

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра Машинобудування та прикладної механіки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
до магістерської роботи

освітньо-кваліфікаційного рівня *магістр*

спеціальності *133 галузеве машинобудування*

на тему «Підвищення ефективності фрезерування гвинтових поверхонь за  
рахунок удосконалення технологічного оснащення верстата»

Виконав: студент групи ГМ-20дм

Северин Р.Ю.  
(прізвище, та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник Сергієнко О.В.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Завідувач кафедри Соколов В.І.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)



## РЕФЕРАТ

Магістерська робота за темою «Підвищення ефективності фрезерування гвинтових поверхонь за рахунок удосконалення технологічного оснащення верстата»: 71 с., 4 табл., 28 рис., 16 джерел.

ФРЕЗЕРНИЙ ВЕРСТАТ, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ, ГВИНТОВА ПОВЕРХНЯ, ШНЕК, ФРЕЗЕРУВАННЯ, КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ.

Об'єкт дослідження – процес фрезерування гвинтових поверхонь.

Предмет дослідження – гвинтова поверхня шнека та оснащення фрезерного верстата для закріплення шнека.

Мета магістерської роботи полягає в підвищенні ефективності фрезерування гвинтових поверхонь за рахунок удосконалення технологічного оснащення верстата.

Методи дослідження – теоретичні дослідження проведені з використанням законів металообробки та верстатобудування, теорії різання, теорія ймовірностей і математичної статистики та методів обчислювальної математики. Достовірність результатів визначена на основі комп'ютерних та експериментальних досліджень на комп'ютерних моделях і лабораторних установках із застосуванням статистичних методів обробки даних.

У першому розділі проведено аналіз методів фрезерування та способів утворення гвинтових канавок, а також розглянуто основні характеристики фрезерного верстата, на якому є можливість обробки гвинтової поверхні шнека.

У другому розділі проведено дослідження режимів обробки шнеків.

У третьому розділі виконано конструювання технологічної оснастки, яка дає можливість закріплення шнека для обробки гвинтової поверхні на модернізованому фрезерному верстаті 6М83.

У четвертому розділі проведено аналіз похибок обробки шнеків за допомогою програми «КОМПАС-3D».

В останньому розділі розглянуто вимоги охорони праці та техніки безпеки при проведенні науково-дослідних робіт.

## ЗМІСТ

	Стор.
СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	5
ВСТУП.....	6
1 СТАН ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	7
1.1 Методи фрезерування гвинтових канавок.....	7
1.2 Утворення гвинтових канавок.....	8
1.3 Характеристика горизонтально-фрезерного верстата 6М83.....	9
1.4 Мета та завдання дослідження.....	13
2. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ ШНЕКІВ.....	14
2.1 Розрахунок режимів і потужності різання для фрезерування «шнеків».....	14
2.2 Перерахунок режимів та потужності різання фрезерування шнеків..	38
2.3 Експериментальне дослідження сил різання.....	43
3 МОДЕРНІЗАЦІЯ ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА 6М83 І РОЗРОБКА ОСНАСТКИ.....	46
3.1 Модернізація верстата .....	46
3.2 Схема обробки.....	46
3.3 Розрахунок приводу.....	47
3.4 Підбір обладнання.....	48
3.5 Вибір інструменту.....	52
4 АНАЛІЗ ПОХИБОК ОБРОБКИ ШНЕКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ «КОМПАС-3D» .....	53
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ РОБІТ.....	60
5.1 Загальні заходи щодо безпеки життєдіяльності.....	60
5.2 Заходи безпеки при проведенні технологічних процесів механічної обробки деталей.....	64
ВИСНОВКИ.....	71
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	70

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЗМП – металева пластина, що знімається

НВ – твердість за Бринелем

НV – твердість за Вікерсом

НRC – твердість за Роквелом

$\sigma_T$  - межа плинності інструментального матеріалу, МПа

$n$  – кількість дослідів

$\sigma_b$  – границя міцності, МПа

$\sigma_t$  – границя текучості, МПа

$\sigma_{0,2}$  – умовна границя текучості, МПа

$\mu$  - коефіцієнт Пуасона

$K_v$  - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови різання

$K_{mv}$  – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки

$K_{pv}$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхні

$K_{uv}$  – коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту

$z$  - кількість зубів фрези

$n$  – частота обертання фрези, об / хв

$S$  – подача, мм

$V$  – швидкість різання, м/хв.

$M_{кр}$  - крутний момент, Н·м

$t$  – глибина різання, мм

## ВСТУП

Найважливішими умовами зростання якості промислової продукції є розвиток комплексної механізації і автоматизації, впровадження новітнього високопродуктивного обладнання і передових технологій, широка заміна і модернізація застарілого обладнання. Здійснення цих завдань в машинобудівній металообробній промисловості пов'язано в першу чергу з підвищенням продуктивності металорізальних верстатів.

Для забезпечення підвищення продуктивності праці в машинобудуванні велике значення має підвищення ефективності використання діючого парку верстатів, в першу чергу за рахунок його модернізації і реконструкції. Роботами, проведеними в промисловості в останні роки, практично доведена можливість значного підвищення експлуатаційних показників діючих верстатів шляхом нескладної їх переробки. Однак переважна частина робіт в області модернізації устаткування проводилася тільки в напрямку підвищення швидкодії й потужності. Питаннями механізації і автоматизації робочого циклу верстатів приділялося мало уваги. В результаті продуктивність верстатів підвищилася недостатньо, значно зросла питома вага витрат часу на виконання допоміжних і підготовчо - заключних робіт.

Для модернізації діючого парку верстатів з метою забезпечення його максимальної продуктивності повинно з'явитися комплексне рішення з урахуванням всіх факторів, що впливають на продуктивність, і в першу чергу на підвищення рівня автоматизації верстатів.

У зв'язку з цим тема магістерської роботи, яка направлена на підвищення ефективності фрезерування гвинтових поверхонь з метою підвищення продуктивності праці є актуальною. Однією з головних проблем при обробці гвинтових поверхонь, типу шнека, є забезпечення кута повороту напрямних верстата, та обертання самої заготовки. Завдання полягає в наступному: модернізація верстата, підбір обладнання, перевірка міцності та режимів обладнання, а також розрахунок режимів різання [5].

## 1 СТАН ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1 Методи фрезерування гвинтових канавок

Гвинтові канавки можна фрезерувати кінцевою фрезою на вертикально-фрезерному верстаті і дисковою фрезою на горизонтально-фрезерному верстаті. На рис. 1.1, а показана кінцева фреза, яка обробляє праву прямокутну гвинтову канавку на циліндрі, а на рис. 1.1, б - дискова двокутова фреза, що обробляє ліву кутову гвинтову канавку на циліндрі. Кожен з цих способів фрезерування дозволяє обробити як праву, так і ліву гвинтові канавки, але для цього треба відповідно налаштувати гідари ділильної головки.

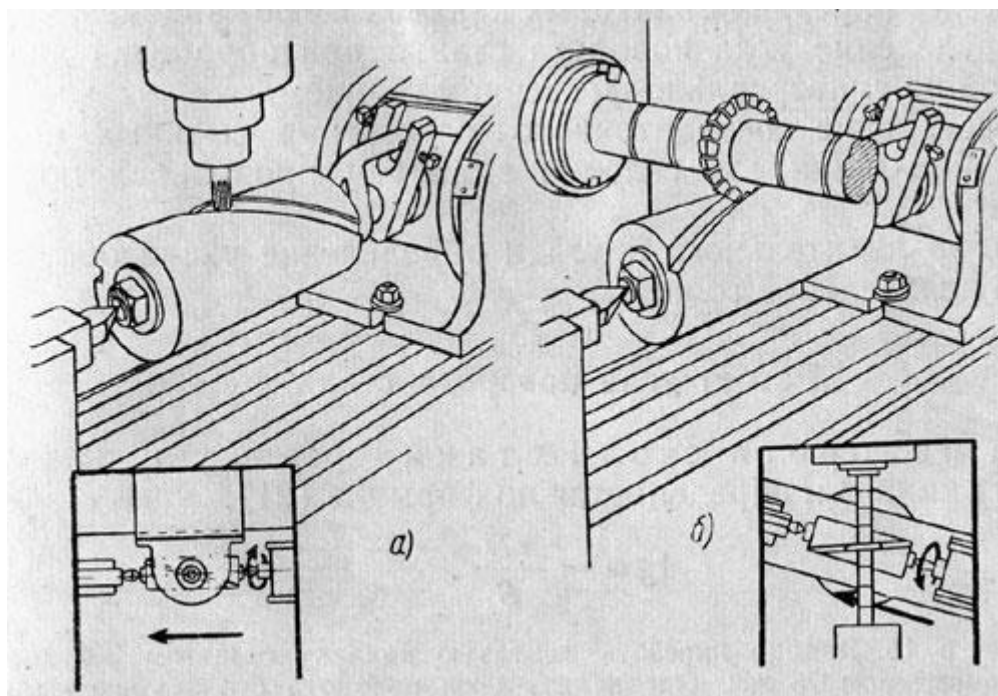


Рисунок 1.1 - Фрезерування гвинтових канавок:  
а - кінцевою фрезою, б - дисковою фрезою

З рис. 1.1, б видно, що дискова фреза, обертаючись, як би котиться по канавці, що фрезерується. Щоб фреза могла котитися в канавці, а не йшла в неї боком, необхідно вісь циліндра повернути на відповідний кут до вісі шпинделя верстата, в якому встановлена оправка з фрезою. Канавка, що фрезерується на циліндрі тільки тоді отримує профіль фрези, що її обробляє, коли нахил канавки, що фрезерується, і площина обертання фрези збігаються.

При фрезеруванні гвинтової канавки дисковою фрезою (рис. 1.1, б) стіл верстата повинен бути повернений так, щоб площина обертання фрези збіглася з нахилом канавки. Так як можливість повороту столу мають тільки універсально-фрезерні верстати, то гвинтові канавки дисковою фрезою можна фрезерувати тільки на цих верстатах.

При фрезеруванні гвинтової канавки кінцевою фрезою (рис. 1.1, а) стіл верстата не повинен бути повернений, оскільки площина обертання фрези збігається з нахилом канавки. Однак слід врахувати, що кінцевою фрезою можна фрезерувати тільки прямокутні або симетричні V-подібні канавки, так як кінцева фреза може мати або циліндричну, або конічну ріжучу кромку. Для отримання фасонних гвинтових канавок єдиним методом є фрезерування дисковою фасонною фрезою на універсально-фрезерному верстаті.

З викладеного видно, що розрахунки при налагодженні фрезерного верстата для нарізування гвинтових канавок мають завданням:

- 1) визначення кута повороту верстата при обробці дисковою фрезою на універсально-фрезерному верстаті;
- 2) визначення передавального відношення змінних коліс, що з'єднують шпиндель головки з гвинтом поздовжньої подачі стола;
- 3) вибір ділильного кола і визначення числа обертів рукоятки ділильної головки [2].

## **1.2 Утворення гвинтових канавок**

Щоб на циліндричній поверхні отримати гвинтову канавку (спіраль) потрібного кроку, треба надати циліндру рівномірне обертання і одночасно або йому, або різальному інструменту рівномірне переміщення уздовж вісі циліндра. Ці два рухи повинні бути так розраховані, щоб за одне повне обертання циліндра інструмент перемістився уздовж вісі на величину кроку. При нарізанні гвинтових канавок на фрезерному верстаті оброблюваній заготовці (циліндру) надають обертання навколо вісі і прямолінійний рух уздовж вісі. Ріжучий інструмент – фреза - отримує звичайний обертальний рух. Щоб утворити гвинтові канавки багатозаходного різьблення, після обробки кожної канавки необхідно повернути



заготовку щодо різального інструменту на частку обороту, що дорівнює  $1/z$ , де  $z$  - число заходів різьби, і обробити наступну канавку. Таким чином, при фрезеруванні гвинтових канавок треба надати заготовці, що обробляється, наступні рухи:

1) рівномірне обертання навколо її вісі за рахунок обертання шпинделя ділильної головки, в центрах або патроні, в яких закріплена заготовка;

2) рівномірне переміщення уздовж вісі за рахунок поздовжньої подачі стола верстата, на якому встановлена ділильна головка з закріпленою заготовкою;

3) поворот після кожного проходу на частку обороту, що дорівнює  $1/z$ , за допомогою ділильної диска.

Щоб шпindel ділильної головки отримав рівномірне обертання, його з'єднують через набір змінних зубчастих коліс з гвинтом поздовжньої подачі стола. Завдяки цьому зв'язку заготовка, що фрезерується, отримує необхідні рухи; вона обертається навколо своєї вісі і одночасно отримує поздовжнє переміщення уздовж вісі, так що профрезерована канавка виходить гвинтовою [12].

### **1.3 Характеристика горизонтально-фрезерного верстата 6М83**

Консольно-фрезерні верстати моделей 6М83 призначені для фрезерування всіляких деталей зі сталі, чавуну і кольорових металів циліндричними, дисковими, фасонними, кутовими, торцевими, кінцевими і іншими фрезами в умовах індивідуального і серійного виробництва (рис. 1.2). Можливість настройки верстата на різні напівавтоматичні та автоматичні цикли дозволяє успішно використовувати верстати для виконання робіт операційного характеру в поточних і автоматичних лініях в великосерійному виробництві.

На універсальному фрезерному верстаті верстаті 6М83 можна обробляти вертикальні і горизонтальні площини, пази, кути, рамки, зубчасті колеса, фрезерувати всілякі спіралі, для чого стіл його повертається навколо своєї вертикальної осі. На верстаті моделі 6М83 можна успішно обробляти легкі сплави. Фрезерні верстати 6М83 призначені для виконання різних фрезерних

робіт в умовах як індивідуального, так і великосерійного виробництва. В умовах великосерійного виробництва верстати можуть бути успішно використані також для виконання робіт операційного характеру.

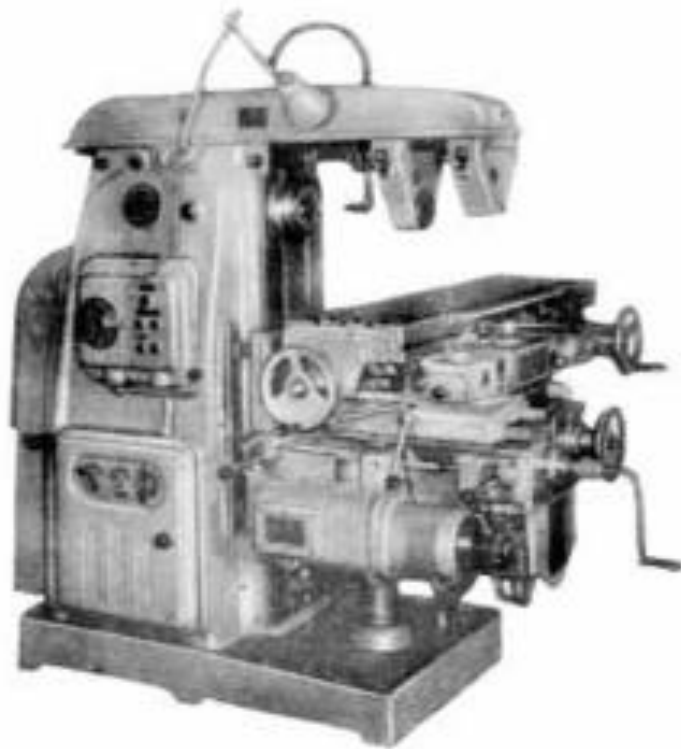


Рисунок 1.2 – Верстат 6М83

Консольно-фрезерні верстати моделей 6М83 представляють собою оригінальні верстати високої точності і жорсткості.

Технічна характеристика і висока жорсткість верстатів дозволяють повністю використовувати можливості як швидкоріжучого, так і твердосплавного інструменту. Технологічні можливості верстата можуть бути розширені з застосуванням ділильної головки, поворотного круглого столу, накладної універсальної головки і інших пристосувань.

Верстати автоматизовані і можуть бути налаштовані на різні, автоматичні цикли, що підвищує продуктивність праці, виключає необхідність обслуговування верстатів робочими високої кваліфікації і полегшує можливість організації багатOVERстатного обслуговування.

Переваги верстата 6М83:

- широкі діапазони величин подач столу;

- швидкозмінне кріплення інструменту;
- наявність механізму уповільнення подачі;
- уповільнення робочої подачі в автоматичному циклі;
- можливість роботи в автоматичних циклах, включаючи обробку по рамці;
- автоматичне змащення вузлів;
- застосування безконтактних швидкодіючих електромагнітних муфт в приводі подач;
- підвищена точність верстата за рахунок розташування гвинта поперечної подачі на вісі фрези;
- можливість переміщення столу одночасно за двома і трьома координатами;
- можливість застосування електродвигуна постійного струму в приводі подач;
- можлива подальша автоматизація верстатів за рахунок застосування цифрової індикації та пристроїв оперативного управління.

