 2.3 структурну сітку такого приводу.

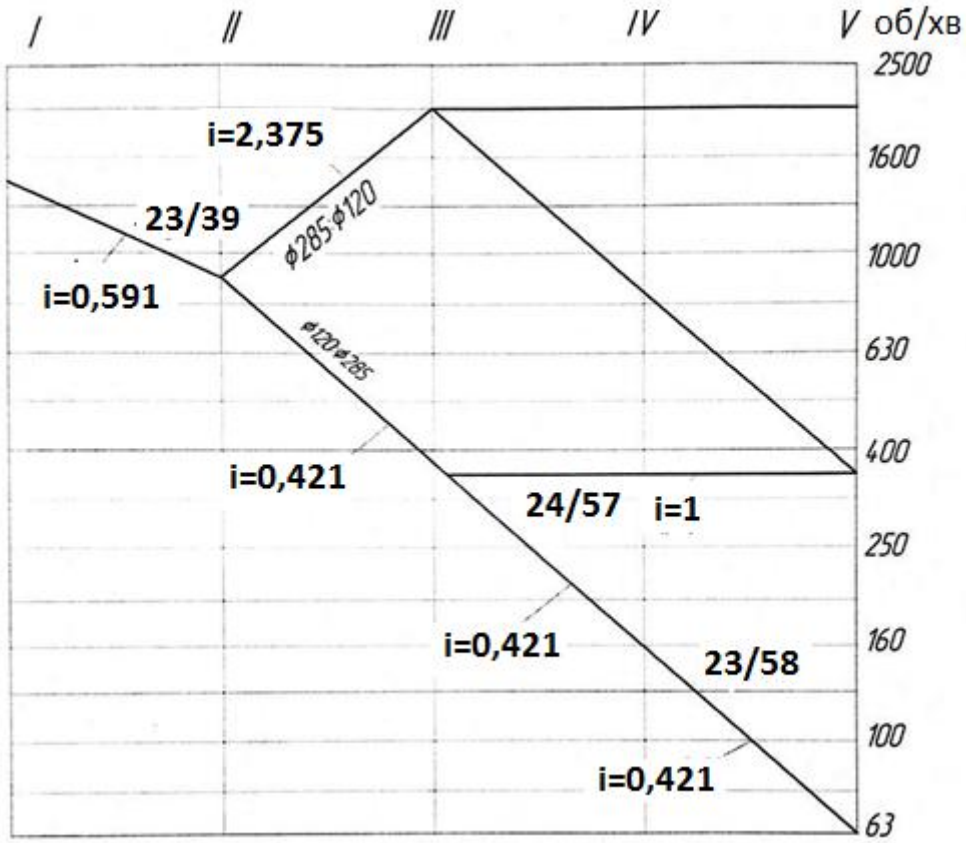


Рис. 2.8 . Графік чисел обертів головного приводу

За цим графіком розраховуємо кількості зубів коліс. Приймаємо кількість зубів першої шестерні $Z = 23$.

Загалом складаємо рівняння кінематичного балансу, що пов'язує частоту обертання шпинделя із частотою обертів електродвигуна, через відповідні значення чисел зубів коліс у передачах і змінні діаметри коліс варіатора. Тоді отримаємо:

$$n_{\text{шп}} = n_{\text{е.д}} \frac{Z_2}{Z_3} \frac{Z_4}{Z_5} \gamma \left| \frac{Z_6}{Z_7} \frac{Z_8}{Z_9} \right| = 1425 \frac{23}{39} \left| \frac{120 \ldots 285}{285 \ldots 120} \right| 0{,}985 \left| \frac{\frac{24}{57} \cdot \frac{24}{58}}{\frac{24}{24}} \right| =$$

$$= 58{,}2 \ldots 1985 \text{ хв}^{-1} \quad (2.13)$$

Аналогічним чином знаходимо значення параметрів для графіку подач, відповідно розраховучи кількості зубів коліс для коробки подач. Після проведення розрахунків отримаємо:

$Z_{11} = 29$; $Z_{12} = 93$; $Z_{13} = 18$; $Z_{14} = 72$; $Z_{15} = 37$; $Z_{16} = 53$; $Z_{17} = 30$; $Z_{18} = 60$; $Z_{19} = 37$; $Z_{20} = 53$; $Z_{21} = 45$, $Z_{22} = 45$.

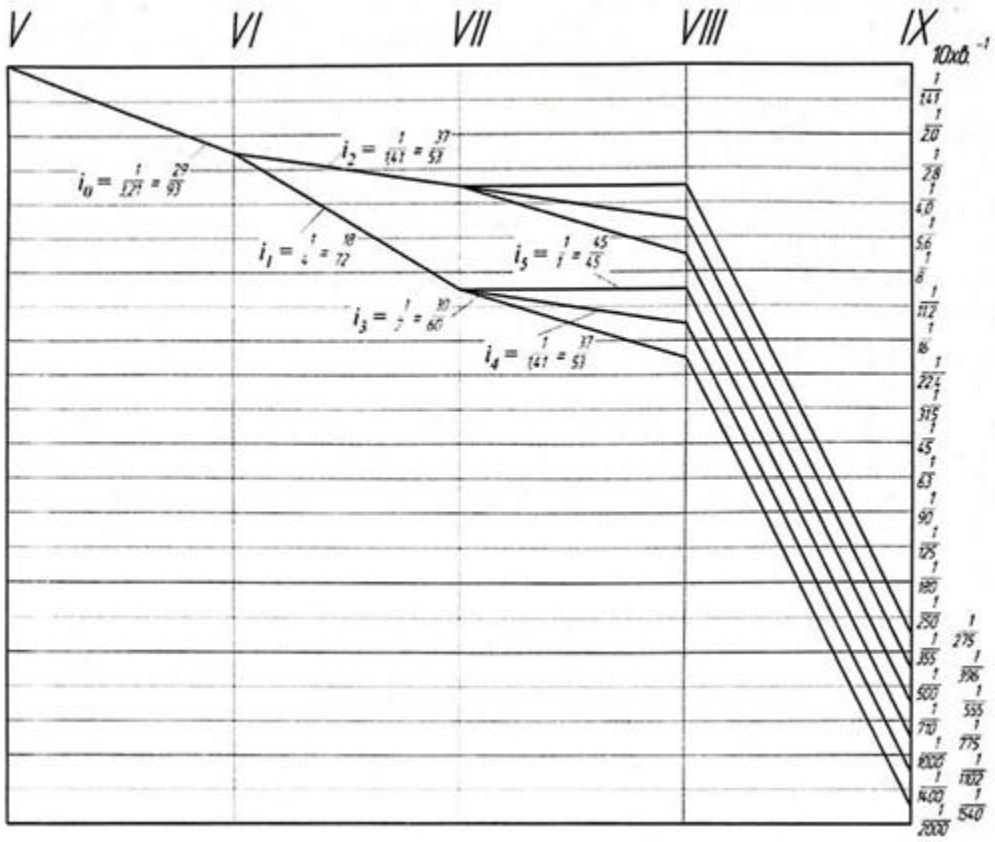


Рис. 2.9. Графік подач

Нами встановлено, що відповідно до розрахунку приводу, у коробці має бути шість ступенів подач у такому діапазоні: 0,07…0,4 мм/об. Зважаючи, що модуль рейкової шестерні m=2,5 мм, $Z_{\text{рш}}$ – кількість зубів рейкової шестерні, матимемо таке рівняння кінематичного балансу для руху подач:

$$S = 1\text{об} \cdot \frac{Z_{11}}{Z_{12}} \cdot \left\{ \begin{matrix} \frac{Z_{13}}{Z_{14}} \\ \frac{Z_{15}}{Z_{16}} \end{matrix} \right\} \cdot \left\{ \begin{matrix} \frac{Z_{21}}{Z_{22}} \\ \frac{Z_{19}}{Z_{20}} \\ \frac{Z_{17}}{Z_{18}} \end{matrix} \right\} \frac{Z_{23}}{Z_{24}} \cdot \pi \cdot m \cdot Z_{\text{рш}} \ , \qquad (2.14)$$

де ряд подач приймає значення 0,07; 0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4 мм/об.

Кінцевий варіант кінематичної схеми (рис. 2.10) матиме вигляд:

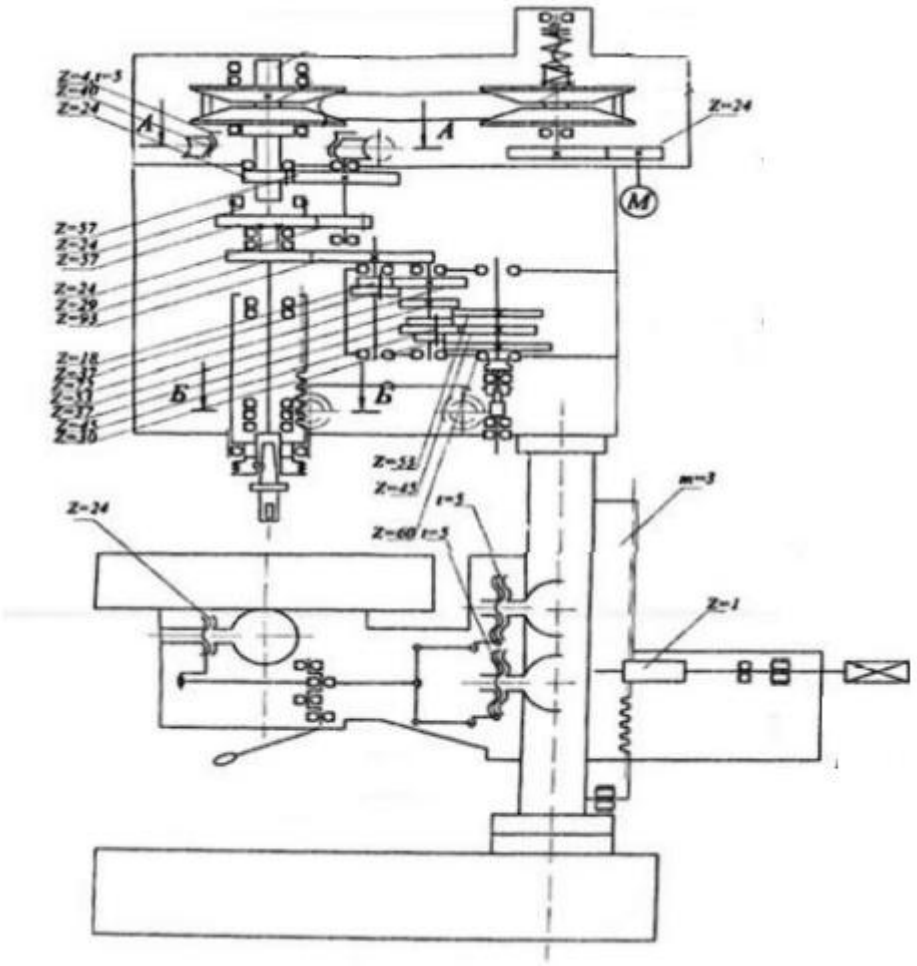


Рис. 2.10. Повна кінематична схема конструйованого верстату

2.4. Принцип роботи та розрахунок коробки подач

2.4.1. Опис конструкції коробки

Коробка подач виконана у вигляді три-валового механізму. Коробка знаходиться у кронштейні. Переключенням блоків зубчастих коліс (подвійного і потрійного) утворюються 6 різних подач верстату.

Сам рух передається у коробку подач з від привідного зубчастого колеса. Це колесо жорстким чином закріплене на гільзі шпинделя. Щодо останнього валу коробки подач, то він виявляється співвісно з'єднаним із валом черв'яка за допомогою електромагнітної фрикційної муфти. Ця муфта здійснює відключення подачі за умови досягнення заданої глибини різання.

Власне механізм подач розташований у корпусі свердлильної головки. Такий механізм складається з черв'яка, черв'ячного колеса, а також рейкової шестерні, муфти, та рукояток керування. Вказана рейкова шестерня взаємодіє із зубами рейки. Ці зуби нарізають на пінолі шпинделя.

Розглянемо принцип роботи механізму подач. За допомогою валу черв'яка рух обертання передається черв'ячному колесу, яке вільно посаджене на валу, що несе рейкову шестерню.

Через черв'ячну передачу і описане вище рейкове зачеплення обертовий рух перетворюється у поступальну подачу пінолі шпинделя. Якщо досягнена задана максимальна глибина різання, електромагнітна муфта від сигналу кінцевого вимикача відмикається і подача виявляється перерваною. Конструкція коробки також передбачає можливу роботу верстату із ручною подачею.

Вали коробки подач сидять на опорах у вигляді підшипників кочення. Так, зокрема, верхні опори валів коробки представляються двома радіально-упорними підшипниками.

Інструментальну оправку затискаємо вручну. Вивільнення оправки здійснюється при підніманні пінолі у верхнє крайнє положення. Це роблять за допомогою штурвалу коробки подач.

2.4.2. Силовий розрахунок приводу подач

Для конструювання приводу подач для проектованого верстата приймаємо значення осьового зусилля:

$$F_q = 7800 \text{ Н} .$$

Оскільки, приймають значення розрахункового зусилля на 15% більшим, то відповідно так налаштовуємо і запобіжну муфту:

$$F_p = F_{\text{м}} = 1{,}15F_q = 1{,}15 \cdot 7800 = 8970 \text{ кН} .$$

Раніше було визначено (розділ 2.3) , для рейкової шестерні приводу прийняті такі значення параметрів: кількість зубів - $Z_{\text{рш}} = 14$; а модуль зачеплення - $m = 2{,}5$ мм .

Таким чином на рейковій шестерні і відповідно черв'ячному колесі приводу подач визначаємо крутний момент:

$$T_{\text{РШ}} = T_{\text{ЧК}} = F_{\text{р}} \cdot \frac{m \cdot Z_{\text{рш}}}{2} = 8970 \cdot \frac{2{,}5 \cdot 14}{2} = 156975 \text{ (Нмм)} = 157\text{Нм}.$$

Потрібно розрахувати розрахункова подачу. Приймаємо її значення як хвилинної подачі. Зважаючи, що подача інструменту – 0,1 мм/об, то із рівняння:

$$s_{\text{хвр}} = s_{\text{р}} \cdot n_p,$$

маємо

$$s_{\text{хвр}} = 0{,}1 \cdot 100 = 10 \text{ мм/хв},$$

$n_p = 100$ об/хв – розрахункова частота обертання.

Так само обчислимо для приводу подач частоту обертання шестерні рейкового зачеплення. Для цього використовуємо формулу:

$$n_{\text{ррш}} = \frac{s_{\text{хвр}}}{\pi \cdot m \cdot Z_{\text{рш}}}; \quad n_{\text{ррш}} = \frac{10}{3{,}14 \cdot 2{,}5 \cdot 14} = 0{,}1 \ \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Тоді для черв'яка теж розраховуємо частоту обертання (розрахункову):

$$n_{\text{рч}} = n_{\text{ррш}} U_{rn} \qquad \text{і відповідно} \qquad n_{p\text{ч}} = 0{,}1 \cdot 60 = 6\,\frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

За відомою методикою проводимо розрахунок рейкового зачеплення. При цьому приймаємо, що коефіцієнт форми зуба шестерні:

$$y_1 = 0{,}110 \cdot (1 + 1{,}15 \cdot x) \cdot \frac{2{,}25 \cdot m}{h_1},$$

де $h_1 = 2{,}25 \cdot m = 5{,}625$ мм - висота зуба рейкової шестерні;
При коефіцієнті зміщення $x = 0$ отримаємо, що

$$y_1 = 0{,}110 \cdot \frac{2{,}25 \cdot 2{,}5}{5{,}625} = 0{,}110$$

Отже напруження згину, які мають місце в матеріалі зубів шестерні (індекс 1):

$$\sigma_{\text{зг}1} = \frac{0{,}45 \cdot T_{\text{рш}}}{m^2 \cdot Z_1 \cdot b_1 \cdot y_1},$$

де $T_{\text{рш}} = 157$ Н · м – раніше визначений крутний момент;
$b_1 = 60$ мм – ширина вінця рейкової шестерні.

