

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

« ____ » _____ 20 ____ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: «Фреза дискова для оброблення паперу»

Виконав:

студент VI курсу, групи МІ-91мп

Флашнер В.Ю

Науковий керівник:

к. н., доц.

Бесарабець Ю.Й.

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2020р.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Флашнеру Віталію Юрійовичу

1. Тема дисертації «Фреза дискова для оброблення паперу»,

науковий керівник дисертації Бесарабець Ю.Й., к. н., доц.

затверджені наказом по університету від «3» 11 2020р. №3205-С

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження: процес обробки дисковою фрезою паперу для виготовлення упаковки харчових продуктів.

4. Предмет дослідження: забезпечення необхідної якості при визначених режимах різання і пошук шляхів збільшення продуктивності

5. Перелік завдань, які потрібно розробити :1) Аналіз конструкцій дискових фрез. 2)Розрахунок технологічних параметрів. 3)Дослідження параметрів інструменту. 4) STARTUP проект

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

презентація, кресленник

7. Орієнтовний перелік публікацій

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналітичний розділ	01.11.2020	
2	Технологічний розділ	15.11.2020	
3	Конструкторський розділ	01.12.2020	
4	STARTUP проект	10.12.2020	

Студент

Віталій ФЛАШНЕР

Науковий керівник

Юрій БЕСАРАБЕЦЬ

АНОТАЦІЯ

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 131 – Прикладна механіка. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» ім. І. Сікорського. – Київ, 2020.

На основі аналізу сучасних конструкцій дискових фрез було запропоновано конструкцію фрези для оброблення уступу в багат шаровій картонній упаковці рідких харчових продуктів.

Удосконалено конструкцію дискової фрези шляхом вибору оптимальних режимів різання. Обрано найкращий технологічний маршрут, який задовольняє технологічні, експлуатаційні та економічні показники.

ABSTRACT

MSc thesis by specialty 131 –Applied mechanics. – National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute». – Kyiv, 2020.

Based on the analysis of the modern design of disc cutters, the design of the cutter for processing the ledge into large-sized cardboard packaging of raw food products is proponated.

The design of the disc milling cutter is equipped with a choice of optimal modes of development. Optimal technological route, which is satisfactory technological, exploitation and economical indicators, has been changed.

Ключові слова: фреза, фреза дискова, оброблення паперу, технологічний процес, режими різання.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Розділ 1. Аналітичний розділ.....	8
1.1 Аналіз конструкцій дискових фрез.....	8
1.2 Загальні відомості.....	14
1.3 Вибір заготовки.....	14
1.4 Опис роботи інструменту.....	15
1.5 Аналіз конструкції і геометричних параметрів фрези.....	16
2. Розділ 2. Технологічний розділ.....	18
2.1 Оптимізація технологічного маршруту.....	18
2.2 Розробка базових технологічних маршрутів.....	20
2.3 Узагальнений граф послідовності операцій.....	25
2.4 Розрахунок припусків на механічну обробку.....	40
2.5 Розрахунок режимів різання.....	48
2.6 Оптимізація режимів різання.....	55
3. Розділ 3. Конструкторська частина.....	79
3.1 Визначення геометричних параметрів інструменту.....	79
3.2 Аналітичне визначення параметрів інструменту	79
3.3 Мікронерівності поверхні.....	83
3.4 Оцінка продуктивності обробки.....	84
3.5 Пристосування для заточки дискових фрез.....	84
4. Розділ 4. STARTUP проект.....	86
5. Висновки.....	89
6. Список використаних джерел.....	90

Вступ

Тема: Фреза дискова для оброблення паперу

1. Метою дипломного проекту є вирішення питання по розробці конструкції високопродуктивної дискової фасонної фрези для обробки уступу в багат шаровій картонній упаковці рідких харчових продуктів і технологічного процесу її виготовлення. Збільшити продуктивність обробки.

2. Актуальність:

На сьогоднішній день харчова промисловість гостро потребує використання нових технологій для виготовлення високоякісних упаковок харчових продуктів, для цього необхідний розвиток інструментальної промисловості в цій галузі. Це забезпечить удосконалення технології виготовлення харчових продуктів, підвищить продуктивність.

Розвиток інструментального виробництва, підвищення якості інструментів, скорочення фондів розробки і освоєння виробництва нових інструментів, забезпечення високої точності і стабільності процесів їх виготовлення знаходиться в прямій залежності від досконалості технології.

Ключовою умовою виходу України з економічної кризи є радикальне підвищення науково-технічного рівня виробництва на основі створення та впровадження найбільш прогресивних технологій, машин і устаткування. Визначальна роль у вирішенні цих завдань належить машинобудуванню. Воно покликане в найкоротші терміни забезпечити комплексне технічне і технологічне переозброєння всіх галузей народного господарства.

3. Задачами дослідження є:

- Визначити параметри, які впливають на процес обробки та визначити які фактори на них впливають.
- Сформулювати проблеми та методи їх вирішення.

- Провести аналіз конструкцій аналогічних інструментів.
- Проаналізувати роботи попередніх дослідників цієї теми
- Визначити інструментарій
- Обґрунтувати вибір конструкторської системи.
- Порівняти данні отримані при моделюванні та при випробуванні.

4. Об'єкт і предмет дослідження:

Об'єктом дослідження є процес обробки дисковою фрезою паперу для виготовлення упаковки харчових продуктів, дослідження процесів, які виникають під час різання. Предметом дослідження є забезпечення необхідної якості при визначених режимах різання і пошук шляхів збільшення продуктивності обробки без погіршення якості виробу.

Фреза призначена для обробки уступу в картонній упаковці для рідких харчових продуктів. Фреза обробляє паз, по якому вигинається і склеюється край упаковки всередину пакета. Це забезпечує тривале зберігання продуктів (край упаковки не розмокає).

5. Наукова новизна

Актуальність наукового дослідження визначається тим, щоб підвищити якість виробу шляхом зміни процесу його виготовлення та тим самим покращити характеристики інструменту. Визначити ефективність використання даного інструменту для поставленої задачі.

6. Практичне значення

Вивчення даного питання дозволить в результаті збільшити якість та продуктивність виготовлення картонної упаковки шляхом введення операції фрезерування. Фрезерування, завдяки своїм технологічним показникам (продуктивності, економічності, вартості та іншим показникам), є більш вигідною операцією в порівнянні з іншими видами обробки.

Розділ 1. Аналітичний розділ

1.1 Аналіз конструкцій дискових фрез

Дискова фреза(рис. 1.1) Ціллю виробу являється розширення технологічних можливостей шляхом зміни геометрії леза.

Фреза складається із корпусу 1, в пазу 2 в який за допомогою гвинта 3, клина 4 с канавкою 5 і шарика 6 кріпиться різальна пластина 7, встановлюється на підкладці 8 з сферичною опорною поверхнею 9, яка входить в сферичну виїмку в пазу 2. При цьому центри шарика 6, сферичної виїмки 10 під шарик, сферичної опорної поверхні 9 і сферичної виїмки 11 розташовані в одній точці, а канавка 5 знаходиться на клині 4 на тій його грані, яка розташована паралельно осі затяжного гвинта. Наявність сферичних поверхонь на опорі під різальну пластину і на різальній пластині, центри яких співпадають, дозволяє безступінчасто встановлювати і закріплювати різальну пластину з потрібними геометричними параметрами при обробці різних матеріалів.

Наладка фрези перед роботою здійснюється наступним чином.

Різальна пластина 7 встановлюється в потрібне положення переміщенням сферичної опорної поверхні 9 по сферичній виїмці 11. Потім в сферичну виїмку 10, розташовану на різальній пластині, і в канавку 5 на клині 4 вставляється шарик 6. Переміщення клина 4 в радіальному напрямку здійснюється гвинтом 3. При цьому вибираються всі зазори між спряженими деталями і здійснюється фіксація різальної пластини 7 в потрібному напрямку. Таким чином, створюються потрібні для обробки величини передніх кутів.

Дискова фреза встановлюється на оправку шпинделя станка, подальша робота фрези здійснюється класичним чином.

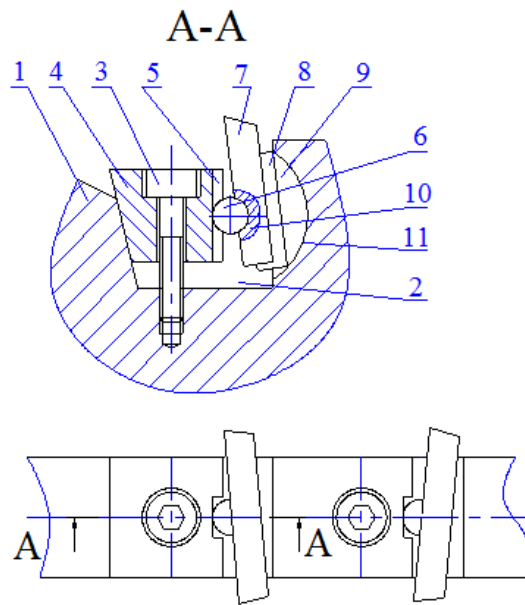


Рис. 1.1 Схематичне зображення дискової фрези

Дискова фреза (рис.1.2)

Ціль виробу – підвищення надійності конструкції шляхом закріплення різальних пластин клинами в осьовому, радіальному і тангенціальному напрямках.

Ціль досягається тим, що в дисковій фрезі, в осьовому пазу корпуса розміщена підложка з різальною пластиною, закріплена клином з гвинтом, і елементи осьового і радіального регулювання різальної пластини, підложка виконана з Г-подібним виступом зі сторони неробочого торця і з нахилом опорної поверхні, при цьому елементи осьової та радіальної настройки різальної пластини виконані у вигляді двох клинів, призначених для взаємодії з похилою опорною поверхнею підложки, а в клині для закріплення різальної пластини зроблено виїмку для взаємодії з головкою гвинта, радіус якої більше радіуса виїмки клина.

Виконання підложки Г-подібної форми с неробочого торця дозволяє забезпечити її установку і фіксацію в пазах корпуса фрези, а наявність внутрішньої радіальної поверхні забезпечує надійну установку різальної

пластини за рахунок підведення під неї опорній підложки. Клини для налаштування розташовуються в осьовому і радіальному напрямках відповідно: в пазу, створеному Г-подібним виступом підложки і боковій поверхні різальної пластинки, між осьовим пазом корпусу і боковою гранню пластинки, а клин-фіксатор, контактуючий з головкою гвинта, знаходиться між тангенціальною опорною поверхнею осьового пазу різцевого вузла і передньою поверхнею різальної пластини.

Позиціювання положення леза пластин здійснюється по взаємно перпендикулярних напрямках двома клинами і в спеціальному пристосуванні з мікрометричною подачею клинів.

Фреза складається з корпусу 1, в гніздах якого встановлюється підложка 3 з клинами для налаштування 3 і 4, різальні пластини 5 і клином фіксатором 6. Гвинтом 7 виконується затягування клина –фіксатора.

При зборці фрези в корпусі 2 встановлюється підложка в зборі з клинами для налаштування 3 і 4, різальною пластиною 5 і клином-фіксатором 6. Всі різальні пластини 5 встановлюються з попереднім натягом. Клин 3 служить для настройки радіального, а клин 4 – для настройки осьового вильоту. Гвинтом 7 виконується остаточне затягування клина фіксатора 6, після чого фреза готова до роботи. Всі операції по налаштуванню виконуються відносно опорної поверхні пристосування[6].

Фреза має підвищену надійність в роботі при знятті значних припусків в умовах чорнового і напівчистового фрезерування.

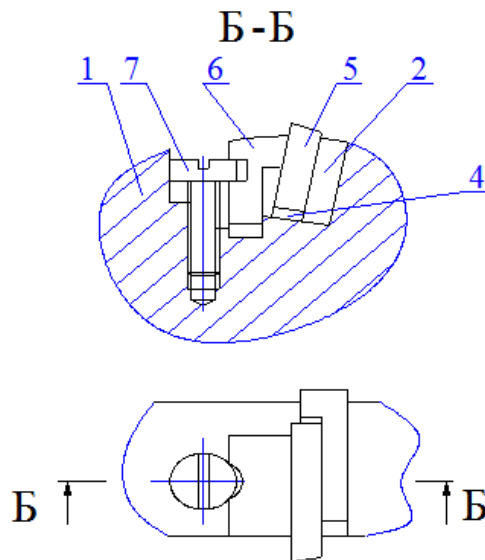


Рис. 1.2

Дискова фреза рис.1.3, у якої ножі мають форму одинарного або подвійного клина с кутом 5° і закріплюються безпосередньо в корпусі. На клині розташовані радіальні, косі або осьові рифлення. Розміри рифлень приймаються по ГОСТ 2568-71.

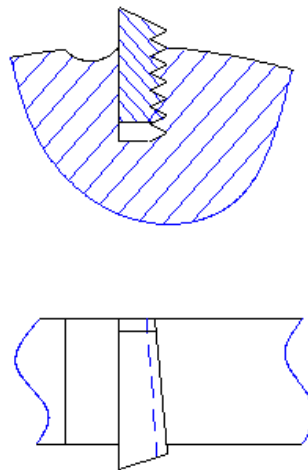


Рис. 1.3. З рифленнями

Дискові фрези рис. 1.4-9 у яких ножі призматичної форми з рифленнями або гладкі закріплюються в корпусі за допомогою клинів, штифтів, круглих втулок з лискою.

Дискові фрези рис.1.10, у яких ножі призматичної форми закріплюються в корпусі ексцентриками або гвинтами.

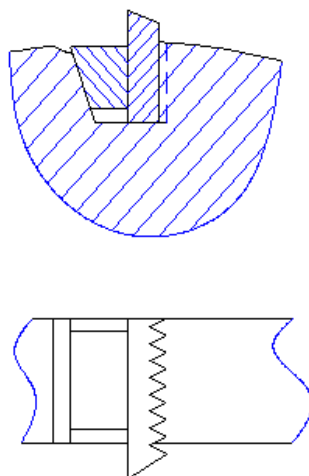


Рис. 1.4. Клин з рифленнями

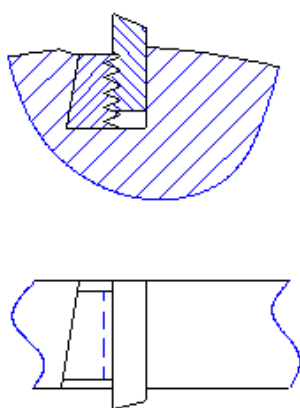


Рис. 1.5. Клин з рифленням

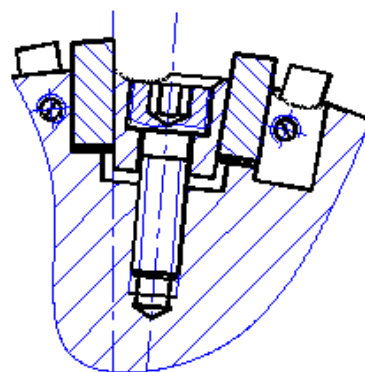


Рис. 1.6. Регульована
конструкція

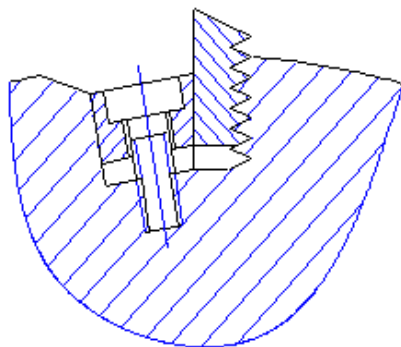


Рис.1.7. Клин з болтом

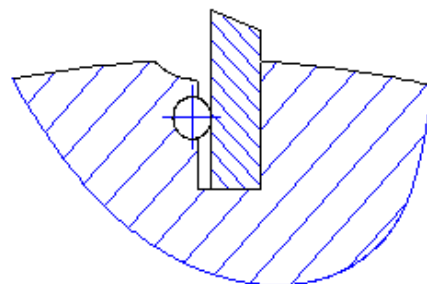


Рис. 1.8 Клин з штифтом

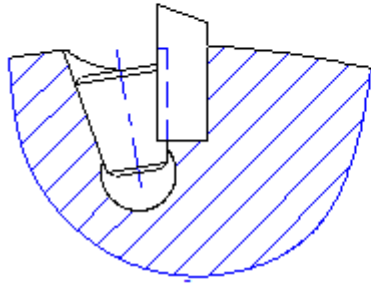


Рис. 1.9. З конічною втулкою

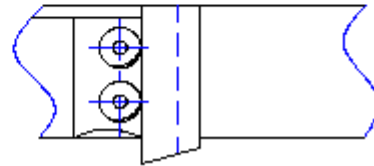
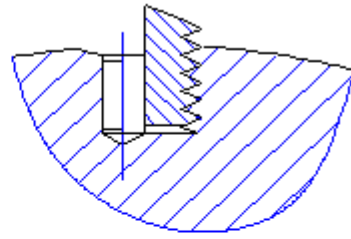


Рис. 1.10. З ексцентриком

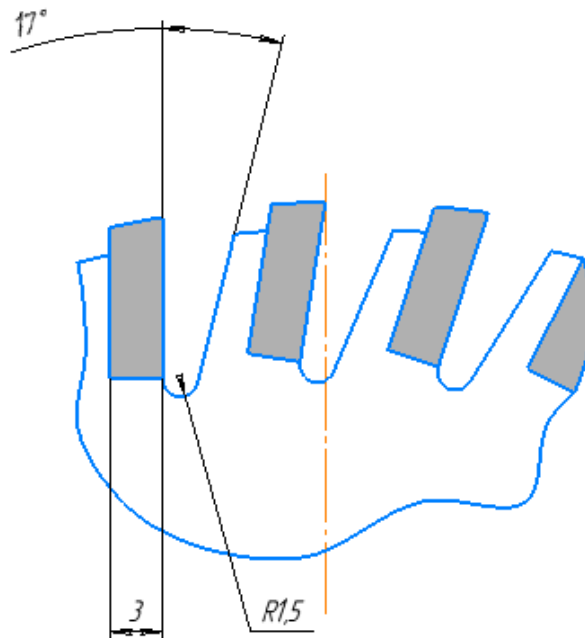


Рис. 1.11. Схема фрези з напаяними
твердосплавними пластинами

Для спрощення конструкції та зменшення вартості виготовлення фрези доцільно буде прийняти фрезу з напаяними твердосплавними пластинами.

Попередньо було прийнято наступну конструкцію(рис. 1.11)

1.2. Загальні відомості

Фреза являється одним із самих поширених інструментів в металообробній промисловості. Із загального устаткування в промисловості фрезерні верстати складають до 18%. Існує цілий ряд виробництв, де фрезерні верстати складають 50-60% від всього заводського парку.

Жоден інструмент не володіє таким розмаїттям типів, форм і призначенням, як фреза. Величезна перевага полягає в тому, що фреза дозволяє виконувати складну обробку найрізноманітніших поверхонь. Фрезерування за своїми технологічними факторами, продуктивністю, економічністю, вартістю та іншими показниками є більш вигідною операцією в порівнянні з іншими видами обробки.