Для скорочення допоміжного часу і зручності управління в верстатах передбачаються:

- дубльоване управління кнопочно-рукояткового типу (спереду і з лівого боку верстата);
- пуск і останов шпинделя і включення швидких ходів верстата за допомогою кнопок;
- управління рухами столу від рукояток, напрямок повороту яких збігається з напрямком руху столу;
- зміна швидкостей і подач за допомогою однорукояткових вибіркового механізмів, що дозволяють отримувати будь-яку швидкість або подачу поворотом лімба без проходження проміжних ступенів;
- гальмування постійним струмом.

При високих і середніх числах оборотів шпинделя межі використання верстатів обмежуються головним чином допустимими значеннями швидкостей різання для фрез і потужністю електродвигуна головного руху. У всіх випадках обробки, де можливе застосування швидкісного фрезерування, рекомендується використовувати верстати на швидкісних режимах як найбільш продуктивних і

які забезпечують спокійну, вібростійкого роботу верстатів.

Фрезерування циліндричними швидкорізальними фрезами дозволяється з навантаженням столу зусиллям подачі не більше 1500 кг. Як показала практика експлуатації консольно-фрезерних верстатів, при роботі фрезами зі швидкорізальної сталі іноді при деякому співвідношенні параметрів режимів різання виникають вібрації. У цих випадках рекомендується збільшити подачу на зуб або застосувати фрези конструкції Карасьова з нерівномірним кроком і крутий спіраллю.

При роботі верстата на важких режимах різання лімітуючими факторами, як правило, є стійкість і міцність ріжучого інструменту. З цієї точки зору можна рекомендувати як граничні режими фрезерування наступні:

Робота торцевими фрезами по сталі:

- Діаметр фрези, мм ... 150
- Число зубів ... 14
- Число обертів в хвилину ... 40
- Швидкість різання, м / хв ... 19
- Ширина фрезерування, мм ... 100
- Глибина фрезерування, мм ... 4-5
- Подача, мм / хв ... 160
- Подача на зуб, мм ... 0,28
- Потужність, кВт ... ~ 6

Робота торцевими фрезами по чавуну:

- Діаметр фрези, мм ... 200
- Число зубів ... 16
- Число обертів, хвилину ... 63
- Швидкість різання, м / хв ... 40
- Ширина фрезерування, мм ... 100
- Глибина фрезерування, мм ... 9
- Подача, мм / хв ... 315
- Подача на зуб, мм ... 0,31
- Потужність, кВт ... ~ 7

#### **1.4 Мета і завдання досліджень**

Підвищення ефективності фрезерування гвинтових поверхонь з метою підвищення продуктивності праці є актуальною. Однією з головних проблем при обробці гвинтових поверхонь, типу шнека, є забезпечення кута повороту напрямних верстата, а так само обертання самої заготовки. Завдання полягає в наступному: модернізація верстата, підбір обладнання, перевірка міцності та режимів обладнання, а також розрахунок режимів різання.

*Мета роботи* полягає в підвищенні ефективності фрезерування гвинтових поверхонь за рахунок удосконалення технологічного оснащення верстата.

Поставлена мета може бути досягнута при вирішенні наступних завдань:

1. аналіз методів фрезерування та способів утворення гвинтових канавок;
2. вибір фрезерного верстата, на якому є можливість обробки гвинтової поверхні шнека;
3. дослідження режимів обробки шнеків;
4. модернізація фрезерного верстата за рахунок удосконалення технологічного оснащення;
5. аналіз похибок обробки шнеків за допомогою програми «КОМПАС-3D».

## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ ШНЕКІВ

### 2.1 Розрахунок режимів і потужності різання для фрезерування «шнеків»

Основні параметри досліджуваних шнеків представлені в табл. 2.1

Таблиця 2.1 - Параметри шнеків

№	Назва шнека	l, мм	h, мм	d, мм	$\alpha$ , °
1	NR – 46 Шнек SC 90 -45	90	45	46.4	17
2	NR – 46 Шнек SC 90 -60	90	60	46.4	22
3	NR – 75 Шнек S 150 -75	150	75	77	17
4	NR – 75 Шнек S 150 -100	150	100	77	22.5
5	STS – 75 Шнек 72-72	72	72	71	18
6	STS – 75 Шнек 96-96	96	96	71	23
7	STS – 75 Шнек 112-112	112	112	71	27
8	STS – 75 Шнек S56-28L	28	56	71	14
9	STS – 75 Шнек S56-586	56	56	71	14
10	ТЕК – 70 Шнек SC 45-45	45	45	70.5	11.5
11	ТЕК – 70 Шнек SC 60-60	60	60	70.5	15
12	ТЕК – 70 Шнек SC 90-90	90	90	70.5	22

При призначенні режимів різання слід враховувати вид обробки, тип і розміри інструмента, матеріал його ріжучої частини, матеріал заготовки, тип і стан верстата [8].

1. NR-46 Шнек SC 90-45.

Інструмент: Диска фреза з ЗМП з твердого сплаву.

Параметри інструменту:  $D = 200$  мм,  $z = 14$

Глибина різання:  $t = 7,7$  мм.

Ширина:  $B = 22,5$  мм.

1. Подача:  $S = 0.02$  мм / зуб.

Швидкість різання.

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V \quad (2.1)$$

де  $K_V$  - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови різання.

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{pv}, \quad (2.2)$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки.

$$K_{mv} = K_r \cdot (750/\sigma_B)^{n_v}, \quad n_v=1, \quad K_r=1, \quad \sigma_B = 710 \text{ МПа}, \quad K_{mv} = 1 \cdot (750/710)^1 = 1.06;$$

$$K_{pv} - \text{коефіцієнт, який враховує стан поверхні, } K_{pv}=0.9;$$

$$K_{uv} - \text{коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту, } K_{uv}=1 \\ K_V = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$1) \quad C_V = 75,5, \quad x = 0,3, \quad y = 0,2, \quad u = 0,1, \quad p=0, \quad m = 0,2, \quad q=0,25, \quad T=180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V = \frac{75,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 7,7^{0,3} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 22,5^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 62,5 \text{ м/хв};$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{62,5 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 99 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Приймаємо } n_\phi = 95, \text{ отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 59,7 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (2.3)$$

де  $Z$  - кількість зубів фрези;

$n$  – частота обертання фрези, об / хв;

$K_{mp}$  – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу.

$$K_{mp} = (\sigma_b / 750)^n \quad n = 0.75, \quad \sigma_b = 710 \text{ МПа}, \quad K_{mp} = (710 / 750)^{0.75} = 0.9$$

$$C_p = 68.2, \quad x = 0.86, \quad y = 0.72, \quad u = 1, \quad q = 0.86, \quad w = 0, \quad K_{MP} = 0.98$$

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

$$= \frac{10 \cdot 68.2 \cdot 7.7^{0.86} \cdot 0.02^{0.72} \cdot 22.5^1 \cdot 14 \cdot 0.98}{200^{0.86} \cdot 95^0} = 767.5 \text{ Н}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{767.5 \cdot 200}{200} = 767.5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{767.5 \cdot 59.7}{61200} = 0.75 \text{ кВт.}$$

2. Подача:  $S = 0.15 \text{ мм / зуб.}$

Швидкість різання.

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

$$K_v = 1.05 \cdot 0.9 \cdot 1 = 0.945$$

$$C_v = 48.5, \quad x = 0.3, \quad y = 0.4, \quad u = 0.1, \quad p = 0.1, \quad m = 0.2, \quad q = 0.25, \quad T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{48.5 \cdot 200^{0.25}}{180^{0.2} \cdot 7.7^{0.3} \cdot 0.15^{0.4} \cdot 22.5^{0.1} \cdot 14^{0.1}} \cdot 0.945$$

$$= 39.4 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{39.4 \cdot 1000}{3.14 \cdot 200} = 62.7 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Приймаємо } n_\phi = 60, \text{ отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 37.7 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68.2, \quad x = 0.86, \quad y = 0.72, \quad u = 1, \quad q = 0.86, \quad w = 0, \quad K_{MP} = 0.98$$



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

$$= \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 7,7^{0,86} \cdot 0,15^{0,72} \cdot 22,5^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 60^0} = 3325,7 \text{ Н}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{3325,7 \cdot 200}{200} = 3325,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{3325,7 \cdot 37,7}{61200} = 2,1 \text{ кВт.}$$

2. NR-46 Шнек SC 90-60.

Інструмент: Дискава фреза з ЗМП з твердого сплава.

Параметри інструменту:  $D = 200$  мм,  $z = 14$ .

Глибина різання:  $t = 7,7$  мм.

Ширина:  $B = 30$  мм.

Подача:  $S = 0,02$  мм / зуб.

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945;$$

$$C_v = 75,5 \quad x = 0,3, \quad y = 0,2, \quad u = 0,1, \quad p = 0,1, \quad m = 0,2, \quad q = 0,25, \quad T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{75,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 7,7^{0,3} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 30^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 60,8 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{60,8 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 96,8 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Приймаємо } n_\phi = 95, \text{ отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 59,7 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, \quad x = 0,86, \quad y = 0,72, \quad u = 1, \quad q = 0,86, \quad w = 0, \quad K_{MP} = 0,98.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 7,7^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 30^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 95^0}$$

$$= 1023,3 \text{ Н}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1023,3 \cdot 200}{200} = 1023,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1023,3 \cdot 59,7}{61200} = 1 \text{ кВт.}$$

3. Подача:  $S = 0,15$  мм/зуб.

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$C_v = 48,5$   $x = 0,3$ ,  $y = 0,4$ ,  $u = 0,1$ ,  $p = 0,1$ ,  $m = 0,2$ ,  $q = 0,25$ ,  $T = 180$  хв.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v = \frac{48,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 7,7^{0,3} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 30^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 38,2 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{38,2 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 60,8 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_\phi = 60$ , отже  $V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 37,7 \text{ м/хв.}$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$C_p = 68,2$ ,  $x = 0,86$ ,  $y = 0,72$ ,  $u = 1$ ,  $q = 0,86$ ,  $w = 0$ ,  $K_{MP} = 0,98$ .

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 7,7^{0,86} \cdot 0,15^{0,72} \cdot 30^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 60^0}$$

$$= 4434,2 \text{ Н}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{4434,2 \cdot 200}{200} = 4434,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{4434,2 \cdot 37,7}{61200} = 2,7 \text{ кВт.}$$

3. NR-75 Шнек S 150-75.

Інструмент: Дискава фреза з ЗМП з твердого сплаву.

Параметри інструменту:  $D = 200$  мм,  $z = 14$

Глибина різання:  $t = 14,5$  мм.

Ширина:  $B = 37,5$  мм.

Подача:  $S = 0,02$  мм / зуб.

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_v = 75,5 \quad x = 0,3, \quad y = 0,2, \quad u = 0,1, \quad p = 0,1, \quad m = 0,2, \quad q = 0,25, \quad T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{75,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 14,5^{0,3} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 37,5^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 49,4 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{49,4 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 78,7 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Приймаємо } n_\phi = 75, \text{ отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 47,1 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, \quad x = 0,86, \quad y = 0,72, \quad u = 1, \quad q = 0,86, \quad w = 0, \quad K_{MP} = 0,98.$$

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

$$= \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 14,5^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 37,5^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 75^0} = 2202,5 \text{ Н}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{2202,5 \cdot 200}{200} = 2202,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2202,5 \cdot 47,1}{61200} = 1,7 \text{ кВт.}$$

Подача:  $S = 0,15$  мм / зуб.

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_v = 48,5 \quad x = 0,3, \quad y = 0,4, \quad u = 0,1, \quad p = 0,1, \quad m = 0,2, \quad q = 0,25, \quad T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V = \frac{48,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 14,5^{0,3} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 37,5^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 30,8 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{30,8 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 49 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_\phi = 47,5$ , отже  $V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 29,8 \text{ м/хв.}$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, \quad x = 0,86, \quad y = 0,72, \quad u = 1, \quad q = 0,86, \quad w = 0, \quad K_{MP} = 0,98.$$

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

$$= \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 14,5^{0,86} \cdot 0,15^{0,72} \cdot 37,5^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 47,5^0} = 9544,3 \text{ Н}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{9544,3 \cdot 200}{200} = 9544,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{9544,3 \cdot 29,8}{61200} = 4,7 \text{ кВт.}$$

4. NR-75 Шнек S 150-100.

Інструмент: Дискава фреза з ЗМП з твердого сплаву.

Параметри інструменту:  $D = 200 \text{ мм}$ ,  $z = 14$

Глибина різання:  $t = 14,5 \text{ мм}$ .

Ширина:  $B = 50 \text{ мм}$ .

Подача:  $S = 0,02 \text{ мм / зуб}$ .

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_V = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_V = 75,5, \quad x = 0,3, \quad y = 0,2, \quad u = 0,1, \quad p = 0,1, \quad m = 0,2, \quad q = 0,25, \quad T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V = \frac{75,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 14,5^{0,3} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 50^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 48 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{48 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 76,4 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_{\phi} = 75$ , отже  $V_{\phi} = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 41,1 \text{ м/хв.}$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, u = 1, q = 0,86, w = 0, K_{MP} = 0,98.$$

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

$$= \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 14,5^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 37,5^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 75^0} = 2936,7 \text{ Н}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{2936,7 \cdot 200}{200} = 2936,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2936,7 \cdot 41,1}{61200} = 2 \text{ кВт.}$$

Подача:  $S = 0,15 \text{ мм / зуб.}$

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_v = 48,5, x = 0,3, y = 0,4, u = 0,1, p = 0,1, m = 0,2, q = 0,25, T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{48,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 7,7^{0,3} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 50^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 30,2 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{30,2 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 48,1 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_{\phi} = 47,5$ , отже  $V_{\phi} = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 29,8 \text{ м/хв.}$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, u = 1, q = 0,86, w = 0, K_{MP} = 0,98.$$

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

$$= \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 14,5^{0,86} \cdot 0,15^{0,72} \cdot 37,5^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 47,5^0} = 12725,8\text{Н}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{12725,8 \cdot 200}{200} = 12725,8\text{Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{12725,8 \cdot 29,8}{61200} = 6,2\text{кВт.}$$

5. STS - 75 Шнек 72-72.

Інструмент: Дискава фреза з ЗМП з твердого сплаву.

Параметри інструменту:  $D = 200$  мм,  $z = 14$

Глибина різання:  $t = 12$  мм.

Ширина:  $B = 36$  мм.

Подача:  $S = 0,02$  мм / зуб.

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945$$

$$C_v = 75,5, x = 0,3, y = 0,2, u = 0,1, p = 0,1, m = 0,2, q = 0,25, T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{75,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 12^{0,3} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 36^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 51,4 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{51,4 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 81,9 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Приймаємо } n_\phi = 75, \text{ отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 47,1 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, u = 1, q = 0,86, w = 0, K_{\text{MP}} = 0,98.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{MP}} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 12^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 36^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 75^0}$$

$$= 1796,3 \text{ Н.}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1796,3 \cdot 200}{200} = 1796,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1796,3 \cdot 47,1}{61200} = 1,4 \text{ кВт.}$$

Подача:  $S = 0,15 \text{ мм / зуб.}$

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_v = 48,5, \quad x = 0,3, \quad y = 0,4, \quad u = 0,1, \quad p = 0,1, \quad m = 0,2, \quad q = 0,25, \quad T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{48,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 12^{0,3} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 36^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 33 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{33 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 52,6 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Приймаємо } n_\phi = 47,5, \text{ отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 29,8 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, \quad x = 0,86, \quad y = 0,72, \quad u = 1, \quad q = 0,86, \quad w = 0, \quad K_{\text{MP}} = 0,98.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{MP}} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 12^{0,86} \cdot 0,15^{0,72} \cdot 36^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 47,5^0}$$

$$= 7784 \text{ Н}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{7784 \cdot 200}{200} = 7784 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{7784 \cdot 29,8}{61200} = 3,8 \text{ кВт.}$$

5. STS - 75 Шнек 72-72.

Інструмент: Дискава фреза з ЗМП з твердого сплаву.

Параметри інструменту:  $D = 200 \text{ мм, } z = 14$

Глибина різання:  $t = 12 \text{ мм.}$

Ширина:  $B = 36$  мм.

Подача:  $S = 0.02$  мм / зуб.

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_v = 75,5, \quad x = 0,3, \quad y = 0,2, \quad u = 0,1, \quad p = 0,1, \quad m = 0,2, \quad q = 0,25, \quad T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{75,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 12^{0,3} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 48^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 49,1 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{49,1 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 78,2 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_\phi = 75$ , отже  $V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 47,1$  м/хв.