Отже,

$$\sigma_{\text{зг}1} = \frac{0{,}45 \cdot 157000}{2{,}5^2 \cdot 14 \cdot 60 \cdot 0{,}110} = 122\text{МПа} \leq [\sigma].$$

Аналогічно – для рейки (індекс 2) за формулою

$$\sigma_{\text{зг}2} = \frac{2{,}7 \cdot T_{\text{рш}}}{m^2 \cdot Z_1 \cdot b_p},$$

де $b_p = 60$ мм – ширина рейки, маємо

$$\sigma_{\text{зг}2} = \frac{2{,}7 \cdot 157000}{2{,}5^2 \cdot 14 \cdot 42} = 115\text{МПа} \leq [\sigma] = 140\text{МПа}.$$

Отже, міцність за нормальними напруженнями забезпечується.

Проведемо обчислення силових факторів для коробки подач.

Так, для на валу VIII має місце крутний момент величиною:

$$T_{кр}(VIII) = T_{чк} \cdot \frac{Z_{23}}{Z_{24}} \cdot \frac{1}{\eta};$$

де $T_{чк} = 157\ H \cdot м$ – момент (за розрахунком) на черв'ячному колесі;

$Z_{23} = 1$ – число заходів черв'яка;

$Z_{23} = 6$ – число зубів черв'ячного колеса;

$\eta = 0{,}329$ – к. к. д. червячної передачі. Тоді (частота обертання 6 об/хв.):

$$T_{кр}(VIII) = 157 \cdot \frac{1}{60} \cdot \frac{1}{0{,}329} = 8\ H \cdot м.$$

Визначимо також крутні моменти на інших валах коробки подач:

$$T_{кр}(К) = T_{кр}(VIII) \cdot \frac{Z_i}{Z_k} \cdot \frac{1}{\eta},$$

де Z_i, Z_k – число зубів коліс;

$\eta = 0{,}98$ – к. к. д. передачі.

В подальшому розраховуємо на міцність червячну передачу. Для цього знаходимо зокрема швидкість ковзання черв'яка (на початковому колі):

$$\vartheta_{ковч} = \frac{\pi \cdot d_{дч} \cdot n_r}{60000 \cdot \cos\gamma}\ ,$$

де $d_{дч} = 50$ мм - ділильний діаметр черв'яка; $\gamma = 2°51'45''$ - ділильний кут підйому черв'яка (за розрахунком параметрів черв'яка при коефіцієнті діаметра червяка рівному 60):

$$\vartheta_{ковч} = \frac{3{,}14 \cdot 50 \cdot 6}{60000 \cdot \cos 2°51'45''} = 0{,}016(\frac{м}{с}).$$

З врахуванням кута тертя $5°30'$ к. к. д. передачі:

$$\eta = \frac{\mathrm{tg}\,\gamma}{\mathrm{tg}(\gamma + \varphi)} = \frac{tg 2°51'45''}{\mathrm{tg}(2°51'45'' + 5°30')} = 0{,}34\ .$$

Визначаємо значення крутних моментів на валах :

$T_{кр}(VII)$ при зачепленнях $\left\{\frac{30}{60};\frac{45}{45};\frac{37}{53}\right\}$: $T_{кр}(VII) = \{4{,}08; 8{,}1; 16; 57\}$ Н

$$T_{кр}(VI) \text{ при зачепленнях } \cdot\left\{\frac{18}{72};\frac{37}{53}\right\}\cdot(\text{к.к.д.} = 0{,}98);$$

$$T_{кр}(VI) = \{1{,}04; 2{,}08; 1{,}45; 2{,}91; 5{,}8; 4{,}06\}$$

При цьому частоти обертання валів:

$$n_{VII} = 6\cdot\left\{\frac{60}{30};\frac{45}{45};\frac{53}{37}\right\} = \{12; 6; 8; 59\}\frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

$$n_{vn} = \{12; 6; 8; 59\}\cdot\left\{\frac{72}{18};\frac{53}{37}\right\} = \{48; 24; 34; 36; 17{,}19; 8{,}59; 12{,}3\}\frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Переходимо до розрахунку зубчастих коліс на міцність. Розрахунки будемо вести за формулами щодо зубів у зачеплення:

а) для нормальних напружень згину напружень згину, які мають місце біля ніжки зуба:

$$\sigma_{зг_1} = \frac{2\cdot K\cdot T_{kp}\cdot 10^3}{m^2\cdot Z_i\cdot b_i\cdot y_1}; \qquad \sigma_{зг2} = \sigma_{зг1}\cdot\frac{y_1}{y_2}\cdot\frac{b_1}{b_2}.$$

Величини, що входять у формули описані вище.

Контактні напруження, які чинні в зонінавантаження:

$$\sigma_k = \frac{c}{m + Z_1}\sqrt{\frac{U+1}{U}\cdot\frac{M_{kp}\cdot tg20°}{b_{min}\cdot tg\alpha}},$$

де С = 21300 – коефіцієнт, що залежить від матеріалу пари коліс. Матеріал коліс – сталь 45. Термообробка – нормалізація.

Зведемо отримані нами результати розрахунку в підсумкову таблицю 2.8.

Таблиця 2.8.

Підсумкова таблиця розрахунку зубчастих коліс

$\frac{z_1}{z_к}$	T, Н·м	n, об/хв	v, м/с	$\sigma_{зг1}$ МПа	$\sigma_{зг2}$ МПа	$\sigma_к$ МПа
$\frac{30}{60}$	4,08	12	0,03	24	21,5	338
$\frac{45}{45}$	8,16	6	0,02	29,3	29,3	367
$\frac{37}{53}$	5,7	8,59	0,03	2,6	24,5	344
$\frac{18}{72}$	1,04	48	0,09	12,28	9,17	263
	2,05	24	0,04	24,16	18,05	309
	1,45	34,36	0,06	17,1	13	310
$\frac{53}{37}$	2,91	17,19	0,06	13,1	12,5	246
	5,8	8,59	0,03	26,25	25	347
	4,06	12,3	0,04	18,4	17,3	290

Зупинимось на розрахунку валів згідно наведеної кінематичної схеми. Проведемо за методикою [19] розрахунок валу VIII (рис. 2.11).

Розрахунковий крутний момент на валу при цьому:

$$T_{кр} = 8 \text{ Нм}.$$

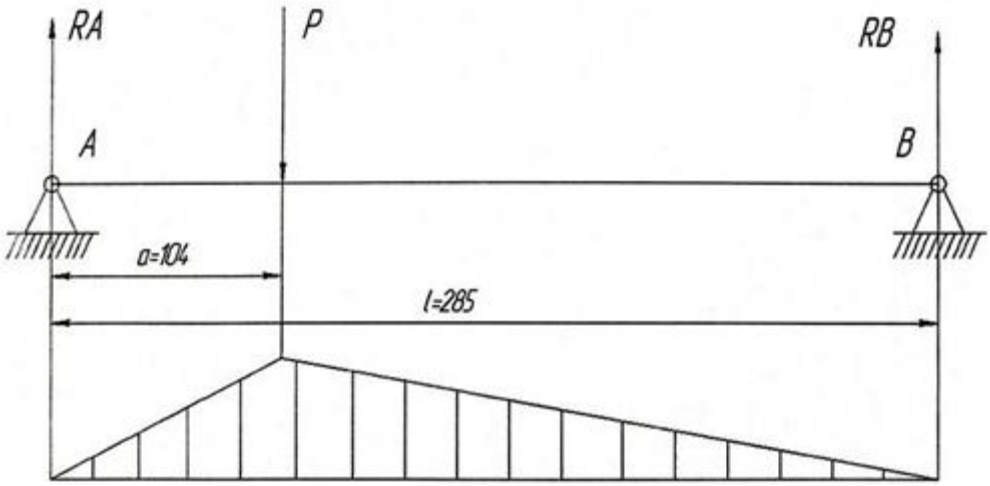


Рис. 2.11. Розрахункова схема для валу VIII

Тоді, визначимо навантаження на валу. Колове зусилля матиме значення:

$$F_{01} = 20 \cdot \frac{T_{\text{кр}}}{m} \cdot Z_{21} = 178 \text{ Н}.$$

Радіальне зусилля – в свою чергу:

$$F_{r1} = 0{,}48 \cdot F_{01} = 85\ H.$$

Тоді їх рівнодійна дорівнює:

$$F_{\Sigma} = \sqrt{F_{01}^2 + F_{r1}^2} = 197H \quad .$$

При цьому величина реакцій опор А і В:

$$R_A = 125H\ ;$$

$$R_B = 72H\ .$$

Отже, в розрахунковому січенні обчислюємо напруження згину:

$$\sigma = \sqrt{\frac{T_{\text{зг}}^2 + 0{,}6 \cdot T_{\text{кр}}^2}{W}};$$

де $W = 1{,}08 \cdot 10^3$ мм^3 – момент опору шліцевого вала. Переріз шліцевого вала приймаємо: 6х21х25. Тоді, зважаючи, що вал виготовлений із сталі 45, знаходимо величину

$$\sigma = 13{,}3 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}.$$

Таким чином, міцність забезпечена, зважаючи на величину допустимих напружень у 58Н/мм^2.

Проводимо обчислення для валу VII .

При розрахунку цього валу слід мати на увазі розрахункову схему, яка враховує розміщення валів, так як показано на рис. 2.12.

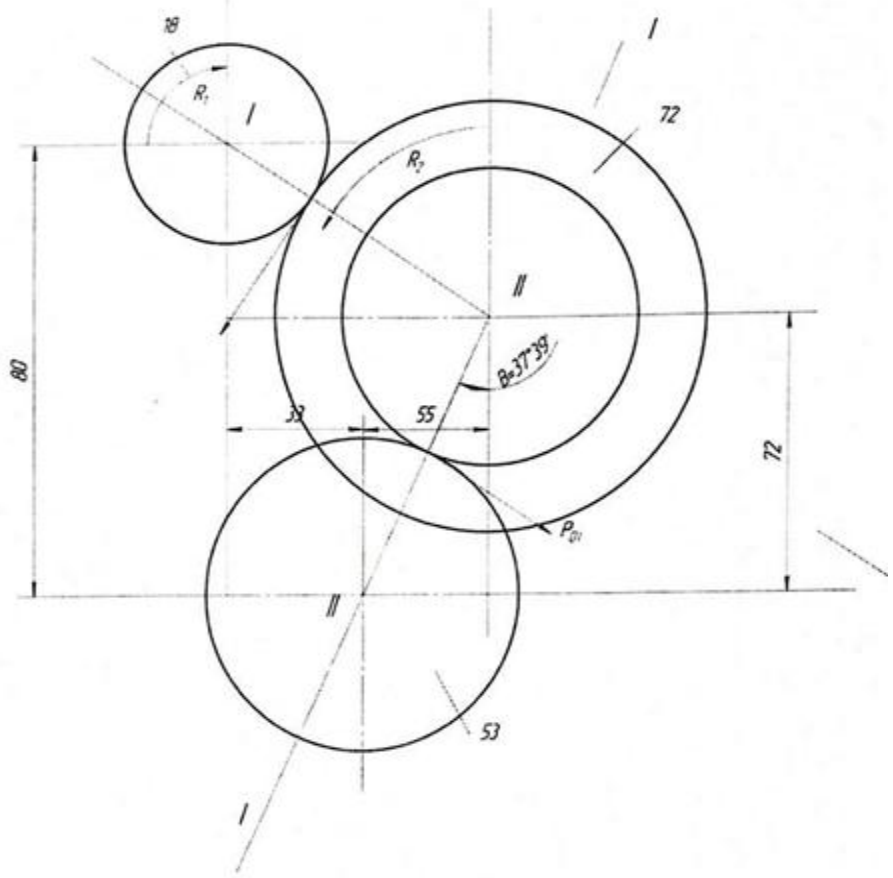


Рис. 2.12. Розрахункова схема розміщення валів у коробці подач

Обчислимо розрахунковий крутний момент на валу VII (к.к.д. в передачі η =0,97).

$$T_{\text{кр}}\,(VII) = T_{\text{кр}}\,(VIII) \cdot \frac{Z_{16}}{Z_{20}} \cdot \frac{1}{\eta} = 5750\ \text{Н} \cdot \text{мм};$$

при тому, що вказана у формулі зубчаста пара: 37/57. Тоді значення колового зусилля, що діє в зачепленні 18/72:

$$F_{01} = \frac{20 \cdot T_{\text{кр}}\,(VII)}{m \cdot Z_{14}} = 80\text{Н}\,.$$

Радіальне зусилля в цьому зачепленні:

$$F_{r1} = 0{,}48 \cdot P_{01} = 38{,}4\ H.$$

Запишемо величини колових і радіальних зусиль для пари $\frac{Z_{19}}{Z_{20}} = \frac{37}{53}$:

колове зусилля і радіальне зусилля відповідно –

$$F_{02} = 150\ H; \qquad R_2 = 72{,}5\ H.$$

При цьому навантаження, що діють на вал (схема рис. 2.13):

Переріз I-I:

$$Q_1' = R_1 = 72{,}5\ H;$$

$$Q_2' = R_2 \cdot \cos(\alpha + \beta) + P_{02} \cdot \sin(\alpha + \beta) = 55\ H.$$

Переріз II-II:

$$Q_1^{II} = P_{01} = 150\ H;$$

$$Q_2^{II} = R_2 \cdot \sin(\alpha + \beta) - P_{02} \cdot \cos(\alpha + \beta) = 69\ H.$$

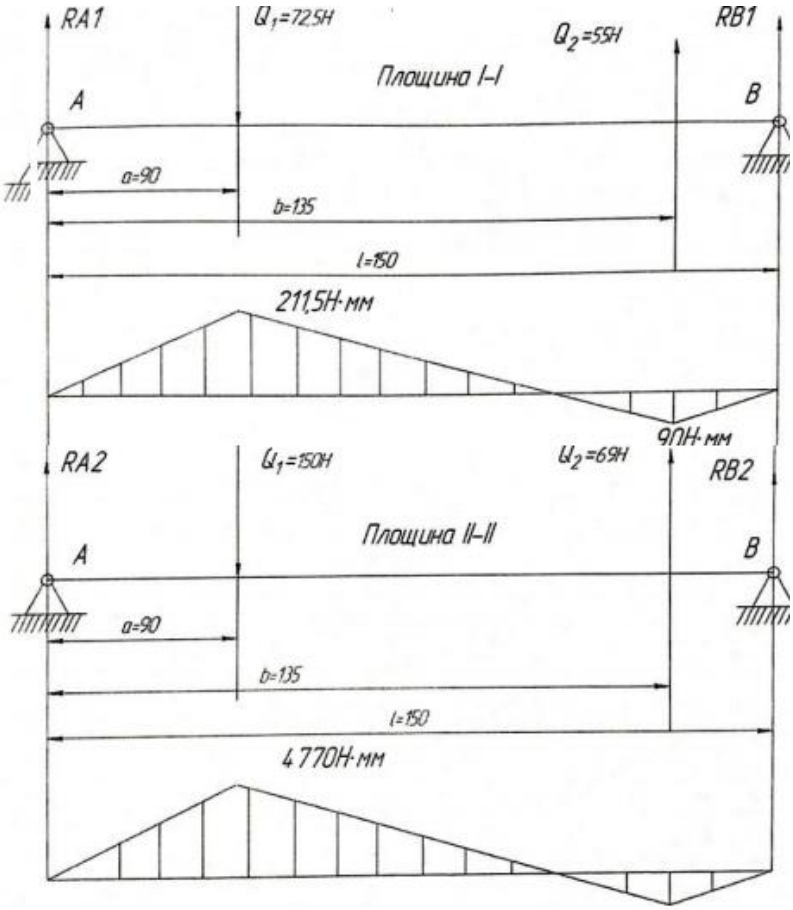


Рис. 2.13. Розрахункова схема у 2-х площинах

Складові опорних реакцій дорівнюють:

$$R_{A1} = 23{,}5\ H;\ R_{B1} = -6\ H;\ R_{A2} = 53\ H;\ R_{B2} = 28\ H$$

а їх рівнодійні -

$$R_A = 58\ H\ ; \qquad R_B = 29\ H$$

В результаті визначаємо найбільший момент згину:

$$T_{\text{зг}} = R_A \cdot a = 58 \cdot 90 = 5220 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}.$$

При цьому – напруження (при коефіцієнті корисної дії 0,97) в робочому перерізі за однією із теорій міцності:

$$\sigma = \sqrt{\frac{T_{\text{зг}}^2 + 0{,}6 \cdot T_{\text{кр}}^2}{W}} = 6{,}4 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

де $W = 1{,}08 \cdot 10^3 \text{мм}^3$ – момент опору шліцевого вала перерізом 6х21х25. Таким чином, міцність забезпечена, бо напруження не повинні перевищувати допустимі величиною $58 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$ (матеріал валу сталь 45).

