

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»**

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Технологія машинобудування, верстати та інструменти
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи (проекту)

другий (магістерський)
(освітньо-науковий рівень)

на тему **«МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ
ЗУБОШЕВІНГОВАЛЬНОГО ВЕРСТАТА 5715 З РОЗРОБКОЮ РТК»**

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Виконав: студент II курсу, групи ВІ.м-91
спеціальності: 133 – галузеве
машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: **Металорізальні
верстати та системи**
(назва освітньої програми)

Юнак С. О.
(прізвище та ініціали)

Керівник **Ємельяненко С. С.**
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Суми – 2020 року

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Інститут, факультет Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра Технологія машинобудування, верстати та інструменти
Освітньо-науковий рівень другий (магістерський)
(назва)
Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування
(шифр і назва)
Освітня програма Металорізальні верстати та системи
(назва освітньої програми, за наявності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ Віталій ІВАНОВ

« ____ » _____ 2020 року

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЕКТУ) СТУДЕНТУ
ЮНАК СЕРГІЙ ОЛЕГОВИЧ
(ПРИЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ)

1. Тема проекту (роботи) «Модернізація приводу головного руху
зубошевінговального верстата 5715 з розробкою РТК»
керівник проекту Ємельяненко Сергій Сергійович канд. техн. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від « ____ » _____ 2020 року за № _____

2. Строк подання студентом роботи (проекту) «16» грудня 2020 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Навчальна, технічна, довідкова література з проектування і модернізації металорізальних верстатів, паспортні дані верстата 5715
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд зубооздоблювального шевінговального верстата 5715
2. Кінематичний розрахунок модернізованого приводу коробки подач верстата 5715
3. Проектування модернізованого приводу коробки швидкостей верстата 5715
4. Технологія виготовлення черв'ячного колеса верстату 5715
5. Розробка верстатного пристосування
6. Розробка РТК

5. Консультанти розділів роботи (проекту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Фалько В. В., ст. викладач кафедри ЕтаПТ		

6. Дата видачі завдання «10» вересня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи (проекту)	Строк виконання етапів роботи (проекту)	Примітка
1	Огляд зубооздблювального шевінговального верстата 5715	01.12.2020	
2	Кінематичний розрахунок модернізованого приводу коробки подач верстата 5715	03.12.2020	
3	Технологія виготовлення черв'ячного колеса верстату 5715	05.12.2020	
4	Технологія виготовлення черв'ячного колеса верстату 5715	09.12.2020	
5	Розробка верстатного пристосування	11.12.2020	
6	Розробка РТК	13.12.2020	
7	Підготовка презентації	14.12.2020	
8	Оформлення роботи	16.12.2020	

Студент

_____ (підпис)

Сергій Юнак

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проекту)

_____ (підпис)

Сергій Ємельяненко

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Записка: 77 с., 15 табл., 18 рис.42, 18 джерел.

Мета роботи: модернізація коробки швидкостей верстата 5715.

В роботі виконаний огляд верстату 5715.

Виконаний кінематичний розрахунок модернізованої коробки швидкостей.

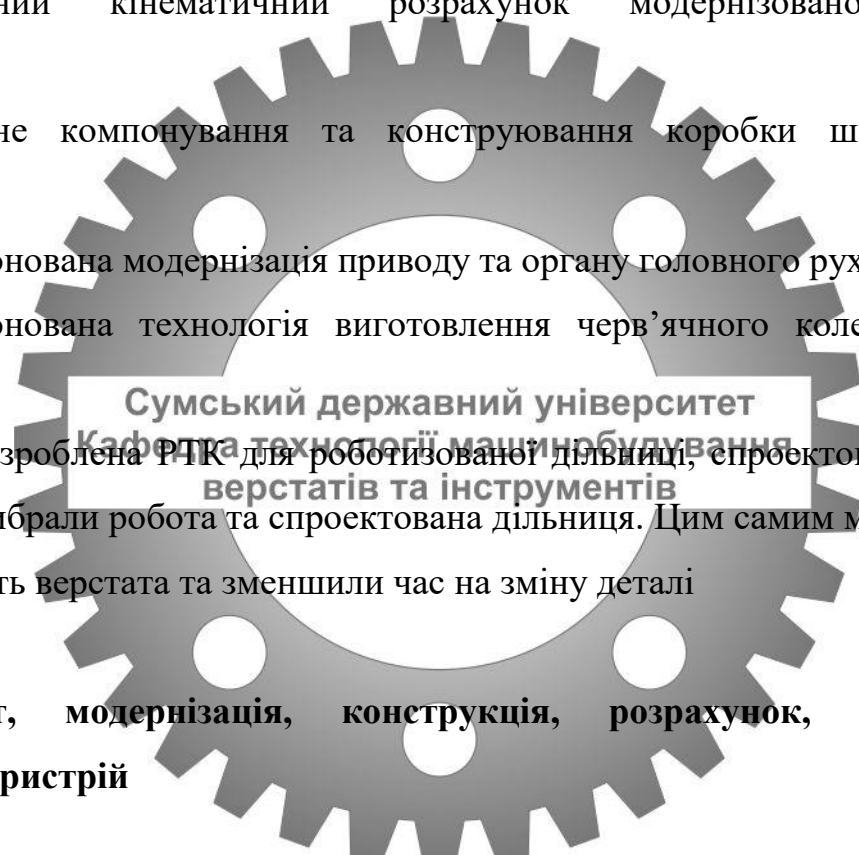
Виконане компоновання та конструювання коробки швидкостей, її креслення.

Запропонована модернізація приводу та органу головного руху.

Запропонована технологія виготовлення черв'ячного колеса верстату 5715.

Була розроблена РЧК для роботизованої дільниці, спроектований захват для робота, вибрани робота та спроектована дільниця. Цим самим ми збільшили продуктивність верстата та зменшили час на зміну деталі

Верстат, модернізація, конструкція, розрахунок, кінематика, технологія, пристрій



ESSAY

Note: 77 p., 15 tab., 18 fig. 42, 18 dzherel.

Sales object: detail “Boxes of goods”.

Meta robots: modernization of a box of goods verstat 5715.

In robotic vikonany look around verstat 5715.

Vikonaniy kinematichny rozrahunok modernized boxes of goods.

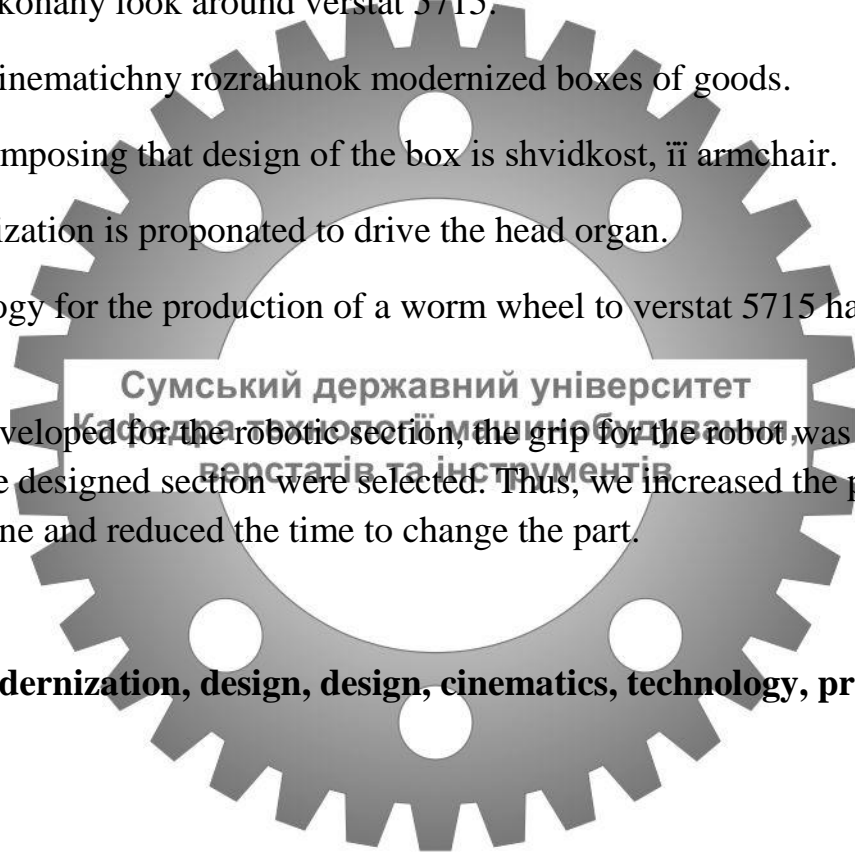
Viconane composing that design of the box is shvidkost, ii armchair.

The modernization is proponated to drive the head organ.

The technology for the production of a worm wheel to verstat 5715 has been propagated.

RTK was developed for the robotic section, the grip for the robot was designed, the robot and the designed section were selected. Thus, we increased the productivity of the machine and reduced the time to change the part.

Verstat, modernization, design, design, cinematics, technology, pristroy



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Віталій ІВАНОВ

«_____» грудня 2020 р.