Фрези представляють собою тіла обертання з формою поверхні, яка залежить від форми поверхні яка обробляється і розташування осі відносно деталі. Кінематика процесу фрезерування характеризується обертанням фрези навколо своєї осі і рухом подачі заготовки[1].

1.3. Вибір заготовки

1. Відрізка з прутка дисковою пилкою.

2. Кування з попереднім утворенням отвору і зовнішніх контурів деталі з припуском під подальшу обробку.

Так як в даному випадку тип виробництва дрібносерійний, найбільш підходящим методом отримання заготовки буде відрізка дисковою відрізною фрезою від прутка.

Твердосплавні пластини виготовляються методом пресування в прес-формах на гідравлічних пресах з наступним спіканням в печах.

1.4. Опис роботи інструменту

Розроблювана фреза призначена для обробки уступу в упаковці для рідких харчових продуктів, яка складається з декількох шарів, а саме між шарами картону знаходиться шар особливої глини, яка є досить абразивною і ускладнює обробку. Фреза обробляє паз, по якому згинається і склеюється край упаковки во всередину пакета. Це забезпечує довготривале зберігання продуктів (край упаковки не розмокає). Форма і розміри поверхні яка обробляється фрезою зображені на рисунку.

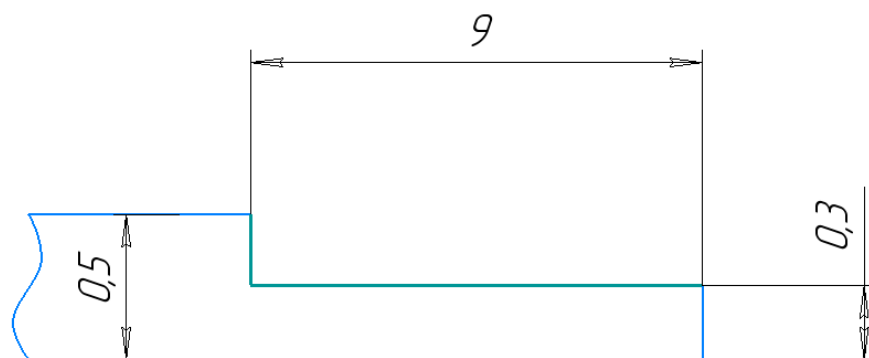


Рис. 1.12 Профіль обробленого матеріалу

Типорозмір

Так як фрезерна бабка є складовою частиною конвеєра для виготовлення пакетів, розміри знову виготовленої фрези повинні відповідати кресленням (дивитися додаток). Підлаштування руху фрезерної бабки виконуються в дуже вузьких межах. У зв'язку з цим переточування фрези можлива тільки до $\varnothing 116,7$. На застосування фрез менше $\varnothing 116,7$ та більше $\varnothing 118,2$ конвеєр не розрахований.

1.5. Технічні умови

1. Фрези повинні виготовлятися у відповідності з кресленням.
2. Корпус фрези виготовляється зі сталі 40Х ГОСТ 4543-80. Допускається виготовлення корпусу зі сталі 45 ГОСТ 1050-84.
3. Різальні пластини виготовляються з твердого сплаву ВК6-ОМ ГОСТ 3882-74. Макроструктура пластин по ГОСТу 4872-75. Форма і розміри пластин по ГОСТу 25395-82. Інші технічні вимоги по ГОСТ 2209-82.
4. Перед пайкою пластини повинні бути пошліфувати по контактним поверхням. Шорсткість Ra 0,8 ... 1,25 мкм.
5. Паяти на срібний припій ПСр40. Допускається застосовувати припій ПСр50Кд. Непропаї і пористість шва не допускаються.

1.5. Аналіз конструкції і геометричних параметрів фрези.

Діаметр фрези $\varnothing 118,11_{-0,01}^{+0,01}$ мм

Діаметр посадочного отвору $\varnothing 32H6$

Ширина фрези 9,5 мм

Кількість зубів $Z=50$

Геометричні параметри:

Інструментальний передній кут $\gamma_n=7^\circ$

Інструментальний задній кут $\alpha_n=10^\circ$

Кут нахилу різальної кромки $\lambda_n=15^\circ$

Фреза працює при наступних режимах:

Кількість обертів – $n=11000$ об/хв. При цьому швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{\pi \cdot 118 \cdot 11000}{1000} = 4077 \text{ м / хв}$$

або 68м/с [1, с. 290];

Хвилинна подача $S_m = 600 \text{ м/хв}$ або 600000 мм/хв . Подача на оберт при цьому буде: $S_o = S_m / n = 600000 / 11000 = 54,55 \text{ мм/об}$. Подача на зуб визначається за формулою [1, с. 284]:

$$S_z = \frac{S_o}{z}$$

Проаналізуємо подачу на зуб в залежності від кількості зубів фрези. Так при $z = 50$ (базова конструкція фрези) подача на зуб буде

$$S_z = 1,091 \text{ мм/зуб}.$$

Така фреза показує задовільні результати за якістю обробки і стійкістю.

Розділ 2. Технологічний розділ

Основною метою проектування нових технологічних процесів є докладний опис процесів виготовлення даного інструменту з необхідними техніко-економічними розрахунками та обґрунтуванням прийнятого варіанта. Рациональний підхід при розробці технологічного процесу виготовлення фрези повинен враховувати особливості методу отримання заготовки, механічної обробки, спрямованих на досягнення заданих експлуатаційних показників.

2.1. Оптимізація технологічного маршруту за мінімальною собівартістю.

Для вирішення задачі вибору маршруту виготовлення дискової фасонної фрези, при заданих умовах виробництва скористаємося методикою оптимізації технологічних маршрутів по логічним критеріям-умов, які полягають в наступному:

1. Виконуємо аналіз креслення, технологічних вимог, ГОСТів та умов. На основі аналізу визначають основні логічні критерії.

2. На підставі заданих вимог з урахуванням можливостей даного виробництва розробляються різні варіанти базових технологічних маршрутів. На їх основі складається узагальнений маршрут.

3. Будуємо узагальнений граф послідовності операцій.

4. Проводимо оцінку (аналіз) можливих варіантів технологічних маршрутів. Після цього проводимо оцінку і складаємо матрицю задовольняючу технологічні умови.

5. Визначається потужність кожного з маршрутів, як інтегруючий показник логічних умов і в якості оптимальних вибираємо найбільш потужний технологічний маршрут. Логічні умови вибору операцій поділяються на три групи: технологічна, експлуатаційна та економічна. Стосовно до дискових фасонним складовим фрез логічними вимогами-умовами є наступні показники:

Технологічні показники:

- A1 - шорсткість поверхні;
- A2 - точність виготовлення посадочного отвору;
- A3 - точність геометричних параметрів;
- A4 - точність зовнішніх діаметрів;
- A5 - точність виготовлення стружкової канавки;
- A6 - радіальне биття;
- A7 - торцеве биття;
- A8 - якість заточки;
- A9 - точність виготовлення торців

Експлуатаційні показники:

- A10 - підвищення терміну служби;
- A11 - підвищення стійкості;
- A12 - забезпечення високої експлуатаційної міцності;
- A13 - опір вібраціям і викришуванню;
- A14 - зниження появи мікротріщин;

Економічні показники:

- A15 - економія матеріалу;
- A16 - збільшення продуктивності;
- A17 - зниження собівартості;
- A18 - зниження трудомісткості виготовлення;
- A19 - економія допоміжних інструментів і матеріалів;
- A20 - скорочення робочої сили;
- A21 - коефіцієнт використання матеріалу.

2.2 Розробка базових технологічних маршрутів:

При побудові базових технологічних маршрутів виготовлення дискових фасонних фрез необхідно вирішувати два завдання: визначення переліку можливих операцій стосовно нашого виробництва і послідовність їх виконання. Вирішення цих завдань вимагає виявлення закономірностей технологічного проектування, які роблять їх різноманітними і спрямованими на забезпечення вимог до якості інструменту до місця обраної операції в технологічному маршруті.

Розробку технологічного маршруту будемо проводити на підставі наступних базових маршрутів:

М1 - технологічний маршрут на підставі довбання паза, фрезерування місця під пластину дисковою фрезою і пайки пластин водневим пальником;

М2 - технологічний маршрут на основі протягування паза, обробки місця під пластину кінцевий фрезою і пайки ТВЧ;

М3 - технічний маршрут на основі отримання місця під пластину шляхом довбання фасонним різцем і електроконтактної пайки;

М4 - технічний маршрут на основі довбання паза, і з'єднання пластин дифузійним зварюванням;

М5 - технологічний маршрут на основі довбання паза, фрезерування місця під пластину дисковими фрезами.

Так як у нас експериментальне виробництво, на підставі цього записуємо перелік операцій, стосовно до даного типу виробництва в послідовності їх виконання. І на базі розроблених технологічних маршрутів будуємо узагальнений базовий маршрут.

Відповідно до типових виробничих циклів виготовлення дискових фасонних фрез, впорядковані операції, що входять в узагальнений маршрут групи представляють собою:

Заготівельні операції:

Аз1 - відрізка заготовок дисковими пилами для виготовлення дискової фасонної фрези на відрізному верстаті;

Аз2 - одержання заготовок фрези методом штампування;

Аз3 - одержання заготовок методом поковки;

Аз4 - відрізка заготовок пилами на ножівковому верстаті;

Аз5 - гідроабразивне різання на апараті;

Механічні операції:

Ам1 - токарна обробка на токарному верстаті;

Ам2 - токарна обробка на токарному верстаті на цанговій оправці;

Ам3 - довбання паза на довбальному верстаті;

Ам4 - протяжка паза на протяжному верстаті;

Ам5 - фрезерування місця під пластину кінцевою фрезою на вертикально фрезерному верстаті;

Ам6 - довбання місця під пластину фасонним різцем;

Ам7 - фрезерування місця під пластину дисковими фрезами;

Ам8 - фрезерування місця під пластину дисковою фасонною фрезою;

Ам9 - шліфування отвору та торця на внутрішньошліфувальному верстаті та другого торця на плоскошліфувальному верстаті;

Термічні операції:

Ат 1 – термічна обробка;

З'єднувальні операції:

Ас1- пайка пластин твердого сплаву методом ТВЧ;

Ас2 - пайка електролізним методом (водневий пальник);

Ас3 - пайка електроконтактним методом;

Ас4 - з'єднання пластин методом дифузійного зварювання.

Очисні операції.

Ао1 - хімічне очищення;

Ао2 - очищення від флюсу і окалини на піскоструйному апараті.

Фінішні операції:

АФ1 - шліфування по зовнішньому діаметру в розмір на круглошліфувальному верстаті;

АФ2 - шліфування по зовнішньому діаметру на заточному верстаті;

АФ3 - шліфування торців зубів на круглошліфувальному верстаті;

АФ4 - шліфування торців зубів на заточному верстаті;

АФ5 - шліфування торців зубів на круглошліфовальному верстаті;

АФ6 - шліфування торців зубів на плоскошліфувальному верстаті (з базового торця);

АФ7 - заточка по передній площині на заточному верстаті;

АФ8 - затилювання по Архімедовій спіралі на затиловочному верстаті;

АФ9 - заточка по задній поверхні на заточному універсальному верстаті по площині;

АФ10 - заточка по задній поверхні на заточному автоматі;

Афм1 - маркування на електрохімічній установці;

Афм2 - маркування електрографічній установці;

Афм3 - маркування на лазерній установці;

Афм4 - клеймування на клеймувальному верстаті;

Афк1 - контроль геометрії передньої та задньої поверхні, кутів;

Технологічні та узагальнені базові маршрути

Таблиця 2

Операція	№	Позначення операції	Базові маршрути					Узагальнений базовий маршрут
			М1	М2	М3	М4	М5	
Заготівельна	1	Аз1	+					+
	2	Аз2		+				+
	3	Аз3			+			+
	4	Аз4				+		+
	5	Аз5					+	+
Механічна	6	Ам1	+		+	+		+
	7	Ам2		+			+	+
	8	Ам3	+	+				+
	9	Ам4			+	+	+	+
	10	Ам5		+		+		+
	11	Ам6			+			+
	12	Ам7	+					+
	13	Ам8					+	
Термічна	14	Ат1	+	+	+	+	+	+

Механічна з'єднувальна	15	Ам9	+	+	+	+	+	+
	16	Ас1		+				+
	17	Ас2	+				+	+
	18	Ас3			+			+
	19	Ас4				+		+
Очистка	20	Ао1		+	+			
	21	Ао2	+			+	+	+
Фінішна	22	Аф1	+	+		+		+
	23	Аф2			+		+	+
	24	Аф3		+		+		+
	25	Аф4			+			+
	26	Аф5	+					+
	27	Аф6					+	+
	28	Аф7	+	+	+	+	+	+
	29	Аф8		+			+	+
	30	Аф9	+			+		+
	31	Аф10			+			+
	32	Афм1		+		+		+
	33	Афм2	+					+

34	Афм3			+			+
35	Афм4					+	+
36	Афк1	+	+	+	+	+	+

2.3 Узагальнений граф послідовності операцій

Узагальнення послідовності операцій з різним ступенем їх роздільності направлено на проектування різних варіантів технологічних процесів і тісної їх ув'язки з конкретними умовами виготовлення. Загальний стан речей проектування технологічних процесів знаходить своє відображення в графах технологічних маршрутів. Розроблений граф виготовлення дискової фасонної фрези включає в себе всі можливі варіанти послідовності операцій. Повторення різних операцій визначається кількістю відомих аналогічних операцій.

Таблиця 3

Взаємозв'язок між умовами якості виготовлення з різноманітними
варіантами операції узагальненого маршрута

Операція	Елементи масива логічних умов			К-ть логічних умов, η_i		
	Технологічні	Експлуатаційні	Економічні	Технологічні	Експлуатаційні	Економічні
Аз1	А1,	-	А16,А17,А18,А19	1	-	4
Аз2	А1,А2,А4,А9	-	А15,А16,А20	4	-	3

Aз3	A1	-	A16,A18	1	-	2
Aз4	A1,A3	-	A17,A18,A19	2	-	3
Aз5	A1,A2	-	A16,A18	2	-	2
Am1	A1,A2,A6, A7,A9	-	A17,A19,A20	5	-	3
Am2	A1,A2,A6, A7,A9	-	A16,A18, A19,A20	5	-	4
Am3	A3	-	A16,A17, A18,A19,A20	1	-	5
Am4	A1	-	A19,A20	1	-	2
Am5	A1,A3,A5, A6,A7	-	A19,A20	5	-	2
Am6	A1,A6,A7	-	A19	3	-	1
Am7	A1,A3,A5, A6,A7	-	A19,A20	5	-	2
Am8	A1,A6,A7	-	A19	3	-	1
At1	A1,A6,A7	A10,A12	A18	3	2	1
Am9	A1,A2,A6, A7,A9	A13	A15,A19,A21	5	1	3
Ac1	A3,A4,A6, A7	A12	A18,A21	4	-	2
Ac2	A3,A4,A6, A7	A10- A14	A15- A19,A21	4	5	6

Ac3	A3,A4,A6	A10	A15,A16,A21	3	1	3
Ac4	A3,A4,A6,A7	A10-A12	A21	4	3	1
Ao1	-	-	A15,A19	-	-	2
Ao2	-	-	A16,A19	-	-	2
Aφ1	A1,A3,A4,A6	A13,A14	A17,A19	4	2	2
Aφ2	A1,A6	A14	A17	2	1	1
Aφ3	A1,A7,A9	A13,A 14	A15,A16	3	2	2
Aφ4	A1,A3,A7,A9	A14	A15,A16, A17,A19	4	1	4
Aφ5	A1,A3,A7,A9	A14	A15,A16	4	1	2
Aφ6	A1,A3,A7,A9	A14	A15,A16, A19,A20	4	1	4
Aφ7	A1, A3,A8	A10-A13	A15,A16,A20	3	4	3
Aφ8	A1,A3,A8	A10- A14	A15	3	5	1
Aφ9	A1,A3,A4, A6,A8	A10- A14	A15,A19	5	5	2
Aφ10	A1,A3,A6, A8	A10,A 12	A15,A16,A 17,A20	4	2	4
Aφм1	-	-	A18	-	-	1
Aφм2	-	-	A16,A17	-	-	2
Aφм3	-	-	A15,A16	-	-	2

Афм4	-	-	A15,A20	-	-	2
Афк1	-	-	-	-	-	-

На основі таблиці 3 складаємо матрицю задовольняючу логічні умови по операціях, визначаючи значення ефективності для кожної операції, користуючись наступною формулою:

$$N = \frac{\eta_i}{\sum A_i},$$

η_i – кількість умов, задовольняючих операцію .