Проведемо також розрахунок валу VI.

Зважаючи, що крутний момент, визначений для валу VII дорівнює 5,7 Нм, визначаємо значення крутного моменту для шпинделя (валу VI) за формулою:

$$T_{\text{шп}} = T_{\text{кр}}(VII) \cdot \frac{Z_{13}}{Z_{14}} \cdot \frac{Z_{11}}{Z_{12}} \cdot \frac{1}{\eta},$$

де $Z_{11} \ldots Z_{14}$ – кількість зубів шестерень для коробки подач. При к.к.д. передач, рівному 0,94, маємо

$$T_{\text{шп}} = T_{\text{кр}}(VI) = 5750 \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{29}{93} \cdot \frac{1}{0{,}94} = 0{,}476 \text{ Нм}.$$

Відповідно тангенціальні та радіальні навантаження, що діють в зубчатих парах:

$$F_{01} = 80 \text{ Н}; \quad F_{r1} = 85\ H;\ F_{02} = 16{,}5 \text{ Н};\ F_{r2} = 8\ H.$$

Відповідно можна визначити діючі на вал навантаження.

Так, у площині I-I:

$$Q_1^I = 20\ H; \quad Q_2^I = R_2 = 8\ H.$$

У площині II-II відповідно маємо

$$Q_1^{II} = 86\ H; \qquad Q_2^{II} = P_{02} = 16{,}5\ H\ .$$

Відповідно значення складових опорних реакцій – суть:

$R_{A1} = 4\ H; \quad R_{B1} = -8\ H; \quad R_{A2} = 15\ H; \quad R_{B2} = 54{,}5\ H.$

Отже, рівнодійні реакцій опор як середньоквадратичні величини дорівнюють:

$$R_A = 15{,}5\ H; \qquad R_B = 55\ H.$$

Таким чином, можна визначити нормальні напруження у небезпечному перерізі за формулою як для попередніх валів (при W=740 мм^3 – момент опоре, визначений для шліцевого валу розмірами 6x18x22 і к.к.д. передачі 0,97 та згинному моменті величиною 2090 Н, а крутному моменті – 1480 Н): $\sigma = 3{,}22\,\frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$. Ця величина менша, ніж допустимі напруження (58 Н/мм^2), тобто забезпечується достатня міцність валу шпинделя.

Розрахуємо також опори [17,19]. Як вже згадувалось, у опорі А встановлено радіальний шариковий підшипник 203 за ГОСТ 8338-75. Він сприймає навантаження R_A, величина якого 15,5Н. Опора В представлена підшипником 50206 згідно ГОСТ 2839-73, що витримує навантаження R_B величиною 55Н. Підшипник має динамічну і статичну вантажопідйомність відповідно С=19500Н і Со=10000Н. При частоті обертання n=34,36 об/хв. Зведене навантаження при реакції опори у 55Н, дорівнює 66Н. Отже, довговічність цього підшипника:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot (\frac{C}{F_Q})^a = \frac{10^6}{60 \cdot 34{,}36} \cdot (\frac{19{,}500}{66})^3 10^9 = 1250 \cdot 10^6 \text{ год.}$$

Очікувана ж довговічність опори повинна бути 5000 год. Отже, опора вибрана правильно.

Висновки по розділу 2

Проведена у розділі 2 аналітична і конструкторсько-технологічна робота дозволяє зробити такі висновки.

1. Аналіз технологічних процесів деталей-представників стосовно до процесу свердління у них отворів показав, що зважаючи на розраховані елементи режимів різання для свердлильних операцій найбільш доцільно таку обробку проводити з використанням свердлильних верстатів вертикальної компоновки – тобто вертикально-свердлильних верстатів.

2. В результаті розгляду характеристик існуючих компоновок вертикально-свердлильних верстатів із залученням аналізу формоутворюючих рухів встановлено на основі множинного перебору найбільш перспективне компоновочне рішення верстату і запропонована його структурна формула.

3. Для представленого свердлильного верстату вертикальної компоновки розраховані числа ступеней приводів головного руху і руху подач, і запропоновані структурні побудови та графіки кількості обертів і значень подач.

4. На основі структурно-кінематичної схеми із залученням безступеневого приводу у вигляді варіатора швидкості створена розгорнута кінематична схема конструйованого верстату, яка дозволяє розширити технологічні можливості верстату.

5. Зважаючи на зміст технічного завдання, на основі детальних розрахунків сконструйований ескізний варіант коробки подач, розраховані всі елементи приводу подач і здійснене графічне представлення конструкції коробки подач у вигляді комплекту складальних креслень.

3. Науково-дослідна частина

3.1. Мета і послідовність досліджень наукового розділу

Метою наукових досліджень магістерської роботи є : на основі результатів структурного і конструктивного синтезу інструментів плаваючого типу для свердління отримати показники їх динамічних характеристик, що впливають на якість робочого процесу.

Методика проведення досліджень наукового розділу полягає у реалізації такої послідовності:

1) На основі аналізу технічних протиріч процесу свердління сформувати граф відносних рухів щодо регулювання роботи збірного свердлильного інструменту та вибрати раціональну гілку цього графу.
2) Побудувати основні кінематичні схеми для роботи свердел плаваючого типу.
3) На основі аналізу конструкції аналогів запропонувати можливі конструктивні функціональні схеми регульованих свердел і за допомогою класифікації цих схем розробити їх формалізований опис на основі теорії графів та представити компоновочні схеми перспективних плаваючих свердел.
4) Використовуючу складену розрахункову динамічну схеми визначити значення параметрів основних елементів вказаної динамічної системи і характеристик процесу.
5) Розвинути математичну модель свердління плавючим свердлом з врахуванням осьових коливань при його роботі.
6) Встановити характеристики динамічних особливостей роботи свердла плаваючого типу.
7) Провести стосовно свердел плаваючого типу техніко-економічне обґрунтування рішень конструкторського характеру, що пропонуються для покращення якості процесу свердління.

3.2. Обгрунтування конструкції плаваючого інструменту для свердління

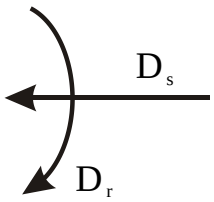
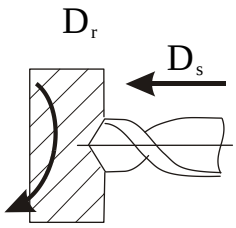
3.2.1. Обговорення технічних протиріч при роботі свердла

Під час оброблення при свердлінні за допомогою лезових інструментів слід досягнути підвищення продуктивності різання, а головне - якості оброблюваних отворів. Це можна зробити, якщо в процесі різання будемо регулювати параметри формоутворення. При цьому є необхідним і доцільним впливати на робочий процес за допомогою направленої зміни характеристик або верстату або інструментального оснащення [12,13,20].

Проілюструємо таблицею 3.1 для випадку оброблення внутрішніх циліндричних поверхонь як характеристики керування робочим процесом залежать від схеми формоутворення поверхні.

Таблиця 3.1

Характеристики лезової обробки за різних формоутворюючих рухів

Формо-утворюючі рухи	Схема процесу обробки отвору	Інструмент	Варіанти рухів формоу-творення	Характеристики керування
		Свердло	Ds = const Dr = var Ds = var Dr = const Ds = var Dr = var	Швидкість руху подачі; швидкість різання; жорсткість технологічної системи; обертовий момент і осьове зусилля та інші наван-таження при різанні

Керування робочими рухами формоутворення при цьому можна здійснювати на основі створення багатолезового інструментального оснащення. В такому інструменті конструктивно забезпечуються взаємопов’язані відносні рухи різальних елементів, тобто такий інструмент фактично перетворюється на само реагуючу систему і є інструментом плаваючого типу.

При цьому очевидно, що розробка такого оснащення є багатоваріантною і створює цілу множину раціональних схем і компоновок.

Щодо створення такого оснащення, то важливим є проаналізувати раціональні варіанти компоновочних схем інструментів, в яких здійснюється регулювання рухами формоутворення як на етапах врізання, так і усталеного процесу та виходу інструменту із зони різання [20,12,13].

Так можна сформувати, наприклад для свердління, граф деревовидного образу, окремі гілки якого є умовними варіантами рухів на різних етапах процесу обробки, що показано на рис.3.1.

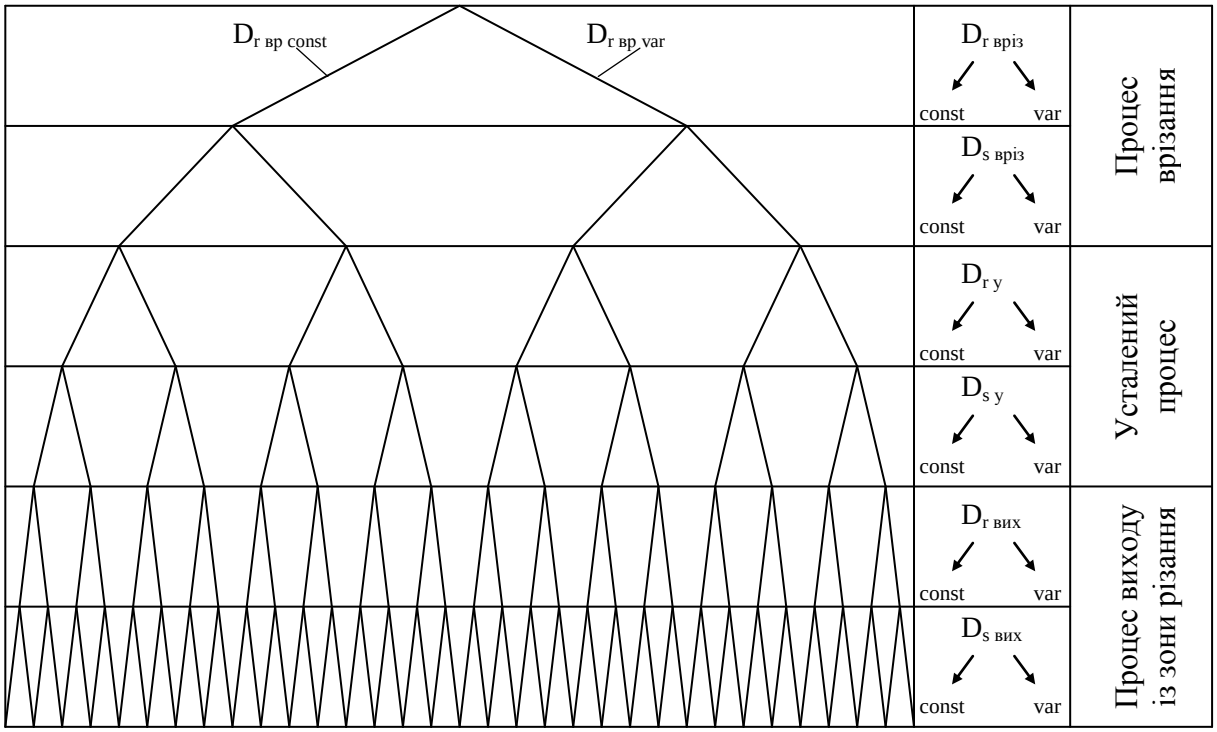


Рис.3.1. Деревовидний граф регулювання рухів при свердлінні

Отже, маємо, що під час врізання різальних лез у заготовку власне рух різання $D_{гвр}$ здійснюється або з постійною (const) швидкістю ($D_{гвр const}$), або ж із змінною (var) ($D_{гвр var}$), а відповідний рух подачі ($D_{sвр}$) ,

аналогічно - як із постійною швидкістю подачі ($D_{sвр const}$), так із подачею змінного значення ($D_{sвр var}$). Аналогічно можна зобразити подібну картину рухів при відносно усталеному процесі обробки, що є ($D_{густ const}$ і $D_{густ var}$ і відповідно $D_{sуст const}$ і $D_{sуст var}$), і в процесі виходу інструменту із заготовок ($D_{гвих const}$ і $D_{гвих var}$ та $D_{sвих const}$ і $D_{sвих var}$). Можна побачити, що в кінцевому рахунку матимемо аж 64 можливі варіанти регулювання, що відповідає побудовам різних гілок графу.

Якщо проаналізувати цей граф стосовно роботи інструментів при свердлінні отворів, то побачимо, що найбільш раціональними гілками обробки є:

1. $D_{гвр const} \rightarrow D_{sвр const} \rightarrow D_{густ const} \rightarrow D_{sуст var} \rightarrow D_{гвих const} \rightarrow D_{sвих var}$

2. $D_{гвр const} \rightarrow D_{sвр const} \rightarrow D_{густ const} \rightarrow D_{sуст var} \rightarrow D_{гвих const} \rightarrow D_{sвих var}$

Таким чином, шукане регулювання рухами можна здійснити за рахунок встановлення у інструментах плаваючого типу рухливості різальних елементів, які взаємопов'язані між собою. Щоб розробити конкретні компоновочні схеми таких плаваючих інструментів потрібно проаналізувати які технологічні схеми є можливимм при такій обробці.

На основі принципових кінематичних схем різання, розроблених рядом вчених, зокрема Г.І. Грановським [21] і П.Р. Родіним [2], встановлено, що формоутворюючий рух при свердлінні є поєднанням декількох рухів формоутворення, здійснюваних одночасно, а саме: головного руху різання D_r, характеристикою якого є швидкість різання v, а також формоутворюючого руху подачі D_s, який можна характеризувати за швидкістю подачі v_s. При цьому утворюється поверхня різання за рахунок композиції множини траєкторій результуючого руху процесу різання, у якому беруть участь всі точки головного різального леза.

Таким чином, щоб приступити до конструювання інструменту плаваючого типу, доцільно побудувати принципові кінематичні схеми різання. Ці схеми визначають такі характерні ознаки процесу різання, як напрям, властивість і кількість одночасно здійснюваних рухів.

3.2.2. Побудова кінематичних схем принципового характеру для інструментів плаваючого типу

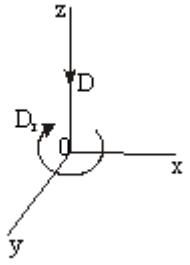
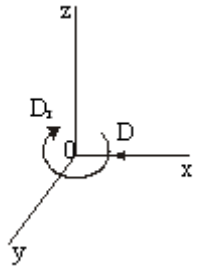
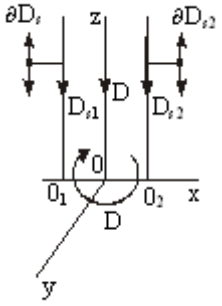
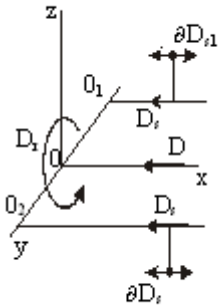
Попередньо зазначено, що при свердлінні, а також і аналогічно при інших способах обробки внутрішніх поверхонь, відповідно до принципових кінематичних схем за Г.І.Грановським [21] можна бачити, що формоутворюючі обертовий і поступальний рухи здійснюються одночасно. При цьому рух D_r (обертовий) є головним, а рух D_s (поступальний)– рухом подачі. Схема обробки визначає компоновку інструментального оснащення, тобто вектор результуючої швидкості $\overline{v}_s$ може мати вертикальне, горизонтальне або ж нахилене розміщення.

При жорсткій компоновці свердла кожна із точок різальних лез матиме при різанні результуючий рух гвинтовою траєкторією [2,21]. Застосування при свердлінні плаваючого механізму в інструменті перетворює такі принципові кінематичні схеми різання таким чином, що рухи подач D_{s1} і D_{s2} виявляються направленими паралельно щодо себе і симетрично відносно осі OX, тобто до осі загальної подачі інструменту. При цьому плаваюча структура забезпечує додаткові формоутворюючі рухи ∂D_{si} (i=1,2) (табл. 3.2). Індекс i при цьому стосується кожного із лез свердла відповідно.

Така картина побудови у принципових схемах кінематики свердління плаваючих самоналагоджувальних рухів може бути основою для новоутворення технологічних схем дволезового свердління при роботі інструментом плаваючого типу.

Таблиця 3.2.