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, \quad x = 0,86, \quad y = 0,72, \quad u = 1, \quad q = 0,86, \quad w = 0, \quad K_{MP} = 0,98.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 12 \cdot 0,02^{0,72} \cdot 48^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 75^0}$$

$$= 2395,1 \text{ Н.}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{2395,1 \cdot 200}{200} = 2395,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2395,1 \cdot 47,1}{61200} = 1,8 \text{ кВт.}$$

Подача:  $S = 0.15$  мм / зуб.

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_v = 48,5, \quad x = 0,3, \quad y = 0,4, \quad u = 0,1, \quad p = 0,1, \quad m = 0,2, \quad q = 0,25, \quad T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{48,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 12^{0,3} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 48^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 32,2 \text{ м/хв.}$$



$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{32,2 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 51,3 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_{\phi} = 47,5$ , отже  $V_{\phi} = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 29,8 \text{ м/хв.}$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, u = 1, q = 0,86, w = 0, K_{MP} = 0,98.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 12^{0,86} \cdot 0,15^{0,72} \cdot 48^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 47,5^0} = 10378,7 \text{ Н.}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{10378,7 \cdot 200}{200} = 10378,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{10378,7 \cdot 29,8}{61200} = 5 \text{ кВт.}$$

7. STS - 75 Шнек 112-112.

Інструмент: Дискова фреза з ЗМП з твердого сплаву.

Параметри інструменту:  $D = 200 \text{ мм}$ ,  $z = 14$

Глибина різання:  $t = 12 \text{ мм}$ .

Ширина:  $B = 56 \text{ мм}$ .

Подача:  $S = 0,02 \text{ мм / зуб}$ .

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_v = 75,5, x = 0,3, y = 0,2, u = 0,1, p = 0,1, m = 0,2, q = 0,25, T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{75,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 12^{0,3} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 56^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945 = 49,1 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{49,1 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 78,2 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_{\phi} = 75$ , отже  $V_{\phi} = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 47,1 \text{ м/хв.}$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, u = 1, q = 0,86, w = 0, K_{MP} = 0,98.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 12 \cdot 0,02^{0,72} \cdot 56^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 75^0} = 2794,3 \text{ Н.}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{2794,3 \cdot 200}{200} = 2794,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2794,3 \cdot 47,1}{61200} = 2,2 \text{ кВт.}$$

Подача:  $S = 0.15 \text{ мм / зуб.}$

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_v = 48,5, x = 0,3, y = 0,4, u = 0,1, p = 0,1, m = 0,2, q = 0,25, T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{48,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 12^{0,3} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 56^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945 = 31,5 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{31,5 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 50,2 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Приймаємо } n_\phi = 47,5, \text{ отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 29,8 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, u = 1, q = 0,86, w = 0, K_{MP} = 0,98.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 12^{0,86} \cdot 0,15^{0,72} \cdot 56^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 47,5^0} = 10964,8 \text{ Н.}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{10964,8 \cdot 200}{200} = 10964,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{10964,8 \cdot 29,8}{61200} = 5,3 \text{ кВт.}$$

8. STS - 75 Шнек S56-28L.

Інструмент: Діскова фреза з ЗМП з твердого сплаву.

Параметри інструменту:  $D = 200$  мм,  $z = 12$

Глибина різання:  $t = 12$  мм.

Ширина:  $B = 20$  мм.

Подача:  $S = 0,02$  мм / зуб.

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_v = 75,5, \quad x = 0,3, \quad y = 0,2, \quad u = 0,1, \quad p = 0,1, \quad m = 0,2, \quad q = 0,25, \quad T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{75,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 12^{0,3} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 20^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 54,4 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{54,4 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 86,6 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Приймаємо } n_\phi = 95, \text{ отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 59,7 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, \quad x = 0,86, \quad y = 0,72, \quad u = 1, \quad q = 0,86, \quad w = 0, \quad K_{MP} = 0,98.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 12^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 20^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 95^0}$$

$$= 998 \text{ Н.}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{998 \cdot 200}{200} = 998 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{998 \cdot 59,7}{61200} = 0,97 \text{ кВт.}$$

Подача:  $S = 0,15$  мм / зуб.

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_v = 48,5, x = 0,3, y = 0,4, u = 0,1, p = 0,1, m = 0,2, q = 0,25, T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{48,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 12^{0,3} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 20^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 34,97 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{34,97 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 55,7 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Приймаємо } n_\phi = 60, \text{ отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 37,7 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, u = 1, q = 0,86, w = 0, K_{MP} = 0,98.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 12^{0,86} \cdot 0,15^{0,72} \cdot 20^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 60^0}$$

$$= 4324,5 \text{ Н.}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{4324,5 \cdot 200}{200} = 4324,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{4324,5 \cdot 37,7}{61200} = 2,7 \text{ кВт.}$$

9. STS - 75 Шнек S56-56.

Інструмент: Дискава фреза із ЗМП із твердого сплаву.

Параметри інструменту:  $D=200$  мм,  $z=14$

Глибина різання:  $t = 12$  мм.

Ширина:  $= 28$  мм.

Подача:  $S = 0,02$  мм / зуб.

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_v = 75,5, x = 0,3, y = 0,2, u = 0,1, p = 0,1, m = 0,2, q = 0,25, T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{75,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 12^{0,3} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 28^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 52,5 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{52,5 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 83,6 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_{\phi} = 75$ , отже  $V_{\phi} = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 47,1 \text{ м/хв.}$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, u = 1, q = 0,86, w = 0, K_{MP} = 0,98.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 12^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 28^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 75^0}$$

$$= 1397,1 \text{ Н.}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1397,1 \cdot 200}{200} = 1397,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1397,1 \cdot 47,1}{61200} = 1,1 \text{ кВт.}$$

Подача:  $S = 0,15 \text{ мм / зуб.}$

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_v = 48,5, x = 0,3, y = 0,4, u = 0,1, p = 0,1, m = 0,2, q = 0,25, T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{48,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 12^{0,3} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 28^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 33,7 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{33,7 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 53,7 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_{\phi} = 47,5$ , отже  $V_{\phi} = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 29,8 \text{ м/хв.}$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, u = 1, q = 0,86, w = 0, K_{MP} = 0,98.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 12^{0,86} \cdot 0,15^{0,72} \cdot 28^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 47,5^0}$$

$$= 6054,3 \text{ Н.}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{6054,3 \cdot 200}{200} = 6054,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{6054,3 \cdot 29,8}{61200} = 3 \text{ кВт.}$$

10. ТЕК - 70 Шнек SC 45-45.

Інструмент: Дискава фреза із ЗМП із твердого сплаву.

Параметри інструменту:  $D=200$  мм,  $z=14$

Глибина різання:  $t = 125$  мм.

Ширина:  $=22,5$  мм.

Подача:  $S = 0,02$  мм / зуб.

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_v = 75,5, x = 0,3, y = 0,2, u = 0,1, p = 0,1, m = 0,2, q = 0,25, T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{75,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 12,5^{0,3} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 22,5^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 52,6 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{52,6 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 83,8 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Приймаємо } n_\phi = 75, \text{ отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 47,1 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, u = 1, q = 0,86, w = 0, K_{\text{МП}} = 0,98.$$

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

$$= \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 12,5^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 22,5^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 75^0} = 1163,8 \text{ Н}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1163,8 \cdot 200}{200} = 1163,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1163,8 \cdot 47,1}{61200} = 0,9 \text{ кВт.}$$

Подача:  $S = 0,15 \text{ мм / зуб.}$

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_v = 48,5, \quad x = 0,3, \quad y = 0,4, \quad u = 0,1, \quad p = 0,1, \quad m = 0,2, \quad q = 0,25, \quad T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{48,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 12,5^{0,3} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 22,5^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 34,5 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{34,5 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 54,9 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Приймаємо } n_\phi = 60, \text{ отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 37,7 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, \quad x = 0,86, \quad y = 0,72, \quad u = 1, \quad q = 0,86, \quad w = 0, \quad K_{\text{MP}} = 0,98.$$

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

$$= \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 12,5^{0,86} \cdot 0,15^{0,72} \cdot 22,5^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 60^0} = 5043,1 \text{ Н}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{5043,1 \cdot 200}{200} = 5043,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{5043,1 \cdot 37,7}{61200} = 3,1 \text{ кВт.}$$

11. ТЕК - 70 Шнек SC 60-60.

Інструмент: Дискава фреза із ЗМП із твердого сплаву.

Параметри інструменту:  $D=200 \text{ мм, } z=14$

Глибина різання:  $t = 125$  мм.

Ширина:  $= 30$  мм.

Подача:  $S = 0.02$  мм / зуб.

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_v = 75,5, x = 0,3, y = 0,2, u = 0,1, p = 0,1, m = 0,2, q = 0,25, T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v = \frac{75,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 12,5^{0,3} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 30^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 52 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{52 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 82,8 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Приймаємо } n_\phi = 75, \text{ отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 47,1 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, u = 1, q = 0,86, w = 0, K_{MP} = 0,98.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}$$

$$= \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 12,5^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 30^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 75^0} = 1551,7 \text{ Н}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1551,7 \cdot 200}{200} = 1551,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1551,7 \cdot 47,1}{61200} = 1,2 \text{ кВт.}$$

Подача:  $S = 0.15$  мм / зуб.

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_v = 48,5, x = 0,3, y = 0,4, u = 0,1, p = 0,1, m = 0,2, q = 0,25, T = 180 \text{ хв.}$$



$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V = \frac{48,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 12,5^{0,3} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 30^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 33,4 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{33,4 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 53,2 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_\phi = 47,5$ , отже  $V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 29,8 \text{ м/хв.}$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, u = 1, q = 0,86, w = 0, K_{MP} = 0,98.$$

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

$$= \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 12,5^{0,86} \cdot 0,15^{0,72} \cdot 30^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 47,5^0} = 6724,1 \text{ Н}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{6724,1 \cdot 200}{200} = 6724,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{6724,1 \cdot 29,8}{61200} = 3,3 \text{ кВт.}$$

12. ТЕК - 70 Шнек SC 90-90.

Інструмент: Дискава фреза із ЗМП із твердого сплаву.

Параметри інструменту:  $D=200$  мм,  $z=14$

Глибина різання:  $t = 125$  мм.

Ширина:  $= 45$  мм.

Подача:  $S = 0,02$  мм / зуб.

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945$$

$$C_v = 75,5, x = 0,3, y = 0,2, u = 0,1, p = 0,1, m = 0,2, q = 0,25, T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V = \frac{75,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 12,5^{0,3} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 45^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 51 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{51 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 81,2 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_{\phi} = 75$ , отже  $V_{\phi} = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 47,1 \text{ м/хв.}$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, u = 1, q = 0,86, w = 0, K_{MP} = 0,98.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}$$

$$= \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 12,5^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 45^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 75^0} = 2327,6 \text{ Н}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{2327,6 \cdot 200}{200} = 2327,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2327,6 \cdot 47,1}{61200} = 1,8 \text{ кВт.}$$

Подача:  $S = 0,15 \text{ мм / зуб.}$

Швидкість різання визначаємо за формулою (2.4).

$$K_v = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,945.$$

$$C_v = 48,5, x = 0,3, y = 0,4, u = 0,1, p = 0,1, m = 0,2, q = 0,25, T = 180 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v = \frac{48,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 12,5^{0,3} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 45 \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 31,9 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{31,9 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 50,8 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_{\phi} = 47,5$ , отже  $V_{\phi} = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 29,8 \text{ м/хв.}$

Розрахунок сил різання:

Сили різання розраховуються за формулою (2.3):

$$C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, u = 1, q = 0,86, w = 0, K_{MP} = 0,98.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}$$

$$= \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 12,5^{0,86} \cdot 0,15^{0,72} \cdot 45^1 \cdot 14 \cdot 0,98}{200^{0,86} \cdot 47,5^0} = 9287,6\text{Н}$$

Розрахунок крутного моменту:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{9287,6 \cdot 200}{200} = 9287,6\text{Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок необхідної потужності:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{9287,6 \cdot 29,8}{61200} = 4,5\text{кВт.}$$

Щоб порахувати потужність приводу подачі та приводу обертання, треба розкласти силу різання на осьову та радіальну складові (рис. 2.1).

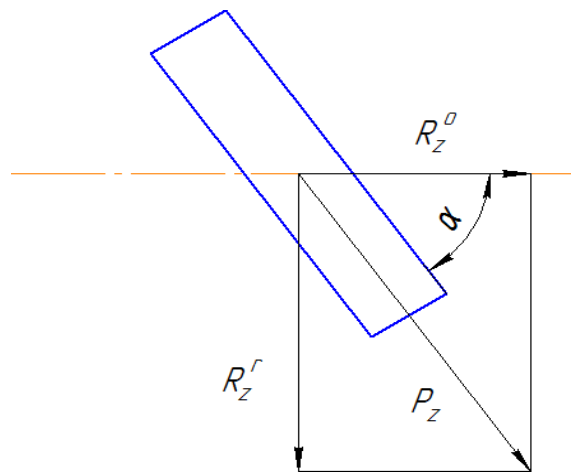


Рисунок 2.1 – Проекції сили різання

Зі схеми (рис. 2.1) отримуємо:  $R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha$ ,  $R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha$ . За цими формулами розраховуємо осьову і радіальну складові сили різання для всіх типів шнеків.

1. NR - 46 Шнек SC 90-45.

S = 0,02:

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 767,5 \cdot \cos 17^\circ = 734\text{Н} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 767,5 \cdot \sin 17^\circ = 224,4\text{Н.}$$

S = 0,15:

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 3325,7 \cdot \cos 17^\circ = 3180,4\text{Н} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 3325,7 \cdot \sin 17^\circ = 972,3\text{Н}$$

2. NR - 46 Шнек SC 90-60.

S = 0,02:

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 1023,3 \cdot \cos 22^\circ = 948,8\text{H} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 1023,3 \cdot \sin 22^\circ = 383,3\text{H}$$

$$S = 0,15:$$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 4434,2 \cdot \cos 22^\circ = 4111,3\text{H} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 4434,2 \cdot \sin 22^\circ = 1661,1\text{H}$$

3. NR – 75 Шнек S 150-75.

$$S = 0,02:$$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 2202,5 \cdot \cos 17^\circ = 2106,3\text{H} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 2202,5 \cdot \sin 17^\circ = 644\text{H}$$

$$S = 0,15:$$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 9544,3 \cdot \cos 17^\circ = 9127,3\text{H} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 9544,3 \cdot \sin 17^\circ = 2790,5\text{H}$$

4. NR – 75 Шнек SC 150-100.

$$S = 0,02:$$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 2936,7 \cdot \cos 22,5^\circ = 2713,2\text{H} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 2936,7 \cdot \sin 22,5^\circ = 1123,8\text{H}$$

$$S = 0,15:$$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 12725,8 \cdot \cos 22,5^\circ = 11757,1\text{H} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 12725,8 \cdot \sin 22,5^\circ = 4870\text{H}$$

5. STS – 75 Шнек 72-72.

$$S = 0,02:$$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 1796,3 \cdot \cos 18^\circ = 1708,4\text{H} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 1796,3 \cdot \sin 18^\circ = 555,1\text{H}$$

$$S = 0,15:$$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 7784 \cdot \cos 18^\circ = 7403\text{H} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 7784 \cdot \sin 18^\circ = 2405,4\text{H}$$

6. STS – 75 Шнек 96-96.

$$S = 0,02:$$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 2395,1 \cdot \cos 23^\circ = 2204,7\text{H} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 2395,1 \cdot \sin 23^\circ = 935,8\text{H}$$

S = 0,15:

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 10378,7 \cdot \cos 23^\circ = 9553,6\text{H} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 10378,7 \cdot \sin 23^\circ = 4055,3\text{H}$$

7. STS – 75 Шнек 112-112.

S = 0,02:

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 2794,3 \cdot \cos 27^\circ = 2489,7\text{H} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 2794,3 \cdot \sin 18^\circ = 1268,6\text{H}$$

S = 0,15:

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 10964,8 \cdot \cos 27^\circ = 9769,7\text{H} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 10964,8 \cdot \sin 23^\circ = 4977,9,6\text{H}$$

8. STS – 75 Шнек S56-28L.

S = 0,02:

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 998 \cdot \cos 14^\circ = 968,4\text{H} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 998 \cdot \sin 14^\circ = 241,4\text{H}$$

S = 0,15:

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 4324,5 \cdot \cos 14^\circ = 4196\text{H} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 4324,5 \cdot \sin 14^\circ = 1046,2\text{H}$$

9. STS – 75 Шнек S56-56.

S = 0,02:

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 1397,1 \cdot \cos 14^\circ = 1355,6\text{H} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 1397,1 \cdot \sin 14^\circ = 338\text{H}$$

S = 0,15:

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 6054,3 \cdot \cos 14^\circ = 5874,5\text{H} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 6054,3 \cdot \sin 14^\circ = 1464,7\text{H}$$

10. ТЕК – 70 Шнек SC 45-45.