$\sum A_i$ – загальна кількість умов по групах. Отриманий результат зводимо в таблиці 4,5,6

Таблиця 4

Матриця відповідності технологічним умовам

Код операції	Маршрути									
	M1		M2		M3		M4		M5	
	η	N	η	N	η	N	η	N	η	N
Aз1	1	0,25								
Aз2			4	0,66						
Aз3					1	0,33				
Aз4							2	0,4		
Aз5									2	0,5
Ам1	5	0,625			5	0,625	5	0,625		

Ам2			5	0,55					5	0,55
Ам3	1	0,16	1	0,16			1	0,16		
Ам4					1	0,33			1	0,33
Ам5			4	0,66			4	0,66		
Ам6					3	0,75			3	3
Ам7	5	0,55					4	2		
Ам8									3	0,7 5
Ат1	3	0,5	3	0,5	3	0,5	3	0,5	3	0,5
Ам9	5	0,55	5	0,55	5	0,55	5	0,55	5	0,55
Ас1			4	0,57						
Ас2	4	0,26							4	0,26
Ас3					3	0,428				
Ас4							4	0,5		
Ао1			-	-	-	-				
Ао2	-	-					-	-	-	-
Аф1	4	0,5	4	0,5			4	0,5		
Аф2					2	0,5			2	0,5
Аф3			3	0,42			3	0,42		
Аф4					4	0,44				
Аф5	4	0,57								
Аф6									4	0,44

Аф7	3	0,3	3	0,3	3	0,3	3	0,3	3	0,3
Аф8			3	0,33					3	0,33
Аф9	5	041					5	041		
Аф10					4	0,4				
Афм1			-	-			-	-		
Афм2	-	-								
Афм3					-	-				
Афм4									-	-
Афк1										
Заг.	40	4,657	39	5,2	34	5,153	39	5,025	35	5,01

Матриця відповідності експлуатаційним умовам

Табл.5

Код опера ції	Маршрути									
	M1		M2		M3		M4		M5	
	η	N	η	N	η	N	η	N	η	N
Aз1	-	-								
Aз2			-	-						
Aз3					-	-				
Aз4							-	-		
Aз5									-	-
Ам1	-	-			-	-	-	-		
Ам2			-	-					-	-
Ам3	-	-	-	-			-	-		
Ам4					-	-			-	-
Ам5			-	-			-	-		

Ам6					-	-				
Ам7	-	-								
Ам8									-	-
Ат1	2	0,33	2	0,33	2	0,33	2	0,33	2	0,33
Ам9	2	0,33	2	0,33	2	0,33	2	0,33	2	0,33
Ас1			1	0,14						
Ас2	5	0,33			-	-			5	0,33
Ас3					1	0,14				
Ас4							3	0,375		
Ао1			-	-	-	-				
Ао2	-	-					-	-	-	-
Аф1	2	0,25	2	0,25			2	0,25		
Аф2					1	0,25			1	0,25
Аф3			2	0,28			2	0,28		
Аф4					1	0,11				
Аф5	1	0,14								
Аф6									1	0,11
Аф7	4	0,4	4	0,4	4	0,4	4	0,4	4	0,4
Аф8			5	0,55					5	0,55
Аф9	5	0,41					5	0,41		
Аф10					2	0,2				
Афм1			-	-			-	-		
Афм2	-	-								
Афм3					-	-				
Афм4									-	-
Афк1										
Заг.	21	2,19	18	2,28	14	1,76	18	2,375	20	2,3

Код операції	Маршрути									
	M1		M2		M3		M4		M5	
	η	N	η	N	η	N	η	N	η	N
Aз1	4	0,8								
Aз2			3	0,428						
Aз3					2	0,66				
Aз4							3	0,6		
Aз5									2	0,5
Ам1	3	0,375			3	0,375	3	0,375		
Ам2			4	0,44					4	0,44
Ам3	5	0,83	5	0,83			5	0,83		
Ам4					2	0,66			2	0,66
Ам5			2	0,33			2	0,33		
Ам6					1	0,25				
Ам7	7	0,44								
Ам8									1	0,25
Ат1	1	0,16	1	0,16	1	0,16	1	0,16	1	0,16
Ам9	3	0,33	3	0,33	3	0,33	3	0,33	3	0,33
Ас1			2	0,28						
Ас2	6	0,4							6	0,4

Ac3					3	0,428				
Ac4							1	0,125		
Ao1			2	1	2	1				
Ao2	2	1					2	1	2	1
Aφ1	2	0,25	2	0,25			2	0,25		
Aφ2					1	0,25			1	0,25
Aφ3			2	0,28			2	0,28		
Aφ4					4	0,44				
Aφ5	2	0,28								
Aφ6	4	0,44							4	0,44
Aφ7	3	0,3	3	0,3	3	0,3	3	0,3	3	0,3
Aφ8			1	0,11					1	0,11
Aφ9	2	0,16					2	0,16		
Aφ10					4	0,4				
Aφм1			1	1			1	1		
Aφм2	2	1								
Aφм3					2	1				
Aφм4									2	1
Aφк1										
Заг.	39	6,325	31	5,738	31	6,253	30	5,74	32	5,84

Узагальненні значення ефективності для кожного маршруту

Логічні умови	Маршрути									
	M1		M2		M3		M4		M5	
	$\Sigma\eta$	ΣN	$\Sigma\eta$	ΣN	$\Sigma\eta$	ΣN	$\Sigma\eta$	ΣN	$\Sigma\eta$	ΣN
Технологічні	40	4,657	39	5,2	34	5,153	39	5,025	35	5,01
Експлуатаційні	21	2,19	18	2,28	14	1,76	18	2,375	20	2,3
Економічні	39	6,325	31	5,738	31	6,253	30	5,74	32	5,84
Σ	100	13,172	88	13,218	79	13,166	87	13,14	87	13,15

На підставі таблиці 7 можна зробити висновок, що технологічний маршрут M1 є найкращим, так як він має найвищий коефіцієнт ефективності і даний технологічний маршрут виділяється на узагальненому графі (дивись малюнок 4). Для побудови графіка потужності технологічних маршрутів необхідно визначити відносну ефективність по групах, користуючись наступними залежностями:

$$n = \frac{C_{ji}}{n_{ji}}; N_k = \frac{C_j}{C_{0ji}}; n_{cp} = \frac{\sum n_{on}}{\sum A_i}; E = \frac{n_{cp}}{N},$$

де C_{ji} –кількість умов, задовольняючих ці умови;

n_{ji} –сума операцій, задовольняючих ці умови;

C_j –кількість операцій в технологічному маршруті; $C_j = 38$

C_{oji} – кількість операцій в узагальненому базовому маршруті; $C_{oji} = 34$

Всі розрахунки і значення зводимо в таблицю 8

Таблица 8

Таблиця відповідності окремих вимог операцій

Група	Умова	Операції, які відповідають цим умовам, n_{ji}	Σn_{ji}
Технологічні	A1	Aз1, Aз2, Aз3, Aз4, Aз5, Ам1, Ам2, Ам4, Ам5, Ам6, Ам7, Ам8, Ат1, Ам9, Аф1, Аф2, Аф3, Аф4, Аф5, Аф6, Аф7, Аф8, Аф9, Аф10	24
	A2	Aз2, Aз5, Ам1, Ам2, Ам9	5
	A3	Aз4, Aз3, Ам5, Ам7, Ас1, Ас2, Ас3, Ас4, Аф1, Аф4, Аф5, Аф6, Аф7, Аф8, Аф9, Аф10	16
	A4	Aз2, Aз5, Ас1, Ас2, Ас3, Ас4, Аф1, Аф9	8
	A5	Ам7	1
	A6	Ам1, Ам2, Ам5, Ам6, Ам7, Ат1, Ам8, Ат1, Ам9, Ас1, Ас2, Ас3, Ас4, Аф1, Аф2, Аф9, Аф10	17
	A7	Ам1, Ам2, Ам5, Ам6, Ам7, Ат1, Ам8, Ам9, Ас1, Ас2, Ас4, Аф3, Аф4, Аф5, Аф6,	15
	A8	Аф7, Аф8, Аф9, Аф10	4
	A9	Aз2, Ам1, Ам2, Ам9, Аф3, Аф4, Аф5, Аф6	8

Експлуатаційні	A10	Ат1,Ас2,Ас3,Ас4,Аф7,Аф8,Аф9,Аф10	8
	A11	Ас2,Ас4,Аф7,Аф8,Аф9	5
	A12	Ас1,Ас2,Ат1,Ас4,Аф7,Аф8,Аф9,Аф10	8
	A13	Ам9,Ас2,Аф1,Аф3,Аф7,Аф8,Аф9	7
	A14	Ас2,Аф1,Аф2,Аф3,Аф4,Аф5,Аф6,Аф8,Аф9	9
Економічні	A15	Аз2,Ам9,Ас2,Ас3,Ао1,Аф3,Аф4,Аф5,Аф6,Аф7,Аф8,Аф9,Аф10,Афм3,Афм4	15
	A16	Аз1,Аз2,Аз3,Аз5,Ам2,Ам3,Ам5,Ам7,Ас2,Ас3,Ао2,Аф3,Аф4,Аф5,Аф6,Аф7,Аф10,Афм2,Афм3	18
	A17	Аз1,Ам1,Ам3,Ам7,Ас2,Аф1,Аф2,Аф4,Аф6,Аф10,Афм2	11
	A18	Аз1,Аз3,Аз4,Аз5,Ам2,Ам3,Ам7,Ат1,Ас1,Ас2,Афм1	11
	A19	Аз1,Аз4,Ам1,Ам2,Ам3,Ам4,Ам5,Ам6,Ам7,Ам8,Ам9,Ас2,Ао1,Аф1,Аф4,Аф9	17
	A20	Аз2,Ам1,Ам2,Ам3,Ам4,Ам5,Аф6,Аф7,Аф10,Афм4	10
	A21	Ам9,Ас1,Ас2,Ас3,Ас4	5

Умов а	Маршрут									
	М1		М2		М3		М4		М5	
	C _{ji}	n _{оп}	C _{ji}	n _{оп}	C _{ji}	n _{оп}	C _{ji}	n _{оп}	C _{ji}	n _{оп}
A1	9	0,38	9	0,38	10	0,42	9	0,38	10	0,42
A2	2	0,40	3	0,60	2	0,40	2	0,40	3	0,60
A3	7	0,44	6	0,38	4	0,25	7	0,44	4	0,25
A4	3	0,38	3	0,38	1	0,13	3	0,38	1	0,13
A5	1	1,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
A6	7	0,41	6	0,35	7	0,41	7	0,41	6	0,35
A7	6	0,40	6	0,40	5	0,33	6	0,40	6	0,40
A8	2	0,50	2	0,50	2	0,50	2	0,50	2	0,50
A9	3	0,38	4	0,50	3	0,38	3	0,38	3	0,38
A10	4	0,50	3	0,38	4	0,50	4	0,50	4	0,50
A11	3	0,60	2	0,40	1	0,20	3	0,60	3	0,60
A12	4	0,50	4	0,50	3	0,38	4	0,50	4	0,50
A13	5	0,71	5	0,71	3	0,43	5	0,71	4	0,57
A14	4	0,44	3	0,33	2	0,22	3	0,33	4	0,44
A15	5	0,33	6	0,40	6	0,40	4	0,27	6	0,40
A16	8	0,44	5	0,28	6	0,33	4	0,22	6	0,33

A17	7	0,64	2	0,18	4	0,36	4	0,36	3	0,27
A18	5	0,45	5	0,45	2	0,18	4	0,36	4	0,36
A19	9	0,53	6	0,35	6	0,35	8	0,47	6	0,35
A20	3	0,30	5	0,50	4	0,40	4	0,40	5	0,50
A21	2	0,40	1	0,20	2	0,40	2	0,40	2	0,40
Σn_{on}		10,13		8,17		6,97		8,41		8,26
N_k	0,305		0,305		0,305		0,305		0,305	
n_{cp}	1,10		0,09		0,08		0,09		0,09	
E	0,083		0,0068		0,006		0,0068		0,068	

Відносна ефективність маршрутів по групах показників Табл. 10

Показник		Маршрут					
		M1	M2	M3	M4	M5	M _{пр}
Технологічні	Σn_{on}	4,27	3,48	2,81	3,27	3,02	4,27
	n_{cp}	0,106	0,089	0,082	0,083	0,086	0,106
	E	0,022	0,017	0,016	0,016	0,017	0,022
Експлуатаційні	Σn_{on}	2,76	2,32	1,73	2,65	2,62	1,73
	n_{cp}	0,13	0,128	0,123	0,147	0,131	0,123
	E	0,06	0,056	0,07	0,061	0,056	0,07

Економічні	Σn_{on}	3,10	2,37	2,43	2,49	2,62	2,49
	n_{cp}	0,079	0,076	0,078	0,083	0,081	0,083
	E	0,012	0,013	0,012	0,014	0,014	0,014

На підставі даної таблиці будуємо графік потужності маршрутів

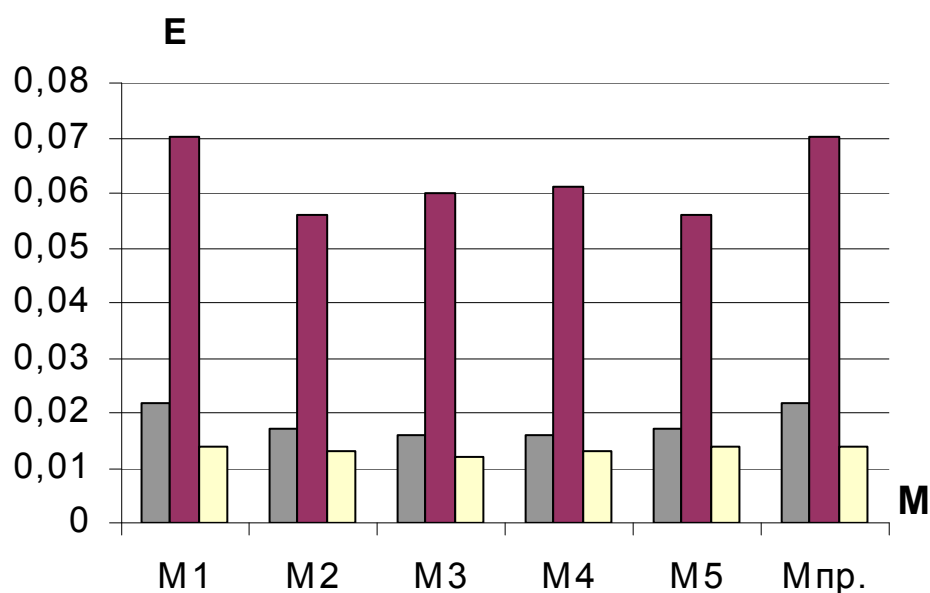


Рис 2.1 Графік потужності маршрутів

В результаті аналізу порівнянних технологічних маршрутів виготовлення інструменту і факторів, що впливають був вибраний оптимальний маршрут:

005 Відрізна. Відрізка заготовки на відрізному верстаті дисковою пилюкою з прутка $\varnothing 120\text{мм}$. Верстат 8Г6432

010 Токарна. Точити торець, обробити отвір (свердління, розточування), свердло $\varnothing 30\text{мм}$, розточуємо в розмір 31,8мм, обробити другий торець в розмір 10мм, обробити по зовнішньому діаметру $\varnothing 115-0,1$ Верстат з ЧПК 16K20T102.

015 Довбальна. Довбати шпонковий паз (8Н9). Довбальний верстат 7А412

020 Фрезерна. Фрезерувати паз під пластиною, фрезерувати місце для сходу стружки і виходу шліфувального круга, фрезерувати скіс. Горизонтально-фрезерний верстат 6P80.

025 Зачисна. Зачистка задирок (напилком)

030 Термічна обробка. HRC 42 ... 45.

035Пайка. Паяти пластиною з твердого сплаву.

040 Очищення від флюсу і окалини (на піскоструминному апараті).

045 Шліфувальна. Шліфувати твердосплавні пластиною по зовнішньому діаметру і одному торця. Заточний верстат 3Д642Е. Шліфувати розмір отвору і торець з однієї установки. Внутрішньо шліфувальний верстат 3К225А. Шліфувати другий торець на твердосплавних пластинах. Заточний станок 3Д642Е. Шліфувати другий торець корпусу. Внутрішньо шліфувальний верстат 3К225А.

050 Кругло шліфувальна. Шліфувати по зовнішньому діаметру в розмір. Шліфувати торець пластин в розмір. Кругло шліфувальний верстат 3Т153Е.

055 Заточна. Заточка по передній поверхні. Заточка задньої поверхні. Заточний верстат 3Д642Е.

060 Контрольна. Контроль геометрії передньої і задньої поверхні.

2.4 Розрахунок припусків на механічну обробку

Для визначення припуску на механічну обробку в машинобудуванні використовують дослідно-статистичний (табличний) або розрахунково-аналітичний методи.

Дослідно-статистичний метод застосовують в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва при виготовленні простих і порівняно простих деталей, і забезпечує призначення загальних і операційних припусків за спеціальними таблицями, складеними на підставі узагальнених даних передових заводів. Він не враховує послідовність механічної обробки, схеми

установки заготовки і похибки попередньої обробки. Тому прийняті припуски в цьому випадку є завищеними, і технолог не може намітити шляхи їх зниження.

Однак дослідно-статистичний метод істотно скорочує витрати часу на розрахунок припусків і тим самим сприяє зниженню тривалості технологічної підготовки виробництва.

Розрахунково-аналітичний метод можна застосовувати в умовах масового, крупносерійного і серійного виробництва, а також в умовах одиничного виробництва при випуску складних дорогих деталей важкого машинобудування. Він враховує умови реалізації технологічного процесу, виявляє можливості економії металу і зниження трудомісткості механічної обробки як на етапі проектування нових, так і при аналізі існуючих технологічних процесів.

У даній роботі будуть розраховані розрахунково-аналітичним методом припуски на механічну обробку однієї найбільш точних поверхонь ($\varnothing 32H6$), а припуски на механічну обробку інших поверхонь будуть призначені дослідно-статистичним (табличним) методом.

Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків

Мінімальний операційний припуск визначають наступні чинники:

- висота нерівностей Rz_{i-1} , отримана на суміжній попередньої операції (переході), яка залежить від методу, режимів і умов попередньої операції. При виконанні першої операції Rz_{i-1} вибирають по вихідній заготовці, тобто з огляду на метод її отримання.

- глибина дефектного шару металу h_{i-1} , що виникає після попередньої обробки в зв'язку з зниженням вмісту вуглецю, корозією, наклепом, утворенням тріщин і т. д. Цей шар підлягає повному або частковому видаленню при виконанні операції. Величина дефектного шару металу для різних видів механічної обробки знаходиться за таблицями.

Тоді шар металу, що підлягає зняттю при виконанні операції і залежить від зазначених факторів, дорівнює:

для тіл обертання

$$W_i = 2 \times (R_{Z_{i-1}} + h_{i-1}),$$

при односторонній обробці:

$$W_i = R_{Z_{i-1}} + h_{i-1}.$$

- просторове відхилення Δ_{i-1} - розташування поверхні яка обробляється щодо базових поверхонь заготовки. До просторових відхилень відносяться кривизна і корозія заготовки, ексцентричність отвору щодо зовнішньої поверхні, непаралельність і неперпендикулярність осей і поверхонь, а також інші відхилення у взаємному положенні елементів деталі. Величина просторових відхилень залежить від конфігурації і розмірних співвідношень деталей. Сумарне значення $\Delta_{\Sigma i-1}$ визначається як векторна сума просторових відхилень

$$\overline{\Delta_{\Sigma i-1}} = \sum_{j=1}^l \overline{\Delta_j},$$

де $\overline{\Delta_j}$ - елементарне просторове відхилення, яке має величину і напрямок;

l – число елементарних просторових відхилень, формуючих $\Delta_{\Sigma i-1}$.

При обробці плоских поверхонь сумарне значення просторових відхилень визначається як арифметична сума складових Δ_j , тобто

$$\Delta_{\Sigma i-1} = \sum_{j=1}^l \Delta_j,$$

а при обробці поверхонь обертання - за правилом кореня:

$$\Delta_{\Sigma i-1} = \sqrt{\sum_{j=1}^l \Delta_j^2}.$$

Величина елементарних просторових відхилень вибирається по таблицям.

- похибка установки Σ_i , що виникає при виконанні операції. При обробці партії заготовок на попередньо налаштованому верстаті поверхня що обробляється займає різне положення, тобто має деякий зсув. Цей зсув викликається коливаннями сили закріплення, неоднорідністю поверхневого шару заготовок, похибками виготовлення їх базових поверхонь, неточністю виготовлення і зносом установочних елементів пристосування, похибками вивірки при індивідуальній установці заготовки. Для компенсації цих просторових зсувів і поворотів потрібно збільшити мінімальний припуск на величину Σ_i .

Похибка установки заготовки для обробки на верстаті визначається в загальному вигляді як векторна сума похибки базування Σ_B і похибка закріплення Σ_3 :

$$\overline{\Sigma_i} = \overline{\Sigma_B} + \overline{\Sigma_3}$$

При обробці плоских поверхонь похибка установки може бути визначена як арифметична сума її складових:

$$\Sigma_i = \Sigma_B + \Sigma_3,$$

а при обробці поверхонь обертання - за правилом квадратного кореня:

$$\Sigma_i = \sqrt{\Sigma_B^2 + \Sigma_3^2}.$$

Похибка базування Σ_B визначається з геометричних залежностей в залежності від прийнятої схеми базування. При поєднанні установочної і вимірювальної баз $\Sigma_B=0$. Тому при виборі схеми базування необхідно прагнути до виконання цієї вимоги.