Структурні принципові схеми формоутворення при свердлінні

№	Принципова схема кінематики	Принципова схема кінематики
1	Вертикальне свердління жорстким інструментом	Горизонтальне свердління жорстким інструментом
		
2	Вертикальне свердління плаваючим інструментом	Горизонтальне свердління плаваючим інструментом
		

Таким чином, технологічна схема для інструменту плаваючого типу при обробці внутрішніх поверхонь деталей (свердлінні) передбачає, що різальні леза (елементи) таких збірних осьових інструментів неохідно вивільнити в поздовжньому напрямку (осьовому напрямку інструменту) і рух їх узгоджувати за допомогою механізму плаваючого типу..

Зокрема, схема свердління плаваючого типу передбачає за рахунок плаваючого механізму взаємоузгоджений і взаємопов’язаний рух обох різальних лез плаваючого інструменту в одному напрямку. Цей напрямок співпадає з віссю розсвердлюваного отвору. При цьому маємо, що $s_1 + s_2 = s_\Sigma$.

3.2.3. Обгрунтування конструктивних схем плаваючих свердл

Одним із найбільш небажаних факторів при свердлінні, що погіршує якість оброблених отворів, є уведення свердла від осі інструменту. Це зумовлене постійною зміною у навантаженнях на окремих лезах, що спричиняються ходом робочого процесу. Отже, завданням щодо регулюючого впливу на хід процесу свердління є усунення дії рівнодійної від радіальних складвових від сил різання, що діють на різальні леза. Такого усунення шкідливої дії радіальних складових виглядає можливим досягнути за допомогою вирівнювання значень осьових складових результуючих зусиль на інструмент, за допомогою зокрема регулювання подачею при роботі плаваючих лез. При цьому в такому плаваючому інструменті відбувається саморегулювання – само налагодження робочого процесу [22, 4, 13].

Аналогом такого інструменту можуть бути вибрані різцеві головки адаптивного типу для точіння і розточування [12] із різними варіантами механізмів вирівнювання осьових навантажень на різальні елементи: клиново-штоковим механізмом, двоплечею шарнірною рамкою, сферичним абр ж гідравлічним шарніром. Зокрема одну із конструктивних схем такого типу показано на рис. 3.2.

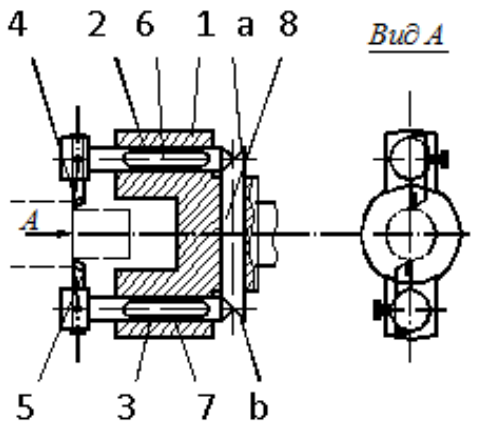


Рис.3.2. Ескізна конструктивна схема дворізцевої державки як аналог свердла плаваючого типу

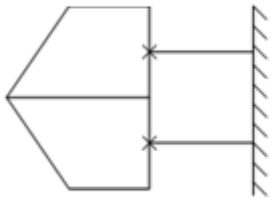
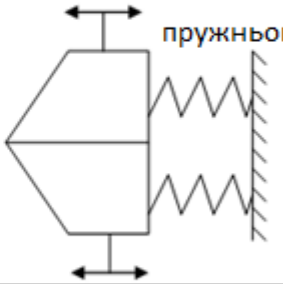
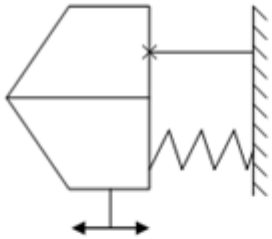
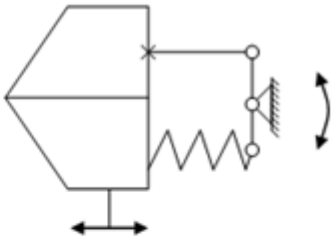
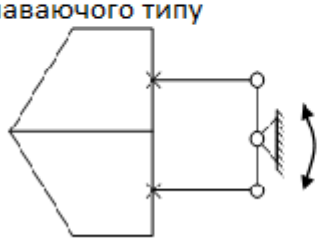
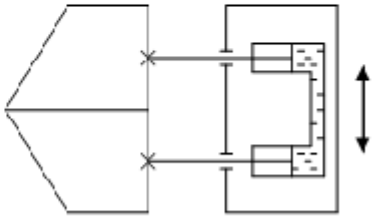
Корпус 1 такої державки виготовлено у вигляді вилки. У поздовжніх отворах 2 і 3 містяться рухливі штоки, на кінцях яких симетрично відносно деталі закруплені різці 4 і 5. Проворот таких штоків у пазах усвається шпоночними зєднаннями 6 і 7. Кінці вказаних рухливих в осьовому напрямку штоків виконані конічними і ці закінчення контактують із скосами а і б проміжкового циліндричного пальця 8, який вільно встановлений у поперечному отворі (перепендикулярному до поздовжньої осі) корпусу 1. Таким чином, розглянута механічна система в процесі роботи різців 4 і 5 забезпечує вирівнювання осьових складових сил різання, які діють на різальні елементи, а отже – і відповідних радіальних зусиль, що деформують деталь у напрямку, який викликає утворення похибок найбільшої величини при обробці. При цьому відбувається перерозподіл величин подач на окремих різальних елементах.

Показана ескізна схема є базовою для подальшої розробки конструкції інструментів плаваючого типу вже для процесу свердління [23]. При цьому ми бачимо, що можливим є досягнення зменшення похибок при обробці як конструкторським методом – за рахунок певних суттєвих змін у конструкції свердла, так і технологічним – за рахунок регулювання подачею у роботі інструменту плаваючого типу. При цьому відбувається поєднання використання у конструкції плаваючого свердла різальних елементів із стандартними для свердління геометричними параметрами різальних лез, і, при цьому, збільшених параметрів елементів режиму різання, в першу чергу – подачі інструменту.

Таблиця 3.3 ілюструє окремі варіанти інструментальних систем плаваючого типу, які можливо взяти за основу при свердлінні із адаптаціє.ю різальних лез в процесу роботи свердл.

Схеми особливостей кінематики роботи плаваючих інструментів в умовах свердління можна проілюструвати за допомогою синтезованих ескізів, наведених у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Ескізи окремих варіантів свердл плаваючого типу

№	Ескіз схем механічних	№	Ескіз схем пружньо-гідравлічних
1.	жорсткого типу 	4.	пружнього типу 
2.	жорстко-пружнього типу 	5.	жорстко-пружнього типу 
3.	плаваючого типу 	6.	плаваючого  гідравлічного типу

Варіант 1 ілюструє випадок, коли між лезами існує абсолютно жорсткий зв'язок, тобто леза в процесі свердла не рухаються. У ескізі варіанту 2 рух одного леза свердла здійснюється у поздовжньому напрямку спільно з корпусом, тоді як інше лезо – підпружинене, і певним чином реагує на зміну умов різання. Існують випадки, коли одне із лез доцільно підпружинити (варіант 2). Варіант 4) показує, що підпружиненими можуть бути обидва леза. Відмінним від них і варіант 3), який демонструє вже власне плаваюче свердло за рахунок забезпечення коливного руху важеля. При застосуванні гідравлічного зв’язку [23] отримуємо варіант 6.

Аналіз представлених схем дає можливість сформувати більш універсальну схему рухів лез, яка передбачає реалізацію плаваючої схеми при русі лез власне у поздовжньому напрямку, що є найбільш доцільним для досягнення необхідної якості отвору в результаті оброблення (рис.3.3).

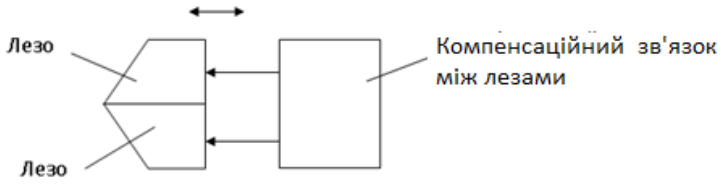


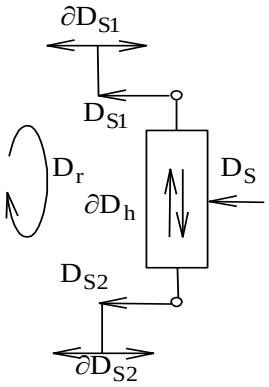
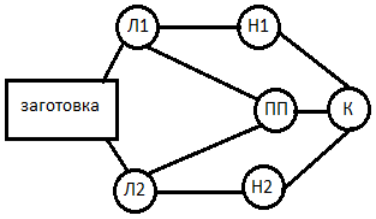
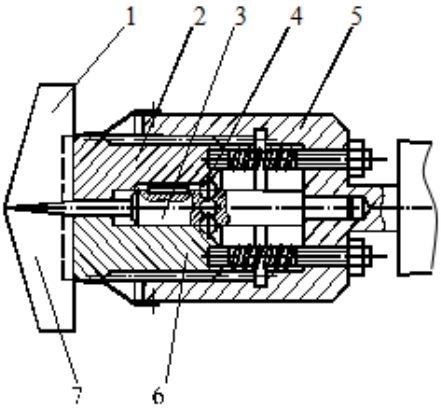
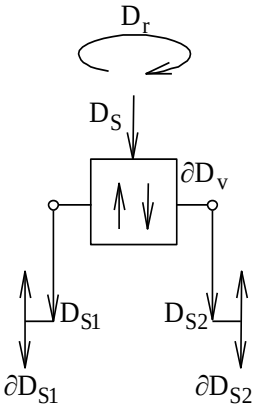
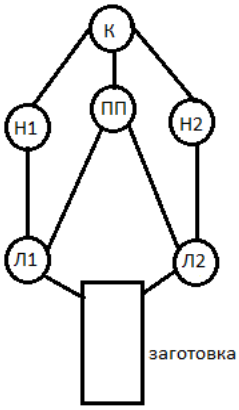
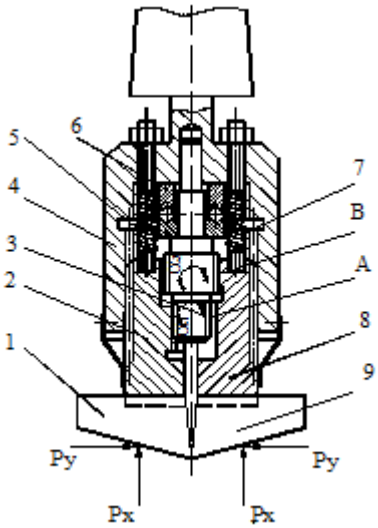
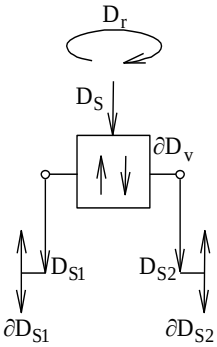
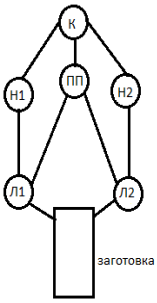
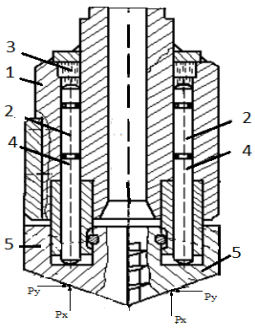
Рис. 3.3. Функціональна схема свердл плаваючого типу

Таким чином, на основі розробки схем окремих рухів різальних елементів в системі дволезового плаваючого свердління може бути синтезована структурна композиція із різних компонувальних схем свердлильного оснащення плаваючого типу. Синтез таких систем повинен передбачати уникнення надлишкових кінематичних в’язей [24]. При цьому загальна кількість ступенів рухомості системи дволезового інструментального оснащення дорівнюватиме кількості різальних елементів, а розглядувана система плаваючого типу виявляється самопристосовуваною системою. Зв'язок між різними свердлильними елементами може бути представлений за допомогою різних механізмів [24]: важільних, клиново-пальцевих, шарнірних, гвинтових; гідравлічних та інших.

Вказані механізми фактично виступають компенсаторами плаваючих переміщень (КПП), які монтуються у корпусі К свердла. Конструктивні схеми свердлильного оснащення плаваючого типу також можуть бути споряджені різними типами напрямних Н, які створюють необхідне взаємне розміщення окремих лез Л і надають можливість відносних переміщень цих різальних лез інструменту.

Таблиця 3.4

Елементи компоновочної структури плаваючих свердл

№	Принципова схема різання	Формула	Компоновочна схема
1		 Л - леза; Н - напрямні; К - корпус; ПП - перетворювач переміщень	
2		 Л - леза; Н - напрямні; К - корпус; ПП - перетворювач переміщень	
3		 Л - леза; Н - напрямні; К - корпус; ПП - перетворювач переміщень	

Для регулювання зазорів потрібно передбачити певні регулюючі елементи. Також необхідною є відповідна змащувальна система. Індекси при напрямних і лезах стосуються цих окремих лез відповідно 1 і 2. Як вже було вказано обов'язковою частиною дволезового свердлильного оснащення є його базовий корпус К.

Оброблювана заготовка теж входить до структурної схеми, але вона не є елементом власне самого свердлильного оснащення плаваючого типу. Проте її позиція і рухи при обробці є важливими при компоновочному синтезі свердл. Отже, можна зобразити компоновочні схеми як показано у таблиці 3.4 [25].

В свердлильному пристрої з шарико-конічним вирівнювальним механізмом (табл.3.4, поз.1) плаваючі леза 1 і 7 з'єднані жорстко з державками лез 2 і 6, які є половинами розрізної втулки, що розміщена у корпусу 5 свердла. Вказані державки спряжені із центровочним штоком 3. Завдяки конічним скосам державки зв'язані між собою шариками 4. Шарики розміщені в поперечному наскрізному отворі штока 3.

У конструкції інструменту для вертикального свердління (табл.3.4, поз.2) використано механізм вирівнювання гвинтового типу. Пера 1 і 9 в даному випадку вже відповідно з'єднані з напівгайками 2 і 8. Перша півгайка 2 знаходиться в спряженні з несамогальмівною поверхнею А центрального гвинта 3 який має праву різь. Інша напівгайка 8 спряжена із несамогальмівною поверхнею Б відповідно із лівою різзю. При цьому обов'язковим є те, щокроки різей виявляються однаковими. Такоє обобвязково, що кути підйому різей співвідносяться як $tg\alpha_1/ tg\alpha_2=D_2/D_1$, де $=D_1$ і D_2 – середні діаметри різей. Вище вказаний центральний гвинт 3 вільно встановлюється у корпусі 4 плаваючого свердла. При цьому викоритсний упорний підшипник 6, що сприймає осьові навантаження. Напівгайки підтискаються в поздовжньому напрямку за допомогою пружин 5 і 7.

Компоновочна схема свердла з гідравлічним зв'язком (табл.3.4, поз.2) в основі має функціональну схему, що передбачає різання методом поділу подачі, тобто ширини зрізу. Свердло має корпус 1, в якому виконані отвори в напрямку, що співпадає із напрямком подачі плаваючого свердла. У вказаних отворах розміжені у втулках плунжери 4, які звізані зі штоками 2 гідравлічної системи 3, яка забезпечує вирівнювання осьвих складових зусиль різання на лезах 5 за допомогою рівності тисків у ємностях гідроциліндру. В процесі роботи плаваючого свердла і виконання отвору вирівнювання зусиль між лезами відбувається через відносне зміщення плунжерів, адже сили внаслідок такого гідравлічного зв'язку залишаються рівними одна одній.

3.3. Побудова математичної моделі

3.3.1. Складання та обґрунтування розрахункової схеми.

При різанні металів, як відомо з динаміки верстатів [26,27,28], на характер самого процесу впливають динамічні взаємозалежні коливання як інструменту, так і заготовки. Від цих коливань власне в кінцевому рахунку залежать:

- якість оповерхні що оброблюється (такі її показники як шорсткість, хвилястість, величина залишкових напружень, тощо);
- стійкість різальних лез;
- загалом продуктивність роботи металорізальних інструментів.

Щодо динамічного характеру процесів особливу увагу покадладемо на вивчення динамічних характеристик інструменту плаваючого типу[25], у якому відбувається саморегуляція процесу під час роботи.