**Модернізація приводу головного руху зубошевінговального
верстата 5715 з розробкою РТК**

Кваліфікаційна робота (проект) магістра
Сумський державний університет
Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Студент

С. О. Юнак

Керівник

С. С. Ємельяненко

Консультант з охорони праці
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

В. В. Фалько

Нормоконтроль

О. В. Івченко

Суми – 2020

ЗМІСТ

	с.
Вступ.....	5
Розділ 1 Огляд зубооздоблювального шевінговального верстата 5715	7
1.1 Призначення і сфера застосування верстата 5715	7
1.2 Огляд сучасного шевінговального верстата.....	8
Розділ 2 Кінематичний розрахунок модернізованого приводу коробки подач верстата 5715	12
2.1 Вибір структурної формули приводу можливі варіанти структурної формули:	12
2.2 Розрахунок кількості валів у приводі.....	12
2.3 Первісний варіант кінематичної схеми.....	13
2.4 Складання структурних формул у розгорненому вигляді.....	13
2.5 Кінцевий варіант кінематичної схеми приводу	15
Розділ 3 Проектування модернізованого приводу коробки швидкостей верстата 5715	16
3.1 Визначення між центрованої відстані.....	160
3.2 Розрахунок навантаження для проєктованого приводу верстата	16
Розділ 4 Технологія виготовлення черв'ячного колеса верстату 5715.....	19
4.1 Вузол розташування деталі	19
4.2 Опис маршрутно-технологічного процесу обробки.....	20
4.3 Опис операційно-технологічного процесу обробки.....	21
Розділ 5 Розробка верстатного пристосування	25
5.1 Аналіз точності розмірів, форми, розташування та шорсткості оброблювальних поверхонь	25

5.2 Аналіз точності розмірів, форми, розташування та шорсткості базових поверхонь.....	27
5.3 Визначення умов, у яких буде виготовлятися та експлуатуватися проєктований пристрій.....	28
5.4 Складання переліку реалізованих функцій.....	28
5.5 Розробка та обґрунтування схеми заготовки у верстатному пристрої.....	29
5.6 Побудова функціональної структури пристрою.....	30
5.7 Розробка та обґрунтування схеми закріплення.....	31
5.8 Розрахунок на міцність.....	33
5.9 Опис принципу дії пристрою.....	33
Розділ 6 Розробка РТК.....	35
6.1 Обґрунтування вибору захвату.....	35
6.2 Проєктування кулачків.....	37
6.3 Проєктування роботизованої дільниці.....	39
6.4 Обґрунтування вибору робота.....	40
6.5 Побудова циклограми.....	41
Перелік джерел посилань.....	46
ДОДАТОК А.....	48
А. 1 Загальні відомості про зубооздоблювальний шевінговальний верстат 5715.....	48
ДОДАТОК Б.....	54
Б. 1 Складання структурних формул у розгорненому вигляді.....	54
Б. 2 Аналіз структурних сіток.....	54
Б. 3 Визначити кількість зубців зубчастих коліс.....	55
Б. 4 Оцінка точності кінематичного розрахунку.....	56

Б. 5 Виконання розрахунку пасової передачі.....	57
Додаток В.....	57
В. 1 Розрахунок навантаження для проєктованого привода верстата.....	57
В. 2 Геометричний розрахунок валів та зубчастих коліс.....	60
В. 3 Геометричний розрахунок зубчастих коліс.....	62
В. 4 Уточнюючий розрахунок валів та зубчастих коліс	63
В. 5 Уточнюючий розрахунок валів та зубчастих коліс	64
Додаток Г	68
Г. 1 Опис черв'ячного колеса.....	68
Додаток Д.....	69
Д. 1 Розрахунок сил закріплення заготовки у верстатному пристрої.....	69
Д. 2 Розрахунок сил затиску з урахуванням сил, діючих у пристрої	70
Д. 3 Розрахунок на міцність	72
Д. 4 Точнісні розрахунки пристрою.....	74
Додаток Е Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	76
Е.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів під час Модернізація приводу головного руху зубошевінговального верстата 5715 з розробкою РТК.....	76
Е.2 Розрахунок конденсації.....	79

ВСТУП

Актуальність роботи. Модернізація експлуатованого обладнання означає приведення його стану відповідно до сучасних вимог, шляхом внесення змін та вдосконалення конструкції верстата.

Основним напрямком модернізації парку застарілих верстатів є модернізація з метою виведення верстатів на рівень сучасних вимог безпеки та поліпшення їх технічних властивостей, збільшення потужності приводу, розширення діапазону швидкостей та подач.

Модернізація приводів головного руху металообробних верстатів проводиться з метою збільшення їх потужності та швидкохідності задля реалізації можливостей сучасного ріжучого інструменту. Обсяг роботи, необхідний для модернізації значною мірою залежатиме від конструкції приводу, запасу міцності і точності його деталей та технічного завдання на модернізацію верстата.

Доцільність модернізації в кінцевому рахунку визначається її економічною ефективністю. Це не стосується модернізації верстатів, яка пов'язана з поліпшенням умов праці та безпеки, що, звичайно, необхідно проводити.

Мета дослідження – Модернізація приводу головного руху зубошевінговального верстата 5715 з розробкою РТК.

Основні завдання дослідження:

- 1) Огляд зубооздоблювального шевінговального верстата 5715
- 2) Кінематичний розрахунок модернізованого приводу коробки подач верстата 5715
- 3) Проектування модернізованого приводу коробки швидкостей верстата 5715
- 4) Технологія виготовлення черв'ячного колеса верстату 5715
- 5) Розробка верстатного пристосування
- 6) Розробка РТК

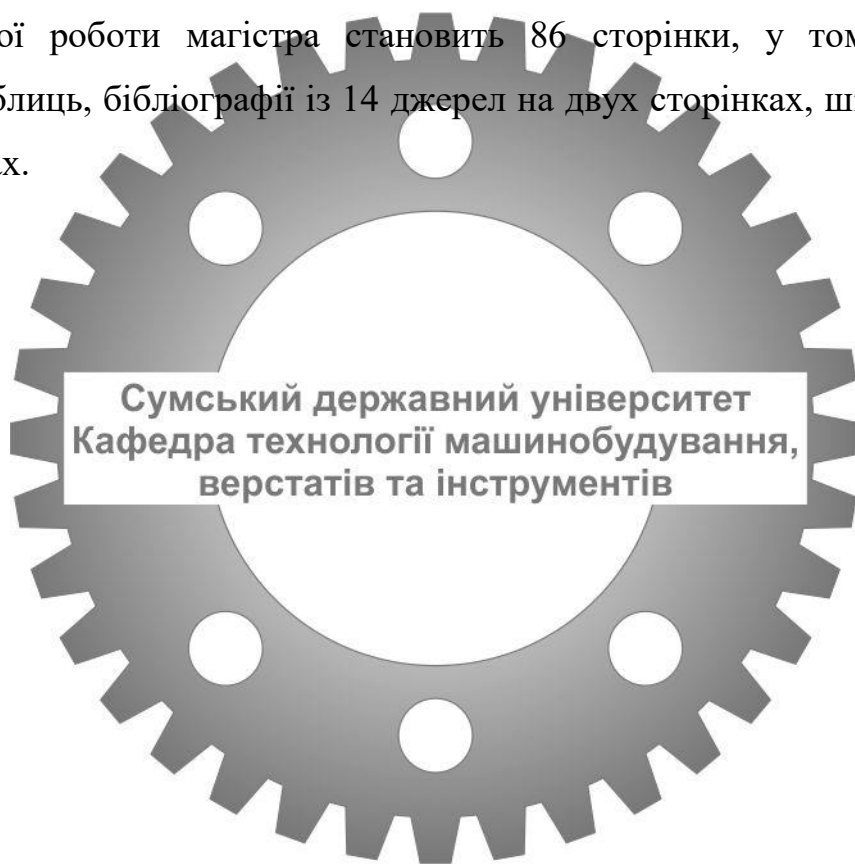
Об'єкт дослідження – процес модернізація приводу головного руху зубошевінговального верстата 5715 з розробкою РТК.

Предмет дослідження – процес модернізація приводу головного руху зубошевінговального верстата 5715 з розробкою РТК .

Апробація роботи. Не має.

Публікації. Не має.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, п'яти розділів, переліку джерел посилань і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 86 сторінки, у тому числі 43 рисунок, 8 таблиць, бібліографії із 14 джерел на двох сторінках, шість додатків на 12 сторінках.