Найменший операційний припуск складається з окремих елементів, пов'язаних із зазначеними похибками:

при послідовній обробці протилежних поверхонь (односторонній припуск):

$$Z_i^{\min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \Sigma_i;$$

при паралельній обробці протилежних поверхонь (двосторонній припуск):

$$2Z_i^{\min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \Sigma_i);$$

при обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь обертання (двосторонній припуск):

$$2Z_i^{\min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \Sigma_i^2}).$$

Ці формули показують, що мінімальний припуск є компенсатором всіх похибок попередньої обробки заготовки і похибок, пов'язаних з виконанням даної технологічної операції.

Для побудови схеми розташування проміжних припусків і допусків на проміжні і вихідні розміри заготовки при багатопрохідній обробці за методом пробних ходів і промірів користуються граничними розмірами готової деталі, заданими кресленням.

Якщо до найменшого граничного розміру готової деталі $d_{3\min}$ додати мінімальний припуск $2Z_3^{\min}$ і допуск Td_3 на чистову обробку, то отримаємо значення найменшого граничного розміру заготовки після попередньої обробки, тобто

$$d_{2\min} = d_{3\min} + Td_3 + 2Z_3^{\min}.$$

Аналогічно можуть бути знайдені найменші граничні розміри по всіх технологічних переходах механічної обробки даної поверхні

$$d_{1\min} = d_{2\min} + Td_2 + 2Z_2^{\min}$$

$$d_{0\min} = d_{\text{вх}}^{\min} + d_{1\min} + Td_1 + 2Z_1^{\min}.$$

Найбільші граничні розміри заготовки по технологічних переходах обчислюються за такою залежністю:

$$d_{i\max} = d_{i+1\max} + Td_i,$$

де i – номер розглянутого переходу.

Обчислення починають з останнього переходу, який гарантує отримання заданого розміру готової деталі.

При обробці внутрішніх поверхонь аналогічно визначаємо найбільші граничні розміри, починаючи з розміру готової деталі за кресленням:

$$D_{2\min} = D_{3\min} - TD_3 - 2Z_3^{\min}$$

$$D_{1\min} = D_{2\min} - TD_2 - 2Z_2^{\min}$$

$$D_{0\min} = D_{1\min} - TD_1 - 2Z_1^{\min}$$

Тоді найменші граничні розміри заготовки по всіх технологічних переходах обчислюються за формулою

$$D_{i\min} = D_{i\min} - TD_i$$

Розрахунок припусків на механічну обробку внутрішньої поверхні Ø32H6

Заготівка отримана методом відрізки з прутка. Матеріал заготовки сталь 40Х (ГОСТ 4543-71). Програма випуску - 800 шт. Поверхня обробляється на верстаті мод. 16K20 при базуванні заготовки по обробленій зовнішній поверхні в трьохкулачковому самоцентруючому патроні.

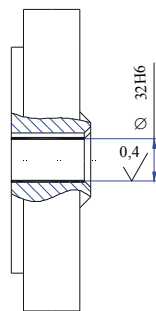


Рис.2.2. Схема обробки внутрішнього отвору

а похибка установки заготівки $\Sigma_i = 120$ мкм (табл. 29 [5]).

Для досягнення необхідних параметрів точності і якості поверхні отвору передбачається свердління отвору Ø30, чистове розточування і шліфування.

Елементи припуску для кожного переходу в цьому випадку вибираються по табл. 19 [5] і наведені в табл.11

після свердління:

$$\Delta_{i-1} = 130 \text{ мкм}$$

$$\Sigma_i = \Sigma_{ин} = 120 \text{ мкм};$$

після чистового розточування:

$$\Delta_{i-1} = 0,04 \cdot \Delta_{заг} = 0,04 \cdot 54 \approx 0 \text{ мкм}$$

$$\Sigma_i = \Sigma_{ин} = 50 \text{ мкм.}$$

Тоді припуск чистового розточування:

$$2Z_{i \min} = 2 (200 + 250 + \sqrt{130^2 + 120^2}) = 1250 \text{ мкм};$$

$$2Z_{i \min} = 2 \cdot (100 + 100 + \sqrt{54^2 + 120^2}) = 663 \approx 660 \text{ мкм};$$

для шліфування

$$2Z_{i \min} = 2 \cdot (25 + 25 + 50) = 200 \text{ мкм.}$$

Результати зводимо в табл. 11

Технологічні операції і переходи обробки елементарних поверхонь	Елементи припуска				Розр. припуск, $2Z_{\text{min}}$, мкм	Розрах. мін. розмір, мм	Допуск, TD, мкм	Прийняті розміри по переходам, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	h	Δ	Σ				D_{max}	D_{min}	$2Z_{\text{max}}$	$2Z_{\text{min}}$
Свердління	100	100	54	120	1250	30	130	30,13	30	1300	1200
Чистове розточування	1,25	25	–	50	660	31,75	50	31,8	31,75	813	625
Шліфування	6,3	–	–	50	125	32	25	32,016	32	140	120
										2253	1945

2.5 Розрахунок режимів різання

1. Для токарної обробки

$t = \text{до } 3 \text{ мм}$

зовнішнє точіння $S = 0,2 \text{ мм/об. (повздовжнє)}$

підрізання торця $S = 0,15 \text{ мм/об. (поперечне)}$

Швидкість різання

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

$V = 220 \text{ м/хв. (по зовнішньому повздовжньому точінню)}$

$V=233\text{м/хв.}$ (по поперечному точінню) [1, ст.239, табл.17]

$C_v=420$

$x=0.15$ – показник степеня

$y=0.2$

$m=0.2$

$T=60\text{хв.}$

T – середнє значення періода стійкості.

$t=1\text{мм.}$

K_v – коефіцієнт, враховуючий вплив матеріалу заготовки, стан поверхні заготовки і матеріал інструменту.

$$K_{mv} = K_z \cdot \left(\frac{750}{G_B} \right)^{n_v}$$

K_{mv} - вплив матеріала заготовки на швидкість.

$K_z=1$

$n_v=1$

[1, стр.262, табл.5]

K_z - коефіцієнт, враховуючий групу сталі по складності обробки

n_v - показник степені

$G_B=1000\text{МПа}$

$K_{nv}=1$

K_{nv} – коефіцієнт, враховуючий вплив поверхні заготовки на швидкість.

$K_{nv}=1.15$

K_{iv} – коефіцієнт, враховуючий вплив інструментального матеріалу

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{ev}$$

$$K_v = \frac{750}{1000} \cdot 1 \cdot 1.5 = 0.86$$

$$n = 580 \text{ об/хв}$$

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{10}{580 \cdot 0.2} = 0.08$$

$$L = 10$$

2. Для свердління

16K20T1

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

$$V = 18,5 \text{ м/хв}$$

[1, стр.265]

K_v - поправочний коефіцієнт, враховуючий фактичні умови різання

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{ev}$$

$$K_{mv} = 0,75$$

K_{mv} - коефіцієнт на матеріал який обробляється

$$K_{iv} = 1$$

K_{iv} - коефіцієнт на інструментальний матеріал

$$K_{ev} = 1$$

K_{ev} - коефіцієнт, враховуючий глибину свердління

$$D=30\text{мм}$$

$$C_v=9,8 - \text{коефіцієнт}$$

q – показник степеня при діаметрі

y – показник степеня при подачі

$$T=50_{\text{ХВ}}$$

$$S=0.45$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = 207_{\text{об/ХВ}}$$

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{20.6}{207 \cdot 0.45} = 0.22_{\text{ХВ}}$$

$$L=20.6 \text{ (врізання +перебіг)}$$

3. Для фрезерування

(6P80)

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v = 38.8_{\text{м/ХВ.}}$$

[1, стр.282]

S_z - подача на зуб

t – глибина різання

m, x, y, u, p, q – показники ступеней

$$S_z=0.04\text{мм/зуб}$$

$$B=3\text{мм}$$

$$t=7,5\text{мм [1, стр.283]}$$

$$C_v = 68,5 \text{ мм}$$

$$q = 0,25$$

$$y = 0,2$$

$$m = 0,2$$

$$x = 0,3$$

$$u = 0,1$$

$$p = 0,1$$

$$D = 63 \text{ мм}$$

$T = 90 \text{ хв}$ (середній період стійкості)

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = 196 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо N по моделі верстату 6Р80, $n = 180$

Фактична швидкість $35,6 \text{ м/хв}$

$$T_0 = \frac{30.5}{196 \cdot 1.28} = 0.12 \text{ хв.}$$

$$L = 8.5$$

Розрахунок числа верстатів по операціям

$$C_p = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{\Phi_{д_{ин.}}}$$

N – річна програма випуску, шт.

$T_{шт.к.}$ - штучно-калькуляційний час обробки деталей, хв.

$\Phi_{д}$ - дійсний фонд робочого часу.

$K_{ин}$ - коефіцієнт виконання норми

$$\Phi_{\partial} = \Phi_n \cdot \left(1 - \frac{G}{100}\right)$$

Φ_n - номінальний фонд роботи одиниці обладнання в рік, год.

$$\Phi_n = m \cdot (n \cdot D_p - t_n \cdot D_n)$$

m – число змін, $m=2$

n – тривалість робочої зміни, $n=8$ ч.

D_p - кількість робочих днів в рік по календарю, $D_p=257$ днів

t_n - кількість не робочих годин в передсвяткові дні, $t_n=4$ год.

D_n - кількість передсвяткових днів в році

G – процент часу простою обладнання в плановому ремонті до номінального фонду часу $\approx 0,01-0,02\%$

$$\Phi_n = 2 \cdot (8 \cdot 257 - 4 \cdot 8) = 4048 \text{ год}$$

$$\Phi_{\partial} = 4048 \cdot (1 - 0,80/100) = 3724,16 \text{ год}$$

$$C_{p1} = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{\Phi_{\partial} \cdot K_{ии} 60}$$

$$C_{p1} = 0,658$$

$$C_{np1} = 1$$

Загальне число прийнятих верстатів

$$C_{np} = \sum C_{np_i}$$

Розрахунок коефіцієнта завантаження обладнання у кожній операції

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{np}}$$

C_p - розрахункова к-ть верстатів

C_{np} - прийнята к-ть верстатів

$$K_{31} = \frac{0,658}{1} = 0.658$$

Розрахунок коефіцієнтів завантаження устаткування інших операцій проводиться аналогічно. Загальний коефіцієнт завантаження всього устаткування

$$K_Z = \frac{\sum C_{pi}}{\sum C_{np}} = 0,615$$

2.6. Оптимізація режимів різання[12]

2.6.1. Точіння

Операція чорнового точіння зовнішньої циліндричної поверхні Ø115 мм на довжину 10 мм. Матеріал деталі сталь 40Х ($[\sigma]_B=750$ МПа). Інструмент – різець прохідний упорний з пластиною із твердого сплаву. Головний кут в плані 95° , допоміжний кут в плані 5° , задній кут 6° , передній кут 6° , перетин державки $B \times H=25 \times 25$ мм. Глибина різання $t = 0.4$ мм. Станок токарно-револьверний багатоопераційний с ЧПК мод. 16K20.T1-02.

Для оптимізації режимів різання будемо використовувати метод лінійного програмування. В якості критерія оптимізації оберемо мінімальний час обробки:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} ,$$

де L – довжина обробки, мм;

S – подача, мм/об;

n – частота обертання заготовки, хв^{-1} .

Для конкретної операції довжина обробки L постійна, тоді щоб T_o було мінімальним величина $n \cdot S$ повинна бути максимальна.

Функція цілі має вигляд

$$F = n \cdot S \rightarrow \max$$

Обмеження:

1. Обмеження по потужності електродвигуна привода головного руху:

$$N \leq N_{cm} ,$$

де N – потужність різання, кВт;

$N_{\text{ст}}$ – потужність головного привода верстата, кВт; $N_{\text{ст}} = 11$ кВт.

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60},$$

де P_z – головна складова сили різання, Н;

V – швидкість різання, м/хв.

Головна складова сили різання визначається за формулою:

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

де C_p , n , y , x – постійні показники степені (табл.22 [8]), $C_p = 300$,

$$n = -0.15, y = 0.75, x = 1;$$

t – глибина різання, мм; $t = 0.4$ мм;

K_p – поправочний коефіцієнт, враховуючий фактичні умови різання,

$$K_p = K_{\text{мр}} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\text{гр}} \cdot K_{\text{лр}} \cdot K_{\text{тр}}$$

$K_{\text{мр}}$ - поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив якості матеріалу який обробляється (табл.6 [8]),

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.3} = 1,$$

$K_{\text{фр}}$ - поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив головного кута в плані,

$$K_{\text{фр}} = 0.89 \text{ (табл.23 [8])};$$

$K_{\gamma p}$ - поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив переднього кута,

$K_{\gamma p}=1.1$ (табл.23 [8]);

$K_{\lambda p}$ - поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив кута нахилу головного
леза, $K_{\lambda p} = 1.0$ (табл.23 [8]);

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 0.89 \cdot 1.1 = 0.98$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0.4^1 \cdot S^{0.75} \cdot V^{-0.15} \cdot 0.98 = 1176 \cdot S^{0.75} \cdot V^{-0.15} \text{ Н}$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 115 \cdot n}{1000} = 0.36 \cdot n$$

$$P_z = 1176 \cdot S^{0.75} \cdot (0.36 \cdot n)^{-0.15} = 1434 \cdot S^{0.75} \cdot n^{-0.15}$$

$$N = \frac{1434 \cdot S^{0.75} \cdot n^{-0.15} \cdot 0.36 \cdot n}{1020 \cdot 60} = 0.008 \cdot n^{0.85} \cdot S^{0.75}$$

$$0.008 \cdot n^{0.85} \cdot S^{0.75} \leq 11$$

$$n^{0.85} \cdot S^{0.75} \leq 1375$$

2. Обмеження по стійкості різального інструмента

Технічним обмеженням по різальним властивостям інструмента є допустима швидкість різання, в значній мірі визначаюча продуктивність та економічність обробки.

$$V \leq V_{\text{доп}}$$

де $V_{\text{доп}}$ – допустима швидкість різання, м/хв;

$$V_{\text{доп}} = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot S^y \cdot t^x}$$

$C_v = 350$; $m = 0.2$; $y = 0.35$; $x = 0.15$; (табл.17 [8])

T – період стійкості різця, $T = 40$ хв;

K_v – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив різання,

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}$$

K_{mv} – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив якості матеріалу що обробляється (табл.1 [8]),

$$K_{mv} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.3} = 1,$$

K_{pv} поправочний коефіцієнт, враховуючий стан поверхні заготовки,

$K_{pv} = 0.8$ (табл.5 [8]);

K_{iv} - поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив матеріал інструмента,

$K_{iv} = 1.0$ (табл.6 [8])

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 0.8 = 0.8$$

$$V_{\text{доп}} = \frac{350 \cdot 0.8}{40^{0.2} \cdot S^{0.35} \cdot 0.4^{0.15}} = \frac{153.6}{S^{0.35}}.$$

Швидкість різання

$$V = \frac{\pi \cdot n \cdot D}{1000} = \frac{3.14 \cdot n \cdot 235}{1000} = 0.74 \cdot n \text{ .}$$

Тоді отримаємо,

$$0.74 \cdot n \leq \frac{153.6}{S^{0.35}} \text{ ,}$$

$$\mathbf{n \cdot S^{0.35} \leq 207,5}$$

3. Обмеження по діапазону подач, які допускаються верстатом

$$S \leq S_{\min}$$

$$S \geq S_{\max}$$

$$S \leq 83.3$$

$$\mathbf{S \geq 0.016}$$

4. Обмеження по діапазону числу обертів які допускаються верстатом

$$n \geq n_{\max}$$

$$n \leq n_{\min}$$

$$\mathbf{n \geq 20}$$

$$\mathbf{n \leq 4000}$$

5. Обмеження по міцності різального інструмента

$$P_z \leq \frac{[\sigma]_u \cdot B \cdot H^2}{6 \cdot L_p} ,$$

де $[\sigma]$ - границя міцності, МПа; $[\sigma] = 750$ МПа;

$B \times H$ – ширина та висота державки різця, мм; $B \times H = 25 \times 25$ мм;

L_p – довжина державки різця, мм; $L_p = 80$ мм.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 1230 \cdot S^{0.75} \cdot n^{-0.15} \text{ Н}$$

Тоді

$$1230 \cdot S^{0.75} \cdot n^{-0.15} \leq \frac{750 \cdot 25 \cdot 25^2}{6 \cdot 80} ,$$

$$n^{-0.15} \cdot S^{0.75} \leq 19.8$$

6. Обмеження по шорсткості поверхні що обробляється

$$S \leq K_{sr} \cdot K_{sm} \cdot K_{sq1} \cdot r_b^{0.33} ,$$

де K_{sr} , K_{sm} – коефіцієнт, який залежить від чистоти поверхні та від характеристик матеріалу який обробляється;

$K_{sr} = 0.3$ (табл. 1.7 [8]), $K_{sm} = 1$ (табл. 1.8 [8]);

$K_{sq1} = 1$ – коефіцієнт враховуючий вплив допоміжного кута в плані (табл. 1.9[8]);