Для цього побудуємо відповідну схему розрахунку динаміки процесу. Така схема представлена на рис. 3.4.

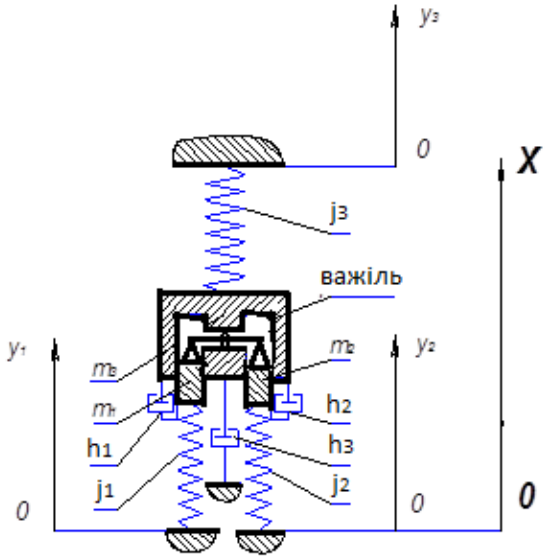


Рис. 3.4. Примірна розрахункова схема динаміки компонентів свердла плаваючого типу

Описані вище в табл. 3.4 конструкції в динамічному плані можна представити системою із 3 зосереджених мас. Ці маси – власне маси m_1,m_2,m_3. Дві з них представляють інерційні характеристики (маси m_1,m_2) тримачів різальних лез. Третя маса m_3 є власне зведеною масою корпусу.

Вказані на схемі пружини характеризують жорсткісні характеристики даної динамічної системи із відповідними коефіцієнтами жорсткості j_1, j_2, j_3. Демпфування системи враховано характеристиками в'язкого тертя відповідно h_1, h_2, h_3.

В загальній теорії коливань [29], вказано , що заміна реальних значень мас та жорсткостей їх зведеними аналогами дозволяє адекватно описувати динаміку руху такої системи звичайними диференційними рівняннями другого порядку з достатнім рівнем забезпечення достовірності результатів розрахунку. Подібне зауваження стосується також представлення реального тертя у компонентах конструкції в'язким тертям, що загалом є адекватним для подібних динамічних систем з відповідними значеннями параметрів дисипації енергії.

Залишимо без розрахунку крутні коливання елементів інструменту, бо обґрунтовано припускаємо, що при розробці конструкції плаваючого свердла враховані рекомендації, які забезпечують вібраційну стійкість інструмента внаслідок його кутових автоколивань. Отже, домінуючим динамічним впливом в даному випадку є осьові коливання корпусу і осциляції різальних лез власне в осьовому напрямку, бо при цьому відбувається процес пристосування плаваючого свердла до адаптивної зміни умов роботи. Крім того, можна відзначити, що осьова жорсткість пропонованого плаваючого свердла дещо відрізняється від жорсткості відомих інструментів через відносно понижений коефіцієнт жорсткості пропонованих конструкцій шарнірів пристроїв вирівнювання осьових зусиль.

Враховуючи наведені вище міркування, обґрунтовано вважатимемо за основний напрям коливань - вісь інструменту, що співпадає з напрямком подачі інструменту. Таким чином, в даній роботі будемо мати справу тільки з осьовими коливання та зазначеним вище процесом регулювання плаваючого типу. Відповідно на рис. 3.4. зображена основна вісь 0X - поздовна. Додатково маємо осі y_1, y_2 – що характеризують осциляції різальних лез, і вісь y_3, яка стосується коливань корпусу плаваючого інструменту. Кінематичні збудження для аналізу динамічної поведінки системи будемо задавати направленими вздовж цих осей.

3.3.2. Розрахунок розрахункової схеми динаміки системи

Спочатку визначимо коефіцієнти жорсткості та інерційні характеристики . Відомо, що зведену масу елементу певної складності можна розрахувати, якщо використати формулу власних коливань

$$m = \frac{j}{\omega_0^2}, \tag{3.1}$$

де m- зведена маса; j- коефіцієнт жорсткості елементу; ω_0 – кутова частота вказаних власних коливань. Якщо прийняти, для леза із твердосплавною пластиною $j_1 = j_2 = 163\times10^7$ Н/м і $\omega_0 = 28{,}5\times10^5$ ^{1}/с, матимемо наближено $m_1 = m_2 = 0.02$ кг. Для корпуса плаваючого свердла відповідно при $j_3 = 20\times10^7$ Н/м і $\omega_0 = 8{,}2\times10^3$ рад/с, отримаємо наближено m =3 кг.

3.3.3. Опис динамічної системи на основі диференціальних рівнянь

Кожна із мас має одну ступінь вільності, а загалом коливну систему можна описати за допомогою 3 рівнянь другого порядку [29]. Отже, за другим законом Ньютона, на основі системи рис. 3.4, одержимо:

$$m_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} - j_1(x_1 - y_1) - F_1 - h_1\left(\frac{dx_1}{dt} - \frac{dx_3}{dt}\right) = 0; \qquad (3.2)$$

$$m_2 \frac{d^2 x_2}{dt^2} - j_2(x_2 - y_2) - F_2 - h_2\left(\frac{dx_2}{dt} - \frac{dx_3}{dt}\right) = 0; \qquad (3.3)$$

$$m_3 \frac{d^2 x_3}{dt^2} - j_3(x_3 - y_3) + F_1 + F_2 + h_1\left(\frac{dx_1}{dt} - \frac{dx_3}{dt}\right) + h_2\left(\frac{dx_2}{dt} - \frac{dx_3}{dt}\right) = 0;$$

(3.4)

Зазначені у залежностях (3.2 - 3.4) зусилля F_1 та F_2 діють з боку вирівнючальної системи плаваючого свердла. Слід вказати, що вони рівні за модулем і протилежні за напрямком.

3.3.4. Визначення власних частот коливань і коефіцієнтів опору

Без фактичної втрати адекватності розрахункової динамічної системи зобразимо схему для розрахунку власних частот коливань як наведено на рис. 3.5.

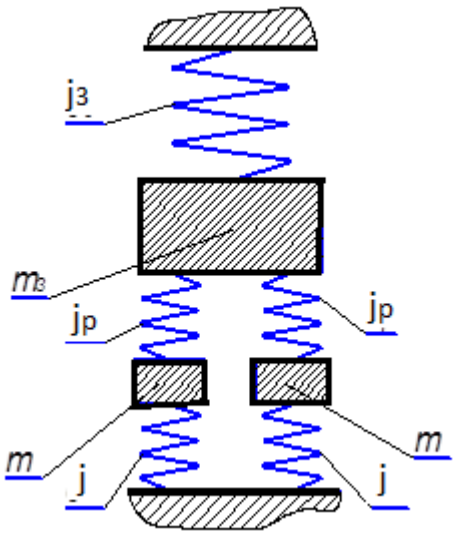


Рис. 3.5. Розрахункова схема для визначення власних частот

Для визначаємо за відомою методикою значення власних частот [29] відповідно до схеми рис. 3.5 на основі системи диференціальних рівнянь, прирівняючи до нуля визначник матриці, одержаної з цієї системи, визначимо так зване вікове рівняння. Його необхідно розв'язати відносно величини ω^2. Вище показано, що прийняті допущення, що $m_1=m_2=m$ і $j_1=j_2=j$. Тому відбулася заміна частотного рівняння, а саме - кубічного на квадратне. Тоді в результаті отримаємо щодо комплексного значення ω_1:

$$\omega_{1;2}^2 = \frac{1}{2}\left[\frac{2j_p - j_3}{m_3} + \frac{j + j_p}{m}\right] \mp \frac{1}{2}\sqrt{\left[\frac{2j_p - j_3}{m_3} + \frac{j + j_p}{m}\right]^2 - 4\frac{2jj_p - jj_3 + j_p j_3}{mm_3}} \qquad (3.5)$$

Отже, при визначенні власних частот будемо брати значення ω_1^2 за модулем.

Реально жорсткість j_p є відмінною від зображеної розрахункової жорсткості (рис. 3.5). Для обчислень будемо використовувати $j_p=4{,}7\times10^5$Н/м. Тоді, підставляючи зазначені вище значення величин у формулу 3.5 маємо такі власні частоти коливань системи: $\omega_1= 8.146\times10^3$ 1/с; $\omega_2= 2.855\times10^5$ 1/с.

Визначимо також узагальнені коефіцієнти в'язкого опору. Такий коефіцієнт опору встановлюється за логарифмічним декрементом коливань [29]:

$$h = \frac{2m}{T}\delta; \qquad (3.6)$$

де T - період коливань; m- маса коливного елементу; δ- узагальнений логарифмічний декремент коливань. Для розглядуваного випадку[29] δ=0.35. Величину T визначаємо як $1/\omega_i$, тоді після обчислення одержимо: - для першої форми коливань $h_3=2{,}7\times10^3$; для лезових мас - друга форма коливань – $h_1= h_2=6{,}3\times10^2$.

3.3.5. Призначення характеристик кінематичного збудження

При інтегруванні системи рівнянь (3.2-3.4), можна задаватись як силами, так і переміщеннями. Зокрема, для використання методу переміщень в лівих частинах рівнянь можна задати закон руху кінців пружин (рис. 3.4).

Отже, осьові сили більш зручно замінити адекватною осьовою деформацією інструмента вздовж осі. При цьому за відомих коефіцієнтів жорсткостей легко визначити зусилля.

Дію системи "верстат – інструмент" промоделюємо за допомогою кінематичного збудження вздовж координати y_3. Так законом руху y_3 (у функції часу) моделюємо процес врізання. Значення осьової сили, які є змінними, це коливання від приводу верстата. Постійні значення відображають робоче зусилля процесу.

Кінематичне збудження вздовж координат y_1 та y_2 характеризує взаємодія у системі впливу деталі на лезі плаваючого інструменту.

Збудження, викликані похибками у параметрах різальних лез, носять за їх причиною силовий характер. Їх визначають після знаходження величин зусиль і в нашому розгляді враховуватись не будуть.

Щодо можливого уведення свердла через наявність включень неоднорідного матеріалу заготовки, то змоделюємо це рівняннями руху різальних лез на основі змінної в часі моделі, тобто за законом y=f(t).

Реалізацію розвязку системи диференціальних рівнянь (3.2-3.4) здійснимо в програмному продукті MATLAB 5.3. В цьому випадку для інтегрування обрана функція ode15s, як така, що в своїй базі застосовує формули прямого інтегрування. При цьому точність розв'язку характеризується допустимою відносною похибкою: $\pm 1\times 10^{-5}$ %, що є цілком достатнім.

3.4. Зміст наукових розвідок особливостей динаміки процесу свердління при роботі плаваючим інструментом

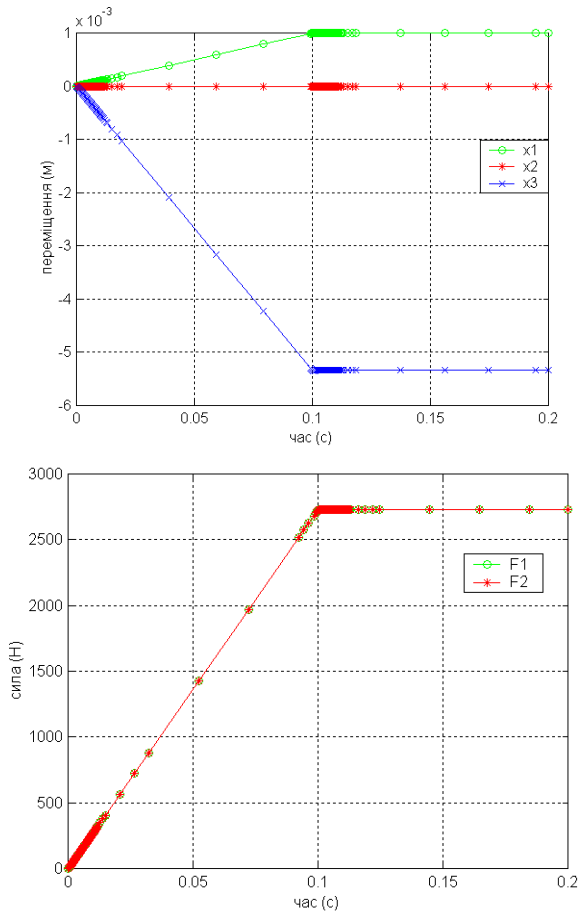
В даному випадку розглянемо особливості впливу рухомості різальних лез у плаваючому інструменті на динамічну якість свердління отворів таким свердлом.

Аналіз розрахунків залежностей наведених вище у розділі 1 доводять, що при свердлінні отворів, особливо у випадку співвідношенням довжини отвору до діаметру вище 5 доцільно застосовувати інструменти плаваючого типу, бо вони істотно впливають на зменшення уведення свердла.

Тому перш за все зупинимось на визначенні впливу різниці у заточенні різальних елементів на величину бічної сили, що формує власне уведення інструменту від його осі. Таку різницю обчислюємо як різницю радіусів при вершинах лез. Слід відмітити, що нерівномірність формується також при зношуванні лез внаслідок експлуатації. Відповідно створюється

рівнодійна сумарна радіальна сила,яка має слідкуючий характер, бо обертається разом із інструментом. Таке зусилля, як правило, приводить до розбивання отвору і відхилень у його діаметрі. При обробці ж плаваючим інструментом маємо не радіальні, а осьові коливання різальних елементів з лезами і відповідне вирівнювання осьових, а отже, і радіальних складових зусиль при забезпеченні рівності глибин різання на окремих лезах.

На рис. 3.6 представлені ілюстрації переміщення різальних елементів плаваючого інструменту для різної заточки окремих лез при врізанні і рівномірній роботі (а) і зміна осьових складових зусиль на елементах в цьому процесі (б).



а)

б)

Рис.3.6. Переміщення (а) і осьові сили (б) різальних елементів при різному заточуванні та корпуса плаваючого інструменту в процесі роботи

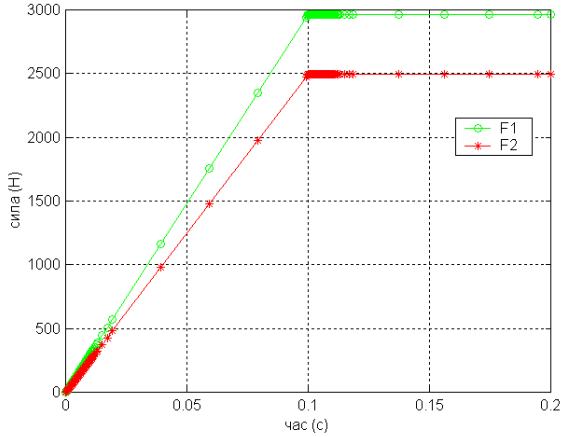


Рис.3. 7. Характер зміни осьових зусиль при роботі жорсткого свердла

Даний рисунок показує, що таким чином формується різниця у зусиллях величиною близько 500Н, через що і відбувається розбивання отвору. Зрозуміло, що у випадку плаваючого інструменту нерівномірне зношення лез не буде чинити вплив на точність оброблюваного отвору. Така ж сама ситуація – і з нерівномірним заточенням , що може проявлятись стосовно кута φ. Тобто плаваючий інструмент дозволяє компенсувати як похибки заточування, так і похибки, що виникають при зношуванні лез в період експлуатації інструменту.

Дослідимо також як впливає зміна у твердості матеріалу заготовки на нерівномірність у зусиллях при роботі інструментів, що порівнюються. При цьому приймемо, що одна половина отвору має твердість більшої величини, а інша половина – меншої, при умові гармонійної зміни твердості. Тоді леза плаваючого інструменту будуть здійснювати осциляції, максимальну величину яких позначимо як Δ=0.4 мм. Тоді коливання різальних елементів: $x_1=(\Delta/2)\sin(\omega t)$; $x_2=(\Delta/2)\sin(\omega t)$. В нашому випадку ω - кругова частота коливань. При швидкості різання v=90 м/хв. матимемо переміщення різальних лез та корпусу інструменту під дією осьосової сили різання як показано на рис. 3.8.