S = 0,02:

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 1163,8 \cdot \cos 11,5^\circ = 1140,4\text{H} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 1163,8 \cdot \sin 11,5^\circ = 232\text{H}$$

S = 0,15:

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 5043,1 \cdot \cos 11,5^\circ = 4941,9\text{Н} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 5043,1 \cdot \sin 11,5^\circ = 1005,4\text{Н}$$

11. ТЕК – 70 Шнек SC 60-60.

S = 0,02:

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 1551,7 \cdot \cos 15^\circ = 1498,8\text{Н} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 1551,7 \cdot \sin 15^\circ = 401,6\text{Н}$$

S = 0,15:

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 6724,1 \cdot \cos 15^\circ = 6495\text{Н} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 6724,1 \cdot \sin 15^\circ = 1740,3\text{Н}$$

12. ТЕК – 70 Шнек SC 90-90.

S = 0,02:

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 2327,6 \cdot \cos 22^\circ = 2158,1\text{Н} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 2327,6 \cdot \sin 22^\circ = 871,9\text{Н}$$

S = 0,15:

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 9287,6 \cdot \cos 22^\circ = 8611,3\text{Н} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 9287,6 \cdot \sin 22^\circ = 3479,2\text{Н}$$

## 2.2 Перерахунок режимів та потужності різання фрезерування шнеків

З розрахунків видно, що потужності обладнання нам не вистачає, отже, треба зменшити силу різання, а цього можна досягти за рахунок зменшення подачі на зуб або зменшенням припуску на обробку, тобто обробляти не за один прохід, а за два чи більше.

Тому перераховуємо режими різання шнеків, виходячи з потужності устаткування.

Приймаємо N = 9 кВт.

1. NR-46 Шнек SC 90-45.

$$P_z = \frac{102 \cdot 60 \cdot N}{v} = \frac{102 \cdot 60 \cdot 9}{37,7} = 1461 \text{ Н};$$

$$S_z = \frac{P_z \cdot D^q \cdot n^w}{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot B^u \cdot z \cdot K_{MP}} = \frac{1461 \cdot 200^{0,86} \cdot 60^0}{682 \cdot 7,7^{0,86} \cdot 22,5^{1,1} \cdot 14 \cdot 0,98} = 0,11$$

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V = \frac{48,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 7,7^{0,3} \cdot 0,11^{0,2} \cdot 22,5^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 45,4 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{45,4 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 72,3 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Принимаемо } n_\phi = 60, \text{ отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 37,7 \text{ м/хв.}$$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos \alpha = 1461 \cdot \cos 17^\circ = 1397,2 \text{ Н}, \quad R_z^r = P_z \cdot \sin \alpha = 1461 \cdot \sin 17^\circ = 427,2 \text{ Н}$$

2. NR-46 Шнек SC 90-60.

$$P_z = \frac{102 \cdot 60 \cdot N}{v} = \frac{102 \cdot 60 \cdot 9}{37,7} = 1461 \text{ Н;}$$

$$S_z = \frac{P_z \cdot D^q \cdot n^w}{10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{MP}} = \frac{1461 \cdot 200^{0,86}}{10 \cdot 68,2 \cdot 7,7^{0,86} \cdot 30^1 \cdot 14 \cdot 0,98} = 0,1$$

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V = \frac{48,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 7,7^{0,3} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 30^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 45,5 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{45,5 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 72,5 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Принимаемо } n_\phi = 60, \text{ отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 37,7 \text{ м/хв.}$$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos \alpha = 1461 \cdot \cos 22^\circ = 1354,6 \text{ Н}, \quad R_z^r = P_z \cdot \sin \alpha = 1461 \cdot \sin 22^\circ = 547,3 \text{ Н}$$

3. NR-75 Шнек S 150-75.

$$P_z = \frac{102 \cdot 60 \cdot N}{v} = \frac{1020 \cdot 60 \cdot 9}{29,8} = 1848,3 \text{ Н;}$$

$$S_z = \frac{P_z \cdot D^q \cdot n^w}{10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{MP}} = \frac{1848,3 \cdot 200^{0,86}}{10 \cdot 68,2 \cdot 14,5^{0,86} \cdot 37,5 \cdot 14 \cdot 0,98} = 0,05$$

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V = \frac{48,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 7,7^{0,3} \cdot 0,05^{0,4} \cdot 37,5^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,945$$

$$= 48,4 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{48,4 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 77 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Принимаемо } n_\phi = 47,5, \text{ отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 29,8 \text{ м/хв.}$$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 1848,3 \cdot \cos 17^\circ = 1767,5 \text{ Н} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 1848,3 \cdot \sin 23,17^\circ = 540,4$$

4. NR-75 Шнек S 150-100.

$$P_z = \frac{102 \cdot 60 \cdot N}{V} = \frac{1020 \cdot 60 \cdot 9}{29,8} = 1848,3 \text{ Н};$$

$$S_z = \frac{P_z \cdot D^q \cdot n^w}{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{MP}} = \frac{1848,3 \cdot 200^{0,86}}{10 \cdot 68,2 \cdot 14,5^{0,86} \cdot 50 \cdot 14 \cdot 0,98} = 0,04$$

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V = \frac{48,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 7,7^{0,3} \cdot 0,04^{0,4} \cdot 50^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,95 = 51,5 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{51,5 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 82 \text{ об/хв.}$$

Принимаемо  $n_\phi = 47,5$ , отже  $V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 29,8 \text{ м/хв.}$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 1848,3 \cdot \cos 22,5^\circ = 1707,6,9 \text{ Н} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 1848,3 \cdot \sin 22,5^\circ = 707,3 \text{ Н}$$

5. STS – 75 Шнек 72-72.

$$P_z = \frac{102 \cdot 60 \cdot N}{V} = \frac{1020 \cdot 60 \cdot 9}{29,8} = 1848,3 \text{ Н};$$

$$S_z = \frac{P_z \cdot D^q \cdot n^w}{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{MP}} = \frac{1848,3 \cdot 200^{0,86}}{682 \cdot 12^{0,86} \cdot 36 \cdot 14 \cdot 0,98} = 0,06$$

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V = \frac{48,5 \cdot 200^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 12^{0,3} \cdot 0,06^{0,4} \cdot 36^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,95 = 47,9 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{47,9 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200} = 76,3 \text{ об/хв.}$$

Принимаемо  $n_\phi = 47,5$ , отже  $V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 29,8 \text{ м/хв.}$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 1848,3 \cdot \cos 18^\circ = 1757,8 \text{ Н} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 1848,3 \cdot \sin 18^\circ = 571,2 \text{ Н}$$

6. STS – 75 Шнек 96-96

$$P_z = \frac{102 \cdot 60 \cdot N}{V} = \frac{1020 \cdot 60 \cdot 9}{29,8} = 1848,3 \text{ Н};$$



$$S_z = \frac{P_z \cdot D^q \cdot n^w}{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot B^u \cdot z \cdot K_{MP}} = \frac{1848,3 \cdot 200^{0,86}}{682 \cdot 12^{0,86} \cdot 48 \cdot 14 \cdot 0,98} = 0,05$$

Виходячи з потужності приводу подачі, приймаємо  $n_\phi = 47,5$ ,

отже  $V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 29,8 \text{ м/хв.}$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 4811,3 \cdot \cos 23^\circ = 4428,4 \text{ Н} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 4811,3 \cdot \sin 23^\circ = 1882,2 \text{ Н}$$

7. STS – 75 Шнек 112-112.

$$P_z = \frac{102 \cdot 60 \cdot N}{v} = \frac{1020 \cdot 60 \cdot 9}{29,8} = 1848,3 \text{ Н;}$$

$$S_z = \frac{P_z \cdot D^q \cdot n^w}{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot B^u \cdot z \cdot K_{MP}} = \frac{1848,3 \cdot 200^{0,86}}{682 \cdot 12^{0,86} \cdot 56 \cdot 14 \cdot 0,98} = 0,04$$

Виходячи з потужності приводу подачі, приймаємо  $n_\phi = 47,5$ ,

отже  $V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 29,8 \text{ м/хв.}$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 1848,3 \cdot \cos 27^\circ = 1646,9 \text{ Н} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 1848,3 \cdot \sin 27^\circ = 839,1 \text{ Н}$$

8. STS – 75 Шнек S56-28L.

$$P_z = \frac{102 \cdot 60 \cdot N}{v} = \frac{102 \cdot 60 \cdot 9}{37,7} = 1461 \text{ Н;}$$

$$S_z = \frac{P_z \cdot D^q \cdot n^w}{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot B^u \cdot z \cdot K_{MP}} = \frac{1461 \cdot 200^{0,86}}{682 \cdot 12^{0,86} \cdot 20 \cdot 14 \cdot 0,98} = 0,09$$

Виходячи з потужності приводу подачі, приймаємо  $n_\phi = 60$ ,

отже  $V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 37,7 \text{ м/хв.}$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 1461 \cdot \cos 14^\circ = 1417,6 \text{ Н} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 1461 \cdot \sin 14^\circ = 353,5 \text{ Н}$$

9. STS – 75 Шнек S56-56.

$$P_z = \frac{102 \cdot 60 \cdot N}{v} = \frac{1020 \cdot 60 \cdot 9}{29,8} = 1848,3 \text{ Н;}$$

$$S_z = \frac{P_z \cdot D^q \cdot n^w}{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{MP}} = \frac{1848,3 \cdot 200^{0,86}}{682 \cdot 12^{0,86} \cdot 28 \cdot 14 \cdot 0,98} = 0,08$$

Виходячи з потужності приводу подачі, приймаємо  $n_\phi = 47,5$ ,

$$\text{отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 29,8 \text{ м/хв.}$$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 1848,3 \cdot \cos 14^\circ = 1793,4\text{Н} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 1848,3 \cdot \sin 14^\circ = 447,1\text{Н}$$

10. ТЕК – 70 Шнек SC 45-45.

$$P_z = \frac{102 \cdot 60 \cdot N}{v} = \frac{102 \cdot 60 \cdot 9}{37,7} = 1461 \text{ Н;}$$

$$S_z = \frac{P_z \cdot D^q \cdot n^w}{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{MP}} = \frac{1461 \cdot 200^{0,86}}{682 \cdot 12^{0,86} \cdot 22,5 \cdot 14 \cdot 0,98} = 0,08$$

Виходячи з потужності приводу подачі, приймаємо  $n_\phi = 60$ ,

$$\text{отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 37,7 \text{ м/хв.}$$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 1461 \cdot \cos 11,5^\circ = 1431,7\text{Н} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 1461 \cdot \sin 11,5^\circ = 291,3\text{Н}$$

11. ТЕК – 70 Шнек SC 60-60.

$$P_z = \frac{102 \cdot 60 \cdot N}{v} = \frac{1020 \cdot 60 \cdot 9}{29,8} = 1848,3 \text{ Н;}$$

$$S_z = \frac{P_z \cdot D^q \cdot n^w}{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{MP}} = \frac{1848,3 \cdot 200^{0,86}}{682 \cdot 12^{0,86} \cdot 30 \cdot 14 \cdot 0,98} = 0,07$$

Виходячи з потужності приводу подачі, приймаємо  $n_\phi = 47,5$ ,

$$\text{отже } V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 29,8 \text{ м/хв.}$$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 1848,3 \cdot \cos 15^\circ = 1785,3\text{Н} \quad , \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 1848,3 \cdot \sin 15^\circ = 478,4\text{Н}$$

12. ТЕК – 70 Шнек SC 90-90.

$$P_z = \frac{102 \cdot 60 \cdot N}{v} = \frac{1020 \cdot 60 \cdot 9}{29,8} = 1848,3 \text{ Н;}$$

$$S_z = \frac{P_z \cdot D^q \cdot n^w}{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{MP}} = \frac{1848,3 \cdot 200^{0,86}}{682 \cdot 12^{0,86} \cdot 45 \cdot 14 \cdot 0,98} = 0,05$$

Виходячи з потужності приводу подачі, приймаємо  $n_{\phi} = 47,5$ ,

$$\text{отже } V_{\phi} = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = 29,8 \text{ м/хв.}$$

$$R_z^o = P_z \cdot \cos\alpha = 1848,3 \cdot \cos 22^\circ = 1713,7 \text{ Н}, \quad R_z^r = P_z \cdot \sin\alpha = 1848,3 \cdot \sin 22^\circ = 692,4 \text{ Н}$$

### 2.3 Експериментальне дослідження сил різання

Для вимірювання реальних сил різання проведено експеримент на горизонтально-фрезерному верстаті, дисковою модульною фрезою зі швидкорізальної сталі. Результати наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Дані експерименту

№ з/п.	B, мм	t, мм	v, м/хв	s <sub>z</sub> , мм/зуб	s <sub>m</sub> , мм/хв	M, Нм	P <sub>z</sub> , Н	Потужність різання, кВт
1	6	0,5	22	0,05	25	840	1200	0,44
2	7,8	1	22	0,05	25	1057	1510	0,55
3	8	1,5	22	0,05	25	1232	1760	0,65
4	8,5	2	22	0,05	25	1358	1940	0,71
5	10	1	22	0,05	25	1477	2110	0,77
6	11	1	22	0,05	25	1533	2190	0,8

За отриманими даними в програмі Mathcad був зроблений прогноз потужності і сили по глибині і по ширині (рис. 2.2 - рис. 2.5)

#### 1. Результат прогнозу потужності по глибині:

За розрахунками програми отримано, що при максимальній глибині різання  $t_{max} = 20$  мм, максимальна потужність буде дорівнювати  $N_{max} = 4$  кВт.

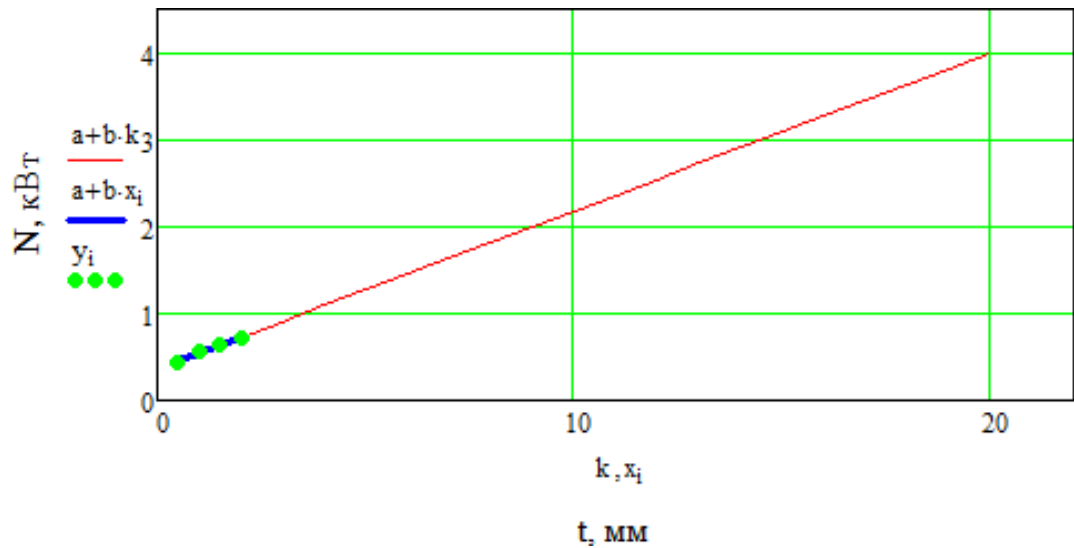


Рисунок 2.2 - Прогноз потужності по глибині

## 2. Результат прогнозу сили по глибині:

За розрахунками програми отримано, що при максимальній глибині різання  $t_{max} = 20$  мм, максимальна сила буде дорівнювати  $P_{z_{max}} = 10860$  Н.