$r_b = 0.8$ – радіус при вершині (табл. 1.9 [8])

$$S \leq 0.3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.8^{0.33} = 0.28$$

$$S \leq 0.28$$

Отримаємо обмеження:

$$n^{0.85} \cdot S^{0.75} \leq 1375$$

$$n \cdot S^{0.35} \leq 207.5$$

$$S \leq 83.3$$

$$S \geq 0.016$$

$$n \leq 4000$$

$$n \geq 20$$

$$n^{-0.15} \cdot S^{0.75} \leq 19.8$$

$$S \leq 0.28$$

Так як порядок величин S і n відрізняється максимум на два, то необхідно використати масштабування перемінних для того щоб зміна цих величин однаково впливала на функції цілі: $S \rightarrow 100 \cdot S$

$$n^{0.85} \cdot (100 \cdot S)^{0.75} \leq 43480$$

$$n \cdot (100 \cdot S)^{0.35} \leq 1040$$

$$100 \cdot S \leq 8330$$

$$100 \cdot S \geq 1.6$$

$$n \leq 4000$$

$$n \geq 20$$

$$n^{-0.15} \cdot (100 \cdot S)^{0.75} \leq 626$$

$$100 \cdot S \leq 28$$

Прологарифмуємо:

$$0.85\lg(n) + 0.75\lg(100 \cdot S) \leq \lg 43480$$

$$\lg(n) + 0.35\lg(100 \cdot S) \leq \lg 1040$$

$$\lg(100 \cdot S) \leq \lg 8330$$

$$\lg(100 \cdot S) \geq \lg 1.6$$

$$\lg(n) \leq \lg 4000$$

$$\lg(n) \geq \lg 20$$

$$-0.15\lg(n) + 0.75\lg(100 \cdot S) \leq \lg 626$$

$$\lg(100 \cdot S) \leq \lg 28$$

$$-0.4\lg(n) + 0.5\lg(100 \cdot S) \leq \lg 44020$$

Проведемо заміну

$$\lg(n) = x_1$$

$$\lg(100 \cdot S) = x_2$$

Отримаємо:

$$1. 0.85 \cdot x_1 + 0.75 \cdot x_2 \leq 4.34$$

$$2. x_1 + 0.35 \cdot x_2 \leq 3$$

$$3. x_2 \leq 3.92$$

$$4. x_2 \geq 0.2$$

$$5. x_1 \leq 3.6$$

$$6. x_1 \geq 1.3$$

$$7. -0.15 \cdot x_1 + 0.75 \cdot x_2 \leq 2.79$$

$$8. x_2 \leq 1.44$$

Оптимальне рішення буде на перетині обмежень:

$$2. x_1 + 0.35 \cdot x_2 \leq 3$$

$$8. x_2 \leq 1.44$$

Вирішивши систему рівнянь отримаємо:

$$x_1 = 2.76$$

$$x_2 = 1.44$$

Звідси :

$$n = 10^{2.76} = 579 \text{ хв}^{-1}$$

$$S = 10^{1.44}/100 = 0.27 \text{ мм/об}$$

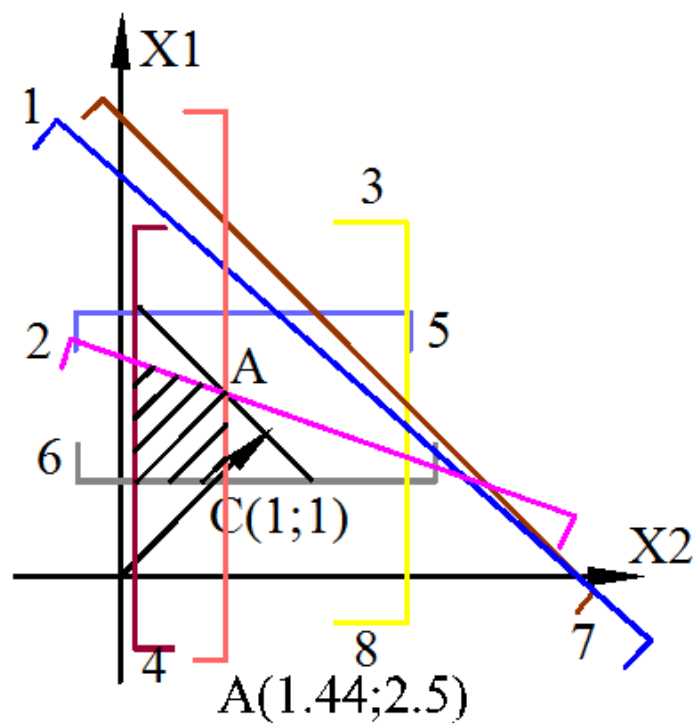


Рис.2.3. Оптимальні режими різання при точінні

2.6.2. Свердління

Свердління отвору Ø30 мм на дожину $L = 12$ мм. Матеріал деталі сталь 40Х ($[\sigma]_B = 750$ МПа). Верстат токарно-револьверний с ЧПК мод.16K20.T1-01.02
Інструмент – свердло Ø30 з швидкорізальної сталі Р6М5. Свердло має подвійну заточку, задній кут 12° .

В якості критерію оптимізації оберемо мінімальний машинний час обробки:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} ,$$

де L – довжина обробки, мм;

S – подача, мм/об;

n – частота обертання заготовки, хв^{-1} .

Для конкретної операції довжина обробки L постійна, тоді щоб T_o було мінімальним величина $n \cdot S$ повинна бути максимальною.

Функція цілі має вигляд

$$F = n \cdot S \rightarrow \max$$

Обмеження:

1. Обмеження по потужності електродвигуна привода головного руху:

$$N \leq N_{cm} ,$$

де N – потужність різання, кВт;

N_{ct} – потужність головного привода верстата, кВт; $N_{ct} = 11$ кВт.

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9570} ,$$

де $M_{кр}$ – крутний момент, Н·м;

n – частота обертання шпинделя, $хв^{-1}$.

Головна складова сили різання визначається за формулою:

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

де C_m , q , y , – постійна і показник степені (табл.22 [8]), $C_m = 0.035$,

$q = 2.0$, $y = 0.8$;

K_p – поправочний коефіцієнт, враховуючий фактичні умови різання,

$$K_p = K_{mp}$$

K_{mp} - поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив якості матеріалу що обробляється

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.3} = 1$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0.035 \cdot 30^2 \cdot S^{0.8} \cdot 1 = 315 \cdot S^{0.8}$$

$$N = \frac{315 \cdot n \cdot S^{0.8}}{9750} = 0.032 \cdot n \cdot S^{0.8}$$

$$0.032 \cdot n \cdot S^{0.8} \leq 11$$

$$n \cdot S^{0.8} \leq 343,75$$

2. Обмеження по стійкості різального інструменту.

Технічним обмеженням по різальним можливостям інструмента є допустима швидкість різання, в значній мірі визначаюча продуктивність та економічність обробки.

$$V \leq V_{\text{доп}}$$

де $V_{\text{доп}}$ – допустима швидкість різання, м/хв;

$$V_{\text{доп}} = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S^y}$$

$C_v = 7$; $m = 0.2$; $y = 0.7$; $q = 0.4$ (табл.29 [8]);

T – період стійкості різця, $T = 30$ хв (табл.30 [8]);

K_v – поправочний коефіцієнт, враховуючий фактичні умови різання,

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv}$$

K_{mv} – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив якості матеріала що обробляється,

$$K_{mv} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.3} = 1,$$

K_{iv} – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментальний матеріал,

$K_{iv} = 1$, (табл.6 [8]);

K_{lv} – поправочний коефіцієнт, враховуючий глибину свердління,

$K_{lv} = 1.0$ (табл.31 [8]);

$$K_v = 1 \cdot 1 = 1$$

$$V_{\text{доп}} = \frac{7 \cdot 30^{0.4} \cdot 1}{30^{0.2} \cdot S^{0.7}} = \frac{13.82}{S^{0.7}}.$$

Швидкість різання

$$V = \frac{\pi \cdot n \cdot D}{1000} = \frac{3.14 \cdot n \cdot 30}{1000} = 0.094 \cdot n .$$

Тоді отримаємо

$$0.094 \cdot n \leq \frac{13.82}{S^{0.7}} ,$$

$$\mathbf{n \cdot S^{0.7} \leq 147}$$

3. Обмеження по діапазону подач верстатом

$$S \leq S_{\min}$$

$$S \geq S_{\max}$$

$$\mathbf{S \leq 83.3}$$

$$\mathbf{S \geq 0.016}$$

4. Обмеження по діапазону числа обертів які допускаються верстатом

$$n \geq n_{\max}$$

$$n \leq n_{\min}$$

$$\mathbf{n \geq 20}$$

$$\mathbf{n \leq 4000}$$

5. Обмеження по міцності верстату .

Це обмеження визначається, як правило, міцністю механізму подачі верстату і обмежуючим фактором є осьова сила, не повинна перевищувати зусилля, що допускаються механізмом подачі верстату.

$$P_o \leq P_{\text{м.п.}}$$

де P_o – осьова сила, Н;

$P_{\text{м.п.}}$ – допустиме зусилля механізму подачі, Н; $P_{\text{м.п.}} = 122400$ Н.

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \quad ,$$

$C_p = 68$, $q = 1$, $y = 0.7$;

$$P_o = 680 \cdot 30^1 \cdot S^{0.7} = 20400 \cdot S^{0.7}$$

Тоді

$$20400S^{0.7} \leq 122400$$

$$S^{0.7} \leq 6$$

6. Обмеження по міцності свердла

$$S \leq C_s \cdot D^p \cdot K_{ls} \quad ,$$

де C_s – постійний коефіцієнт, який враховує умови свердління; $C_s=0.05$ (табл.21 [8]);

D – діаметр свердла;

p – показник степені, $p=0.6$;

K_{ls} – коефіцієнт, який враховує довжину свердління, $K_{ls}=1$;

$$S \leq 0.05 \cdot 30^{0.6} \cdot 1 = 0.385$$

$$\mathbf{S \leq 0.385}$$

Отримаємо обмеження:

$$n \cdot S^{0.8} \leq 343,75$$

$$n \cdot S^{0.7} \leq 147$$

$$S \leq 83.3$$

$$S \geq 0.016$$

$$n \leq 2500$$

$$n \geq 20$$

$$S^{0.7} \leq 6$$

$$S \leq 0.22$$

Так як порядок величин S і n відрізняється мінімум на два, то необхідно використати масштабування змінних для того щоб зміна цих величин однаково впливали на зміну функції цілі: $S \rightarrow 100 \cdot S$

$$n \cdot (100 \cdot S)^{0.8} \leq 13680$$

$$n \cdot (100 \cdot S)^{0.7} \leq 3692$$

$$100 \cdot S \leq 8330$$

$$100 \cdot S \geq 1.6$$

$$n \leq 2500$$

$$n \geq 20$$

$$(100 \cdot S)^{0.7} \leq 150$$

$$100 \cdot S \leq 38,5$$

Прологарифмуємо:

$$\lg(n) + 0.8\lg(100 \cdot S) \leq \lg 13680$$

$$\lg(n) + 0.35\lg(100 \cdot S) \leq \lg 3692$$

$$\lg(100 \cdot S) \leq \lg 8330$$

$$\lg(100 \cdot S) \geq \lg 1.6$$

$$\lg(n) \leq \lg 2500$$

$$\lg(n) \geq \lg 20$$

$$0,7 \lg(100 \cdot S) \leq \lg 150$$

$$\lg(100 \cdot S) \leq \lg 38,5$$

Проведемо заміну

$$\lg(n) = x_1$$

$$\lg(100 \cdot S) = x_2$$

Отримаємо

$$1. x_1 + 0.8 x_2 \leq 4.136$$

$$2. x_1 + 0.7 \cdot x_2 \leq 3,567$$

$$3. x_2 \leq 3.92$$

$$4. x_2 \geq 0.2$$

$$5. x_1 \leq 3.4$$

$$6. x_1 \geq 1.3$$

$$7. x_2 \leq 2,18$$

$$8. x_2 \leq 1,585$$

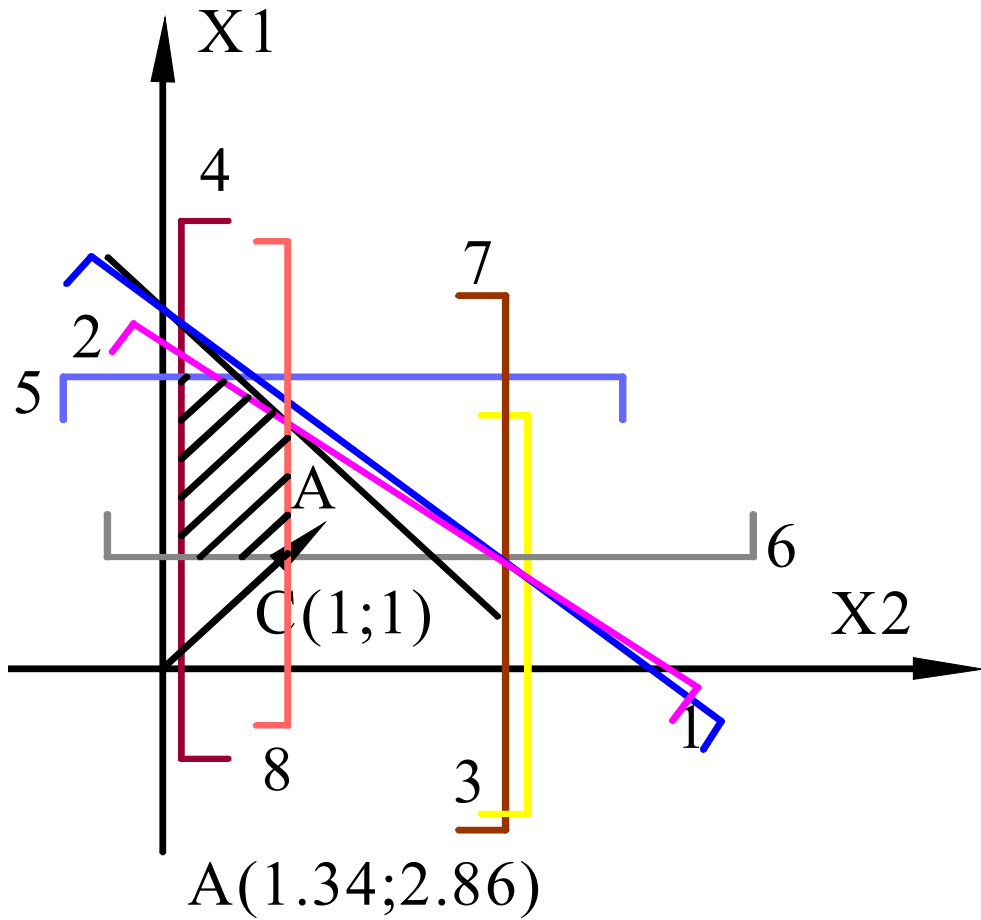


Рис 2.4. Оптимальні режими різання при свердлінні

Оптимальне рішення буде на перетині обмежень:

$$2. \ x_1 + 0.7 \cdot x_2 \leq 3,567$$

$$8. \ x_2 \leq 1,585$$

Вирішивши систему рівнянь отримаємо:

$$x_1 = 2.458$$

$$x_2 = 1.585$$

Звідси :

$$n = 10^{2.458} = 287 \text{ хв}^{-1}$$

$$S = 10^{1.585} / 100 = 0.38 \text{ мм/об}$$

2.6.3. Фрезерування

Фрезерувати паз під пластину з твердого сплава. Інструмент – дискова фреза Ø63 мм. Матеріал фрези – швидкорізальна сталь Р6М5. Кількість зубів фрези $z = 50$, ширина фрезерування $B = 3$ мм, глибина фрезерування $t=16$ мм. Верстат фрезерний 6Р80

В якості критерія оптимізації обираємо мінімальний машинний час обробки:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S_z \cdot z} ,$$

де L – довжина обробки, мм;

S – подача, мм/об;

n – частота обертання заготовки, хв^{-1} .

Для конкретної операції довжина обробки L і кількість зубів постійна, тоді щоб T_o було мінімальним величина $n \cdot S_z$ має бути максимальною.

Функція цілі має вигляд

$$F = n \cdot S_z \rightarrow \max$$

Обмеження:

1. Обмеження по потужності електродвигуна привода головного руху:

$$N \leq N_{cm} ,$$

де N – потужність різання, кВт;

N_{ct} – потужність головного привода верстата, кВт; $N_{ct} = 2$ кВт.

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} ,$$

де P_z – головна складова сили різання, Н;

V – швидкість різання, м/хв.

Головна складова сили різання визначається за формулою:

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

де C_p , q , y , x , w – постійна і показники степенів (табл.41 [8]), $C_p = 68.2$, $q = 0.85$, $x = 0.86$, $y = 0.72$, $w = 0$;

K_{mp} – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив матеріалу що обробляється,

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.3} = 1$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68.2 \cdot 8^{0.86} \cdot S_z^{0.72} \cdot 3 \cdot 32}{63^{0.85} \cdot n^0} \cdot 1 = 11570 \cdot S_z^{0.72}$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 63 \cdot n}{1000} = 0.198 \cdot n .$$

$$N = \frac{11570 \cdot 0.198 \cdot n \cdot S_z^{0.72}}{1020 \cdot 60} = 0.037 \cdot n \cdot S_z^{0.72} ,$$

$$0.037 \cdot n \cdot S_z^{0.72} \leq 2$$

$$\mathbf{n \cdot Sz^{0.72} \leq 54}$$

2. Обмеження по стійкості різального інструмента.

Технічним обмеженням по різальним можливостям інструмента є допустима швидкість різання в значній мірі визначаюча продуктивність та економічність обробки.

$$V \leq V_{\text{доп}}$$

де $V_{\text{доп}}$ – допустима швидкість різання, м/хв;

$$V_{\text{доп}} = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S_z^y \cdot t^x \cdot B^u \cdot z^p}$$

$C_v = 35.4$; $m = 0.33$; $y = 0.4$; $q = 0.45$, $p = 0.1$, $u = 0.1$, $x = 0.3$ (табл.29 [8]);

T – період стійкості фрези, $T = 60$ хв (табл.40 [8]);

K_v – поправочний коефіцієнт, враховуючий фактичні умови різання,

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}$$

K_{mv} - поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив якості матеріалу що обробляється,

$$K_{mv} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.3} = 1$$

K_{iv} - поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментальний матеріал, $K_{iv} = 1$, (табл.6 [8]);

K_{pv} - поправочний коефіцієнт, враховуючий глибину обробки, $K_{pv} = 0.8$

(табл.5 [8]);

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 0.8 = 0.8$$

$$V_{\text{доп}} = \frac{35.4 \cdot 60^{0.33} \cdot 0.8}{60^{0.33} \cdot S_z^{0.4} \cdot 8^{0.3} \cdot 3^{0.1} \cdot 32^{0.1}} = \frac{16.06}{S_z^{0.4}}.$$

Швидкість різання

$$V = \frac{\pi \cdot n \cdot D}{1000} = \frac{3.14 \cdot n \cdot 63}{1000} = 0.198 \cdot n .$$

Тоді отримаємо,

$$0.198 \cdot n \leq \frac{16.06}{S_z^{0.4}} ,$$

$$\mathbf{n \cdot S_z^{0.4} \leq 81,1}$$

2. Обмеження по діапазону подач які допускаються верстатом

$$S_z \leq S_{zmin}$$

$$S_z \geq S_{zmax}$$

$$S_z \leq 20.8$$

$$\mathbf{S_z \geq 0.004}$$

3. 4. Обмеження по діапазону числа обертів які допускаються верстатом

$$n \geq n_{max}$$

$$n \leq n_{min}$$

$$\mathbf{n \geq 20}$$

$$\mathbf{n \leq 2240}$$

5. Обмеження по стійкості верстату.