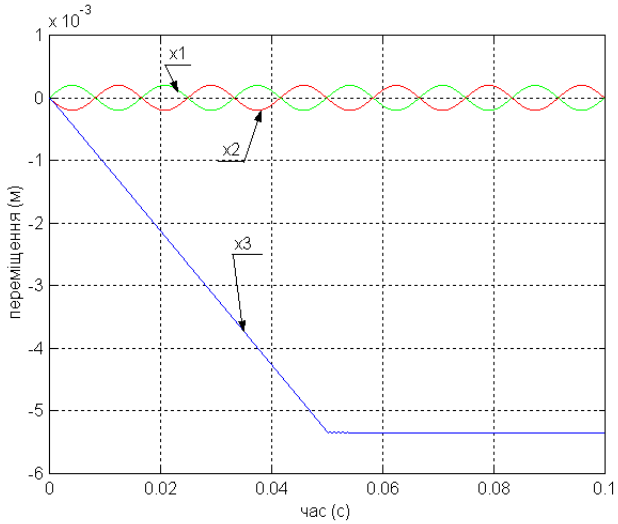
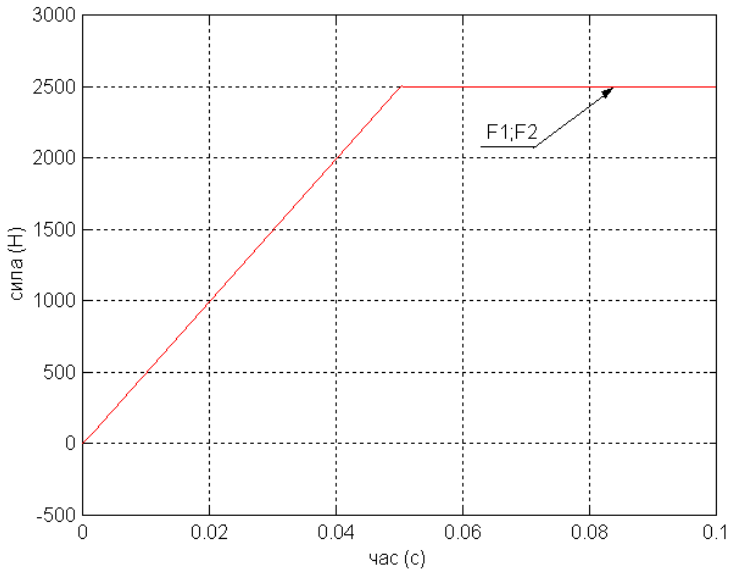
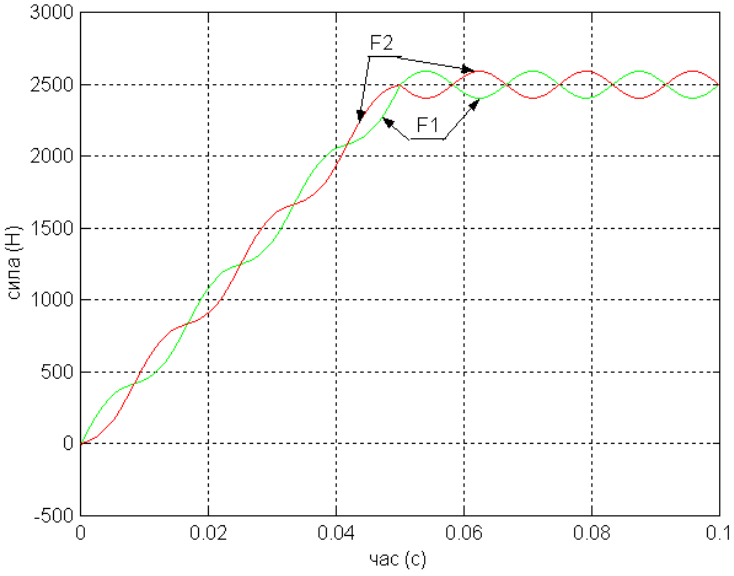


Рис.3.8 . Характер зміни переміщень різальних елементів плаваючого інструменту

Зміни осьових сил, що діють на елементи свердлі для плаваючого інструменту показано на рис. 3.9, а , а для жорсткого свердла – на рис. 3. 9,б.



а)



б)

Рис. 3.9. Сили на елементах плаваючого інструменту (а) і жорсткого свердла (б) в процесі зміни твердості матеріалу заготовки при роботі

Як видно з рис. 3.9,а зусилля на різальних елементах виявляються однаковими, що говорить про адаптацію різальних елементів в процесі роботи. В цьому випадку бічне зусилля не виникає.

Якщо ж оброблення вести жорстким свердлом (рис. 3.9 , б), то осьові сили на лезах матимуть різні значення і носять змінний характер. Бічна сила виникатиме, і вона є не пов'язаною із свердлом, яке обертається. При цьому навіть при величині 200 Н матиме місце розбивання отвору і уведення осі інструменту.

Проведемо також дослідження швидкодії різальних лез у конструкції інструменту плаваючого типу при роботі.

Для оцінки швидкодії приймемо, що характер зміни твердості матеріалу заготовки за час оберту може змінюватись до десятка разів. При цьому, наприклад, при частоті обертання шпинделя, що дорівнює 3600 об/хв отримаємо частоту коливань плаваючих лез - 600 Гц.

Графічні результати переміщення корпуса інструменту і різців при пульсації твердості матеріалу заготовки показані на рис. 3.10.

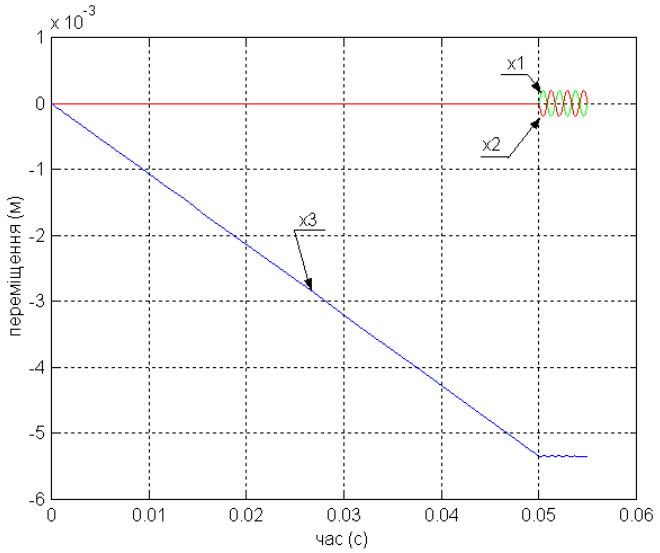


Рис. 3.10. Переміщення елементів плаваючого інструменту в процесі роботи при змінній твердості матеріалу

Оцінимо також процес врізання. Приймаємо, що матеріал однорідний. Тож, бачиом, що після врізання має місце осциляція різальних елементів з частотою 600 Гц. Коливання зусиль на різальних елементах після здійснення врізання представлені на рис. 3.11.

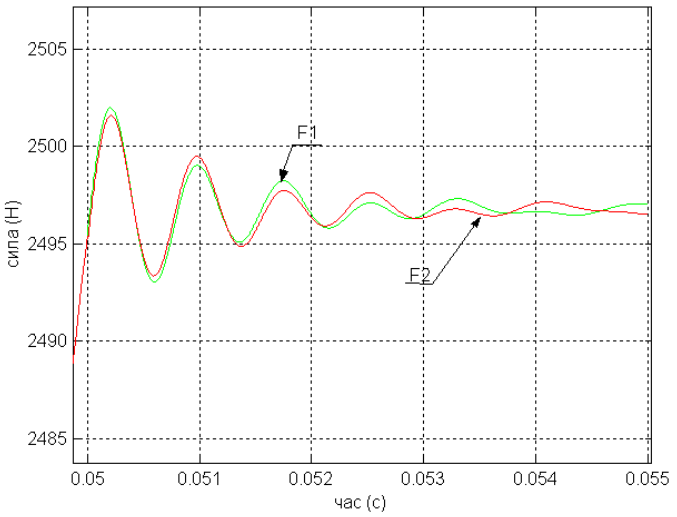


Рис. 3.11 . Змінний характер зусиль на елементах плаваючого інструменту в процесі врізання

При цьому різниця між осьовими зусиллями практично дорівнює нулю. Коливання згодом синхронно затухають (протягом практично 5 осциляцій). Це говорить про високий рівень швидкодії системи.

Отже, як випливає із проведених досліджень із їх графічною візуалізацією, випливає, що конструкція плаваючого інструменту в процесі роботи показує добру чутливість і швидкодію та забезпечує вирівнювання осьових, а отже, і радіальних складових зусиль, чим забезпечує відсутність уведення свердла під час робочого процесу.

3.5. Техніко-економічна ефективність роботи свердел плаваючого типу

При виборі конструктивного рішення інструментів перш за все приймається до уваги економічні аспекти і , в деякій мірі, технологічні міркування [30,31]. Згідно прийнятої методики, беручи до уваги економічний фактор, слід враховувати всі складові собівартості операцій , на які має вплив конструкція використаного інструменту. До таких належать : вартість оброблення, величина амортизації інструменту, вартість його загострення та вартість заміни.

Вартість оброблення $К_{обр.}$ описується залежністю:

$$К_{обр} = t_{обр} \cdot К_{о}, \text{ грн.,} \tag{3.12}$$

де $t_{обр}$ – час обробки в хв.;

$К_0$ – вартість використання верстатного обладнання , грн/хв.

Вартість амортизаційних відрахувань на інструмент описується формулою:

$$К_{Та} = \frac{C_n - C_z}{i_T} \approx \frac{C_n}{i_T}, \text{ грн/хв} \tag{3.13}$$

де C_n – ціна нового інструменту в грн;

C_z – вартість використаного інструменту в грн;

I_T – кількість періодів стійкості.

Оскільки вартість використаного (зруйнованого) інструменту , що не підлягає відновленню в порівнянні з новим значно менша, допускаємо, що C_z= 0.

Трудомісткість виготовлення інструменту в значній мірі залежить від серійності інструментального виробництва. Так, пронормувавши технологічні операції виготовлення свердла діаметру ∅50 мм в умовах дрібносерійного виробництва (100 шт./рік), і враховуючи витрати на експлуатацію основного технологічного обладнання, отримуємо сумарну верстатомісткість оброблення деталей та складання вузла за штучно-калькуляційним часом – 214,2 хв, а собівартість інструменту становитиме 16 грн. 40 коп. (з них 4 грн. 25 коп. – вартість матеріалів). При цьому свердло звичайного типу за рахунок відсутності складальних операцій та деяких операцій механічного оброблення згідно попереднього становить відповідно – 181,5 хв і 14 грн. 50 коп.

Верстатомісткість інструментів інших типорозмірів у різних умовах та типах виробництва , визначаємо за верстатомісткістю цієї базової конструкції з врахуванням їх різниці за масою, серійністю та складністю механічної обробки [32]. Різниця за кожним параметром оцінюється відповідним коефіцієнтом приведення:

$$T_i = T \cdot K_o \qquad (3.14)$$

де $T_{i.}$ - верстатомісткість і-го інструменту, н.год;

Т - верстатомісткість базового інструменту, н.год;

K_o - коефіцієнт приведення, який визначається за формулою:

$$K_o = K_{м.} \cdot K_{сер.} \cdot K_{скл.}, \qquad (3.15)$$

де $K_{м.}$ - коефіцієнт приведення за масою;

$K_{сер.}$ - коефіцієнт приведення за серійністю;

$К_{скл.}$ - коефіцієнт приведення за складністю.

За специфікаціями і кресленнями деталей, які входять у інструменти, визначаємо їх масу, виробничу програму, кількість оброблюваних поверхонь і розраховуємо коефіцієнти приведення за масою, серійністю, складністю і загальний. При цьому коефіцієнти приведення базового інструменту приймаємо за одиницю.

Коефіцієнт приведення за масою $К_м$ визначається за формулою:

$$К_м = \left(\frac{Q_x}{Q}\right)^{2/3} \tag{3.16}$$

де Q_x - маса приведеного інструменту, кг;

Q - маса базової конструкції, кг.

Коефіцієнт приведення за серійністю $К_{сер}$ визначається в залежності від співвідношення річних програм за формулою:

$$К_{сер.} = \left(\frac{N_x}{N}\right)^{0,20} \tag{3.17}$$

де Nx - виробнича програма приведеного інструменту;

N - виробнича програма базового представника.

Коефіцієнт приведення за складністю визначаємо за формулою:

$$К_{скл.} = \left(\frac{D_x \cdot L_x}{D \cdot L}\right)^{1/2} \tag{3.18}$$

де D_x і L_x - типорозміри приведеного інструменту;

D і L - типорозміри базового інструменту;

Всі розрахунки зводимо у таблицю 3.5.

Аналіз технологічних можливостей запропонованого плаваючого інструменту показав, що для досягнення заданих конструкторських показників якості оброблюваної поверхні в порівнянні з традиційним

інструментом за ТУ 2-035-859-81 продуктивність підвищується в 1,3-1,5 рази. Таким чином кількість перезагострень зменшується аналогічно. Середньостатистична кількість перезагострень , виходячи з конструкції даного інструменту – 10. Вартість одного перезагострення :

$$C_{заг.} = t_{заг} \cdot V_{заг.} \qquad (3.19)$$

де $t_{заг}$ – час загострення , год. ($t_{заг}$ = 6,2 хв.);

$V_{заг.}$ – вартість загострення, включно з зарплатою робітника, амортизаційними відрахуваннями на верстат і враховуючи витрати на експлуатацію основного технологічного обладнання , інструмент тощо , грн./год ($V_{заг.}$= 8,5 грн./год).

Тоді $C_{заг.}$ = 0,87 грн., а враховуючи кількість перезагострень $\Sigma C_{заг.}$=8,7грн. Причому для інструменту з міжлезовим гідравлічним зв'язком ця величина $\Sigma C_{заг.}$=6,2грн.

Таблиця 3.5.

Розрахунок річної верстатомісткості та собівартості інструментів

№п/п	Типорозмір інструменту	Річна програма	$K_{сер}$	D·L, мм^2	K_o	Верстато–місткість	Собівартість, грн.	
							пропонов.	звичайний
1	∅50	100	1,0	8500	1,0	214,20	16,40	13,90
2	1,4 кг	500	0,72		0,72	154,22	11,81	10,01
3	K_M =1,0	1000	0,63		0,63	134,95	10,33	8,75
4	$K_{скл}$=1,0	5000	0,45		0,45	96,39	7,38	6,25
5	∅60	100	1,0	12000	1,8	385,56	29,52	25,02
6	1,8 кг	500	0,72		1,3	278,46	21,32	18,07
7	K_M =1,28	1000	0,63		1,14	244,19	18,70	15,85
8	$K_{скл}$=1,41	5000	0,45		0,81	173,50	13,28	11,25
9	∅70	100	1,0	16100	3,51	751,84	57,56	48,78
10	2,6 кг	500	0,72		2,53	541,93	41,49	35,16
11	K_M =1,85	1000	0,63		2,21	473,38	36,24	30,71
12	$K_{скл}$=1,9	5000	0,45		1,58	338,44	25,91	21,96
13	∅80	100	1,0	21040	5,66	1212,37	92,82	78,66
14	3,2 кг	500	0,72		4,07	871,79	66,75	56,57
15	K_M =2,29	1000	0,63		3,56	762,55	58,38	49,47
16	$K_{скл}$=2,47	5000	0,45		2,54	544,07	41,66	35,31

Крім того, підвищення продуктивності роботи обладнання призводить до зменшення витрат на експлуатацію основного технологічного обладнання та оплату праці основним та робітникам на 40%, що підтверджується також [30] .

Порівняльна характеристика вартості різних інструментів з врахуванням витрат на їх експлуатацію подана на рис.3.12.