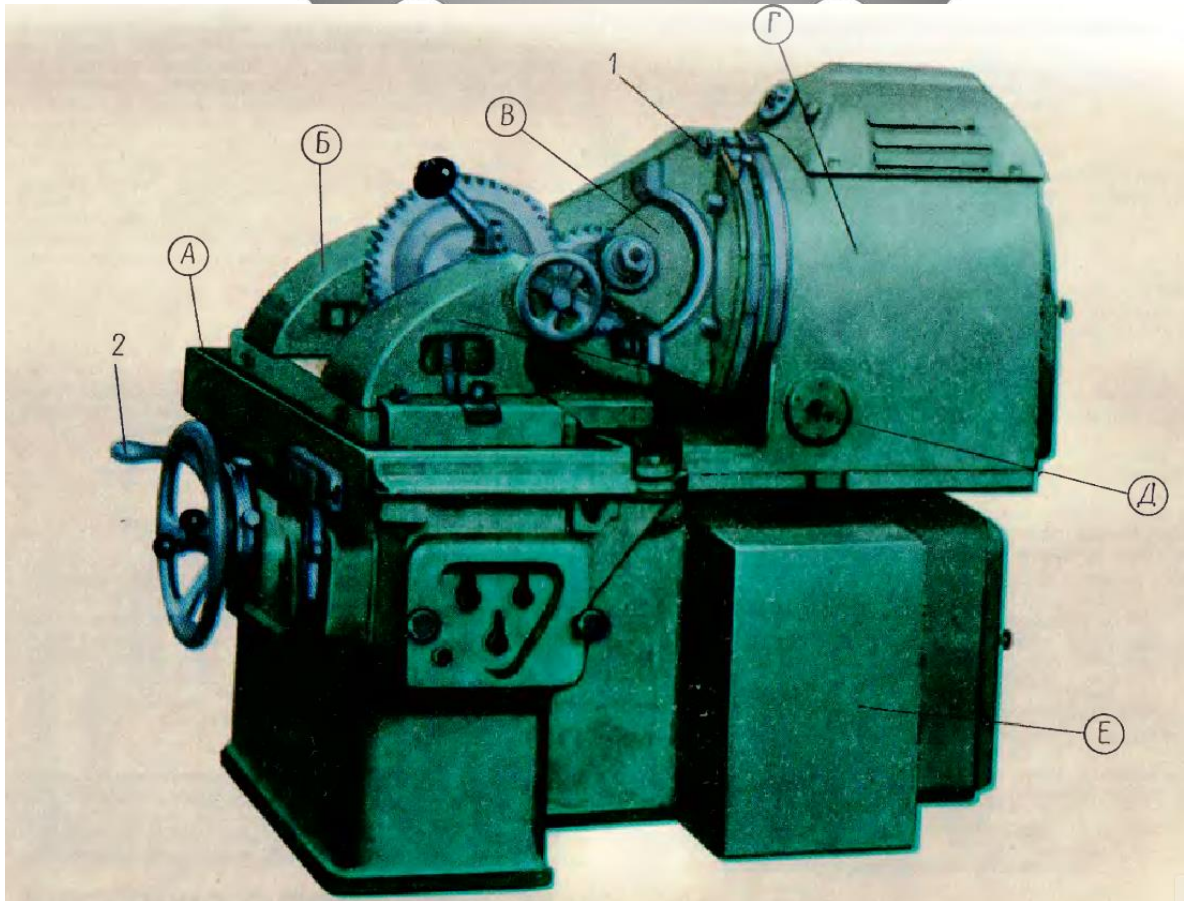


РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЗУБООЗДОБЛЮВАЛЬНОГО ШЕВІНГОВАЛЬНОГО ВЕРСТАТА 5715

1.1 Призначення і сфера застосування верстата 5715

Верстат 5715 (див. рис. 1) призначений для остаточної обробки шевінговання зубів сирих і поліпшених зубчастих коліс з прямими і гвинтовими зубами як зовнішнього, так і внутрішнього зачеплення в умовах масового і великосерійного виробництва. При наявності додаткової гойдається плити можливе отримання бочкоподібних зубів



Джерело: Кучер А. и др. "Металлорежущие станки (альбом общих видов кинематически схем и узлов)". 1972 год

Рисунок 1 – Загальний вигляд зубооздоблювального шевінговального верстата 5715

Основні вузли верстата 5715:

1. Механізм поворота головки шевера;
 2. Маховичок для ручного переміщення стойки в радіальному напрямленні;
- А. Стіл;
- Б и Д. Бабки виробу;
- В. Поворотна головка шевера;
- Г. Стійка;
- У. Станина.

Більш детальні характеристики дивіться у: Додатку А.1

1.2 Огляд сучасного шевінговального верстата

Сучасний шевінговальний верстат

Gleason 410SCG – Експерт в шліфуванні та шевінгованні Шевера (див. рис. 2).

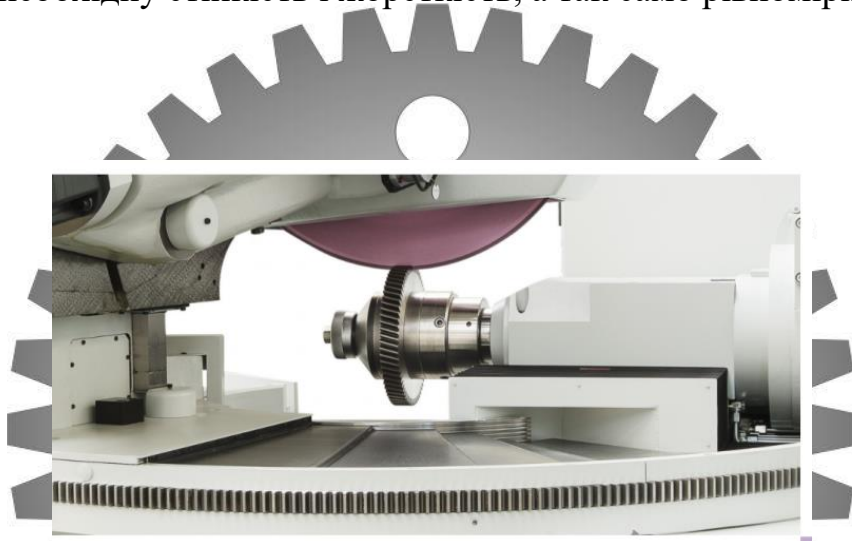


Джерело: <https://www.gleason.com/ru/products/machines/cylindrical/shaving-cutter-grinding/410scg-the-expert-in-shaving-cutter-grinding>

Рисунок 2 – Загальний вигляд Сучасний шевінговальний верстат Gleason 410SCG

У 1956 році фірма Gleason представила перший верстат для шліфування Шевера. 410SCG уособлює собою новітнє покоління верстатів цього типу. Він ідеально підходить для високоточного шліфування і заточування шевера, еталонних зубчастих коліс, накатників, ділильних дисків і аналогічних інструментів.

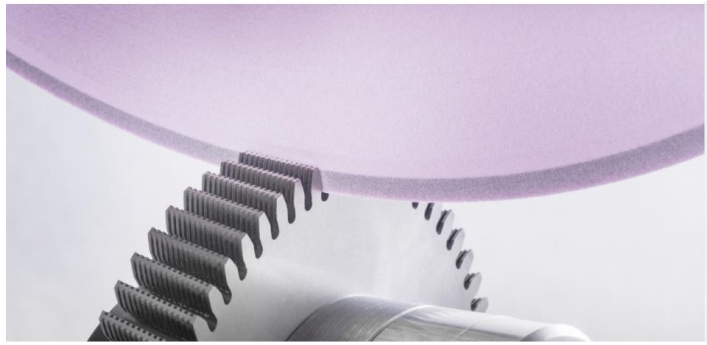
Виключно точні комплектуючі для високоточного шліфування інструменту Електронний ділильний блок, гідростатичні напрямні і гвинтові пари забезпечують необхідну стійкість і жорсткість, а так само рівномірне пересування.



Джерело: <https://www.gleason.com/ru/products/machines/cylindrical/shaving-cutter-grinding/410scg-the-expert-in-shaving-cutter-grinding>

Рисунок.3 – Електронний ділильний блок

Унікальна опція Gleason Rapid Grinding (швидке шліфування) з інтелектуальної стратегією подачі, значно знижує час зубшліфування, без освіти негативних ефектів, таких як шліфувальні прижоги або підвищений знос інструменту.



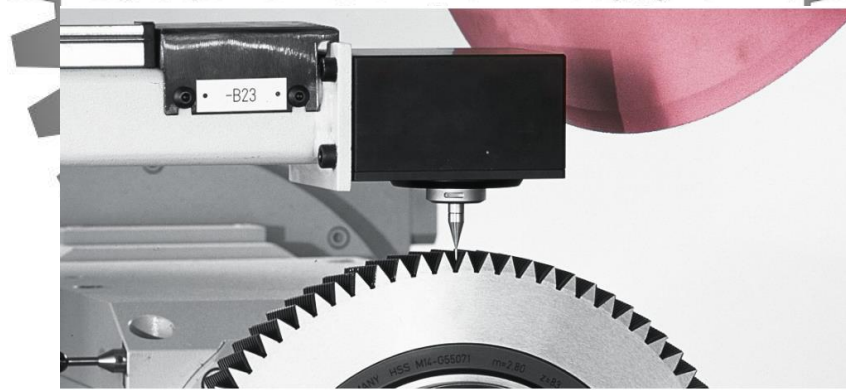
Джерело: <https://www.gleason.com/ru/products/machines/cylindrical/shaving-cutter-grinding/410scg-the-expert-in-shaving-cutter-grinding>

Рисунок 4 – Опція Rapid Grinding знижує час циклу

Вбудована вимірювальна система для неперервного виробництва

Опціонально можливо оснащення верстата вбудованою вимірювальною системою, яка підвищує продуктивність за рахунок скорочення часу очікування та перевстановлення. Перевірка вимагають контролю зубів безпосередньо на верстаті дозволяє уникнути переривання виробництва.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,



Джерело: <https://www.gleason.com/ru/products/machines/cylindrical/shaving-cutter-grinding/410scg-the-expert-in-shaving-cutter-grinding>

Рисунок 5 – Вбудована система вимірювання

Шліфування зовнішнього діаметра

Опція шліфування зовнішнього діаметра дає можливість обробки зубів інструменту за один установ з зовнішнім діаметром.

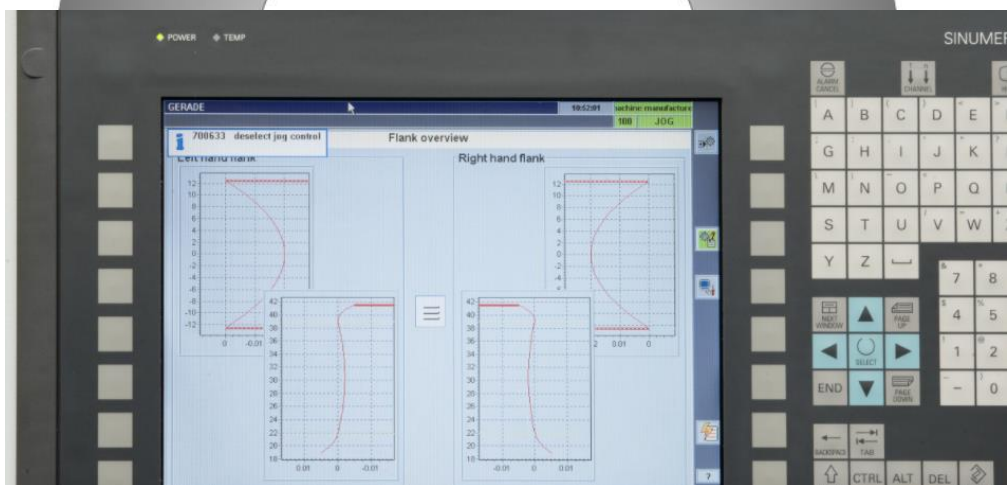


Джерело: <https://www.gleason.com/ru/products/machines/cylindrical/shaving-cutter-grinding/410scg-the-expert-in-shaving-cutter-grinding>

Рисунок 6 – Інструменти станка

Програмне забезпечення спростило управління верстатом

Програмне забезпечення верстата Gleason Technology визначає і візуалізує корекції профілю і лінії зуба. Управління верстатом ніколи не було таким простим.