Це обмеження визначається, як правило, міцністю механізму подачі верстату і обмежуючим фактором є осьова сила, яка не повинна перевищувати зусилля, що допускаються механізмом подачі верстату.

$$P_o \leq P_{м.п.}$$

де P_o – осьова сила, Н;

$P_{м.п.}$ – допустиме зусилля механізму подачі, Н; $P_{м.п.} = 5508$ Н.

$$P_o = (0.8 - 0.9)P_z \quad ,$$

$$P_o = 0.85 \cdot 11570 \cdot S_z^{0.72} = 9834 \cdot S_z^{0.72}$$

Тоді

$$9834 \cdot S_z^{0.72} \leq 5508$$

$$S_z^{0.72} \leq 0.56$$

Отримуємо обмеження:

$$n \cdot S_z^{0.72} \leq 54$$

$$n \cdot S_z^{0.4} \leq 81,1$$

$$S_z \leq 20.8$$

$$S_z \geq 0.004$$

$$n \leq 2240$$

$$n \geq 20$$

$$S_z^{0.72} \leq 0.56$$

Так як порядок величин S_z і n відрізняється мінімум на два, то необхідно використати масштабування змінних для того щоб зміна цих величин однаково впливала на зміну функції цілі: $S_z \rightarrow 100 \cdot S_z$

$$n \cdot (100 \cdot S_z)^{0.72} \leq 1487$$

$$n \cdot (100 \cdot S_z)^{0.4} \leq 511,7$$

$$100 \cdot S_z \leq 2080$$

$$100 \cdot S_z \geq 0.4$$

$$n \leq 2240$$

$$n \geq 20$$

$$(100 \cdot S_z)^{0,72} \leq 15,24$$

Прологарифмуємо:

$$\lg(n) + 0.72\lg(100 \cdot S_z) \leq \lg 1487$$

$$\lg(n) + 0.4\lg(100 \cdot S_z) \leq \lg 511,7$$

$$\lg(100 \cdot S_z) \leq \lg 2080$$

$$\lg(100 \cdot S_z) \geq \lg 0.4$$

$$\lg(n) \leq \lg 2240$$

$$\lg(n) \geq \lg 20$$

$$0,72\lg(100 \cdot S_z) \leq \lg 15,24$$

Проведемо заміну

$$\lg(n) = x_1$$

$$\lg(100 \cdot S_z) = x_2$$

Отримаємо

$$1. x_1 + 0.72 \cdot x_2 \leq 3.17$$

$$2. x_1 + 0.4 \cdot x_2 \leq 2.71$$

$$3. x_2 \leq 3.32$$

$$4. x_2 \geq -0.4$$

$$5. x_1 \leq 3.35$$

6. $x_1 \geq 1,3$

7. $x_2 \leq 1,64$

Оптимальне рішення буде на перетині обмежень:

2. $x_1 + 0.4 \cdot x_2 \leq 2.71$

7. $x_2 \leq 1,64$

Вирішивши систему рівнянь отримаємо:

$x_1 = 2.05$

$x_2 = 1.64$

Звідси :

$n = 10^{2.05} = 113 \text{ хв}^{-1}$

$S_z = 10^{1.64} / 100 = 0.16 \text{ мм/зуб}$

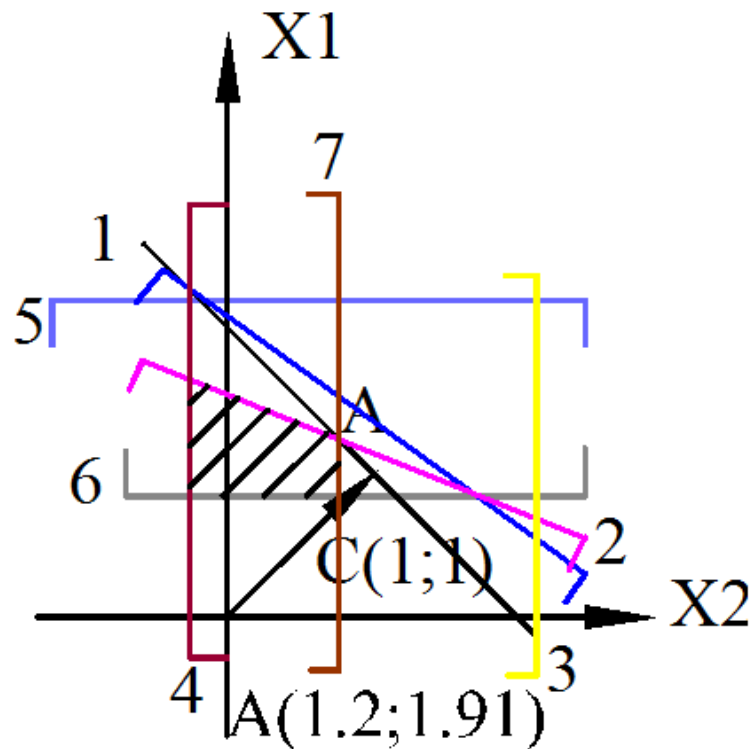


Рис.2.5 Оптимальні режими різання при фрезеруванні

Розділ 3. Конструкторська частина

3.1 Визначення геометричних параметрів інструменту

У вибраній системі координат для даної точки різальної кромки визначають вектори:

P – вектор, дотичний до різальної кромки.

V – вектор швидкості головного руху різання (для статичних систем координат).

Π – вектор, дотичний до передньої поверхні.

Z – вектор, дотичний до задньої поверхні.

S – вектор швидкості подачі.

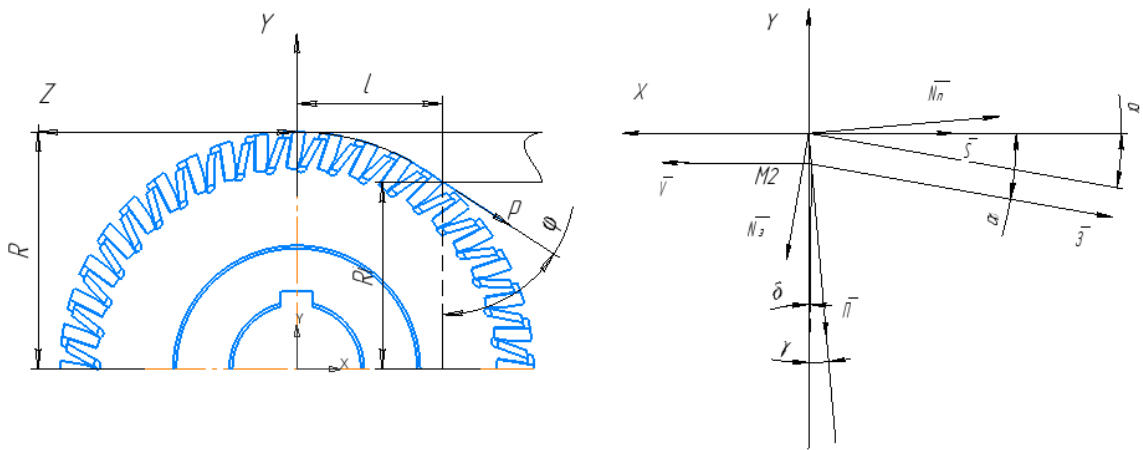


Рис.3.1 – Схема напрямків векторів в системі XYZ

3.2 Аналітичне визначення параметрів інструменту

Згідно з [12] (рис.3.1) визначаємо вище перераховані вектори.

Вектор дотичний до різальної кромки P запишемо через формулу

$$P = i(-\tan \gamma i) - j \cdot 1 + k(-\tan \varphi i)$$

Вектор V визначений в системі координат $X_v Y_v Z_v$. Для представлення вектора в системі координат XYZ скористаємось формулами повороту координат:

Вектор V визначений в системі координат XYZ :

$$V = i \cdot \cos \delta i + j \cdot \sin \delta i + k \cdot 0$$

Де, δi – кут між системами координат.

Вектор Π визначений в системі координат $X_p Y_p Z_p$. Для представлення вектора в системі координат XYZ скористаємось формулами повороту координат:

Вектор Π визначений в системі XYZ :

$$\Pi = -i \cdot \sin \gamma i - j \cdot \cos \gamma i + k \cdot 0$$

Де, γi – кут між системами координат.

Вектор 3 визначений в системі координат $X_3 Y_3 Z_3$. Для представлення вектора в системі координат XYZ скористуємось формулами повороту координат:

$$3 = -i \cdot \cos \alpha i - j \cdot \sin \alpha i + k \cdot 0$$

Де, αi – кут між системами координат.

Вектор швидкості подачі S лежить на осі X системи координат XYZ . Тому він запишеться через формулу:

$$XYZ \rightarrow |S| = 1$$

$$S = i \cdot 1 = i$$

Для знайдених векторів визначимо:

Вектор нормалі до передньої поверхні N_n

$$N_n = P \times \Pi$$

$$N_n \rightarrow \begin{pmatrix} \cos \gamma i & \cdot \tan \varphi i \\ \sin \gamma i & \cdot \tan \varphi i \\ \sin \gamma i - \cos \gamma i & \cdot \tan \gamma i \end{pmatrix}$$

Вектор нормалі до передньої поверхні N_3

$$N_n = P \times Z$$

$$N_z \rightarrow \begin{pmatrix} \sin \alpha_i & \cdot \tan \varphi_i \\ \cos \alpha_i & \cdot \tan \varphi_i \\ \cos \alpha_i - \sin \alpha_i \cdot \tan \gamma_i \end{pmatrix}$$

Вектор нормалі до робочої площини N_s

$$N_s = V \times S$$

$$N_s \rightarrow \begin{pmatrix} 0 \\ -\tan \varphi \\ -1 \end{pmatrix}$$

Вектор нормалі до статичної площини різання N_{pc}

$$N_{pc} = P \times V$$

$$N_{pc} \rightarrow \begin{pmatrix} \sin \delta_i & \cdot \tan \varphi_i \\ -\cos \delta_i & \cdot \tan \varphi_i \\ -\cos \delta_i - \sin \delta_i \cdot \tan \gamma_i \end{pmatrix}$$

Статичний нормальний передній кут:

$$\sin \gamma_{nc} = \frac{\vec{N}_{pc} \cdot \vec{N}_n}{|\vec{N}_{pc}| \cdot |\vec{N}_n|} = 0.12$$

Звідси $\gamma_{nc} = 7^\circ$

Статичний нормальний задній кут:

$$\cos \alpha_{nc} = \frac{\vec{N}_{pc} \cdot \vec{N}_3}{|\vec{N}_{pc}| \cdot |\vec{N}_3|} = 0.983$$

Звідси $\alpha_{nc} = 10.4^\circ$

Оскільки $\lambda = 15^\circ$, то

Статичний головний передній кут: $tg \gamma_c = tg \gamma_{nc}$

Статичний головний задній кут: $tg\alpha_c = tg\alpha_{nc}$

Визначення впливу параметрів на кути інструменту

Швидкість V_b вершинної точки різальної кромки складає

$$V_b = V + \omega R$$

Вектор V_b дотикається до задньої поверхні, а вектор ωR до поверхні різання. За визначенням $tg\alpha_b = \frac{V}{\omega R}$, відповідно для довільної точки матимемо:

$$tg\alpha_i = \frac{V}{\omega R_i}, \text{ звідки } tg\alpha_i = \frac{R}{R_i} \cdot tg\alpha \cdot \sin\varphi$$

Графічне визначення зміни кутів вздовж різальної кромки

Так як кут нахилу різальної кромки $\lambda = 15^\circ$, то під час різання передній та задній кути будуть змінюватись. Тому визначимо як саме будуть змінюватись кути під час різання (рис. 3.2).

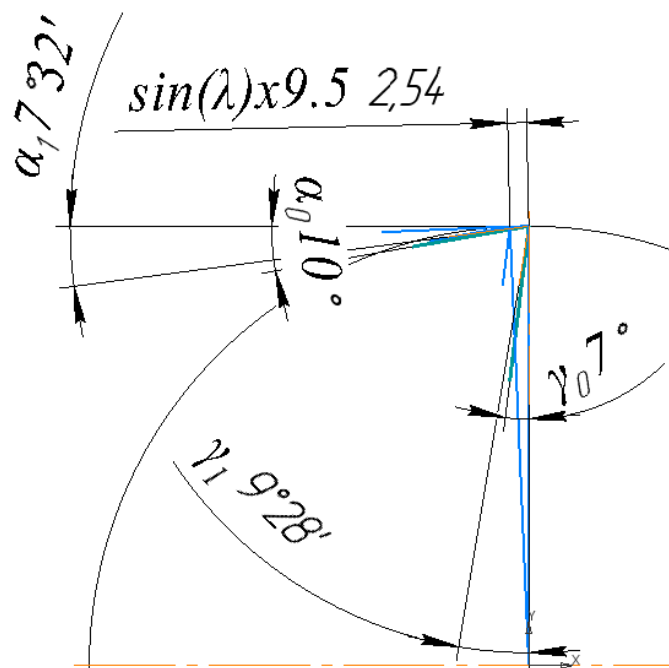


Рис. 3.2. Графічне визначення зміни кутів вздовж різальної кромки

Аналогічно побудувавши наступні положення фрези визначимо як змінюються кути α та γ і зобразимо їх зміну у вигляді графіків (рис. 3.3 та рис. 3.4).

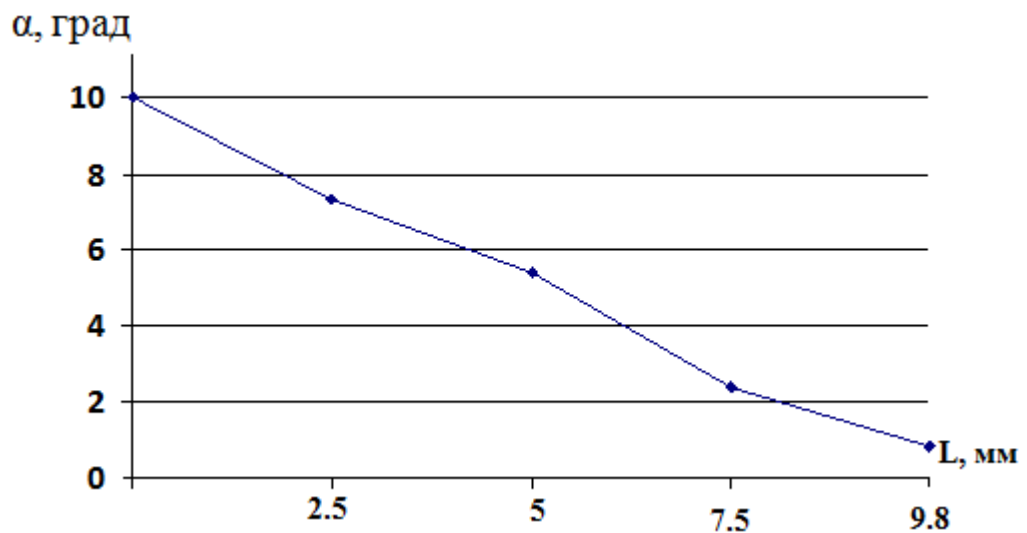


Рис.3.3. Зміна заднього кута α вздовж різальної кромки

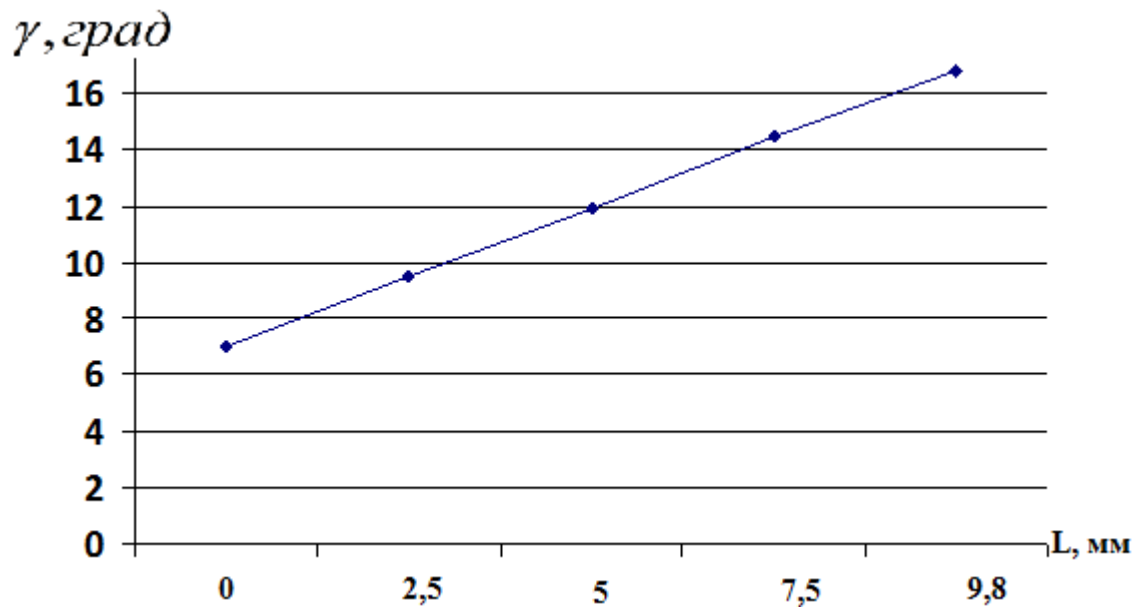


Рис.3.4. Зміна переднього кута γ вздовж різальної кромки

Де L – довжина різальної кромки $L=9.5/\cos \lambda$

З графіку робимо висновок, що так як задній кут зменшується, то потрібно уникати нульового значення для запобігання різкого зношування різальної кромки фрези.

3.3 Мікронерівності поверхні

Під час обробки дисковою фрезою з осьовою подачею виникають нерівності оброблювання (рис 3.5)

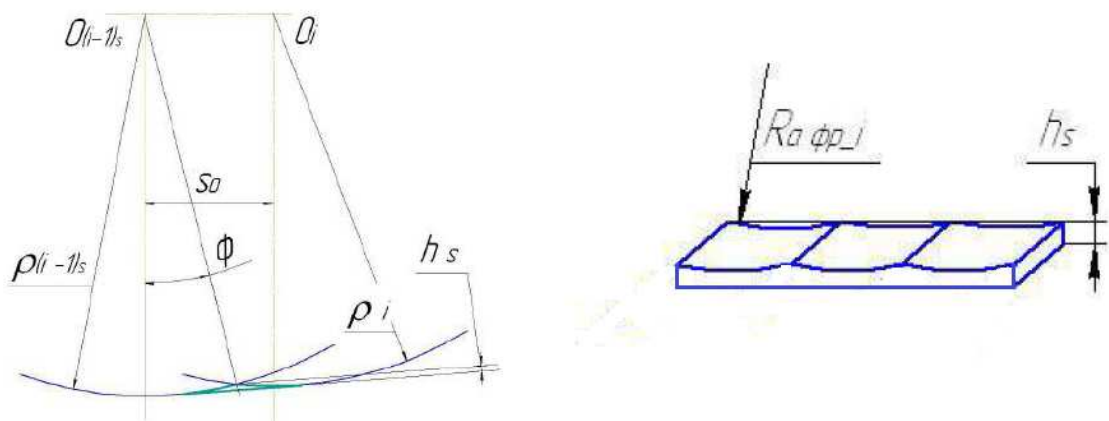


Рис. 3.5. Утворення мікронерівностей на обробленій поверхні

$$h_s = \rho_i - \rho_i \cdot \cos \phi = 2\rho_i \cdot \sin^2 \frac{\phi}{2}$$

Оскільки $\phi = \arcsin \frac{S_0}{2 \cdot \rho_i}$ то висота мікронерівностей складає

$$h_s = \frac{S_0^2}{8 \cdot \rho_i} = 0.01 \text{ мм}$$

Оскільки величина таких нерівностей не перевищує допуски на обробку, то вони допустимі. З графічного дослідження маємо величину нерівностей 0,01мм.

3.4 Оцінка продуктивності обробки

В результаті практичних досліджень було виявлено, що стійкість фрези підвищилась приблизно в 1.5 рази відносно базової моделі $z=40$.

3.5 Пристосування для заточки дискових фрез[9]

Пристосування застосовується для заточки дискових, фрез діаметром до 125 мм з прямими і косими зубами на універсально - заточних верстатах моделей 3В642, 3А64Д та інших заточувальних верстатах.