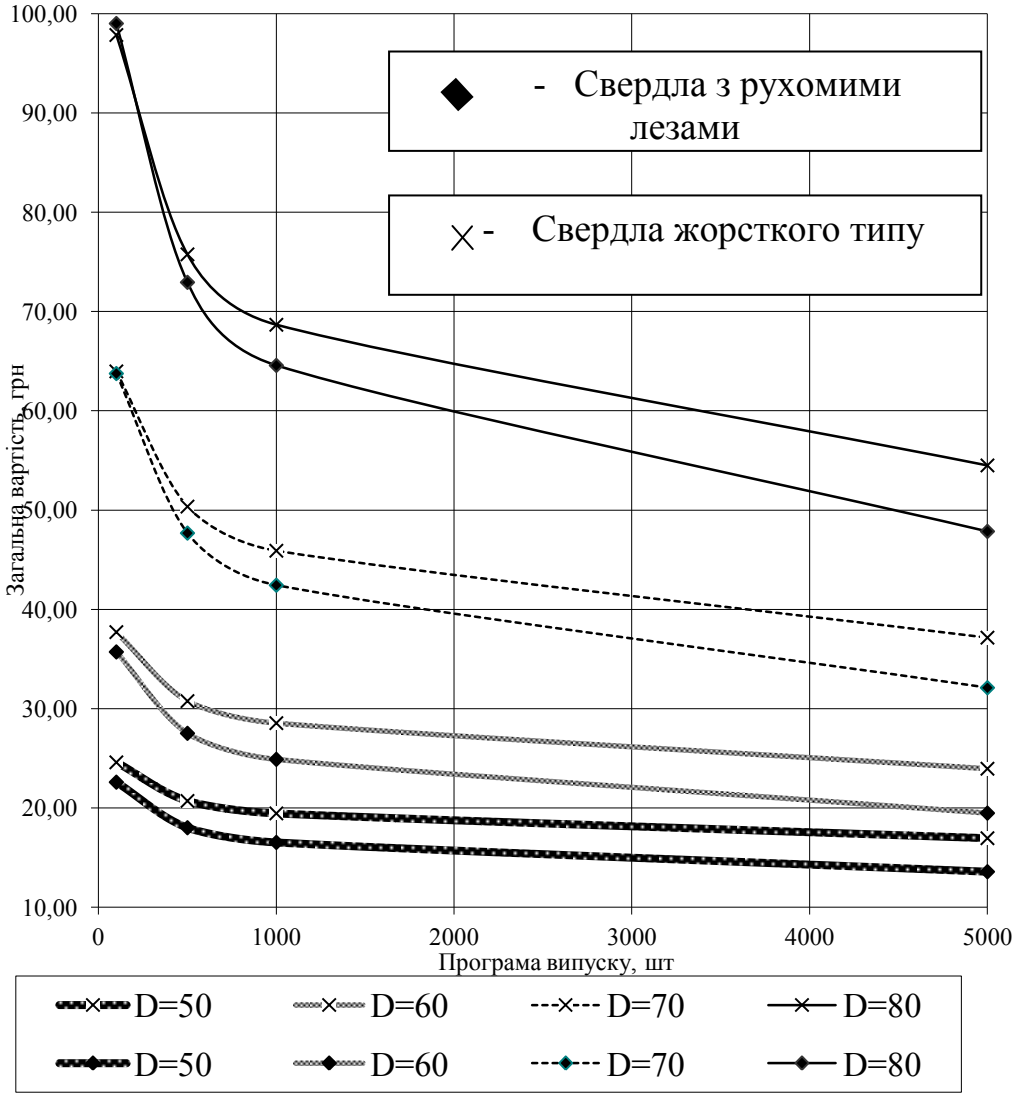


Рис.3.12. Порівняльна характеристика вартості свердел з рухомими лезами та жорстких свердел з врахуванням витрат на їх експлуатацію

Аналіз цих залежностей дозволяє зробити висновок про економічну ефективність використання свердел плаваючого типу, особливо в умовах збільшення програми їх випуску.

Висновки за результатами розділу 3 наукового дослідження

1. Здійснено побудову методики дослідження динамічної поведінки плаваючого інструменту для обробки отворів .
2. Визначені та проаналізовані існуючі конструкції плаваючого типу для обробки поверхонь обертання та їх основні недоліки, що погіршують якість оброблюваних отворів.
3. Проведені обгрунтування для конструювання плаваючого інструменту і здійснено вибір конструкції досліджуваного свердла на основі порівняння його характеристик з існуючими аналогами подібного типу.
4. Розвинута математична модель динаміки осьових коливань системи, з аналізу якої випливає, що в процесі плаваючого свердління з перемінною твердістю заготовки відбувається повне пристосування свердла до змін умов різання, а сила уведення практично компенсується адаптивними плаваючими різальними лезами.
5. Інтерпретація комп'ютерних досліджень математичної моделі у вигляді системи диференціальних рівнянь показало, що конструкція плаваючого свердла має достатню швидкодію функціонування. Встановлено також, що різниця сил у плаваючого і жорсткого свердла в ідентичних умовах роботи становить близько 100Н, що підтверджує плавну роботи лез.
6. Аналіз даних проведених динамічних розрахунків дає можливість зробити висновок, що свердло плаваючого типу можна використовувати для обробки отворів підвищеної точності, що розширює технологічні можливості верстату.
7. Показана достатня економічна ефективність інструментів плаваючого типу при свердлінні.
8. Оприлюднення результатів відбулось на міжнародній науковій конференції для молодих вчених.

Розділ 4

4. Охорона праці і безпека життєдіяльності

4.1. Засоби з охорони праці при роботі на свердлильних верстатах

Робота на свердлильних верстатах регламентується окремими інструкціями з охорони праці.

До роботи на свердлильних верстатах допускають осіб не молодше 18 років. Ці особи повинні пройти медичний огляд, відповідне навчання, вступний інструктаж з охорони праці, а також інструктаж на робочому місці.

Крім того, робітник, що користується вантажо-підіймальними пристроями, повинен пройти додаткове навчання і отримати посвідчення відповідного зразка.

Робота на свердлильному верстаті потребує виконання певних вимог:

1) Працівник зобов’язаний виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку.
2) Необхідно утримувати робоче місце в чистоті і порядку.
3) Потрібно користуватися спеціальним одягом і відповідними засобами захисту.
4) Працівник зобов’язаний вміти надавати першу медичну допомогу потерпілим.
5) Також необхідно вміти користуватись первинними засобами гасіння пожежі.

При роботі на свердлильних верстатах на робітника діють шкідливі і небезпечні фактори. Головними серед них є такі:

А) Засміченість і захаращеність робочого місця.

Б) Робітник має справу з частинами верстату, що обертаються, а в окремих випадках – із обертанням деталі.

В) Деталі, стружка, заготовки мають небезпеку вилетіти із зони обробки.

Г) Підвищеною небезпекою є самі різальні інструменти.

Д) Температура оброблюваних деталей, стружки та елементів різальних інструментів може бути досить високою.

Е) Невиключеним є ураження електричним струмом.

Є) Обробка супроводжується вібраціями і підвищеним рівнем шуму.

Робітника потрібно безкоштовно забезпечити спецодягом, взуттям та іншими засобами захисту.

На кожному робочому місці на підлозі біля верстату організовують робочі трапи із дерева на всю довжину робочої зони, шириною не менше 0,6 м від частин верстата, що виступають.

Якщо заготовки (деталі) мають масу більше 20 кг, то для їх знімання, встановлення необхідно використовувати підіймально транспортні механізми, обладнаня захоплювачами.

Гачки для видалення стружки повинні мати гладкі рукоятки та щиток від запобігання порізам стружкою.

Перед початком роботи потрібно перевірити одяг та взуття, а також індивідуальні засоби захисту. Далі приступають до перевірки справності обладнання. При цьому перевіряють:

- огородження зубчастих коліс , привідних пасів, приводів та струмопровідних частин електроапаратури;
- захисне заземлення;
- засоби захисту від стружки і ЗОР;
- металорізальні інструменти, їх загострення.

Свердлильний верстат перевіряють у роботі на холостому ході.

Необхідно також перевірити справність органів керування механізмами головного руху і руху подач, пуску, зупинку руху ті інше, а також справність важелів включення і переключення. Немало важливим є відсутність будь-яких заїдань.

Потрібно розкласти інструменти у зручному порядку і перевірити освітлення.

Конкретно інструкціями визначені основні вимоги, яких потрібно дотримуватись під час роботи:

1) Під час встановлення різальних інструментів у шпинделі слід зверати особливу увагу на міцність їх закріплення і точність центрування.
2) Стружку із просвердлених отворів слід видаляти різними пристроями і обов'язково після зупинки верстату і відведення інструменту.
3) Усі оброблювані на деталі заготовки слід встановлювати у спеціальні пристрої – лещата та інші.
4) Для знімання інструментів застосовують спеціальні молотки та вибивачі.
5) Шпиндель з патроном повинен самостійно повертатись у верхнє положення пр. відпусканні штурвалу подачі.

При роботі на свердлильному верстаті забороняється:

а) використовувати несправні і зношені інструменти; б) працювати на свердлильному верстаті у рукавицях або із забинтованими руками;

в) утримувати заготовку під час роботи руками; г) перевіряти руками загострення інструменту, глибину отвору, вихід свердла із отвору, охолоджувати свердла мокрою ганчіркою під час роботи.

Під час робот не можна близько нахилятись до шпинделя.

Щоб уникнути вильоту деталі лещата чи інші пристрої слід міцно закріплювати кріпильними деталями – спеціальними болтами.

Встановлення деталей та їх знімання можна проводити тільки після того, як верстат виключений а всі рухомі частини приведені у вихідне положення.

Маса і габарити заготовок повинні відповідати паспортним даним верстату.

Особливі вимоги стосуються оброблення конкретних деталей та матеріалів.

Зокрема, не дозволяється свердління тонких пластинок, смуг чи інших подібних деталей без їх спеціального кріплення в пристосуваннях.

Не можна допускати обертання виробу разом із свердлом. Під час обробки глибоких отворів слід зупиняти верстат для видалення стружки.

Для свердління отворів у в'язких матеріалах слід застосовувати спіральні свердла із стружко подрібнювальними каналами.

Різальні інструменти підводять до зони обробки плавно, не допускаючи ударів. Подача теж повинна бути плавно регульованою.

Стружку не можна направляти на себе, а слід видаляти на виключеному верстаті.

Якщо обробляють крихкі матеріали, то користуються захисними окулярами або запобіжним прозорим щитком.

Верстат слід зупиняти при:

- відході від верстату чи при тимчасовому припиненні роботи;
- прибиранні, змащуванні, чистці верстату, підтягуванні болтів, гайок та інших з'єднувальних деталей;
- встановлення, вимірюваннях, заміни деталі;
- перевірці і зачистці різальних інструментів;

- натягуванні шківа верстату.

Також регламентуються вимоги безпеки після виконання роботи на свердлильному верстаті.

Після завершення роботи верстат слід вимкнути, відєднавши його від мережі. Слід прибрати робоче місце, стружку і бруд, упорядкувати пристосування, витерти і змастити щастини, що труться, скласти деталі і заготовки. Інструмент прибирають у належне місце. Після цього знімають спецодяг і миють руки і обличчя водою з милом.

При роботі на свердлильному верстаті можливим є виникнення аварійних ситуацій.

В таких випадках необхідно:

1) Зупинити верстат, відключити електроенергію і забезпечити огорожу.
2) Повідомити керівника робіт.
3) При необхідності надати першу медичну допомогу, а після цього викликати швидку допомогу або лікаря.
4) У разі виникнення пожежі викликати пожежну частину і самостійно приступити до гасіння пожежі наявними засобіми.
5) Виконувати вказівки керівника робіт по ліквідації аварійної небезпеки.

4.2. Безпека життєдіяльності на прикладі механічного цеху

Безпека життєдіяльності - це система організаційних_ заходів і технічних засобів запобігання вплив на працюючих небезпечних виробничих факторів.

Всі робочі виробництва повинні проходити курс з техніки безпеки. Начальник цеху та майстер виробничої дільниці несуть відповідальність за своєчасне і якісне проведення інструктажу.

Існує кілька видів інструктажу: 1. Зведений; 2. Первинний; 3.Позаплановий; 4.Повторний; 5.Поточний.

На підприємстві машинобудування великі обсяги забрудненого повітря, що викидається в атмосферу установками загальнообмінної вентиляції виробничих приміщень та місцевої вентиляції. Для таких джерел будують вентиляційні труби. Вплив промислового підприємства на середовище визначається технологічною навантаженням - річною кількістю всіх видів рідких і твердих відходів підприємства.

Оцінку екологічного впливу підприємства на гідросферу проводять на основі балансу його водозабезпечення. Створення замкнутих систем водозабезпечення - основний напрямок скорочення виробництва світло води й попередження скидів стічних вод.

Оцінимо фактори безпеки безпеки життєдіяльності у механічному цеху.

1). Метеорологічні умови.

Метеорологічні умови визначаються наступними чинниками:
а) Температура повітря (t,˚C);
б) Відносна вологість (%);
в) Швидкість руху повітря (V, м / с).

Крім цих параметрів, які є основними, на метеорологічні умови в цеху також впливає атмосферний тиск (Р).

Людина перебуває в постійному тепловому взаємодії з навколишнім середовищем. Для того, щоб фізіологічні процеси в його організмі протікали нормально, що виділяється організмом теплота повинна відводитися у навколишнє середовище.

Відповідність між кількістю теплоти і охолоджуючої здатності середовища характеризують її як комфортну. В умовах комфорту в людини не виникає турбують його температурних відчуттів - холоду або перегріву.

На робочому місці верстатника оптимальна температура повітря повинна становити:

· Для холодного періоду року +16 +18 град. С

· Для теплого періоду року +20 +23 град.С

Вологість повітря дуже впливає на терморегуляцію організму. Підвищена вологість (φ> 85%) утрудняє терморегуляцію організму через зниження випаровування поту, а занадто низька вологість (φ <20%) викликає пересихання слизових оболонок дихальних шляхів. Оптимальні величини відносної вологості складають 40-60%.

Рух повітря впливає на теплове самопочуття людини. У жаркому кліматі рух повітря сприяє збільшення тепловіддачі людини і сприяє поліпшенню його самопочуття, але справляє негативний вплив при низьких температурах повітря в холодну пору року. Мінімальна швидкість руху повітря, що відчувається людиною перевищує 0,2-0,5 м / с, а влітку 0,2-1 м / с. в гарячих цехах дозволяється збільшення швидкості обдування робочих до 3,5 м / с.

2.) Шум

На багатьох виробництвах надмірний шум, що у декілька разів перевищує санітарні норми, створює несприятливу виробничу

обстановку, негативно впливає на стан здоров'я працівників, що веде до зниження продуктивності праці.

Нормованими параметрами шуму є рівні в децибелах L = 90 дБ. Основними фізичними величинами, що характеризують шум є: інтенсивність; звуковий тиск; частота.

Відповідно до ГОСТу 121003-83 захист від шуму, створюваного на робочих місцях здійснюється наступним чином.

- Зменшення шуму в самому джерелі.
- Застосування засобів колективного захисту.
- Розміщення джерела шуму на можливо більш віддаленій відстані.
- Використання коштів звукопоглинання при виконанні акустичної обробки галасливих приміщень.
- Застосування засобів індивідуального захисту (ГОСТ 12.4-051-87).
- Раціональна планування приміщень.

Як звукопоглинаючі конструкції можна запропонувати мати зі скловати або перфоровані плити, закріплені на стіні. Для оцінки звукопоглинаючих здатностей огородження введено поняття звукопогинальності, яке чисельно дорівнює відношенню звукової енергії, що пройшла через огорожу, і падає на нього.

Гранично допустимий рівень шуму на робочих місцях у виробничих приміщеннях позначається ПС-80.

3). Освітлення

Освітлення робочого столу - важливий фактор створення нормальних умов праці.

Гарне освітлення робить позитивний психологічний вплив на робітника, сприяє підвищенню продуктивності праці. Залежно від джерела світлової енергії, освітлення ділять на: природне; штучне.

Суміщене природне освітлення будь-якої точки в приміщенні характеризується коефіцієнтом природної освітленості.

Найменша розрахункова освітленість при природної освітленості визначається при зовнішній освітленості 5000 Лк.

Для штучного освітлення використовують люмінесцентні лампи з високою світловою віддачею і тривалим терміном служби. Застосовуються лампи ЛБ (білий світло) і ЛТБ (теплобіле світло) потужністю 20, 40 і 80 Вт. Лампи повинні бути розміщені паралельно до вікон і рівномірно по стелі.

У механічному цеху виробляються малої і середньої точності в залежності від габаритів деталі.

Наприклад, освітленість: комбінована 1000 Лк, загальне 300 Лк для люмінесцентних ламп. Загальна освітленість на відстані від 0,8 м. від підлоги 200 Лк для допоміжних приміщень.