Джерело: <https://www.gleason.com/ru/products/machines/cylindrical/shaving-cutter-grinding/410scg-the-expert-in-shaving-cutter-grinding>

Рисунок 7 – Програмне забезпечення верстата Gleason 410SCG

1.3 Висновок по розділу

Зроблений аналіз сучасного шевінговального верстата з зубооздоблювальним шевінговальним верстатом 5715

РОЗДІЛ 2
КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗОВАНОГО ПРИВОДУ
КОРОБКИ ПОДАЧ ВЕРСТАТА 5715

Вихідні дані для проведення обчислення та розроблення конструкції коробки швидкостей представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вихідні данні розробки

n_{\min}, XB^{-1}	φ	Z	$n_{\text{дв}}, \text{XB}^{-1}$
118	1,26	6	1440

2.1 Вибір структурної формули приводу можливі варіанти структурної формули:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Обираємо цю $Z = 3 \cdot 2$ схему, чим менша кількість переключень на вихідному валу тим краще. Для нашої схеми ми використали електромуфти у нашій коробці.

2.2 Розрахунок кількості валів у приводі

$$B = m + 1,$$

де B – кількість валів, m – кількість груп передач привода.

Для структурної формули $Z = 3 \cdot 2$, $m = 2$, тоді кількість валів $B = 2 + 1 = 3$ [1].

2.3 Первісний варіант кінематичної схеми

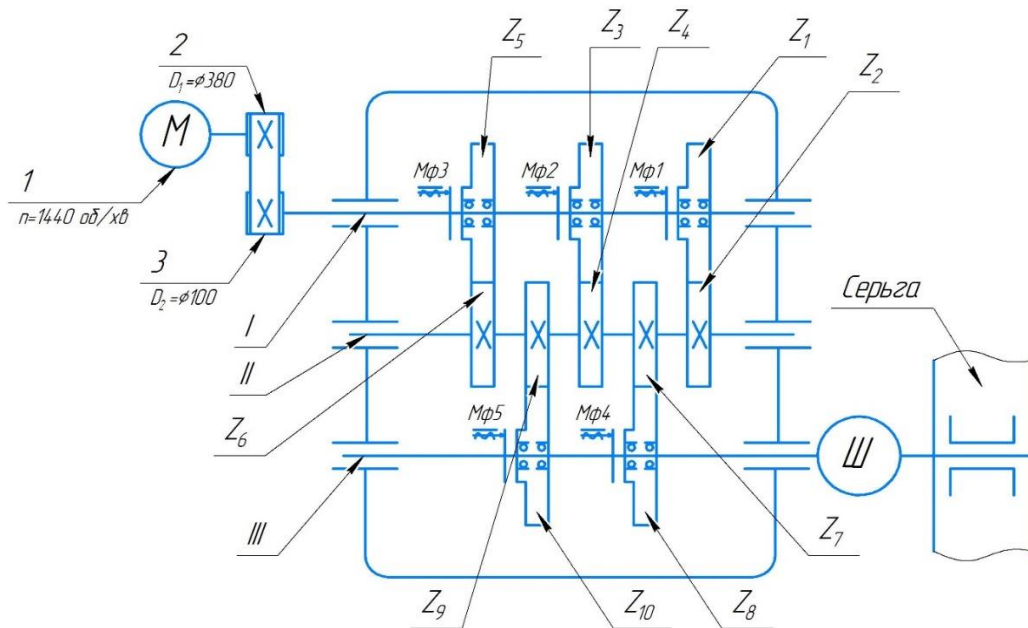


Рисунок 8 – Первісний варіант кінематичної схеми привода верстата

2.4 Складання структурних формул у розгорненому вигляді

Структурна формула у розгорненому вигляді містить в собі й характеристику і має такий вигляд:

$$Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3) \dots P_m(X_m).$$

Розрахунок наведено в Додатку Б.1

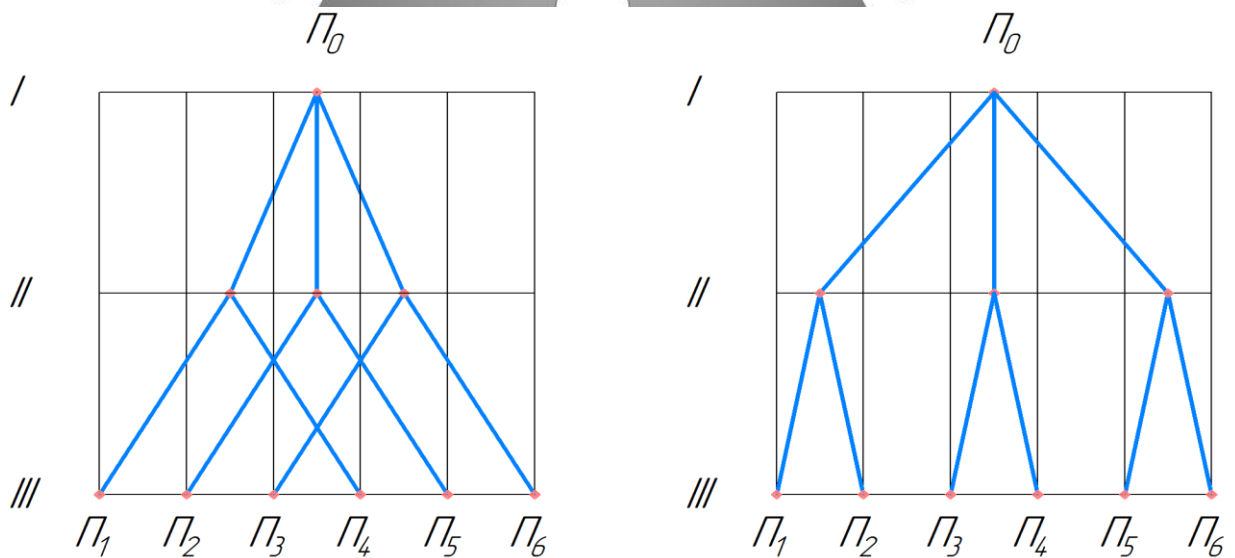


Рисунок 9 – Варіанти побудови структурних сіток для першої та другої структурних формул у розгорнутому вигляді

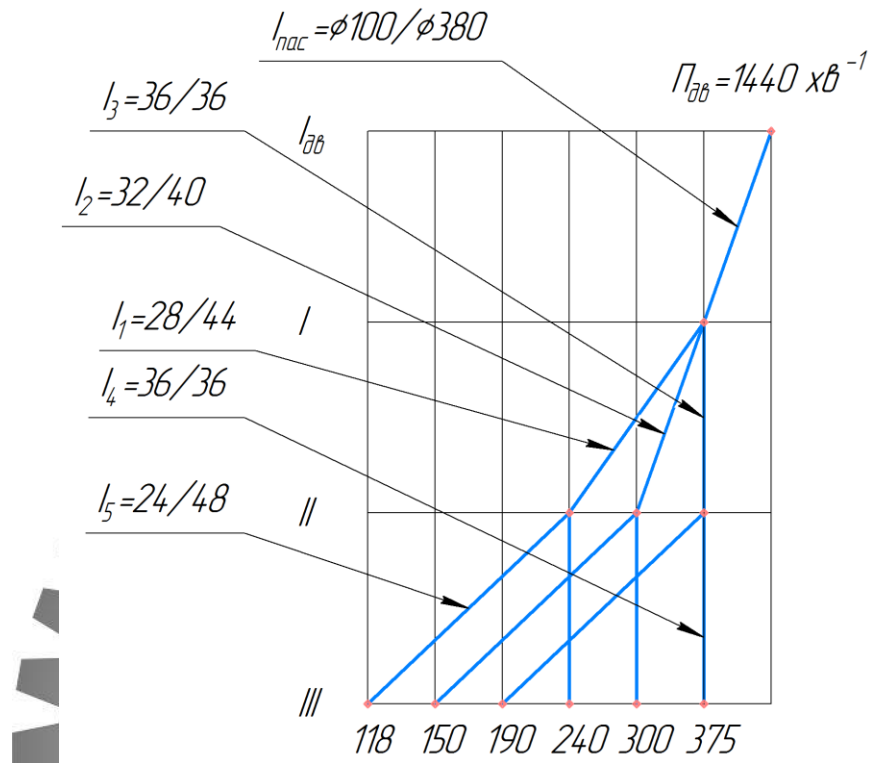
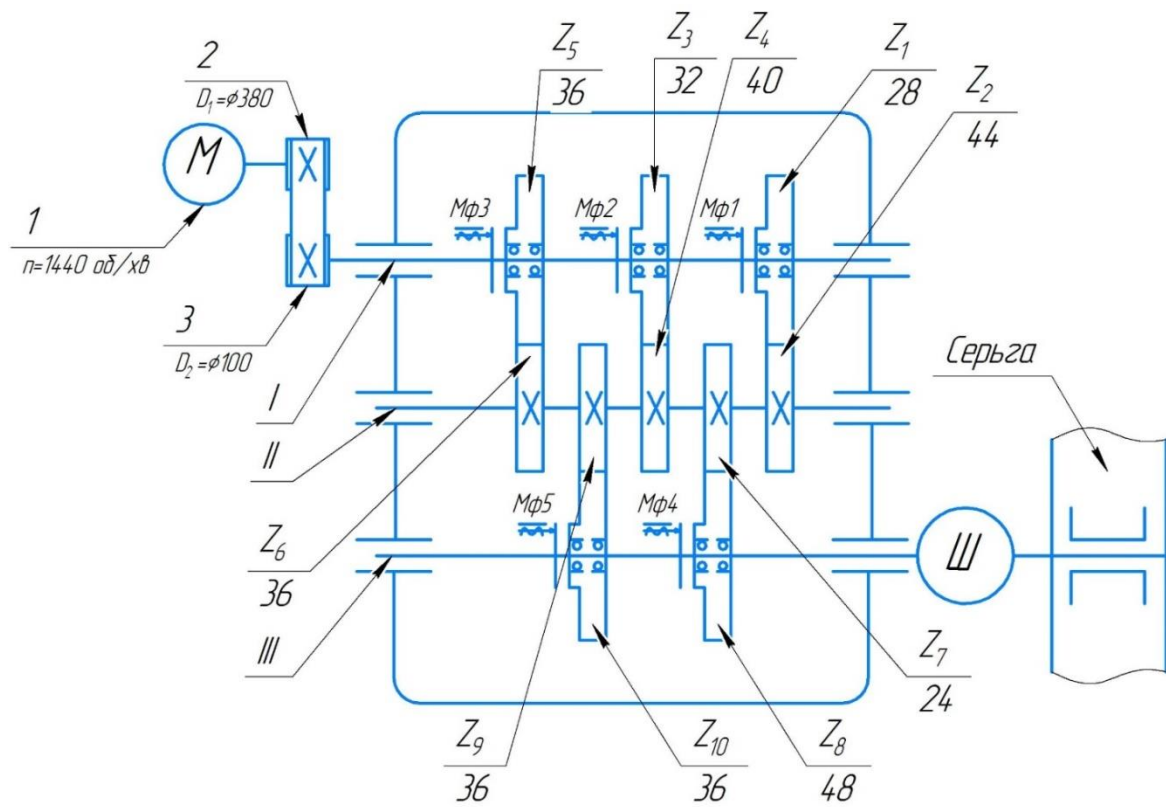