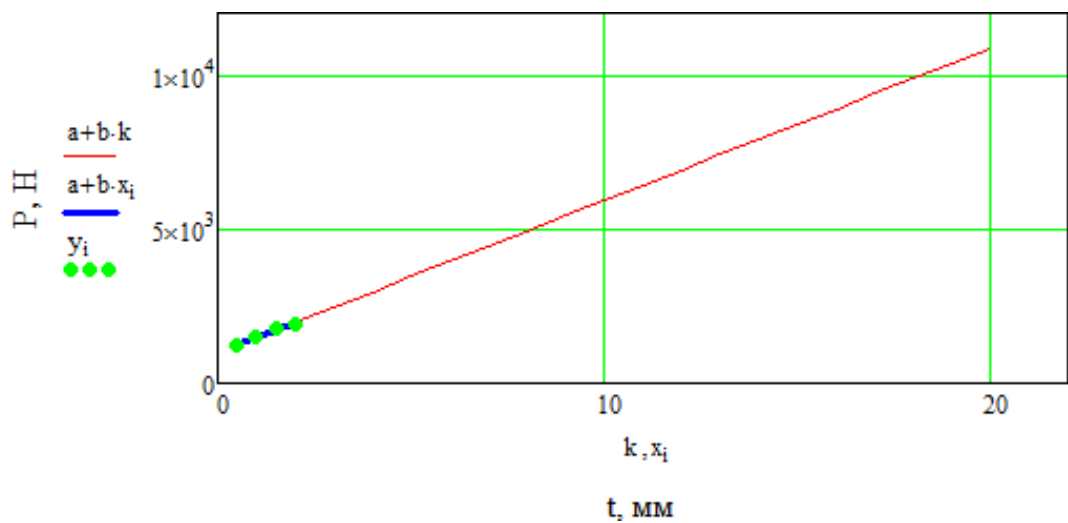


Рисунок - 2.3 - Прогноз сили по глибині

## 3. Результат прогнозу потужності по ширині:

За розрахунками програми отримано, що при максимальній ширині різання  $B_{max} = 60$  мм, максимальна потужність буде дорівнює  $N_{max} = 5,9$  кВт.

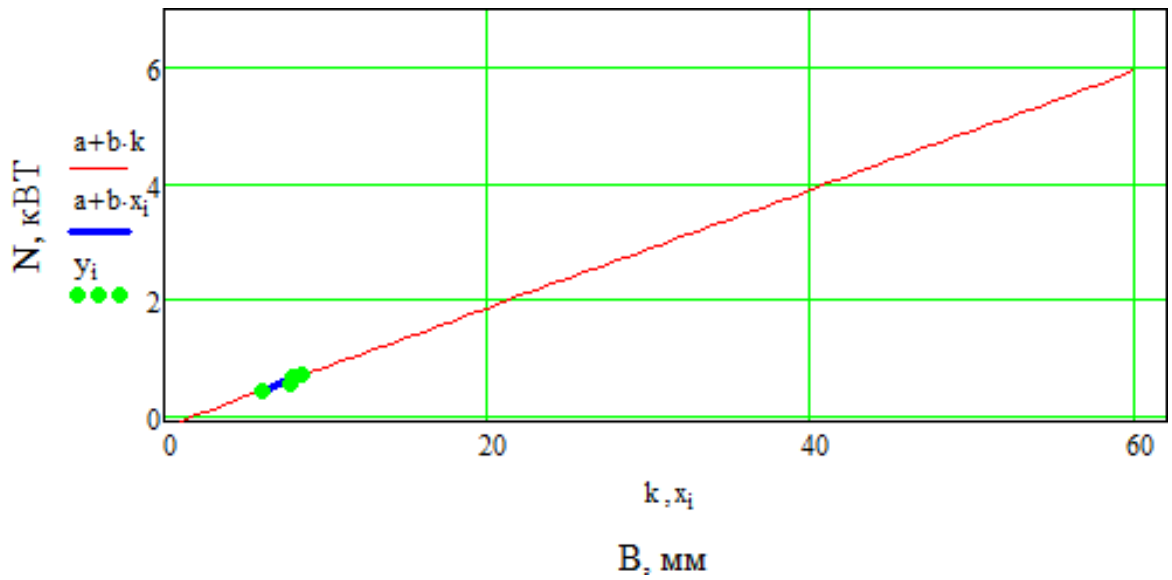


Рисунок 2.4 - Прогноз потужності по ширині

#### 4. Прогноз сили по ширині:

За розрахунками програми отримано, що при максимальній ширині різання  $B_{max} = 60$  мм, максимальна сила буде дорівнювати  $Pz_{max} = 16180$  Н.

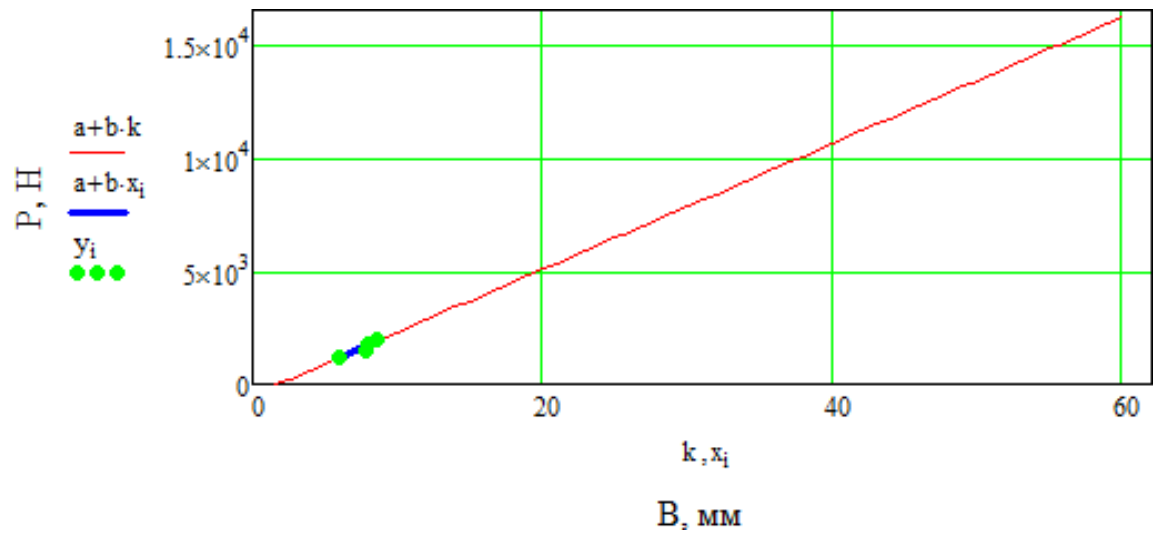


Рисунок 2.5 - Прогноз сили по ширині

## 3 МОДЕРНІЗАЦІЯ ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА 6М83 І РОЗРОБКА ОСНАСТКИ

### 3.1 Модернізація верстата

Згідно завдання в магістерській роботі проведемо модернізацію горизонтального консольно-фрезерного верстата 6М83, який буде використовуватися для чорнового фрезерування гвинтових канавок шнека.

Для цього на станину верстата встановлюємо стіл, на стіл встановлюємо поворотний стіл для повороту напрямних на певний кут, який задається. На поворотний стіл встановлюємо напрямні і плиту, на якій буде розташовуватися мотор-редуктор з сервоприводом для повороту заготовки і задню бабку для стискання заготовки. Заготовки будуть встановлюватися на оправки, які кріпляться до мотор-редуктора.

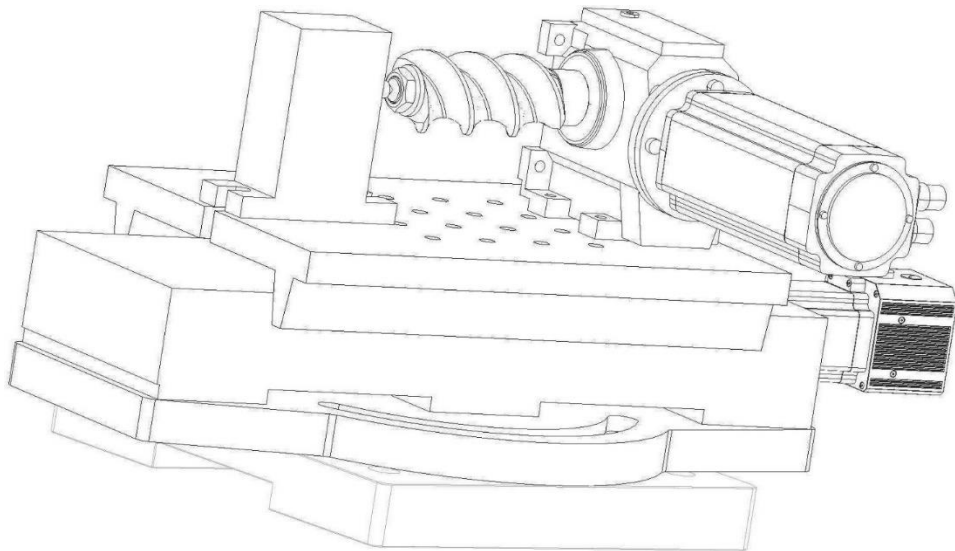


Рисунок 3.1 - Пристосування без верстата

### 3.2 Схема обробки

При обробці сила різання діє на заготовку. Фреза намагається повернути заготовку, створюючи силу  $P_r$  і перемістити заготовку уздовж вісі, створюючи силу  $P_a$ . Між віссю фрези і віссю заготовки кут  $\alpha$ . Кут  $\alpha$  дорівнює куту підйому гвинтової лінії шнека. Оскільки напрямок переміщення столу перпендикулярний

вісі обертання фрези, то для обробки шнека, стіл верстата потрібно повернути на кут, рівний  $90-\alpha$ .

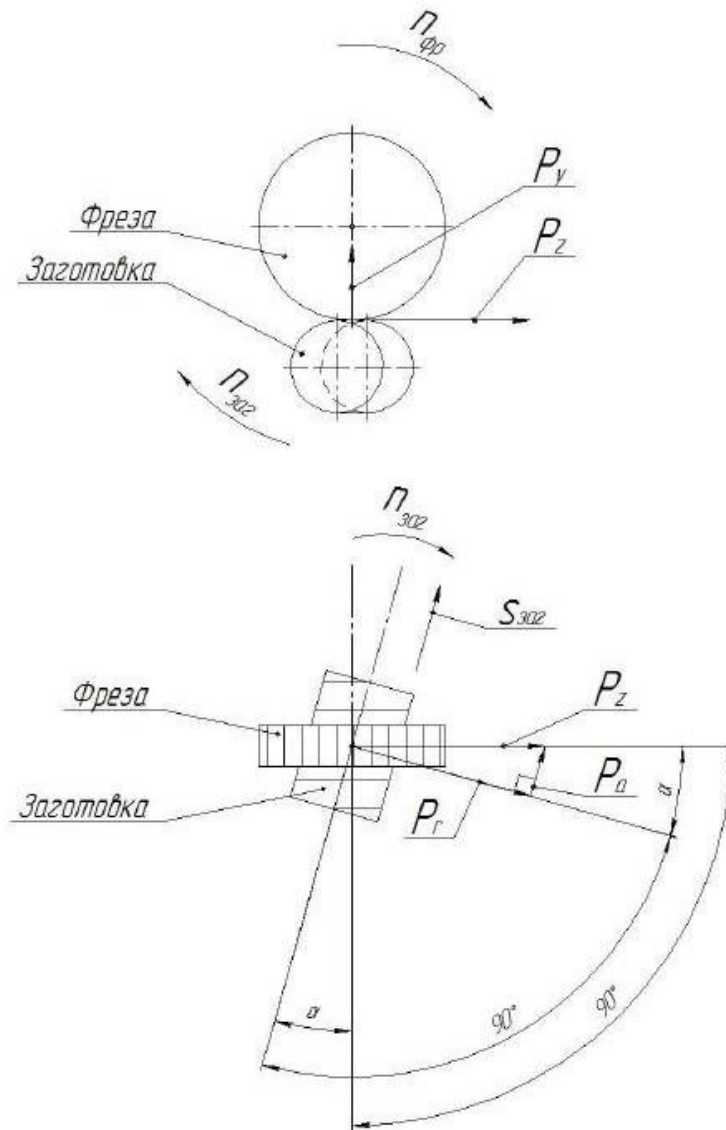


Рисунок 3.2 - Схема обробки гвинтової поверхні

### 3.3 Розрахунок приводу

При обробці складова сили створює крутний момент, який повинен подолати привід на обертання заготовки. Для розрахунку приводу приймемо найбільше значення сили - при куті підйому гвинтової лінії  $8^\circ$ , а діаметр шнека 129 мм (ZSK-130).

$$M = F * R = 2476 * \left(\frac{1}{2} * 129 * 10^{-3}\right) = 159,702 \text{ (Н * м)}$$

### 3.4 Підбір обладнання

В якості приводу обраний циліндрично-черв'ячний мотор редуктор фірми КЕВ. Перевага мотор-редуктора в тому, що не доведеться окремо робити кріплення для сервоприводу і встановлювати муфту на вихід сервоприводу і вхід редуктора, щоб передавати обертання і компенсувати несоосность валів. У мотор-редукторі сервопривід вже закріплений на корпус редуктора і точно зібраний на заводі-виробнику.

Підбір проведено за програмою «КЕВ DRIVE». Момент на вихідному валу редуктора приймемо найближчим більшим розрахунковому (рис. 3.3 – 3.6).

Выбор | Текст | Размеры | Двигатель

**S22** Цилиндрично-червячный редуктор **TA43** Серводвигатель 12F5\_D-400V-Mmax/IM0=1.95

1/min Nm cG i n

0 - 127 177-205 1.05 23.63 2/29

A - Вариант с монтажом на плату

Полый вал со шпоночной канавкой Ø35

сборочный набор для полого вала со шпонокой

защитный кожух для полого вала

усиленные подшипники на выходном валу

Уплотнение витон

Монтажная поверхность: R

Смазка: CLP PG VG460 Синтетическое масло

без Тормоз

Резольвер

TW - Термисторный датчик с положительным температурным коэффициентом

подключение двигателя: разъемный разъем, позиция 0

UL-версия (C-US)

Просверленное отверстие для отвода конденсата.

Защита от воды и пыли IP00

Краска: нормальная RAL9005 Черный

Положение монтажа: MI

Рисунок 3.3 - Підбір обладнання

Характеристика привода:

Циліндрично-черв'ячний мотор редуктор S22A TA43 V3D ER TW

Швидкість на виході: 0 – 127 1/хв.

Крутний момент: 177 – 205 Nm

Коефіцієнт передачі: 1,05

Редуктор:



Передавальне відношення: 23,63

Варіант з монтажем на лапи

Полий вал зі шпонковою канавкою діаметром 35

Оберти на вході:  $n_1 \text{ off} = 1500 \text{ 1/хв.}$

Змащування 0,5 I CLP PG VG460 Синтетичне мастило

Двигун: Серводвигун

Номінальна потужність 3,17 kW

Число обертів двигуна: 0 – 3000 1/хв.

Напруга/Частота: КЕВ COMBIVERT 400V

Крутний момент  $M_0/M_n/M_{\text{max}}$ : 11,7/10,1/35,1 Nm

Номінальний струм  $I_0/I_n/I_{\text{max}}$ : 7,3/0,3/21,9 A

Клас ізоляції: 155

Стандарт захисту: JP55

Захист електродвигуна: Термісторний датчик з позитивним температурним коефіцієнтом підключення двигуна: радіальний роз'єм, позиція 0

Положення монтажу: M1

Маса: 25 кг

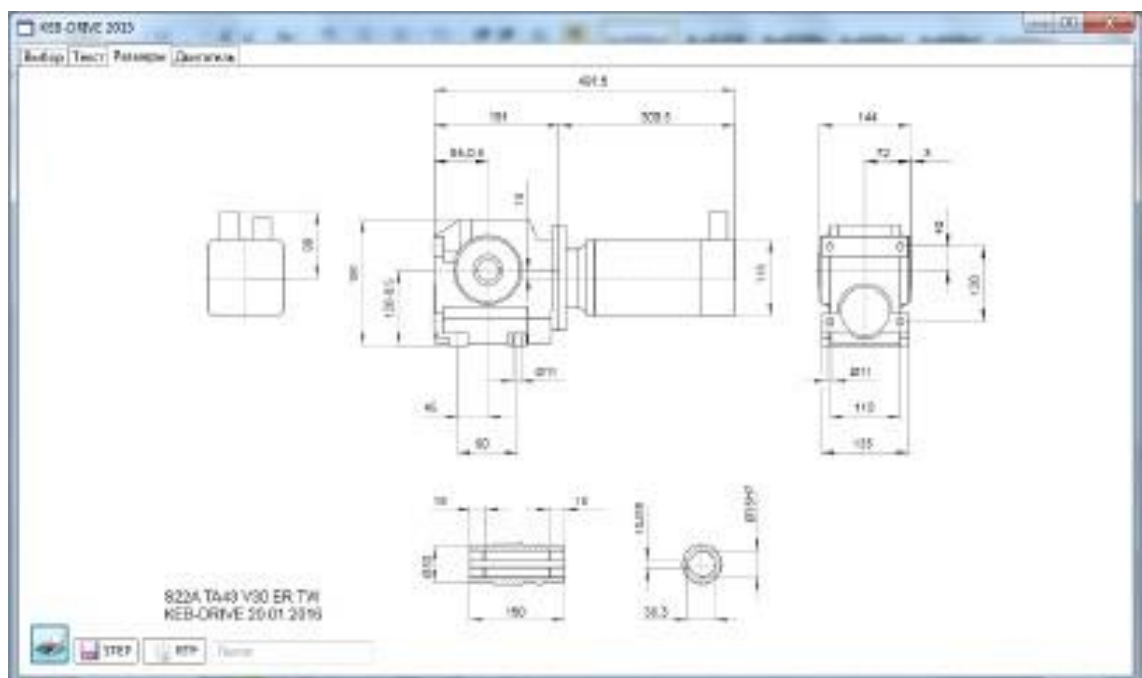


Рисунок 3.4 – Складальний кресленик привода

KEB-DRIVE 2015

Выбор | Текст | Размеры | Двигатель

TA43 V30  
 $U_n=400V$  -Номинальное напряжение  
 $2p=6$  -Polzahl  
 $n=3000$  1/min -Номинальное число оборотов  
 $n_{max}=4500$  1/min -Максимальная частота вращения  
 $M_0=11.7Nm$  -Пусковой момент  
 $M_n=10.1Nm$  -Номинальный крутящий момент  
 $M_{max}=35.1Nm$  -Максимальный момент  
 $I_0=7.3A$  -Ток в обмотке неподвижного ротора  
 $I_n=6.3A$  -Номинальный ток  
 $I_{max}=21.9A$  -Максимальный ток  
 $\eta=93.9\%$  -КПД