Штучне освітлення може бути двох видів: робоче та аварійне. Аварійне освітлення підрозділяється на освітлення для продовження роботи і освітлення для евакуації людей.

Найменша освітленість при аварійному режимі повинна складати 5% освітленості, яка нормується для робочого освітлення, але не менше 2Лк всередині будівель і не менше 1 Лк на майданчиках підприємств.

4). Вентиляція

Шкідливі речовини, що знаходяться у виробничих приміщеннях у повітрі через дихальні шляхи, стравохід можуть потрапити в організм людини і за певних умов викликати гострі хронічні отруєння (захворювання).

За допомогою вентиляції в приміщеннях створюються нормальні

санітарно-гігієнічні умови повітряного середовища. Повітрообмін в приміщеннях здійснюється припливно-витяжною вентиляцією.

Вентиляція може бути загальнообмінна, коли суміш повітря з виділяються шкідливостями доводиться до допустимих меж по всьому об'єму приміщення, або місцевої, коли шкідливості віддаляються від місць їх виділення через спеціальні укриття (місцеві відсмоктувачі).

У приміщеннях з вологовиділенням пристрій загальнообмінної механічної витяжки передбачається у випадках, коли неможливо передбачити природну витяжку.

При можливих надходженнях великих кількостей токсичних і вибухонебезпечних речовин передбачається аварійна витяжна вентиляція.

Вентиляція повинна забезпечувати в приміщенні метеорологічні умови в повній відповідності з вимогами санітарних норм (сн 245-71) та ГОСТ 12.1.005 - 76.

5). Вібрація

У промисловості у зв'язку новими технологіями виготовлення деталей, зростанням потужності обладнання та його швидкохідності широке застосування отримали машини і устаткування, що створюють вібрації, що негативно впливають на людину.

Відповідно до ГОСТ 24346-80 вібрація може бути викликана безліччю причин: неврівноваженими силовими впливами, неоднорідністю матеріалу тіла, що обертається, розбіжністю осей обертання з віссю маси тіла.

Основними параметрами вібрацій, що відбуваються за синусоїдальним законом, є амплітуда віброперемiщення. Розрізняють загальну і локальні вібрації. Загальна вібрація викликає струс всього

організму, місцева залучає в коливальний рух окремі частини тіла. У ряді випадків робітник може піддаватися і загальної та локальної вібрації одночасно.

Існує кілька способів боротьби з вібрацією:
1. Ліквідація режимів резонансу шляхом раціонального вибору маси або жорсткості коливних систем.
2. Зниження вібрації в джерелі - виключенням резонансних режимів роботи обладнання.
3. Віброгасіння.
4. Віброізоляція.
5. Вібродемпфування.
6. Індивідуальні засоби захисту (спец. рукавиці, взуття та ін.).

У випадку механічного цеху робітник піддається загальній вібрації. За ГОСТ 12.4-024-76 слід застосовувати спеціальне взуття.

У цеху - вібрація 3-ї категорії, тобто при роботі на металорізальних верстатах. Середньогеометричні частоти активної смуги - від 30 до250ГЦ. Середньоквадратичне значення віброшвидкості становить 1,2-3., 5 мм / сек.

6) Пожежна і електробезпека пожежна і електробезпека;

За пожежної безпеки механічний цех відноситься до категорії Г., будівля по вогнестійкості відноситься до III ступеня, де стіни, колони - вогнетривкі, несучі конструкції міжповерхових і горищних перекриттів – важко загораються, плити, настили та інші несучі конструкції покриттів - спаленні. Стосовно пожежонебезпечності середовища приміщення належить до П-II класу, при якому нижня межа вибуху складає більше 65г / м $^{3.}$

Найчастіше пожежі виникають від несправності електричних пристроїв.

Основними причинами пожеж від електричного струму є коротке замикання, перевантаження електричних установок, перехідні опори і іскріння.

Причинами короткого замикання можуть неправильний вибір перетину і марки кабелів приводів, знос і різні механічні пошкодження ізоляцій. Перевантаження електричних ланцюгів викликає нагрівання електричних установок, зниження діелектричних властивостей ізоляції та її займання. Великі перехідні опори викликають порушення діелектричних властивостей ізоляції та її загоряння. Вони, як правило виникають, коли провідники складаються з проводів різного перетину і різнорідного матеріалу, а також поганого контакту між собою і комунікаційними апаратами. Іскріння відбувається в момент роз'єднання знаходяться під напругою проводів вмикачів, запобіжників і т.п.

Велику небезпеку представляє іскріння в приміщеннях, в яких є пожежо небезпечний пил. Пари легкозаймистих рідин і горючі гази, що утворюють з газом вибухонебезпечні концентрації, а так само тверді легкозаймисті матеріали (дерево, папір)

Щоб уникнути пожеж від електричного струму необхідно, щоб електричні мережі та електрообладнання відповідали вимогам правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і правил ТБ при експлуатації електроустановок споживачів І категорії електробезпеки.

У кожній установі, організації повинен бути призначений відповідальний за експлуатацію електрогосподарства, за забезпечення пожежної безпеки електроустановок та електромереж.

Всі установки мають бути пожежобезпечні, їх слід знеструмити або захищати від відхилень, здатних призвести до пожеж. Користування електронагрівальними приладами допускається тільки у спеціально відведених та обладнаних для цих цілей місцях.

Згідно з правилами влаштування електроустановок не допускається проходження повітряних ліній електропередачі і електропроводів над спалимими покрівлями, навісами і т.д.

Освітлювальну електромережу слід монтувати так, щоб світильники не стикалися зі спалимими конструкціями та горючими матеріалами. Електроприлади не рідше 2-х разів на місяць необхідно очищати від горючого пилу.

Вогнегасні речовини.

Це речовини, які при введенні в зону згоряння припиняють процес горіння. Основними сучасними вогнегасними речовинами, застосовуваними в практиці пожежогасіння є: вода, пісок, піни, поверхнево-активні речовини, порошки, вуглекислота, інертні гази та ін на основі цих речовин розроблені вогнегасники типу: ВП, ОХП та ін..

Особливу увагу варто приділяти заходам режимного характеру.

Інші заходи пожежної безпеки:

- Наявність необхідної кількості виходів.
- Наявність у цеху ящиків з піском.
- Пожежна сигналізація.

Техніка безпеки при використанні електроустановок така.

Забороняється:

· Застосовувати кабелі та проводи з ізоляцією, що має пошкодження або такою, що втратила в процесі експлуатації захисні електроізоляційні властивості.

· Застосовувати електрозапобіжники з некабеллірованнимі плавкими вставками.

· Користуватися електронагрівальними приладами без вогнетривких підставок, а так само не залишати їх на довгий час без нагляду.

· Залишати під напругою електричні кабелі та проводи з неізольованими кінцями.

· Кріпити електропроводу цвяхами, пускати їх між стулками дверей, вішати на проводи будь-які предмети.

Існуючими документами регулюються також основні правила техніки безпеки, зокрема, щодо спеціального одягу, правилах роботі на верстатах, порядку організації та експлуатації транспортних засобів та інші.

В аспекті сучасних вимог важливою є утилізація відходів.

Основні операції первинної обробки металовідходів - сортування, обробка та механічна обробка. Переробку промислових відходів проводять на спеціальних полігонах, призначених для централізованого збору, знешкодження та захоронення.

На підприємствах, де утворюються великі скупчення металовідходів, організовуються спеціальні цехи (ділянки) для утилізації вторинних металів.

Чисті однорідні відходи, з паспортом, що підтверджує їх хімічний склад, використовують без попереднього металургійного переділу шляхом переплавлення.

У випадку механічного цеху основним відходом є стружка - вона очищається, складається в контейнер і йде на переплавку. Застосовується централізована система переробки стружки.

Факором небезпеки життєдіяльності є такж стічні води.

На території підприємства утворюються стічні води трьох видів: побутові, поверхневі та виробничі.

Вода використовується для приготування змащувально охолоджуваних рідин, промивання, обробки приміщень.

Основними домішками стічних вод є пил, металеві та абразивні частинки, масла, розчинники, мила, фарби. Для очищення стічних вод використовуються різні відстійники та очисні споруди.

"Санітарні норми і правила охорони поверхневих вод від забруднення" регламентують переважне використання оборотних систем водопостачання, в яких стічні води після очищення знову використовуються в технологічних процесах.

Висновки щодо розділу 4

1. Проаналізовані основні правила безпеки при обробці на верстатах свердлильної групи, що полягають у визначенні норм: -допуску до свердлильних робіт;

   - вимог до роботи на верстаті і підготовки до неї;

   - правил безпосередньої роботи на свердлильному верстаті і після її закінчення, а також

   - дій у випадку аварійної ситуації.

   2. Визначені фактори безпеки життєдіяльності на прикладі механічного цеху, зокрема:

   - метеорологічні умови;

   - шум;

- освітлення;
- вентиляція;
- вібрація;
- пожежна і електробезпека;
- утилізація відходів і стічних вод.

Загальні висновки

1) На основі аналізу свердління отворів висвітлені основні проблемні питання роботи інструментів у цьому процесі, які заважають досягненню необхідних параметрів точності оброблюваного отвору та економічно доцільної продуктивності процесу свердління. Тому, актуальність дослідження кваліфікаційної роботи полягає у визначенні конструктивних особливостей і динамічної поведінки, а також принципів синтезу плаваючих свердлильних інструментів осьового типу.
2) Аналіз технологічних операцій свердління отворів у деталях-представниках показав, що найбільш доцільно подібну обробку проводити на свердлильних верстатах вертикальної компоновки. В результаті розгляду формоутворюючих рухів встановлене на основі множинного перебору найбільш перспективне компоновочне рішення верстату. Розроблена структурно-кінематична схема вертикально-свердлильного верстату стала передумовою кінематичного розрахунку і розроблення варіанту кінематичної схеми.
3) На основі кінематичних обчислень та розрахунків всіх елементів приводу подач сконструйована коробка подач свердлильного верстату вертикальної компоновки із розширеними технологічними можливостями.
4) В результаті аналізу існуючих конструкцій осьових інструментів плаваючого типу для обробки поверхонь обертання та їх основних недоліків, обґрунтовані конструктивні особливості плаваючих свердел і проведено вибір конструкції досліджуваного свердла.
5) Запропонована математична модель динамічних коливань в процесі плаваючого свердління при різанні заготовки з перемінною твердістю, яка підтвердила адекватне пристосування свердла до

змін умов різання і практичну компенсацію похибок від зусилля уведення інструменту.

6) Комп'ютерні дослідження системи диференціальних рівнянь, що описують динамічну поведінку плаваючого свердла, показали достатню швидкодію функціонування системи. При цьому плавність роботи лез підтверджена тим, що різниця зусиль для плаваючого і жорсткого свердел в однакових умовах складає біля 100Н.
7) Результатом дослідження є висновок, що свердло плаваючого типу можна використовувати для обробки отворів підвищеної точності, що розширює технологічні можливості верстату. Доведена висока економічна ефективність роботи плаваючих інструментів при свердлінні.
8) Розроблені заходи з охорони праці при роботі на свердлильних верстатах і проаналізована безпека життєдіяльності механічного цеху.

Перелік посилань

1. Егоров, М.Е. Технология машиностроения /М.Е. Егоров, В.И. Дементьев, В.Л. Дмитриев. – М.: Высшая школа, 1976. – 535с.
2. Родин, П.Р. Металлорежущие инструменты: Учебник /П.Р. Родин. 3-е изд. – К.: Выща шк., 1986. – 455с.
3. Родин, П.Р. Основы проектирования режущих инструментов: Учебник /П.Р. Родин. – К.: Выща шк., 1990. – 424с.
4. Лепихов, В.Г. Самоустанавливающиеся инструменты / В.Г. Лепихов. - М.: Машиностроение, 1974. – 77с.
5. Проников, А.С. Металлорежущие станки и автоматы /А.С. Проников и др. – М.: Машиностроение, 1981. – 479с.
6. Пуш, В.Э. Конструирование металлорежущих станков /В.Э. Пуш. – М.: Машиностроение, 1977. – 561с.
7. Винников, И.З. Сверлильные станки и работа на них: Учеб. Пособие. /И.З. Винников. 5-е изд. – М. Всыш.шк., 1988. – 256с.
8. Врагов, Ю.Д. Анализ компоновок металлорежущих станков /Ю.Д. Врагов. – М.: Машиностроение, 1978. – 208с.
9. Балакшин, Б.С. Основы технологи машиностроения /Б.С. Балакшин. – М.: Машиностроение, 1969. – 561с.
10. Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения /А.Ф. Горбацевич. – Минск: Вышейшая школа, 1975. – 288с.
11. Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов: Справочник /Ю.В. Барановский. – М.: Машиностроение, 1972. – 408с.
12. Нагорняк, С.Г. Предохранительные механизмы метало-обрабатывающего оборудования: Справочник / С.Г. Нагорняк, И.В Луцив. – К.: Тэхника, 1992. – 72с.

13. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: монографія/ [Кузнєцов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н.]. – К.: – Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.
14. Гуляев, А.П. Металловедение /А.П. Гуляев. – М.: Машиностроение, 1986. – 272с.
15. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986.
16. Металлорежущие станки: Учебник /В.Э.Пуш и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 575с.
17. Маеров, А.Г. Устройство, основы конструирования и расчет металлооброабатывающих станков и автоматических линий: Учебное пособие / А.Г.Маеров. М.: Машиностроение, 1986.
18. Аверьянов, О.И. Модульный принцип построения станков с ЧПУ / О.И. Аверьянов. – М.: Машиностроение, 1987. – 345с.
19. Дубиняк, С.А. Расчет деталей и узлов металлорежущих станков с использованием ЭВМ: Учеб. пособие /С.А. Дубиняк, С.Г. Нагорняк, И.В. Луцив, И.Д. Дубецкий. – К.: УМК ВО, 1989. -152с.
20. Кузнецов, Ю.М. Теорія технічних систем /Ю.М. Кузнецов, І.В. Луців, С.А. Дубиняк. – К. – Тернопіль, 1997. – 310с.
21. Грановский, Г.И. Резание металлов: Учебник / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. – М.: Высш.шк., 1985. – 304с.
22. Базров Б.М., Технологические основы проектирования самоподнастраивающихся станков / Б.М. Базров. - М.: Машиностроение, 1978. – 216с.
23. Брощак І. Луців І. Аналіз технологічних та геометричних параметрів свердл адаптивного типу для обробки глибоких отворів. – Машинознавство, 2001, №3, с.29-32.

24. Луців І., Стуктурний синтез багатолезового оснащення з кінематичними міжінструментальниим зв'язками. Вісник Тернопільського державного технічного університету, 1997, т.2, №1, с. 78-84.

25. Луців І.В., Шмирко В.І. Зображення конструкцій інструментів для обробки отворів з допомогою графових схем. Матеріали III міжнародної студентської науково-технічної конференції / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 23-24 квітня 2020 року), 2020. Т.1 - С.87-88.

26. Кудинов, В.А. Динамика станков /В.А. Кудинов. – М.: Машиностроение, 1967. – 359с.

27. Кедров С.С. Колебания металлорежущих станков/ С.С. Кедров. – М.: Машиностроение,1978. -199с.

28. Детали и механизмы металлорежущих станков. Под ред. Д.Н.Решетова. В 2-х т. – М.: Машиностроение, 1970.

29. Пановко, Я.Г. Основы прикладной теории упругих колебаний / Я.Г. Пановко. – М.: Машиностроение,1967. - 316с.

30. Луців, І.В. Аналіз ресурсу і конструктивних особливостей свердл адаптивного типу для обробки глибоких отворів. / І.В. Луців, І.І. Брощак // Процеси механічної обробки в машинобудуванні. Зб. наук. праць. Вип. 6 –Житомир: ЖДТУ, 2009. - С.132-143.

31. Анельчик, Д.Є. Система різання: фізичні основи і оптимізація /Д.Є. Анельчик, С.В. Швець, І.В. Луців, І.Д. Дубецький. Під ред. І.В. Луціва. – Одеса-Тернопіль: вид-во ТДТУ, 2000. – 145с.

32. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник / Под ред К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1975. – 430с.

33.Охорона праці : Навч. посіб. / Я.І. Бедрій, Є.О. Геврик, І.Я. Кіт та інші; ред. Є.О. Геврик; Укр. Держ. Лісотехн. Ун-т. – Львів, 2000. – 280с.