Основним вузлом пристосування є поворотна головка, корпус 1 який за допомогою кронштейнів 10, 11 і 13 може встановлюватися під необхідними кутами заточки. Кути повороту відраховують за шкалами I, II і III У вертикальній площині (шкали I і II) поворот забезпечується в межах $\pm 15^\circ$ в горизонтальній - 360° .

У корпусі 1 поворотної головки на підшипниках 4 змонтований шпиндель 5, в якому за допомогою перехідної втулки 6 і оправки 8 встановлюється заточувана фреза. Закріплення оправки 8 в шпинделі 5 здійснюється шпилькою 2, яка одночасно служить і для виштовхування фрези з перехідної втулки. Для зручності закріплення і зняття фрези шпиндель можна затиснути рукояткою 7.

Заточка фрез проводиться з використанням упорки 9 ділильного механізму, встановленого на регульованому кронштейні 12. При цьому поворот фрези на зуб в поворотній головці здійснюється за допомогою маховика 3. Для налаштування пристосування на заточку право- і ліворізальних фрез кронштейн 10 з поворотною головкою встановлюється з відповідної сторони кронштейна 11 [Додаток 3].

Розділ 4. STARTUP проект

Проведемо аналіз стартап-проекту відповідно до [10].

4.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту

На початку розроблення стартап-проекту доцільно обґрунтувати цілі етапів його реалізації (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1. Зміст основних етапів реалізації стартап-проекту

Етапи реалізації стартап-проекту	Зміст етапів реалізації стартап-проекту
Початковий етап стартап-проекту	Проблемою існуючих аналогів є не достатньо висока продуктивність обробки та швидке зношування різальних кромek
Етап обґрунтування актуальності	Виріб дозволяє обробляти уступ в багатошаровій упаковці з високою продуктивністю, а саме абразивну глину між двома картонними шарами
Етап аналізу конкурентного середовища	Дана фреза має вищу продуктивність обробки ніж конкурентні аналоги, що дозволяє пришвидшити обробку
Етап обґрунтування ресурсного забезпечення проекту	Фреза може виготовлятися як на спеціалізованих верстатах з ЧПК, так і на універсальних, що зменшить вартість ресурсного забезпечення
Етап фінансового забезпечення реалізації проекту	Конструкція з напайними пластинами дозволяє зменшити собівартість виробу порівняно зі збірною
Маркетинговий етап реалізації проекту	Фреза може бути реалізована на закордонних виробництвах по виготовленню рідких харчових продуктів

4.2 Обґрунтування актуальності та новизна ідеї стартап-проекту

Обґрунтування інноваційної ідеї зумовлює необхідність окреслення її актуальності для подолання виявлених на попередньому етапі суперечностей, вивчення та характеристики нових потреб і запитів споживачів, які будуть покладені в основу розроблення інноваційної ідеї, технології, обладнання, їх виробництва та продажу в ході реалізації стартап-проекту. Водночас доцільно охарактеризувати основні переваги пропонованого обладнання або технології, а також вигоди від їх використання споживачами [10]. Результати узагальнити в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Актуальність та новизна ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки дослідження	Переваги та вигоди споживача
Аналіз характеристик виробу по різних критеріям	Продуктивність	Підвищена продуктивність обробки за рахунок збільшення числа зубів
	Стійкість	Висока стійкість інструменту за рахунок використання твердого сплаву з дрібнозернистою структурою
	Міцність	Висока міцність системи за рахунок цільної конструкції фрези

4.3 Аналіз конкурентного середовища

Розглянемо можливих конкурентів, які виготовляють схожі вироби. Проаналізуємо техніко-економічні переваги ідеї (чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників) порівняно із пропозиціями конкурентів:

Результати аналізу узагальнено в таблиці 4.3

Таблиця 4.3. Переваги ідеї проекту

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	Стартап проект	Конкурент1	Конкурент2
1.	Економічні	Виріб має порівняно невисоку собівартість	+	-
2.	Технологічні	Використання обробки такою фрезою дозволить зменшити кількість використаного матеріалу	-	+
3.	Надійності	Фреза забезпечує безперервну обробку на протязі всього	-	+

Проведемо SWOT-аналіз потенційних загроз та можливостей реалізації стартап-проекту, визначивши сильні та слабкі сторони, а також його можливості та загрози.

Таблиця 4. SWOT-аналіз

Оцінка середовища		Оцінка підприємства	
Можливості	Загрози	Сильні сторони	Слабкі сторони
Продаж виробу закордон	Слабко розвинута галузь на території України	Висока продуктивність оброблення	Вузька направленість
Виготовлення більш ергономічної упаковки	Необхідність деякого налаштування виробництва	Висока зносостійкість виробу	Необхідність точного налаштування

5. Висновки

1. В роботі розглянуто дискову фрезу для оброблення паперу. В результаті аналізу можливих конструкцій було обрано раціональну модель фрези з напайними твердосплавними пластинами для підвищення міцності конструкції. Було обрано заготовку та спосіб її отримання.

2. Обрано та проаналізовано базові технологічні маршрути виготовлення фрези, проведено аналіз маршрутів та розроблено узагальнений граф послідовності операцій. Розраховано та оптимізовано режими різання.

3. В результаті практичних досліджень було виявлено що стійкість інструменту підвищилась приблизно в 1.5 рази відносно базової моделі $z=40$. Також були обрані пристосування для заточки та контролю радіального биття, що спрощує контроль готового виробу.

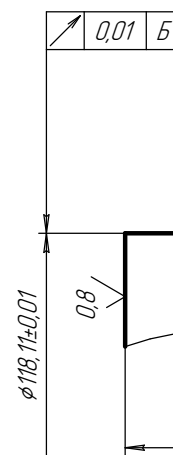
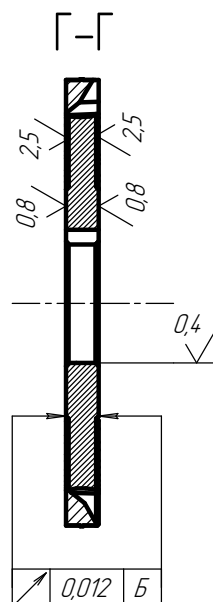
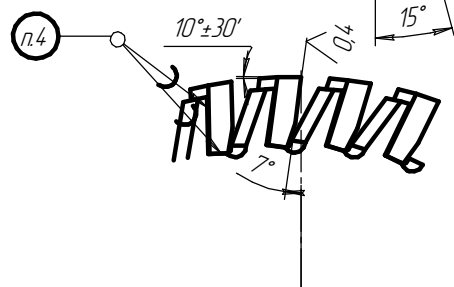
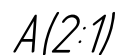
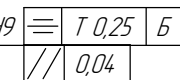
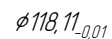
4. В якості стартап проекту було розглянуто переваги та недоліки виробу відносно конкурентів та проаналізовано техніко-економічні характеристики фрези для виявлення конкурентоспроможності.

6. Список використаних джерел

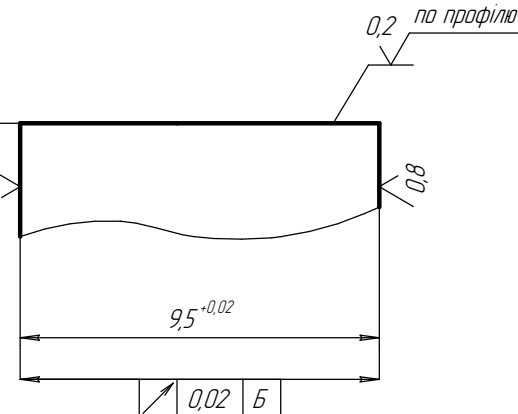
1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.-4-е изд., и доп. М.: «Машиностроение», 1985.
2. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения : Учеб, пособ. Для вузов/ Э. Л. Жуков, И. И. Козар, С. Л. Мурашки и др.; Под ред. С. Л. Мурашкина. - 2-е изд., доп. -М.: Высш. шк., 2005.
3. Чернов Н. Н. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных техникумов.-3-е изд. -М.: «Машиностроение», 1978.
4. Нефедов Н. А., Осипов К. А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие для техникумов по предмету «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент». 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1984.
5. Справочник технолога-инструментальщика. Космачев И. Г. 1970, изд-во «Машиностроение».
6. Равська Н. С., Мельничук П. П., Касьянов А. Г., Родін Р. П. Технологія інструментального виробництва: Підручник для студентів спеціальностей: 7.090202 «Технологія машинобудування», 7.090203 «Металорізальні верстати та системи», 7.090204 «Інструментальне виробництво». - Житомир: ЖІТІ, 2001.
7. Проектирование и производство режущего инструмента. Родин П. Р.«Техника», 1968,
8. Металлообрабатывающий твердосплавный инструмент: Справочник/ В. С. Самойлов, Э. Ф. Эйхманс, В. А. Фальковский и др.; Редкол.: И. А. Ординарцев (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1988.
9. Белоусов А. П. Проектирование станочных приспособлений: учебное пособие для учащихся техникумов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. школа, 1980.

10. Круш П.В., Шевчук Н.А., Андрусь О.І. Рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації «Розроблення стартап-проекту» 2019
11. ГОСТ 25762 – 83 Обработка резанием || Термины, определения и обозначение общих понятий. – М.: ГК СССР по стандартам, 1983.
12. Равская Н.С., Николаенко Т.П., Мельничук Л.С. Общая теория определения геометрических параметров инструмента// Надежность инструмента и оптимизация технологических систем, Краматорск, 2003.
13. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник М., «Машиностроение», 1972.
14. Семенченко И.И., Матюшин В.М., Сахаров Г.Н., Проектирование маталлорежущих инструментов. Москва: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1963.
15. И.А.Ординарцев, Г.В. Филипов, А.Н. Шевченко и др. Справочник инструментальщика. Под. общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987.

ДОДАТКИ



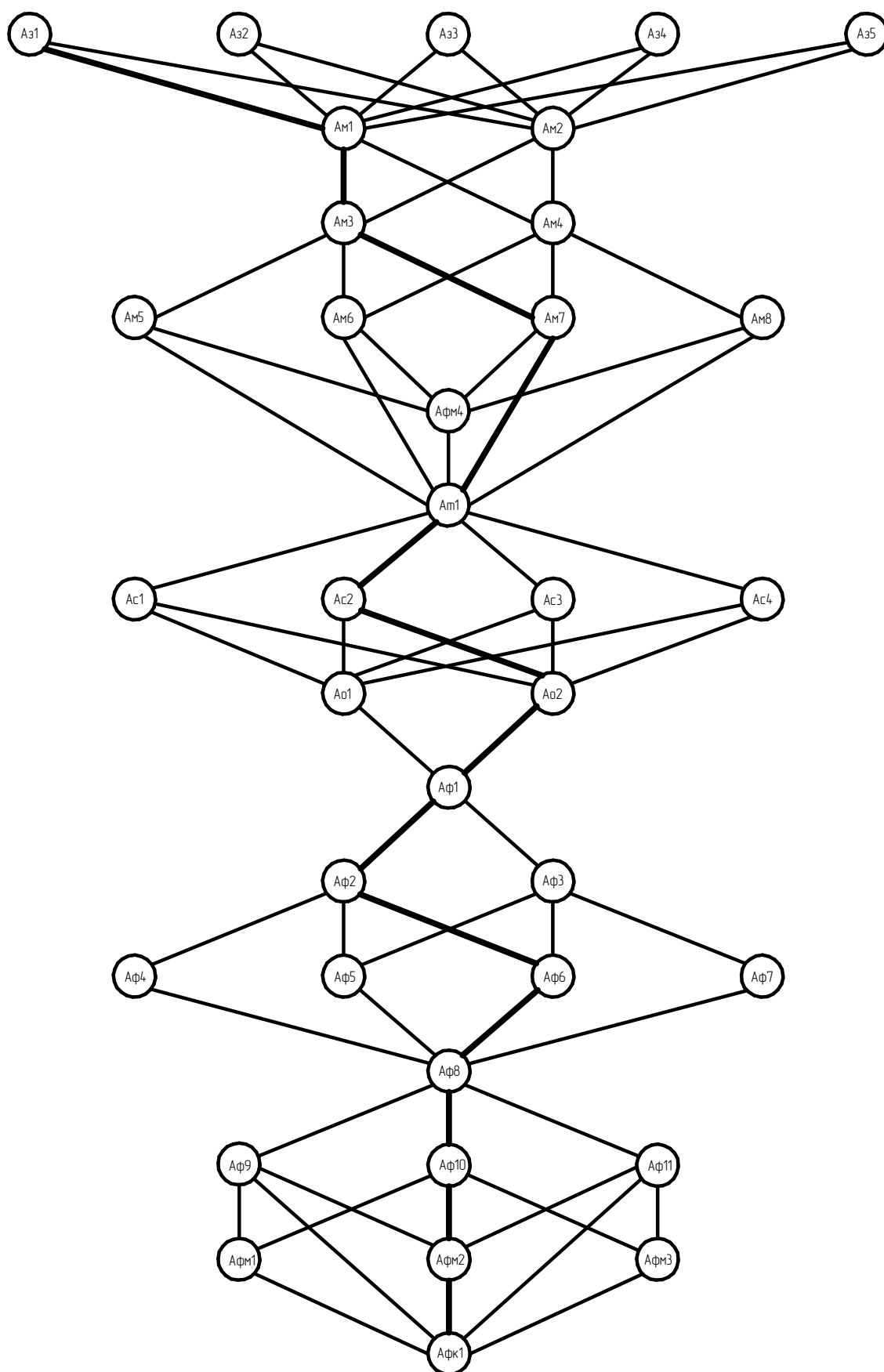
B (10:1)

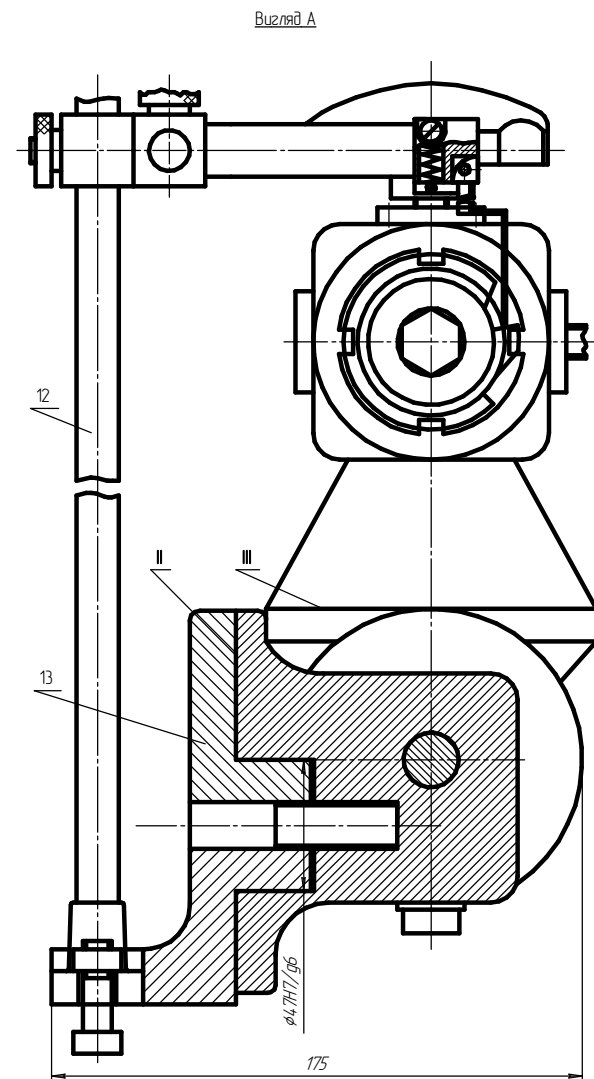


1. Матеріал пластин сплав ВК15 ГОСТ3882-74
2. Матеріал корпусу сталь 40Х ГОСТ 4543-74
3. Твердість корпусу HRC 42..45
4. П'ясти припоєм ПСр40 або ПСр 50 Кд
5. Маркування 118,11 n 11000

						<i>ДП.МІ-91мп.000</i>					
						<i>Фреза дискова Кресленник</i>					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>			<i>№ док-им.</i>	<i>Годн.</i>	<i>Дата</i>	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>		
<i>Разраб.</i>				<i>Филиппер В.В.</i>					<i>1:1</i>		
<i>Проф.</i>				<i>Богаровець Ю.Ю.</i>							
<i>Текст.</i>							<i>Лист</i>	<i>1</i>	<i>Листов</i>	<i>1</i>	
<i>Нконтр.</i>							<i>НТУУ "КП"</i>				
<i>Утв.</i>							<i>ім. І.Сікорського</i>				

Узагальнений граф





1. Найбільший діаметр фрез які заточуються 125мм.
2. Кут повороту у вертикальній площині $\pm 5^\circ$, в горизонтальній площині 360° .
3. Змащування мастилом індустріальним 20, періодичність змащування один раз в два місяці.
4. Зусилля повороту не більше 300Н.
5. Зусилля затиску 20Н.

[illegible]

Магістрська дисертація

На тему: Фреза дискова для оброблення
паперу

Виконав студент групи МІ-91мп
Керівник

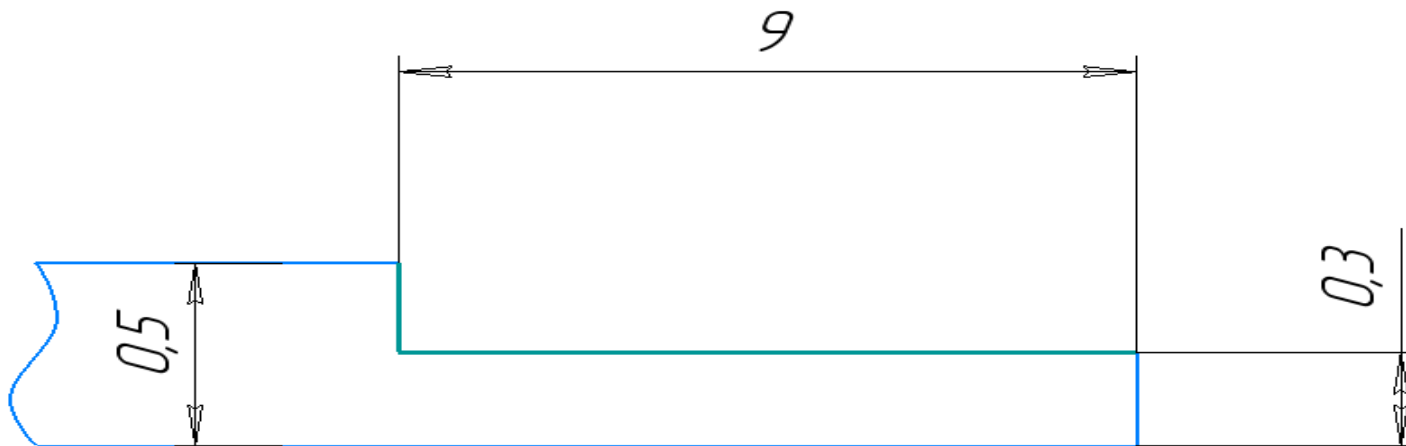
Флашнер В.Ю.
Бесарабець Ю.Й.