Рисунок 10 – Графік частот обертання шпинделя привода верстата із ступінчастим регулюванням



2.5 Кінцевий варіант кінематичної схеми привода

Рисунок 11 – Кінцевий варіант кінематичної схеми привода

2.6 Висновок по розділу

Була розрахована схема привода верстат зубошевінговального верстата

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТУВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО ПРИВОДУ КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ ВЕРСТАТА 5715

3.1 Визначення міжцентрованої відстані

Міжцентрову відстань між валами майбутньої коробки швидкостей визначають таким чином [1].

Для цього використовують відому формулу:

$$a_{wi} = m \cdot (z_1 + z_2) / 2 = 0,5 \sum z \cdot m$$

де m – модуль зубчастих коліс, мм;

Особливістю використання такої формули є те, що значення модуля невідоме і його потрібно прийняти попередньо, умовно, заручившись досвідом проектування коробок швидкостей із джерел технічної літератури (паспорта верстата).

Частіше за все на верстатах середніх розмірів у коробках швидкостей використовують зубчасті передачі, що мають модуль від 2,5 – 3,0 мм між валами.

$$a_{w1-2} = 0,5 \cdot 72 \cdot 3 = 108 \text{ мм}$$

$$a_{w2-3} = 0,5 \cdot 72 \cdot 3 = 108 \text{ мм [1].}$$

3.2 Розрахунок навантаження для проектного привода верстата

Під час розрахунку коробок швидкостей вводять та використовують не номінальні, а розрахункові навантаження [4; 5]:

$$T_{pi} = T_j \cdot K,$$

$$F_p = F_t \cdot K,$$

де T_{pi} – розрахунковий крутний момент на i – му валу, Н·мм;

T_j – момент на попередньому валу, Н·мм;

F_t – колова сила, що прикладена до вала, Н

K – коефіцієнт навантаження, $K = 1,2$.

Крутний момент розраховують за такою формулою:

$$T = P / \omega ,$$

де ω – кутова швидкість.

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 375}{30} = 39,25 \text{ рад/с}$$

Виконання розрахунку

P – потужність двигуна. Наприклад, для $P = 2,2$ кВт

Потужність навалі двигуна.

$$T = \frac{2.2 \cdot 10^3}{39,25} = 56,05 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

Розрахунок наведено в Додатку В.1 та занесений в Таблицю 2

Таблиця 2 – Розрахунок діаметрів коліс

Кількість зубців коліс	Ділильний діаметр, мм	Зовнішній діаметр, мм	Внутрішній діаметр, мм
$Z_1 = 28$	84	90	76,5
$Z_2 = 44$	132	138	124,5
$Z_3 = 32$	96	102	88,5
$Z_4 = 40$	120	126	112,5
$Z_5 = 36$	108	114	100,5
$Z_6 = 36$	108	114	100,5
$Z_7 = 24$	72	78	64,5
$Z_8 = 48$	144	156	136,5
$Z_9 = 36$	108	114	100,5
$Z_{10} = 36$	108	114	100,5

Розрахунок наведено в Додатку В.4

3. 3 Висновок по розділу

У розділі було виконано кінематичний розрахунок коробки швидкостей верстата, вибрана структурна формула, розраховані вали, підібрані діаметри коліс, а також підібрані розміри шпонок.



складається з черв'яка і черв'ячного колеса. Черв'ячні передачі працюють безшумно і плавно. До істотних недоліків їх відносяться великі втрати на тертя в зачеплень і, як наслідок цього, нагрів і низький ККД.

4.2 Опис маршрутно-технологічного процесу обробки

Конструкція зубчастого вінця столу Зубошліфувальні верстата представлена а малюнку 3. Аналіз креслення і умовне позначення гвинта дозволяють визначитися з його габаритами: довжина гвинта 85 мм, діаметр 305-03 6. Матеріал зубчасті вінця СЧ21-40. Заготівля для вінця виливок. Виробництво дрібносерійне, але є можливість застосовувати спеціалізовані верстати [6].

Типові особливості техпроцесу для зубчасті вінця. Після чорнової токарної обробки заготовки її піддають старінню шляхом вилежування протягом 3 місяців з метою зняття напруги. Вилежування можна замінити низькотемпературним відпалом. Після вилежування виробляють напівчистове і чистову токарної обробки вінця спочатку з одного боку, а потім з іншого, свердлять отвори і збирають вінець зі столом виготовленого верстата. Зуби на вінці нарізають в зборі зі столом за два переходи-спочатку попередньо, потім остаточно [6].

Технологічний процес складається з наступних операцій:

005 Заготівельна.

Відливка в кокіль

010 Термічна.

Обладнання: Піч СНО-8.16.5/11

015 Токарно-гвинторізна

Чорнова обробка зовнішніх поверхонь і зняття фасок

Обладнання: токарно-гвинторізний верстат 1М63.

020 Старіння

Старіння шляхом вилежування протягом 3 місяців

025 Токарно-гвинторізна.

Получистова обробка зовнішньої поверхні 305мм на довжині 45мм і отвір діаметром 240мм і зняття фасок.

Обладнання: токарно-гвинторізний верстат 1М63.

030 Контрольна

035 Токарно-гвинторізна.

Чистова обробка зовнішньої поверхні 305 мм на довжині 45мм і отвір діаметром 240мм і зняття фасок.

Обладнання: токарно-гвинторізний верстат 1М63.

040 Радіально-сверлильна

Свердління отворів для кріплення під різьбу, зняття фасок і нарізування різьблення

Обладнання: Радіально-свердильний верстат 2А55.

045 Шабрування

Пришабрити зовнішні поверхні діаметром 305 мм і отвори діаметром 240 мм до столу та збірка.

050 Контроль

055 Зубофрезерувальна

Чернове та чистове фрезерування

Обладнання: Верстат зубофрезерний вертикальний напівавтомат 5Е32

066 Контрольна ОТК

4.3 Опис операційно-технологічного процесу обробки

Токарно-гвинторізна операція 025:

Получистова обробка зовнішньої поверхні 305мм на довжині 45мм і отвір діаметром 240мм і зняття фасок. (див. рис 13)

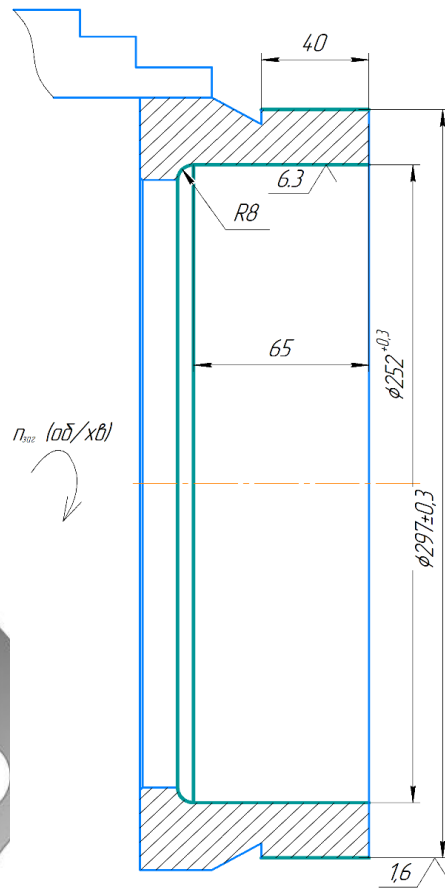


Рисунок 13 – Схема операції 020
 Кафедра технології машинобудування,
 верстатів та інструментів

Обладнання: Токарно-гвинторізний верстат 1М63Н.

Різальний інструмент 1:

- Державка S20R-MCLNR12;
- Пластина TNMA160408;
- Матеріал BK6;
- Режим різання: $s=0,3$ мм/об; $v=220$ м/хв; $n=235$ об/хв.

Різальний інструмент 2:

- Державка S20R-MCLNR12;
- Пластина TNMA160408;
- Матеріал BK6;
- Режим різання: $s=0,3$ мм/об; $v=240$ м/хв; $n=300$ об/хв.

Оснастка: Самоцентруючий трьох кулачковий патрон ГОСТ 2675-80.