$R_{u-v_{20}}=1.853\Omega$  -Сопротивление  $20^\circ C$   
 $R_{u-v}=2.611\Omega$  -Сопротивление watt  
 $L_{u-v}=8.735mH$  -Индуктивность  
 $kE_{pk_{20}}=159.45V^*min/1000$  -Постоянная напряжения Пиковое значение  $20^\circ C$   
 $kE_{pk}=144.54V^*min/1000$  -Постоянная напряжения Пиковое значение watt

$JE=10.65kgcm^2$  -Момент инерции

Рисунок 3.5 – Характеристики двигателя

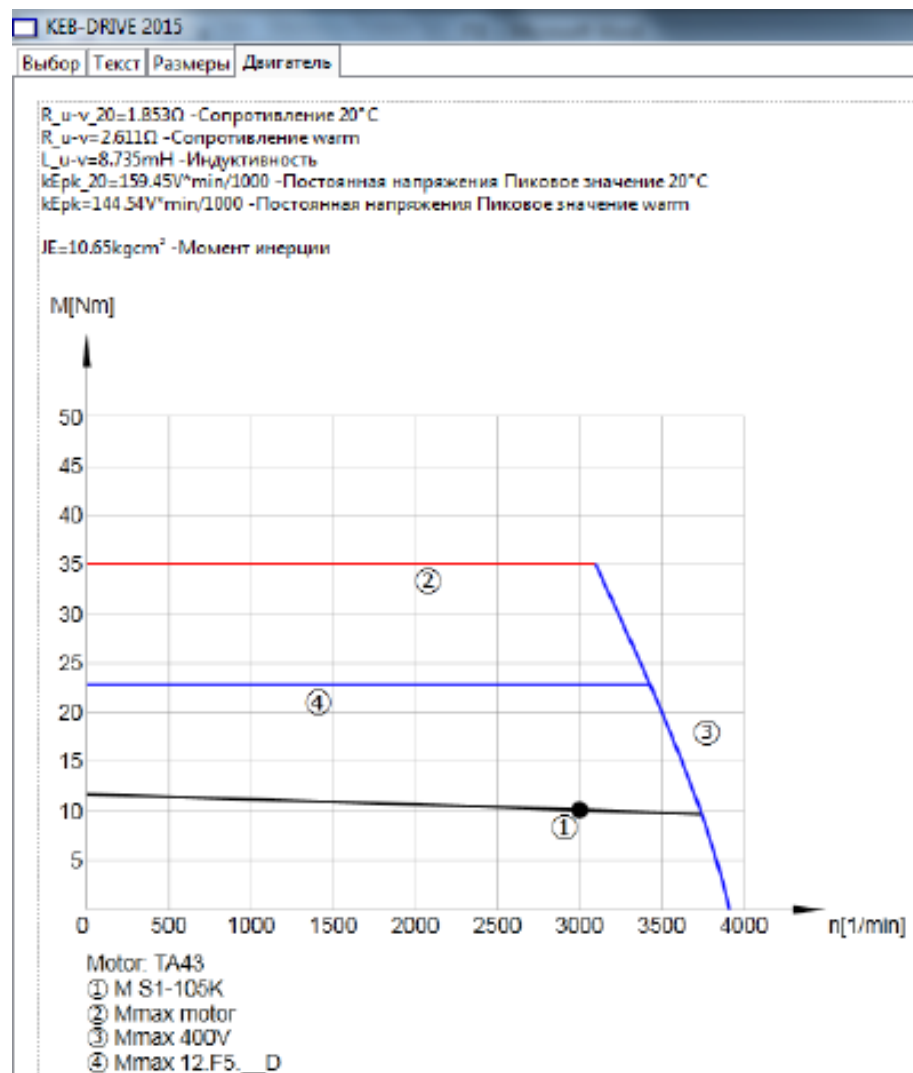


Рисунок 3.6 - График зависимости момента на валу от числа оборотов

### Модуль лінійного переміщення

Щоб задавати переміщення уздовж вісі заготовки, був обраний модуль лінійного переміщення фірми «Завод мехатронних виробів». Модулі на ШВП характеризуються по ходу і несеним навантаженням.

Виходячи з навантажень і ваги всіх вузлів, був обраний модуль серії СТМТ (для важких завдань, вантажопідйомність до 200 кг) з гвинтом 25 мм (СТМТ-2).

Максимальна довжина оброблюваного шнека дорівнює 150 мм (NR- 75). Крім того, що фреза повинна пройти цю відстань, ще потрібно з кожного боку додати не менше 30 мм для входу і виходу фрези. У підсумку отримуємо мінімальний необхідний хід:

$$s = 150 + 30 + 30 = 210 \text{ мм.}$$

Найближчий більший доступний хід по каталогу  $s = 250$  мм, але на випадок обробки декількох шнеків за раз було прийнято рішення вибрати наступний найближчий більший хід  $s = 310$  мм.

Таблиця 3.1 – Характеристики модуля лінійного переміщення СТМТ-2

Найменування (хід S) модуля СТМТ-2, мм	Довжин а основи	Хід модуля з гофрозахистом (S1), мм	Кількість опорних платиків n, шт	Відстань між платиками L1, мм	Маса СТМТ-2, кг		
					без захисту / з гофрозахистом з кожухом		
310	723	280	3	300	42,8	45,6	49,6

У модуля є металевий кожух від попадання стружки на гвинт і кінцеві датчики, які автоматично зупиняють переміщення при торканні і не дають зламати модуль неправильним налаштуванням. До модулю завод-виробник пропонує власне рішення по управлінню – сервопривід з перехідником, розробленим спеціально для підключення до модуля.

### 3.5 Вибір інструменту

Обробка буде проводитися двома фрезами:

1) Дискава модульна фреза (рис. 3.7)

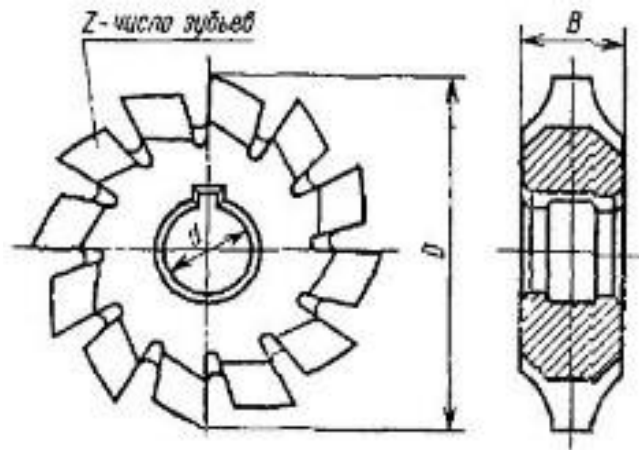


Рисунок 3.7 - Дискава модульна фреза

Таблиця 3.2 - Характеристики дискової модульної фрези

Модуль m	D	d	z	B
16	180	50	10	53

2) Дискава фреза з ЗМП з твердого сплаву (рис. 3.8)

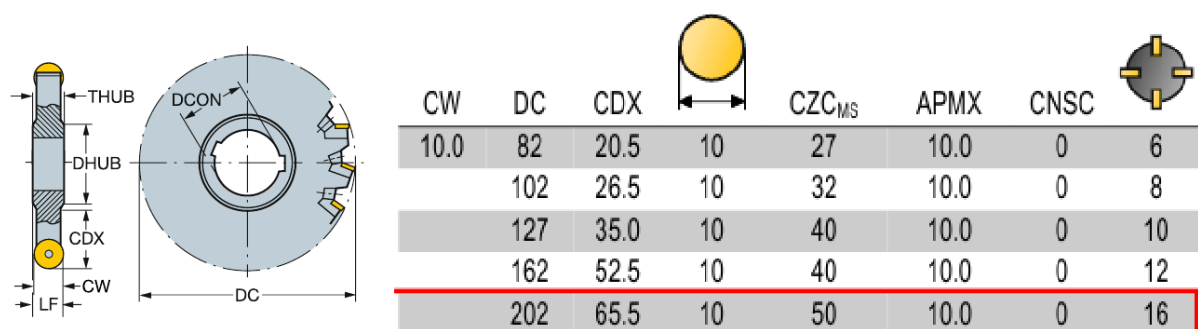


Рисунок 3.8 – Параметри фрези

## 4 АНАЛІЗ ПОХИБОК ОБРОБКИ ШНЕКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ «КОМПАС-3D»

Для аналізу похибок обробки шнеків були побудовані профілі дискової модульної фрези і дискової фрези з ЗМП з твердого сплаву, а також було побудовано профілі шнеків в нормальному перетині та виміряно максимальну похибку обробки.

1. Дискова модульна фреза

1) Тек-70 Шнек SC90-90

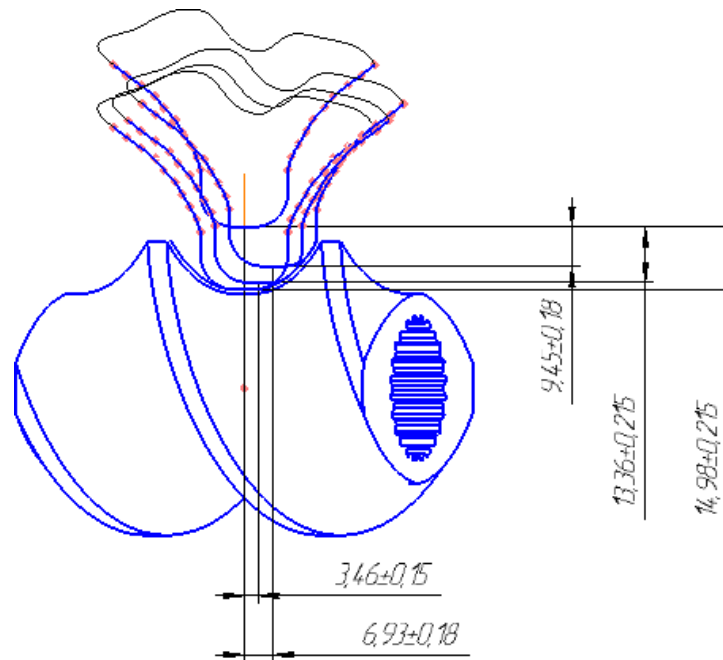


Рисунок 4.1 - Переміщення фрези

$N = 5$ ,  $p = 3.46$  мм,  $\Delta_{\max} = 0,56$  мм,

де  $N$  - кількість проходів,

$p$  - крок переміщення,

$\Delta_{\max}$  - максимальна похибка обробки.

2) Тек-70 Шнек SC60-60

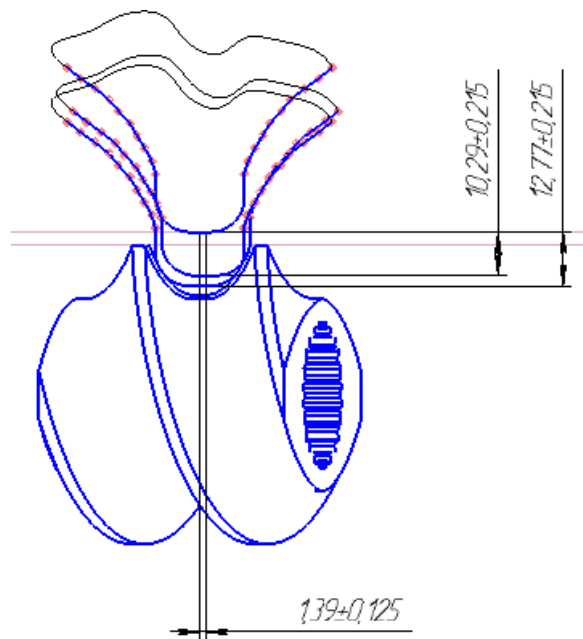


Рисунок 4.2 - Переміщення фрези

$H = 3$ ,  $p = 1,39$  мм,  $\Delta_{\max} = 2,09$  мм, максимальна похибка дуже велика, тому будемо обробляти цей шнек іншою фрезою.

3) STS-75 Шнек S56-56

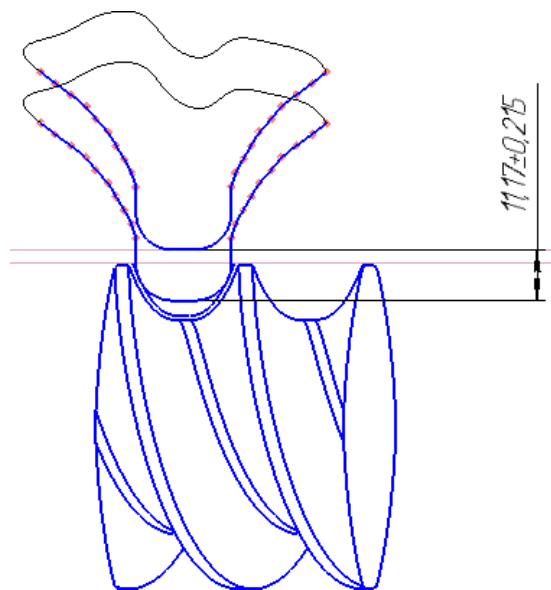


Рисунок 4.3 - Переміщення фрези

$H = 1$ ,  $\Delta_{\max} = 3,17$  мм, максимальна похибка дуже велика, тому будемо обробляти цей шнек інший фрезою.

4) STS-75 Шнек 112-112

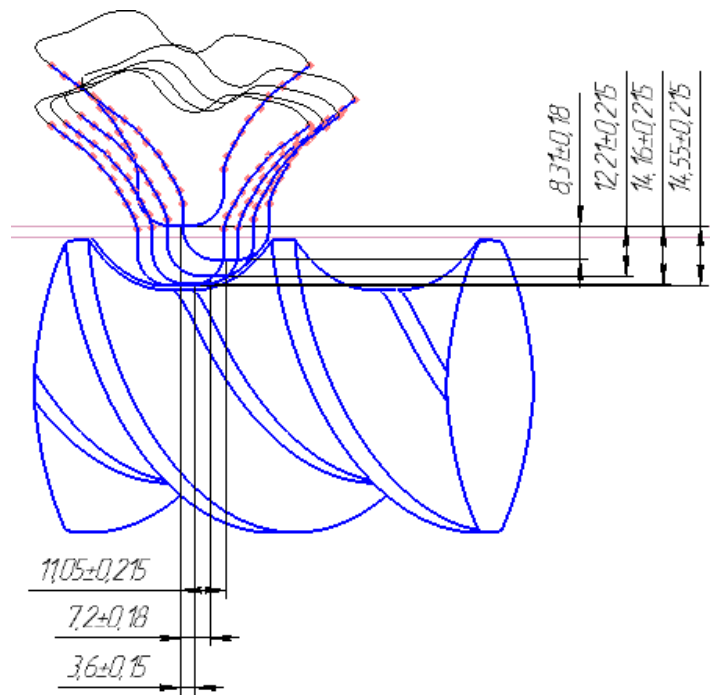


Рисунок 4.4 - Переміщення фрези

$H = 7$ ,  $p = 3,6$  мм,  $\Delta_{\max} = 0,64$  мм.