Тема: Фреза дискова для оброблення паперу

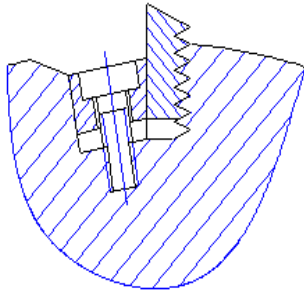
- Метою дипломного проекту є вирішення питання по розробці конструкції високопродуктивної дискової фрези для оброблення уступу в багат шаровій картонній упаковці рідких харчових продуктів і технологічного процесу її виготовлення. Збільшити продуктивність оброблення.
- Об'єктом дослідження є процес оброблення дисковою фрезою багат шарового паперу для виготовлення упаковки харчових продуктів, дослідження процесів, які виникають під час різання.
- Предметом дослідження є забезпечення необхідної якості при визначених режимах різання і пошук шляхів збільшення продуктивності обробки без погіршення якості виробу.

Вступ

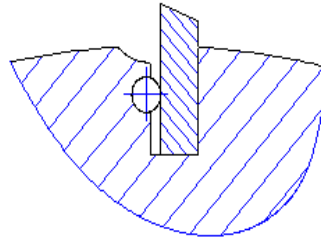
Фреза призначена для оброблення уступу в багатошаровій картонній упаковці, яка складається з зовнішніх шарів картону між якими розташована спеціальна абразивна глина. Фреза обробляє паз, по якому згинається і склеюється край упаковки всередину пакета.



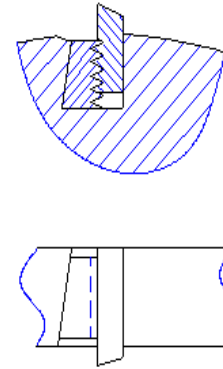
Аналіз можливих конструкцій



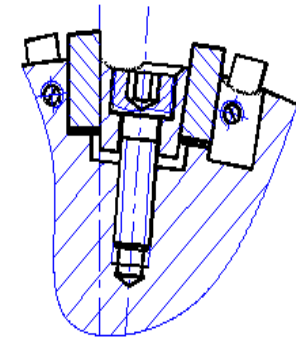
Клин з болтом



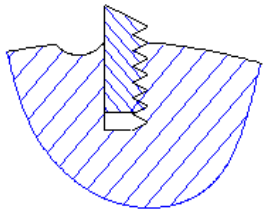
Клин з штифтом



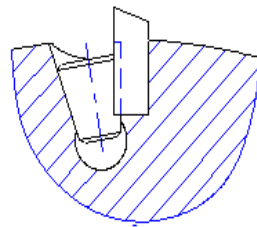
Клин з
рифленнями



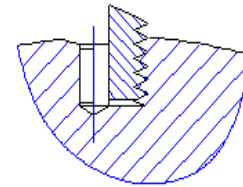
Регулюєма
конструкція



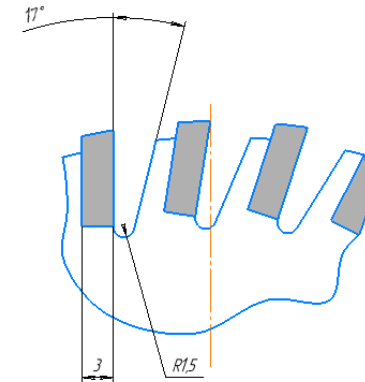
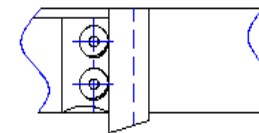
З рифленнями



З конічною
втулкою



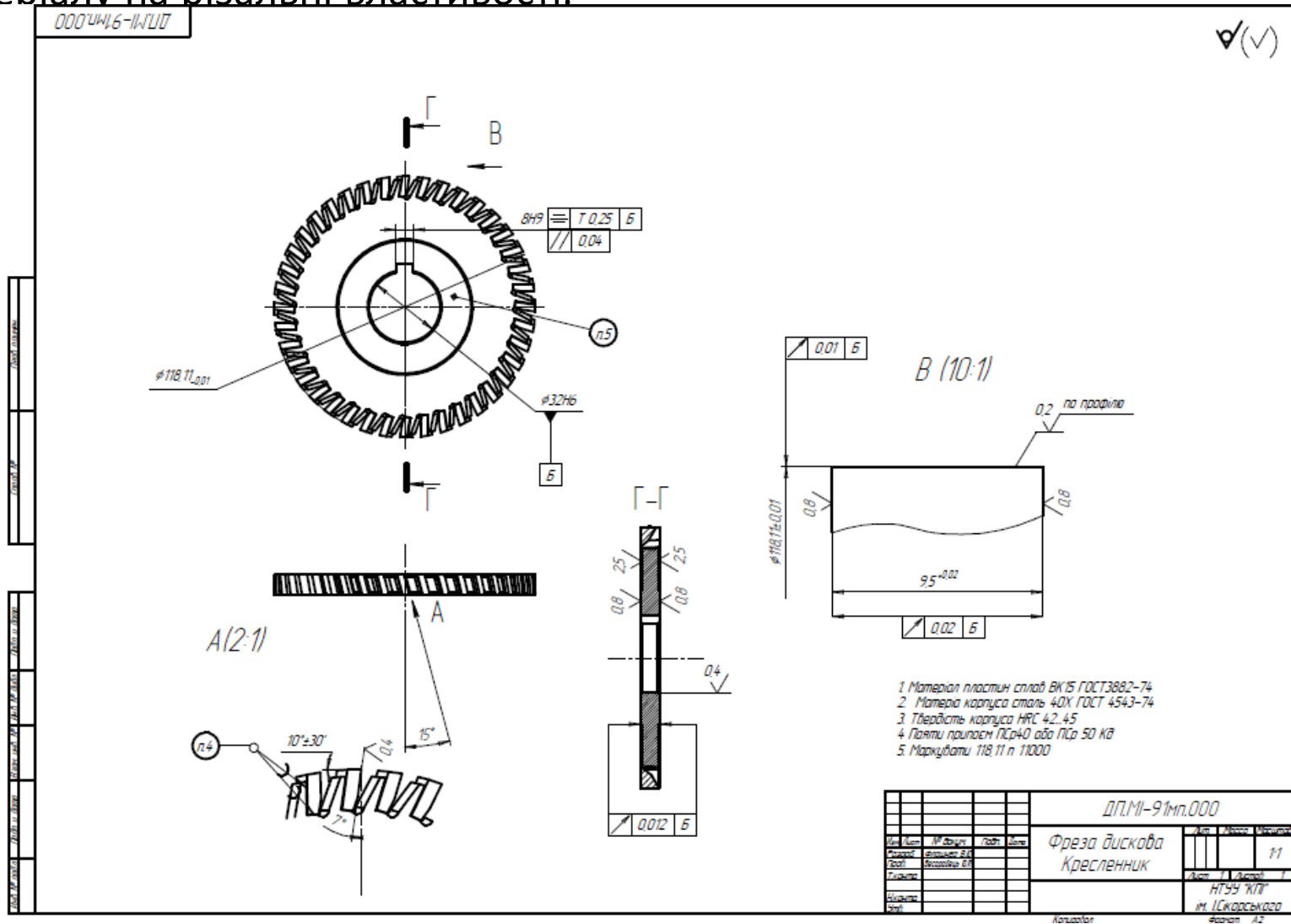
З ексцентриком



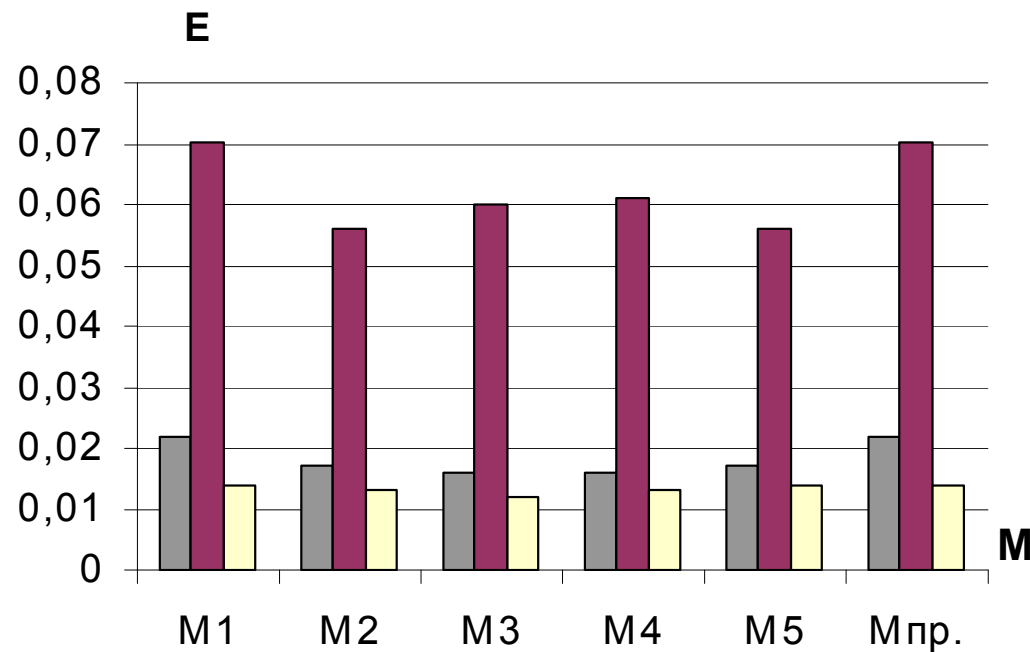
З напаяними
пластинами

Остаточна конструкція

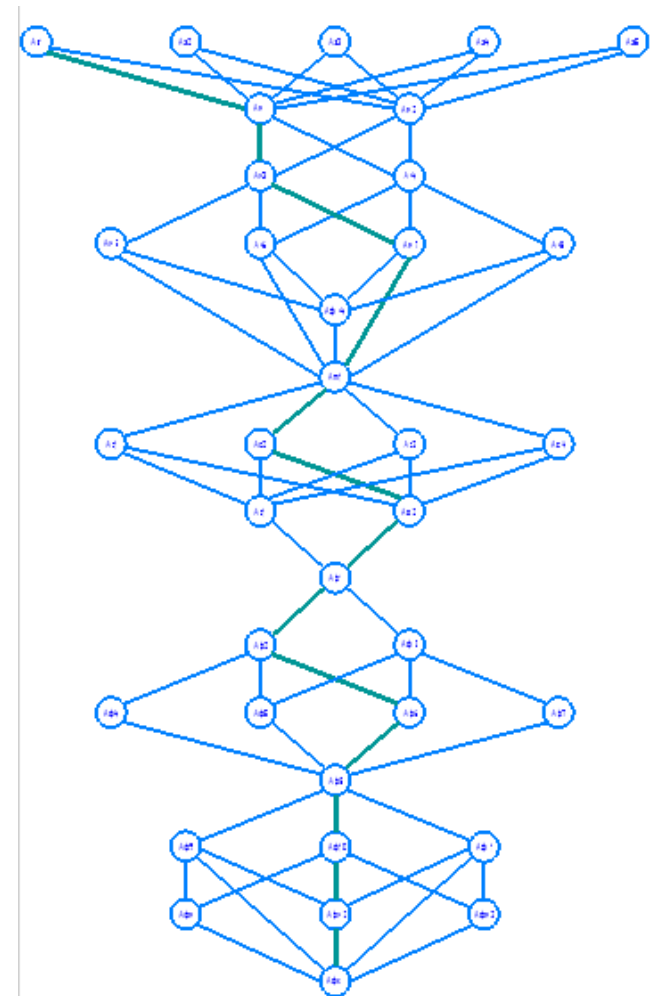
Для покращення обробки було збільшено число зубів фрези, що дозволить підвищити продуктивність обробки та зменшити вплив абразивного матеріалу на різальні властивості.



Аналіз технологічних маршрутів



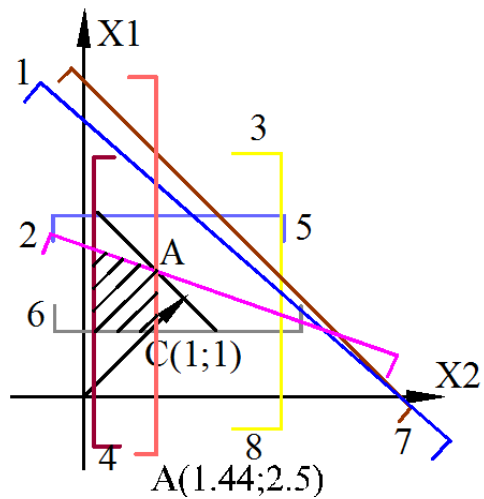
Графік потужності маршрутів



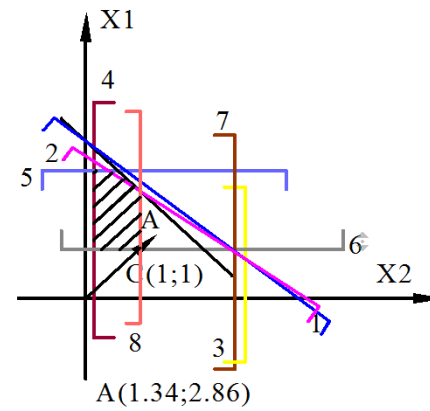
Узагальнений граф

Оптимізація режимів різання

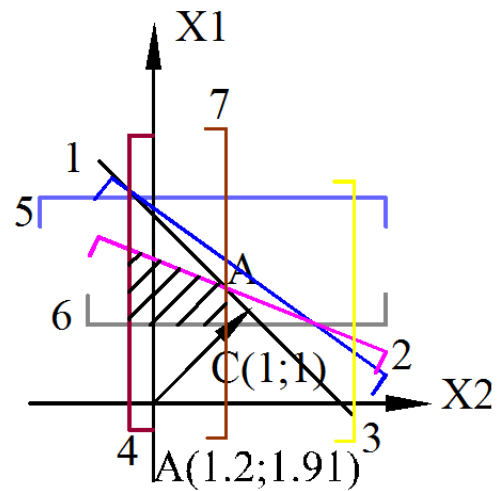
Точіння



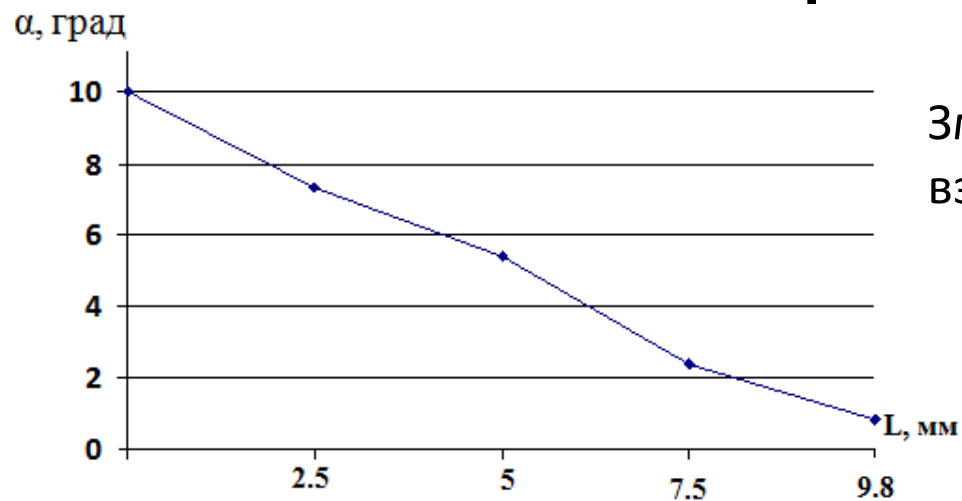
Свердління



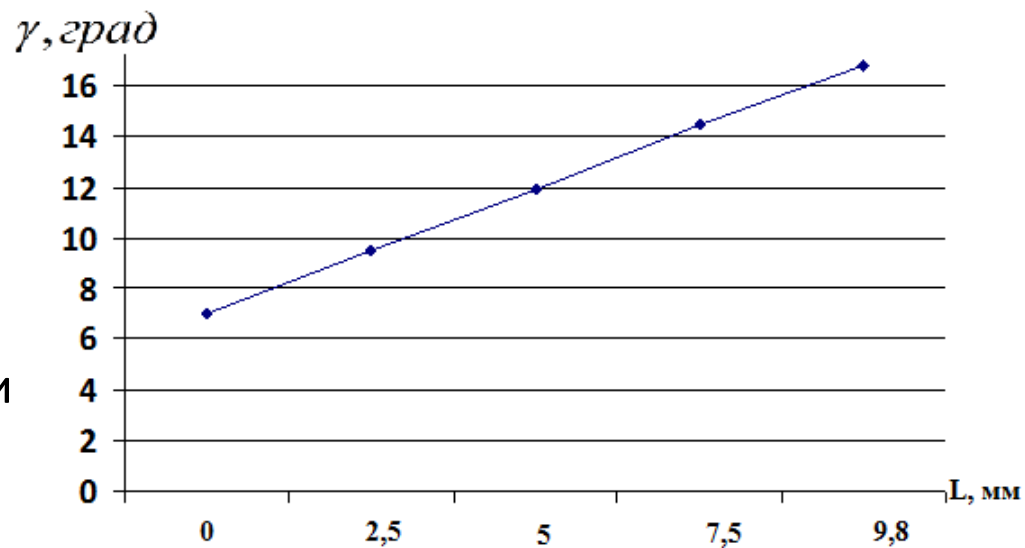
Фрезерування



Зміна кутів вздовж різальних кромок



Зміна переднього кута γ вздовж різальної кромки



SWOT-аналіз

Оцінка середовища		Оцінка підприємства	
Можливості	Загрози	Сильні сторони	Слабкі сторони
Продаж виробу закордон	Слабко розвинута галузь на території України	Висока продуктивність оброблення	Вузька направленість
Виготовлення більш ергономічної упаковки	Необхідність деякого налаштування виробництва	Висока зносостійкість виробу	Необхідність точного налаштування

Висновки

- 1. В роботі розглянуто дискову фрезу для оброблення паперу. В результаті аналізу можливих конструкцій було обрано раціональну модель фрези з напайними твердосплавними пластинами підвищено кількість зубів та змінено матеріал пластин для підвищення міцності та зносостійкості. Було обрано заготовку та спосіб її отримання.
- 2. Обрано та проаналізовано базові технологічні маршрути виготовлення фрези, проведено аналіз маршрутів та розроблено узагальнений граф послідовності операцій. Розраховано та оптимізовано режими різання.
- 3. В результаті практичних досліджень було виявлено що стійкість інструменту підвищилась приблизно в 1.5 рази відносно базової моделі $z=40$. Також було обрано пристосування для заточування фрези.
- 4. В якості стартап проекту було розглянуто переваги та недоліки виробу відносно конкурентів та проаналізовано техніко-економічні характеристики фрези для виявлення конкурентоспроможності.

Дякую за увагу!