Вимірювальний інструмент: Штангенциркуль ШЦ-III-500-0,05 ГОСТ 166-

Свердління отворів для кріплення під різьбу, зняття фасок і нарізування різьблення. (див. рис 14)

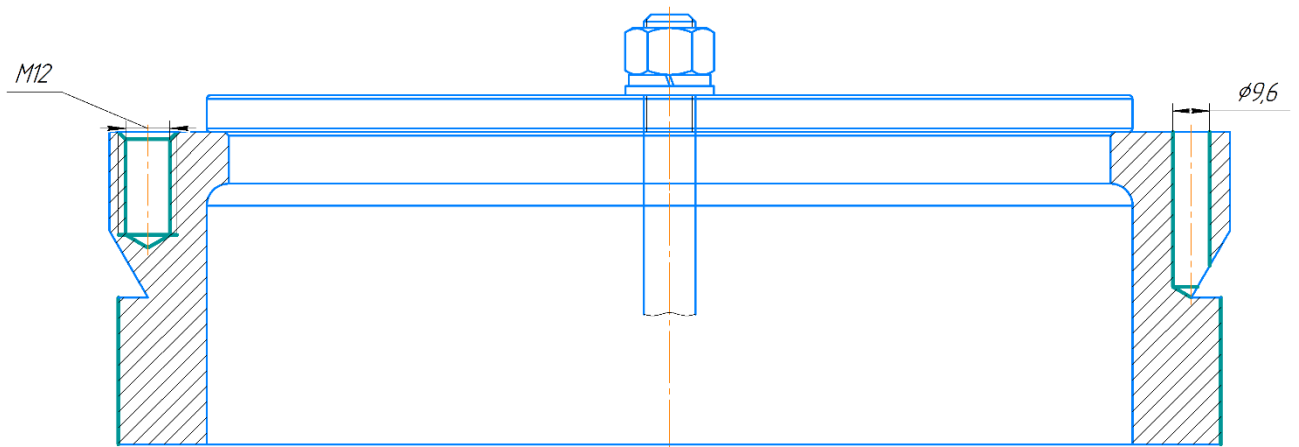


Рисунок 14 – Схема операції 040

Обладнання: Радіально-свердильний верстат 2А55..

Різальний інструмент 1:

- Свердло SD203-10,2-31-10R1

- Режим різання: $s=0,15$ мм/об; $v=37$ м/хв; $n=170$ об/хв.

Різальний інструмент 2:

- Свердло SD203-9,6-31-10R1

- Режим різання: $s=0,15$ мм/об; $v=39$ м/хв; $n=1241$ об/хв.

Різальний інструмент 3:

- Мітчик МТУ-М12Х1,50ІS06Н-ВС-V038

- Режим різання: $s=1,75$ мм/об; $v=8$ м/хв; $n=210$ об/хв.

Оснастка: ТИП1080 Патрон різьбонарізний із запобіжною головкою,

Пристосування спеціальне.

Вимірювальний інструмент: Калібр-пробка М12 Штангенциркуль ШЦ-Ш-125-0,1 ГОСТ 166-89.

- подача: повздовжня та поперечна – 12...1600 мм/об; вертикальна – 4,1...530 мм/об;

- потужність електродвигуна: головного руху – 7,5 кВт; подач – 2,2 кВт; насоса охолоджувальної рідини – 0,12 кВт.

4.4 Висновок по розділу

Був розроблений тех.процес для деталі верстата черв'ячного колеса, а саме Получистова обробка зовнішньої поверхні 305мм на довжині 45мм і отвір діаметром 240мм і зняття фасок та свердління отворів для кріплення під різьбу, зняття фасок і нарізування різьблення.



РОЗДІЛ 5

РОЗРОБКА ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ

На фрезерній операції виконується фрезерування шпоночного пазу для зубчастих коліс. Для даної операції використано вертикально-фрезерний верстат моделі 6P12. Для полегшення трудомісткості виконання даної операції рекомендую замість ручного затиску використовувати пневматичний.

Застосування пневмокамери має певний ряд переваг:

- збільшення продуктивності роботи;
- зменшення допоміжного часу;
- зменшення трудомісткості роботи;
- швидкість дії та простота в управлінні;
- забезпечення необхідних зусиль затиску;
- зменшення розряду працівника;
- збільшення стабільності параметрів по точності виконання операції.
- Точність розмірів

5.1 Аналіз точності розмірів, форми, розташування та шорсткості оброблювальних поверхонь

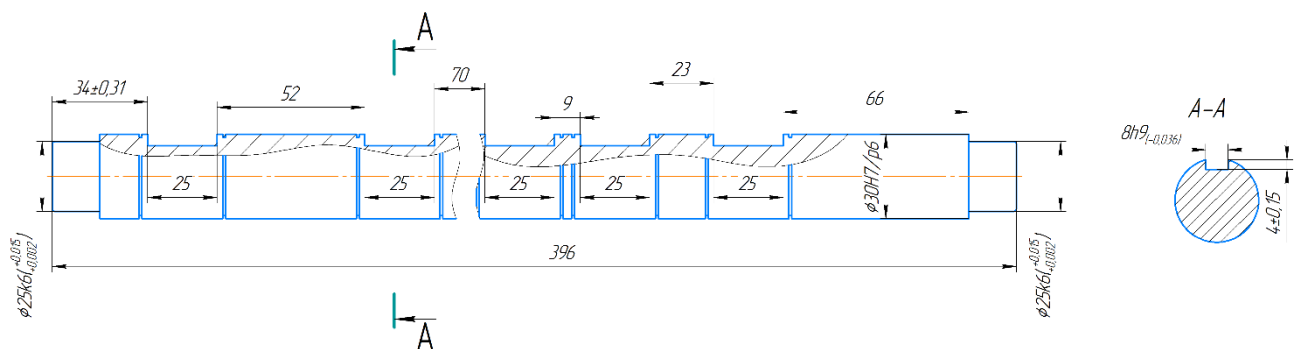


Рисунок 15 – Операційний ескіз деталі

На даній операції повинні формуватися п'ять пазів під шпонку: три лінійних розміра $8h9$, 25, 4.

Ширина пазу 6 під шпонку повинна бути оброблена з точністю IT8:

$$T_8 = 36 \text{ (мкм)}.$$

Оскільки розміри задані вільним, то відповідно до технічних вимог на виготовлення деталі, допуск беремо за 14 квалітетом точності [13]:

Довжини пазу 25 шпонки:

$$T_{25} = 520 \text{ (мкм)}.$$

Глибина пазу 4 під шпонку:

$$T_4 = 300 \text{ (мкм)}.$$

На кресленні рекомендується проставляння таких відхилень наданих розмірів: 0,52.

Точність форм

Похибка форми площинності поверхні дна пазу 25 нормується за ГОСТ 24643-81. Незазначений допуск площинності приймаємо орієнтовно в межах 60% від допуску на глибину.



Сумський державний університет
Кафедра технічної механіки та інструментів
 $T_{\square} = 0,6 \cdot T_{25} = 0,6 \cdot 520 = 312 \text{ (мкм)}$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску площинності:

$$T_{\square} = 250 \text{ (мкм)}, \text{ що відповідає 15 ступеню точності.}$$

- Точність розташування

Розглянемо допуск симетричності стінок пазу 8h9:

$$T_8 = 36 \text{ (мкм)}$$

Значення в межах допуску на розмір 60%.

$$T = 0,6 \cdot T_8 = 0,6 \cdot 36 = 21,6 \text{ (мкм)}$$

Найближче стандартне значення $T=25$ мкм, що відповідає 10 ступеню точності.

- Шорсткість

Шорсткість оброблюваних поверхонь, що зазначена на кресленні, має значення $R_a = 3,2$ (мкм).

5.2 Аналіз точності розмірів, форми, розташування та шорсткості базових поверхонь

- Точність розмірів

Оскільки для обробки вала застосовуємо призми, то базовими поверхнями можуть виступати: циліндричні форми $\varnothing 25k6$ з обох сторін деталі.

Знаходимо допуски на вище зазначені розміри:

$$T_{\varnothing 25} = 13 \text{ (мкм)}.$$

Це означає, що діаметри базових розмірів виконані з параметрами: $\varnothing 25k6^{(+0,015/+0,002)}$.

- Точність форм

Похибка форми циліндру $\varnothing 25k6$ характеризується відхиленням від круглості та циліндричності. Оскільки допуск циліндричності та круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він може бути встановлений у межах допуску на розмір:

$$T_{\varnothing 25} = 0,3 \cdot 13 = 3,9 \text{ мкм}$$

Беремо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості.

$$T_{\varnothing 25} = 4 \text{ мкм,}$$

що відповідає 5 ступеню точності.

- Точність розташування

Розглянемо можливі похибки по радіальному биттю циліндра деталі $\varnothing 25k6$.

$$T_{\varnothing 25} = 0,6 \cdot 13 = 7,8 \text{ мкм,}$$

відповідного до стандартного ряду:

$$T_{\varnothing 25} = 6 \text{ мкм,}$$

що відповідає 4 ступеню точності.

- Шорсткість

Шорсткість поверхонь, зазначена на кресленні, і має такі значення для $\varnothing 25k6$ вона становить $Ra = 0,4$ мкм.

5.3 Визначення умов, у яких буде виготовлятися та експлуатуватися проектований пристрій

Річна програма випуску задана в 400 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості відповідає дрібносерійному типу виробництва. Оскільки впродовж дня виготовляють 2 деталі, то можна стверджувати, що пристрій будуть використовувати з досить малою інтенсивністю. В цілому, за період виготовлення деталі “Вал” пристрій повинен здійснити 400 робочих циклів.

Заготовка буде оброблюватися на верстаті із ЧПК моделі 6P12.

Основні параметри верстата:

частота обертання шпинделя – 40...2000 об/хв;

подача: по вздовжня та поперечно – 12...1600 мм/об; вертикальна – 4,1...530 мм/об;

потужність електродвигуна: головного руху – 7,5 кВт; подач – 2,2 кВт; насоса охолоджувальної рідини – 0,12 кВт.