5) STS-75 Шнек 96-96

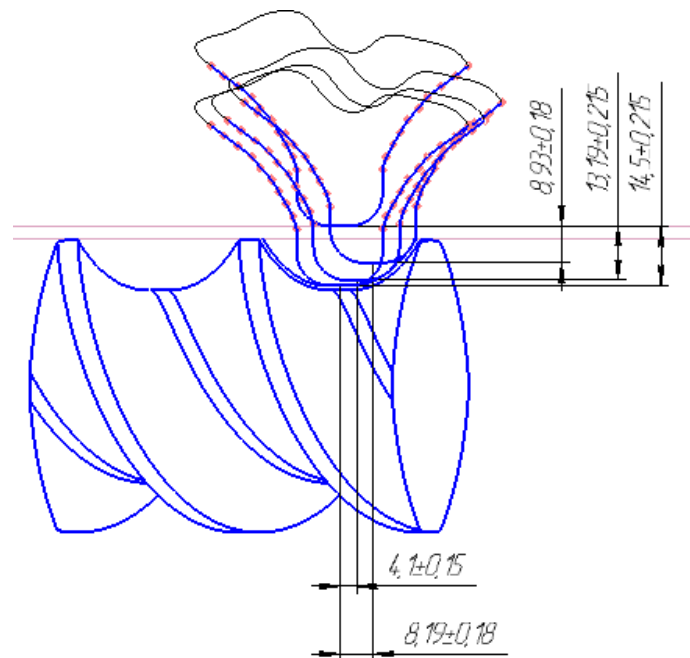


Рисунок 4.5 - Переміщення фрези

$H = 5$ ,  $p = 4,1$  мм,  $\Delta_{\max} = 0,77$  мм.

6) STS-75 Шнек 72-72

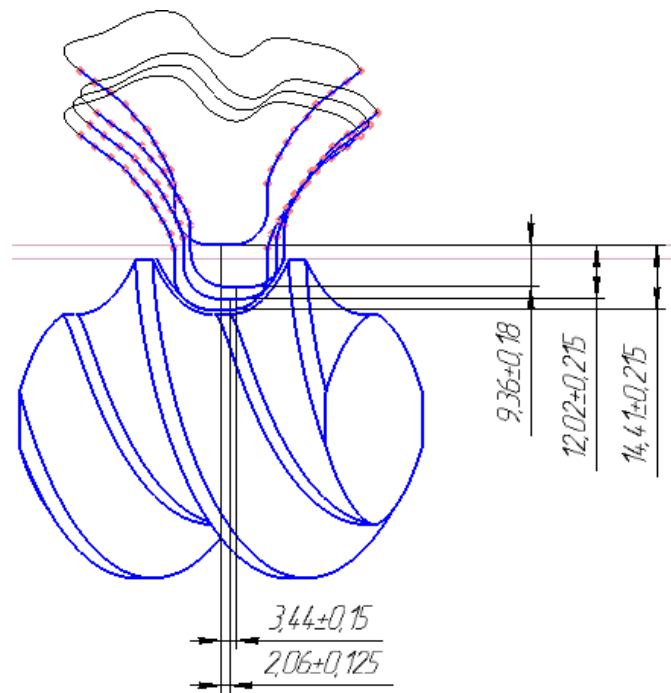


Рисунок 4.6 - Переміщення фрези

$H = 5$ ,  $p = 2$  мм,  $\Delta_{\max} = 0,25$  мм.

7) NR-75 Шнек S150-100

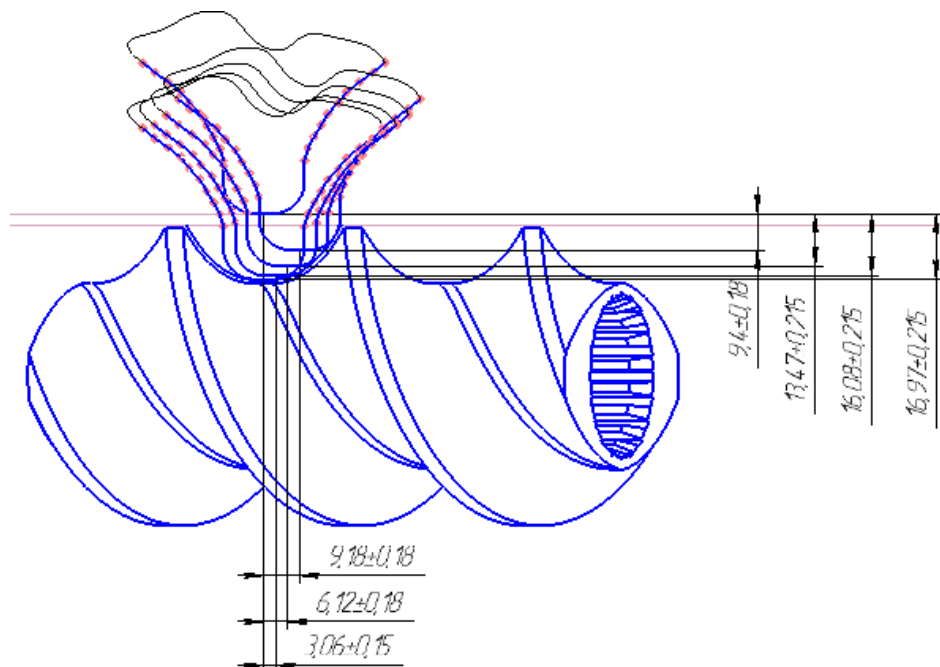


Рисунок 4.7 - Переміщення фрези

$H = 7$ ,  $p = 3,06$  мм,  $\Delta_{\max} = 0,57$  мм.

8) NR-75 Шнек S150-75



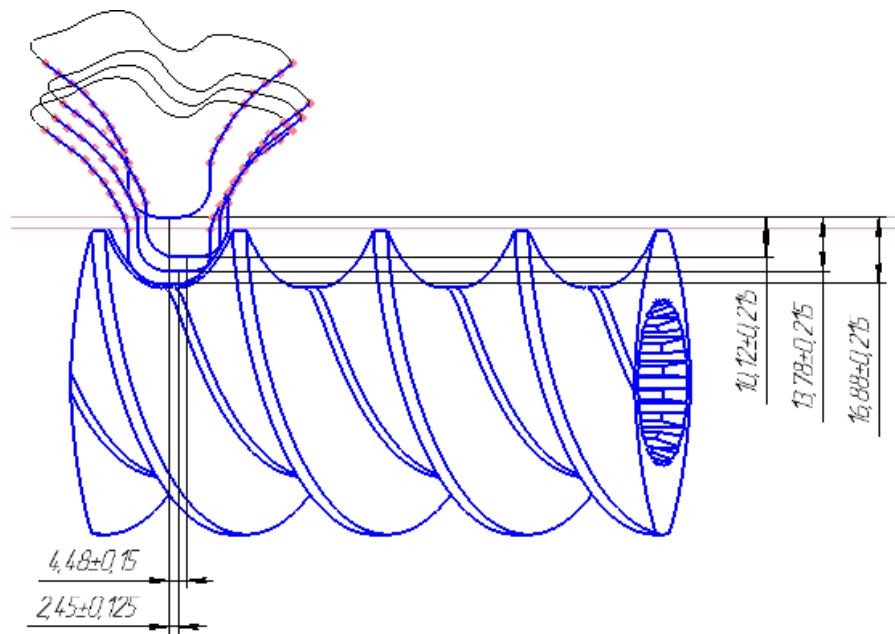


Рисунок 4.8 - Переміщення фрези

$H = 5$ ,  $p = 2,45$  мм,  $\Delta_{\max} = 0,29$  мм

9) NR-46 Шнек SC90-60

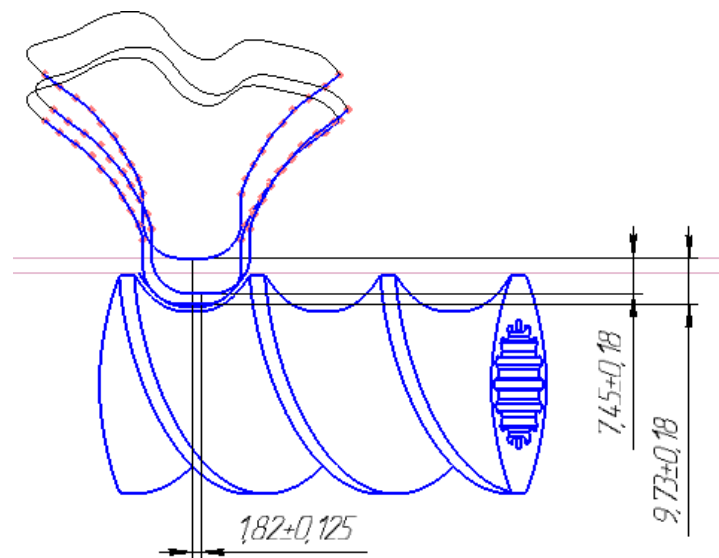


Рисунок 4.9 - Переміщення фрези

$H = 3$ ,  $p = 1,82$  мм,  $\Delta_{\max} = 0,46$  мм.

Так як для шнеків NR-46 Шнек SC90-45 і STS-75 Шнек S56-28L головка зуба дискової модульної фрези велика, а у шнеків Тек-70 Шнек SC60-60 і STS-75 Шнек S56-56 велика похибка обробки, вибираємо для них дискову фрезу з ЗМП з твердого сплаву.

## 2. Дискава фреза з ЗМП з твердого сплаву

### 1) NR-46 Шнек SC90-45

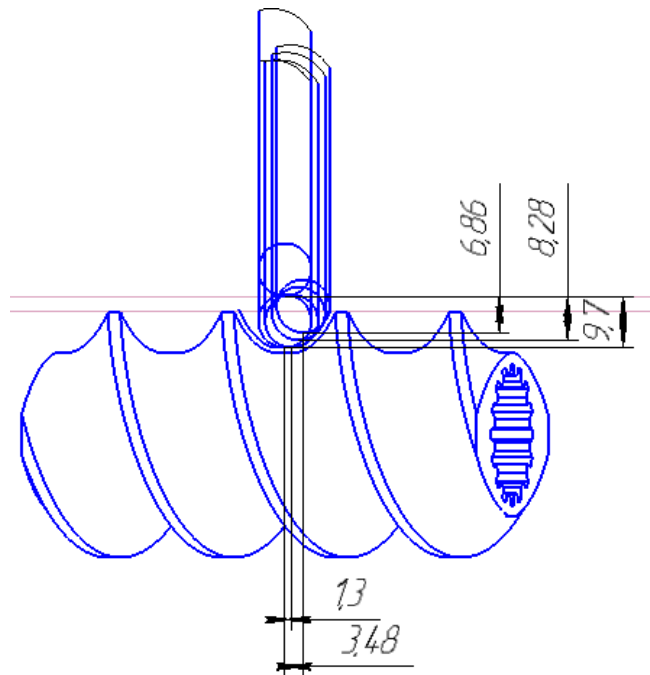


Рисунок 4.10 - Переміщення фрези

$H = 7$ ,  $p = 1,3$  мм,  $\Delta_{\max} = 0,14$  мм.

### 2) STS-75 Шнек S56-28L

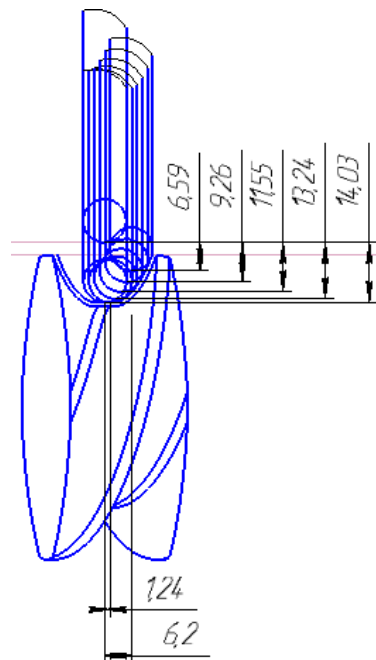


Рисунок 4.11 - Переміщення фрези

$H = 11$ ,  $p = 1,24$  мм,  $\Delta_{\max} = 0,24$  мм.

3) Тек-70 Шнек SC60-60

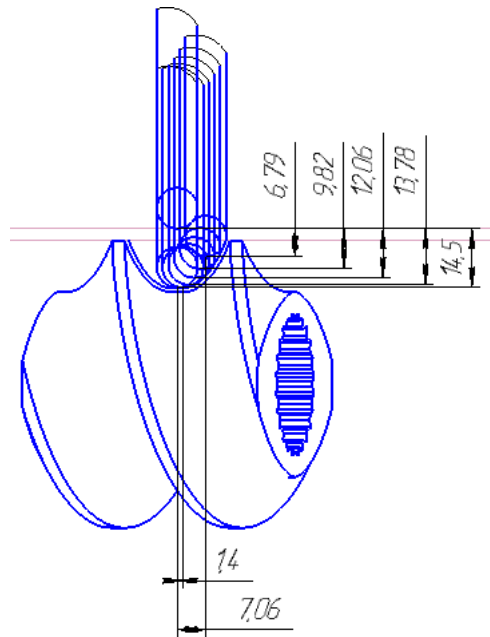


Рисунок 4.12 - Переміщення фрези

$H = 11$ ,  $p = 1,4$  мм,  $\Delta_{\max} = 0,29$  мм.

4) STS-75 Шнек S56-56

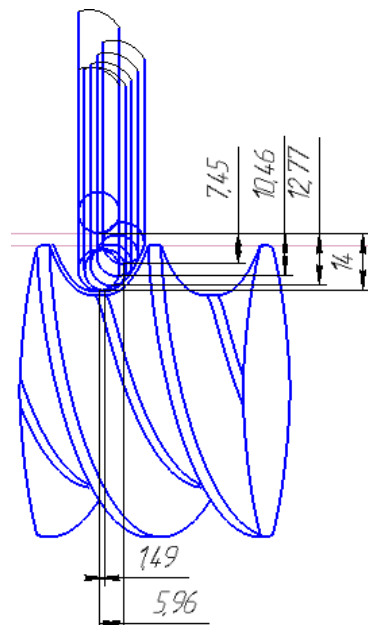


Рисунок 4.13 - Переміщення фрези

$H = 9$ ,  $p = 1,49$  мм,  $\Delta_{\max} = 0,27$  мм.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ РОБІТ

### 5.1 Загальні заходи щодо безпеки життєдіяльності

Всі дослідницькі роботи, представлені в даній роботі, проводилися в металографічних лабораторіях. У зв'язку з цим необхідно передбачити створення сприятливих умов для проведення експериментів на робочому місці.

*Створення комфортних метеоумов.* Мікроклімат на робочому місці в приміщенні лабораторії нормується з урахуванням температури повітря, його відносної вологості і швидкості руху. Основним показником є температура; вологість і вентиляція - супутні показники, що підсилюють її дію. Рекомендується періодично коригувати параметри системи опалення з урахуванням пори року [3]. Регулювання повітряного середовища здійснюється за допомогою вентиляції. Для зменшення рухливості повітря усуваються можливі причини виникнення протягів (відкриті кватирки, зазори між рамами тощо.).

*Умови освітлення.* Для створення сприятливих умов праці важливе значення має раціональне освітлення. Незадовільне освітлення ускладнює проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці і працездатності очей. Для створення природного освітлення в приміщенні використовують світлові прорізи в стінах (вікна). Електричне освітлення необхідно для проведення робіт в темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення. У якості штучних джерел світла рекомендується використовувати лампи розжарювання і люмінесцентні лампи. Приймаємо освітлення двох видів: робоче (для проведення робіт в звичайних умовах) і аварійне (для тимчасового продовження робіт або евакуації працюючих при раптовому відключенні робочого освітлення) [3]. Аварійне освітлення передбачається з незалежним джерелом живлення або при автоматичному перемиканні на нього у випадку аварії.

*Захист від шуму.* При проведенні металографічних досліджень використовується різне обладнання (шліфувальні і полірувальні верстати, електронний мікроскоп), експлуатація якого супроводжується шумом. Шум

викликає зміни в нервовій системі, впливає на психіку людини, серцево-судинну систему, погіршує сон [3]. Робота в умовах постійного шуму може викликати головний біль, запаморочення, ослаблення уваги. Шум є причиною швидкого розвитку втоми і зниження працездатності. Встановлений в лабораторії рівень звукового тиску при частоті 1000 Гц складає 60 дБ - при шумі, що виникає всередині приміщення, і 45 дБ - при шумі, проникаючому ззовні [3]. Для захисту від шумових впливів застосовують звукоізолюючі огорожі установок, які відображають більшу частину світлової енергії, що падає на них. Наприклад, верстати розташовуються в місцях, відгороджених глухими перегородками від решти лабораторії. Також для зниження шуму агрегатів використовують звукоізолюючі кожухи, в які укладають їх шумливі вузли. Люди, які безпосередньо працюють біля верстатів, повинні використовувати спеціальні вкладиші, типу беруші.

*Захист від шкідливих речовин і пилу.* При проведенні дослідницьких робіт виникає потенційна небезпека небажаної дії на організм речовин, що застосовуються в роботі. Всі забруднюючі повітря речовини надають шкідливої дії, якщо вони потрапляють в організм в кількостях, що перевищують деяку порогову величину; але навіть і в менших кількостях вони шкідливі, якщо знаходяться в організмі в незвичайних концентраціях або станах. Також при роботі може виникнути і безпосередній контакт зі шкідливими речовинами. При шліфуванні і поліруванні зразків повітря забруднюється металевим пилом. У зв'язку з багатокомпонентним складом досліджуваної сталі забруднення повітря може викликати різні реакції. Ряд металів (хром в даній сталі) може привести до алергічних захворювань - бронхіальна астма, ураження шкіри, очей, носа тощо [3]. Багато металу, в тому числі, залізо, ванадій, молібден, кремній, марганець, а також фосфор є біологічними мікроелементами, що знаходяться в крові, печінці, м'язах в дуже невеликих кількостях ( $10^{-3}$ - $10^{-2}$ %) [3]. Недолік або надлишок мікроелементів у порівнянні з нормальним вмістом призводить до порушень тих чи інших функцій організму. Для запобігання розповсюдження пилу дослідна лабораторія розташовується в окремому приміщенні, ізольованому дверима від сусідніх робочих місць. Також передбачене регулярне вологе прибирання для

видалення осілих частинок пилу. При проведенні робіт виникає необхідність в застосуванні хімічних сполук різної небезпеки, зокрема для травлення зразків (трихлористе залізо, пікринова кислота). Для захисту від шкідливих випарів передбачена місцева витяжна вентиляція, призначена для видалення забрудненого повітря безпосередньо від джерела утворення виділень. Даний вид вентиляції представлений в лабораторіях у вигляді укриттів і витяжних шаф. Для очищення повітря від шкідливих виділень і продуктів дихання людей передбачена загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція, повітря для якої забирається з чистої зони. Додатково використовуються засоби індивідуального захисту. Для захисту рук при роботі з травителями застосовують кислототривкі рукавички, які повинні тісно прилягати до шкіри.

*Захист від електричного струму.* Причинами ураження електричним струмом є зіткнення з відкритими струмоведучими частинами і проводами; дотик до струмоведучих частин, ізоляція яких пошкоджена; дотик до струмоведучих частин через предмети з низьким опором ізоляції; дотик до металевих частин обладнання, випадково опинилися під напругою [3]. Небезпека електричних поразок створює працююче від мережі обладнання, освітлювальні прилади і електрична проводка. Дія електричного струму на організм може викликати різні електричні травми (електричний опік, металізацію шкіри, електричний знак та ін.), тому передбачають заходи захисту від ураження електричним струмом. Для мережі загального освітлення допускається напруга не вище 220 В. Для захисту від дотику здійснюють недоступне розташування струмоведучих частин (на висоті, під підлогою або приховано в стінах). Незахищені струмоведучі частини, до яких можливий дотик людей надійно захищають. Застосовувані проводи та кабелі повинні відповідати умовам експлуатації обладнання. Для виключення мережі при короткому замиканні використовують швидкодіючий релейний захист і вимикачі, настановні автомати і плавкі запобіжники. Для захисту працюючого в разі дотику до металевих частин електричної установки, випадково опинилися під напругою, застосовують захисне заземлення.

*Захист від електромагнітних випромінювань.* Виникаючі при використанні струмів високої частоти електромагнітні поля різних частотних діапазонів представляють певну професійну шкідливість, тому необхідно вживати заходів щодо захисту від їх впливу на організм. Надійним методом захисту є екранування [3]. Металеві частини установок і систем водоохолодження заземляють, щоб не допустити ураження струмом. Проводи, кабелі та інші струмопровідні частини огорожують. Повинна бути виключена можливість їх нагріву. Передбачають пристрої (рубильники, вимикачі), що забезпечують відключення від мережі. Обов'язкова загальна вентиляція приміщень (з витяжкою з верхньої зони приміщення в робочу зону). Приміщення високочастотних установок забороняється захищувати металевими предметами. Повинні бути дотримані вимоги електробезпеки.

*Захист від пожежі.* Пожежі становлять значну небезпеку, так як заподіюють великі пошкодження і матеріальний збиток, тому запобігання пожеж є важливим завданням. Для зменшення небезпеки виникнення і поширення пожеж велике значення має раціональне пристосування і розташування лабораторій і виходів з них [3]. Обов'язкова наявність вентиляції, так як її відсутність може стати причиною задимлення приміщень і ускладнює боротьбу з пожежею. У вентиляційних пристроях не повинен накопичуватися пил; швидкість руху повітря повинна бути такою, щоб зважені в повітрі частки не осідали. Обов'язкова наявність повідомлюючої пожежної сигналізації в будівлі. Кожна лабораторія повинна бути оснащена вогнегасником для усунення пожежі, що починається. У будівлі забезпечують можливість швидкої безпечної евакуації людей у разі виникнення загоряння. З коридору рекомендується проектувати, як правило, не менше двох евакуаційних виходів. Пожежну небезпеку можуть представляти електричні пристрої в разі перевантаження або короткого замикання. Для запобігання цього необхідні: правильний монтаж і експлуатація мереж і агрегатів, дотримання правил їх експлуатації.

## **5.2 Заходи безпеки при проведенні технологічних процесів механічної обробки деталей**

У виробничих процесах, пов'язаних з виготовленням деталей обертання типу «Шнек», важливе місце займає механічна обробка металів на металорізальних верстатах (токарних, фрезерних, свердлильних, заточувальних, шліфувальних і ін).

При механічній обробці металів різанням виникає ряд небезпечних і шкідливих виробничих факторів: рухомі частини виробничого обладнання, ріжучі інструменти, пристосування для закріплення оброблюваної деталі, оброблювана деталь, висока температура поверхні оброблюваних деталей та інструменту, стружка, пил і шкідливі аерозолі оброблюваних матеріалів, підвищена напруга або статичну електрику, шум та вібрація верстатів, недостатнє освітлення робочої зони, мастильно-охолоджуючі рідини, фізичні перевантаження, перенапруження зору, монотонність праці [50].

Найбільш поширеними видами травм у верстатників є поранення очей, обличчя, рук, забої тіла [50].

Травму можуть завдати фрези, свердла, абразивні круги при випадковому зіткненні з ними, у разі їх руйнування або захоплення ними одягу; оброблювана деталь при недостатньо надійному її кріпленні; відлітає стружка, що має велику кінетичну енергію і високу температуру (до 600 °С); приводні і передавальні механізми верстата при наладці, змазуванні і ремонті та ін.

Аналіз причин виробничого травматизму в цехах холодної обробки металів показує, що основними є відсутність або недосконалість захисних огорожень і запобіжних пристроїв, несправний стан обладнання, інструменту та пристосувань, неправильне розміщення верстатного обладнання в цеху, неправильні прийоми роботи. Таким чином, безпека при роботі на металорізальних верстатах пов'язана насамперед із виконанням вимог безпеки, а також здійснення необхідних заходів при організації робочого місця верстатника і суворе дотримання охорони та гігієни праці при роботі на верстатах.

Передачі (ремінні, зубчасті, канатні, шарнірні, ланцюгові та ін), які розташовані поза корпусів верстатів і становлять небезпеку травмування,



повинні мати огорожі (суцільні, з жалюзі, з отворами), оснащені пристроями (рукоятками, скобами і тощо) для зручного та безпечного їх відкривання, зняття, переміщення та установлення.

Захисні пристрої (щити, ширми, екрани), що огорожують зону обробки, повинні захищати працюючого на верстаті і людей, що знаходяться поблизу верстата, від відлітаючої стружки, мастильно-охолоджувальної і робочої рідин. Застосування захисних огорожувальних пристроїв обов'язково для токарних, фрезерних, свердлильних, розточувальних, стругальних, зуборізних, шліфувальних верстатів.

Захисні пристрої, що знімаються частіше одного разу за зміну при встановленні і знятті оброблюваної деталі або інструмента, при вимірюванні деталі, підналагодження верстата та в інших випадках, повинні мати масу не більше 6 кг і кріплення, яке не вимагає застосування ключів і викруток. Захисні пристрої відкриваючого типу повинні при усталеному русі переміщатися із зусиллям не більше 40 Н (4 кгс).

Захисні пристрої не повинні обмежувати технологічних можливостей верстата і викликати незручності при роботі, прибиранні, налагодженні, приводити при відкриванні до забруднення підлоги. При необхідності вони повинні мати рукоятки, скоби для зручності відкривання, закривання, знімання, переміщення та установлення.

Кріплення захисних пристроїв повинно бути надійним, що виключає випадки самовідкривання. Пристрої, що підтримують огороження у відкритому стані, повинні надійно утримувати їх в цьому положенні.

Поверхні верстатів, захисних пристроїв, органів управління, верстатних приладь і пристосувань не повинні мати гострих кромek і задирок, які можуть травмувати працюючого.

Верстати повинні мати запобіжні пристрої від перевантаження, здатного викликати поломку деталей верстата і травмування (плавкі запобіжники, автомати відключення, шпонки, муфти та ін.), і для забезпечення безпечних границь переміщення збірних одиниць (столу або супорта) верстатів (обмежувачі). Крім цього, верстати повинні мати пристрої, що запобігають

мимовільне опускання шпинделів, кронштейнів, головок, бабок, рукавів (в радіально-свердлильних верстатах) і інших складальних одиниць.

Велике значення для запобігання нещасних випадків на виробництві має надійне закріплення на верстатах оброблюваних заготовок, патронів, планшайб, оправок, насадних головок, інструменту та інших знімних елементів.

Для зручності роботи і безпеки праці ряд вимог пред'являється до органів управління верстатами; обладнання органів управління надійними фіксаторами, що виключають мимовільне їх переміщення і випадкове включення; оснащення їх відповідними блокуваннями, пояснюючими написами, символами та ін.

Верстати треба обладнувати пристроями для відсмоктування із зони обробки забрудненого повітря (пил, дрібна стружка, шкідливі для здоров'я аерозолі рідин, газів), включаючи пило-, стружко-, газоприйомники та відсмоктуючі агрегати. Існують вимоги до обмеження шуму і вібрації верстатів, раціональному влаштуванню місцевого освітлення, забезпеченню електробезпеки, а також специфічні вимоги безпеки по групах верстатів токарських, фрезерних, свердлильних та ін.

При роботі на токарних верстатах необхідно застосовувати захист працюючих від травмування відлітаючою стружкою, що утворюється при обробці в'язких (сталей) і крихких металів (чавуну, бронзи, латуні, текстоліту та ін.), яка має високу температуру (400..600 °C) і велику кінетичну енергію. Для цього застосовують спеціальні різці, що забезпечують завивання стружки в гвинтову спіраль, що видаляється спеціальними гачками, або дроблення її на окремі елементи. Верстати оснащують огорожами зони різання з оглядовими вікнами, газо-, пило-, стружкоприймачами, повітряочисниками туманоуловлювачами і гальмівними пристроями. Робочі використовують індивідуальні засоби захисту (захисні окуляри, індивідуальні щитки, спецодяг мазі і пасти для захисту шкіри рук).

При цьому необхідно суворо дотримуватися правил носіння спецодягу. Для попередження небезпеки захоплення одягу і волосся працюючого обертовими механізмами верстата робочий одяг не повинен мати вільно розвіваючихся частин, рукава повинні щільно облягати руку і бути застебнутими

на гудзики, волосся слід прибирати під берет, або косинку. Кінці косинки повинні бути ретельно заправлені.

При обробці деталей на фрезерних верстатах травми верстатнику можуть бути нанесені, фрезою, стружкою, оброблюваною деталлю і пристроєм для її закріплення.

Для попередження травмування фрезою і відлітаючою стружкою застосовують огороження зони різання, що відкриваються і огороження ріжучого інструменту в неробочій його частині.

При обробці крихких металів і полімерних матеріалів важливу роль відіграє видалення пилу з робочої зони, тому на фрезерні верстатах застосовують огорожі – пило-, стружкоприймачі.

При роботі на свердлильних верстатах найбільшу небезпеку для працюючих являють обертові шпindel, патрон, свердло, які можуть захопити одяг або волосся, травмувати зламаним свердлом; а також стружка і пил.

Тому необхідно виконувати наступні умови:

- механізм кріплення інструмента повинен забезпечувати надійний затиск, точне центрування і швидку зміну свердла;
- для установки на верстаті оброблюваних деталей необхідно користуватися затискними пристосуваннями (утримувати деталь руками не допускається);
- потрібно застосовувати засоби дроблення сталевих стружок (свердла зі стружко-дробильними канавками) і пило-, стружкоприймачі;
- змитати стружку з верстата тільки спеціальною щіткою;
- використовувати індивідуальні захисні засоби і суворо дотримуватися правил носіння спецодягу.

При організації роботи на шліфувальних і заточувальних верстатах, у яких різальним інструментом є абразивний круг, що обертається з великою швидкістю, серйозну небезпеку становить можливість аварійного розриву шліфувального круга, через наявність у ньому тріщин, вибоїн, раковин, а також велика пилоутворення в зоні різання.

З метою забезпечення безпечної роботи на верстатах шліфувальної групи необхідно проводити наступні заходи: попередній зовнішній огляд і простукування кола дерев'яним молоточком; дотримуватися правил зберігання абразивних кругів; проводити випробування кругів на механічну міцність; дотримуватися вимоги і норми безпеки при установці і закріпленні кіл на верстаті; користуватися безпечними прийомами редагування кіл; застосовувати постійні сталеві захисні кожухи для шліфувальних кругів, а також спеціальні пристрої (підручники, прозорі оглядові екрани) і засоби знепилення; дотримуватися інструкції для верстатників.

## ВИСНОВКИ

В результаті досліджень отримані наступні результати:

В ході виконання магістерської дисертації був модернізований горизонтально-фрезерний верстат 6Н83 і розроблена оснастка для фрезерування гвинтових поверхонь.

Крім того, були досліджені режими обробки гвинтових поверхонь шнеків. Виходячи з розрахунків і проведених експериментів, були підібрані: редуктор, серводвигун, лінійний модуль з серводвигуном і комплектуючими. Вибір обладнання проводився за сучасними довідниками і з використанням мережі Інтернет. В якості критеріїв вибору використовувалися максимальна потужність обробки, частота обертання, мінімальна ціна. Підібрано ріжучий інструмент і проведено аналіз похибок обробки за допомогою програми «КОМПАС-3D». Параметри розробленої оснащення повністю відповідає вимогам технічного завдання.

Результати, отримані при виконанні магістерської роботи мають велику практичну значимість і можуть бути використані при проектуванні технологічних процесів обробки гвинтових поверхонь деталей типу «Шнек».

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ**

1. Аверьянов И.Н., Болотеин А.Н. Проектирование и расчет станочных приспособлений в курсовых и дипломных проектах. Учебное пособие.- Рыбинск: РГАТА, 2010. 220 с.
2. Аврунин С.В. Фрезерное дело. Учебник для городских проф. – тех. училищ. – 5-е изд., перераб. и доп. М.: Профтехиздат, 1963. 542 с.: ил.
3. Белов Н.А. Безопасность жизнедеятельности М.: Знание, 2000. 364 с.
4. Беляев В.Г. Конструирование механизмов винт-гайка [Текст]// Станки и инструмент. 1978. С. 16 –19.
5. Бушуев В.В. Тенденции развития мирового станкостроения // СТИН., 2000. №9. С. 20–24.
6. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие/ Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. 73 с.
7. Гречишников В.А. Формообразующие инструменты машиностроительных производств/ В.А. Гречишников, А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин, А.И. Пульбере, Л.А. Чупина // Инструменты общего назначения: учебник – 3-е изд. перераб. и доп. Старый оскоп: ТНТ, 2009. 432 с.
8. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. Справочник технолога- машиностроителя. Том 2. – Москва «Машиностроение», 2003. 943 с.
9. Металлорежущие станки. Каталог-справочник. Универсальный горизонтально- фрезерный станок 6М83.
10. Погораздов В.В., Захаров О.В. Геометрико-аналитическая поддержка технологий формообразования винтовых поверхностей: Учеб. пособие. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2004. 72 с.
11. Справочник фрезеровщика [Текст] / Под ред. В. Ф. Безъязычного, В.Н. Крылова, Л.Н. Бердникова // - М.: Машиностроение, 2010. 272 с.

12. Металообробне обладнання. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Частина 2. / Укл.: Пасов Г.В., Следнікова О.С. Чернігів: ЧНТУ, 2017. 124 с.
13. Zaozmi.ru – «ЗАО Завод мехатронных изделий»
14. Intechmics.ru – электроприводная техника и средства промышленной автоматизации.
15. Servotechnica.ru – серво- и мехатронные компоненты.
16. Фрезерування гвинтових канавок <http://obrobka.pp.ua/132-frezeruvannya-gvintovih-kanavok.html>.