5.4 Складання переліку реалізованих функцій

- Попередня орієнтація заготовки;
- Базування заготовки;
- Закріплення заготовки;
- Базування пристрою на верстаті;
- Закріплення пристрою на верстаті;
- Утворення вихідної сили для закріплення;
- Об'єднання функціональних вузлів;
- Обробка пазів;
- Створення безпечних умов праці.

5.5 Розробка та обґрунтування схеми заготовки у верстатному пристрої

- Вибір подвійної напрямної базової поверхні

Із усього комплексу поверхонь, що утворюють заготовку, на базову поверхню може претендувати циліндрична поверхня $\varnothing 25k6$. На її користь свідчить таке:

- вона найбільш точно оброблена: IT6, $T_{\varnothing 25} = 13$ мкм;
- вона досить чисто оброблена: шорсткість її поверхні $Ra = 0,4$ мкм.

Крім того, застосування цієї поверхні як базової не перешкоджає доступу інструментів до оброблюваних поверхонь.

Для фрезерування шпонкового пазу заготівля орієнтується на дві призми, що є подвійними напрямними базами й позбавляють.

- Вибір опорної базової поверхні

Опір деталі лівим торцем до призми є опорною базою та позбавляє одного ступеню рухливості.

Таким чином оброблюєма деталь втрачає 5-ть ступенів свободи. Нерухомість оброблюємої деталі забезпечується зусиллям затиску, у поздовжньому напрямку спеціальним упором у пристрої (див. рис 16).

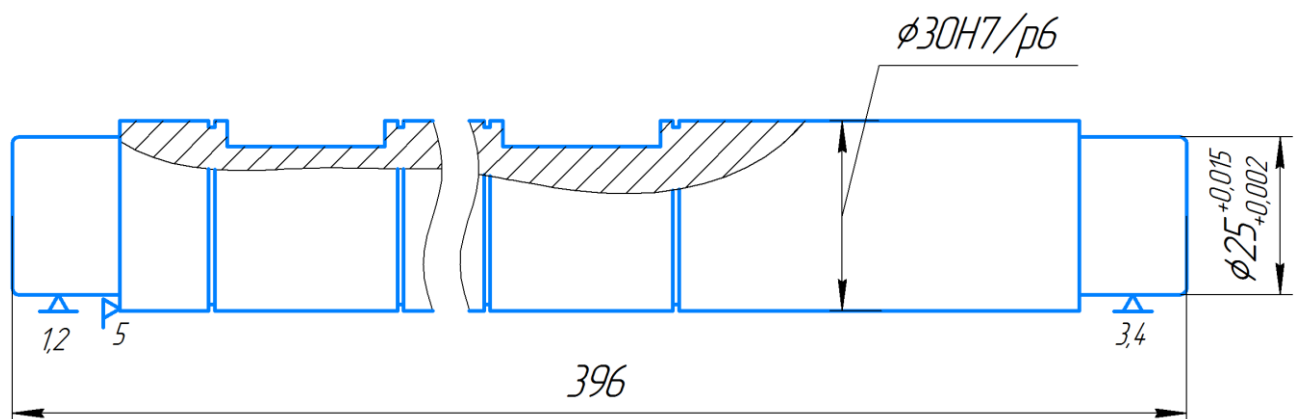


Рисунок 16 – Схема базування

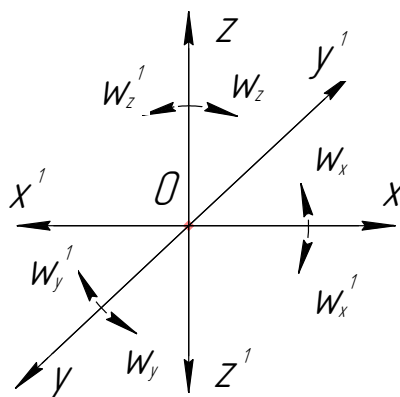


Рисунок 17 – Схема координатних однобічних зв'язків, що покладають на заготовку (до таблиці 3)

Таблиця 3 – Індеси та номери зв'язків

Індекс координати		x	'	y	'	z	'	x	x	y	y	z	z
Спосіб реалізації	Реакція	-	R	R	R	-	R	-	-	R	R	R	R

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

5.6 Побудова функціональної структури пристрою

З набору функцій, що наведені в пункті 5, виділимо ті, які реалізуються на протязі оперативного часу: 0,1,2,5,6,7. Функції 3,4 впливають на підготовчо-заклучний час; функції 8,10 прямого впливу на штучний час не здійснює.



Рисунок 18 – Функціональна структура проектованого пристрою [7]

5.7 Розробка та обґрунтування схеми закріплення

- Аналіз структурних полів збуджуючих сил(див. рис 19)

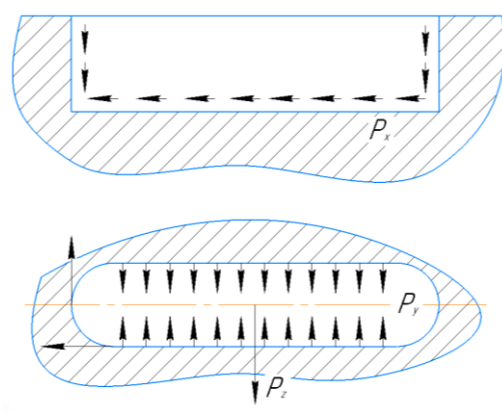


Рисунок 19 – Структура поля збуджуючих сил

- Аналіз структурних полів зрівноважувальних сил (див. рис 20)



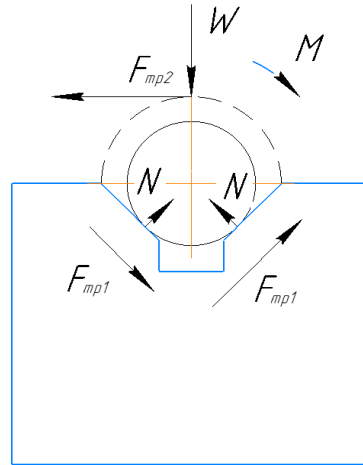


Рисунок 20 – Структура поля зрівноважувальних сил

Для аналізу структури та якості зв'язків, що виникають при закріпленні заготовки, будемо таблицю однобічних зв'язків (див. Таблиця 4)

Таблиця 4 – Однобічні зв'язки

Індекс зв'язку		x	y	z	x'	y'	z'						
Спосіб реалізації	Реакція	-	R	R	R	-	R	-	-	R	R	R	R
	Сила закріплення	-	-	-	-	W	-	-	-	-	-	-	-
	Сила тертя	p1	-	-	-	-	-	tp2	tp2	-	-	-	-

Розрахунок сил закріплення та урахування діючих сил у пристрої приведений у Додатку Д. 1

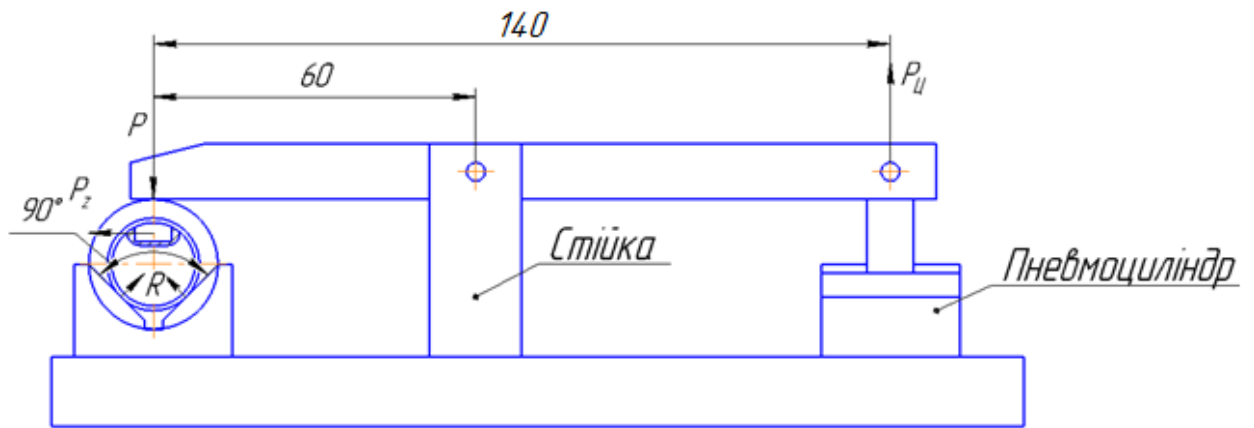


Рисунок 21 - Розрахункова схема пристрою взята с (Додатку Д.1)

5.8 Розрахунок на міцність

Для розрахунку на міцність береться шток. Він виготовлений зі сталі 40, у якої межа $\sigma_T = 300$ МПа. На даному штоку при затиску заготовки саме вразливе місце - різь М16, за допомогою якої шток пристосування прикріплюється до штока пневмокамери.

Розрахунок у на міцність у Додатку Д.2

5.9 Опис принципу дії пристрою

Пристрій спроектовано для обробки деталі на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6Р12.

Застосування даного пристрою забезпечує точну й швидку установку всіх оброблюваних деталей при закріпленні в пристрою.

Пристрій складається з наступних елементів:

- встановлювальні елементи призначені для додання заготовці строго певного положення щодо різального інструменту. У цьому випадку встановлювальними елементами будуть дві призми з кутом 90° .

- Затискні елементи призначені для запобігання зсуву заготовки під дією сили різання або власної ваги. Як затискний елемент приймаємо механізований пневмоциліндр і важіль затиску.

Всі елементи пристрою розміщені на його корпусі (основі), що має вид плити .

Корпус має два вушка, для кріплення на столі верстата.

Для швидкої й точної установки пристрою на столі верстата, на нижній частині його розміщуються дві шпонки.

Принцип роботи пристрою: після установки й закріплення пристрою на столі верстата, деталь, що підлягає обробці, установлюється на дві призми й доводиться до упору в торець. Після чого затискається штоком пневмоциліндра. При цьому важіль затиску, з лівої сторони притискає заготовку до призм.

5.10 Висновок по розділу

У цьому розділі був виконаний розрахунок та конструкція пристрою для фрезерування пазів на універсальному фрезерному верстаті



РОЗДІЛ 6

РОЗРОБКА РТК

При обробці деталей на верстатах промислові роботи використовують головним чином для автоматизації допоміжних процесів, пов'язаних із забезпеченням технологічних потоків заготовок та інструментів. У складі гнучкого виробничого модуля промисловий робот обслуговує, як правило, 3 позиції: завантажувальну позицію накопичувача заготовок; робочу позицію верстата; розвантажувальну позицію накопичувача оброблених деталей або транспортера.

6.1 Обґрунтування вибору захвату.

Для захвату деталей «Колесо» обираємо пневматичний тип захвату як найбільш простий в конструкції та керуванні.

Для вибору типорозміру захвату розраховуємо вагу заготовок.

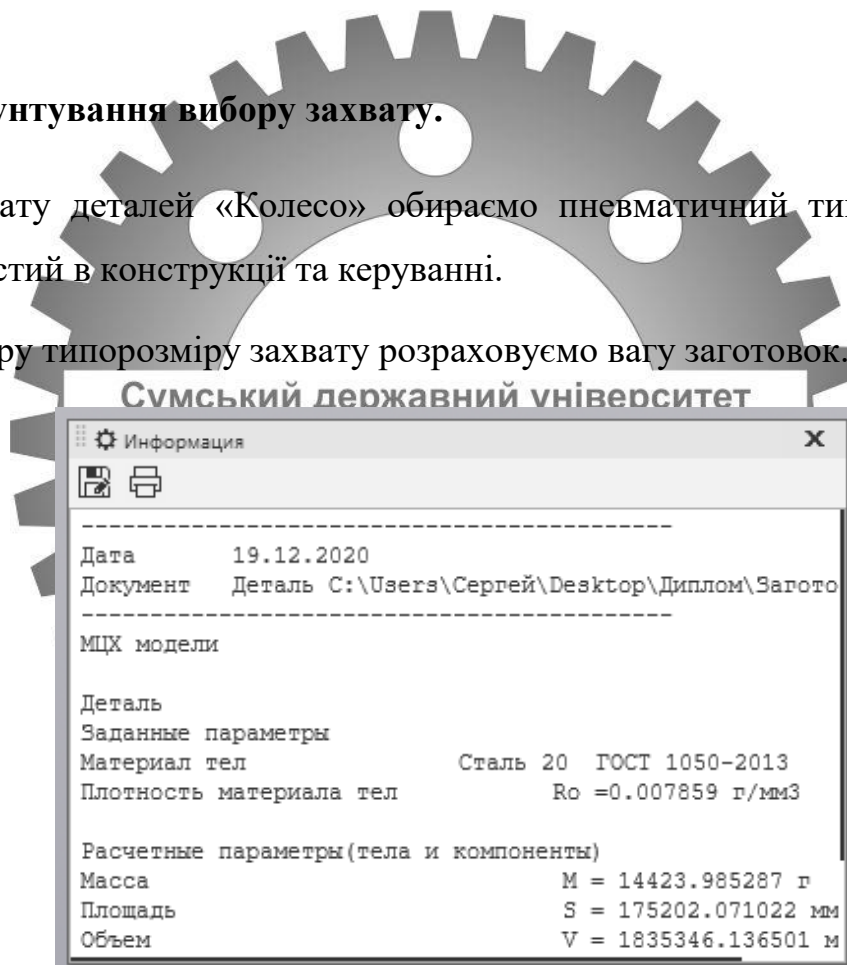
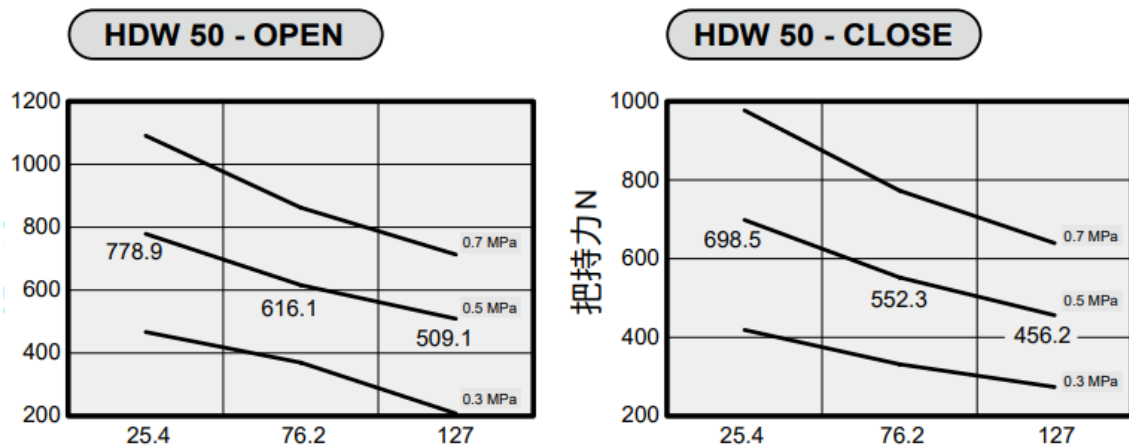


Рисунок 22 - Розрахунок ваги заготовок.

Враховуючи невелику вагу заготовок та відсутність необхідності в великому ході кулачків, обираємо найменший доступний захват- HDW50.

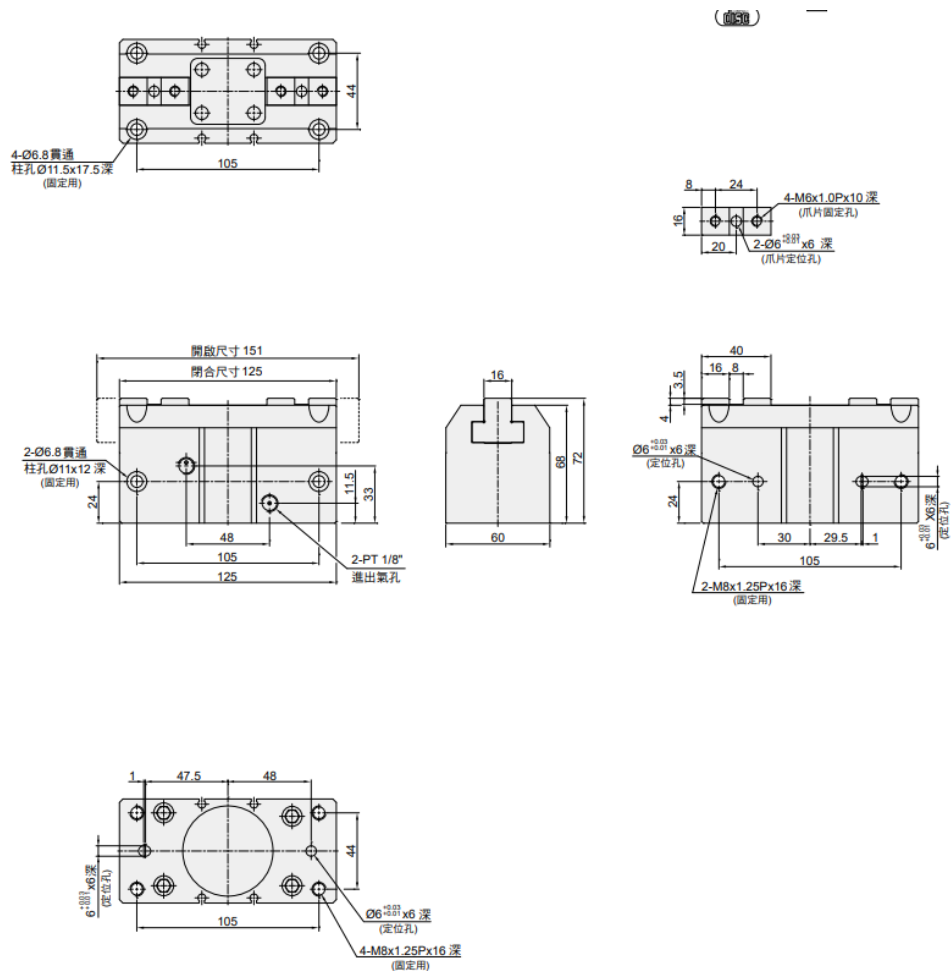
Таблиця 5 – Технічна характеристика захвату HDW50.

Модель	Посадочний отвір(мм)	Робочий хід(мм)	
HDW50	50	26	
Мінімальний тиск(МПа)	Максимальний тиск(МПа)	Сила затискання (N)	
0,3	0,7	Розтискання	738
		Стискання	662



Джерело: https://chelic.partcommunity.com/3d-cad-models/sso/hdw-powerful-type-gripper-chelic?info=chelic%2Fcylinder%2Fmechanical_clamp%2Fhdw_series%2Fhdw_asmtab.prj&cwid=7538

Рисунок 23 – Графік сили зажиму та розжиму захвату HDW50.



Джерело: [https://chelic.partcommunity.com/3d-cad-models/ss0/hdw-powerful-type-gripper-chelic?info=chelic%2Fcylinder%2Fmechanical clamp%2Fhdw series%2Fhdw_asmt_ab.prj&cwid=7538](https://chelic.partcommunity.com/3d-cad-models/ss0/hdw-powerful-type-gripper-chelic?info=chelic%2Fcylinder%2Fmechanical%20clamp%2Fhdw_series%2Fhdw_asmt_ab.prj&cwid=7538)

Рисунок 24 – Ескіз захвату HDW50.

6.2 Проектування кулачків

Виходячи з конфігурації деталі, кулачки повинні забезпечувати наявність зазору між ободом деталі та захвату. Для цього зажимні поверхні кулачків виносимо якомога далі від захвату. Приєднувальні поверхні робимо відповідно захвату (див. рис 25,26).

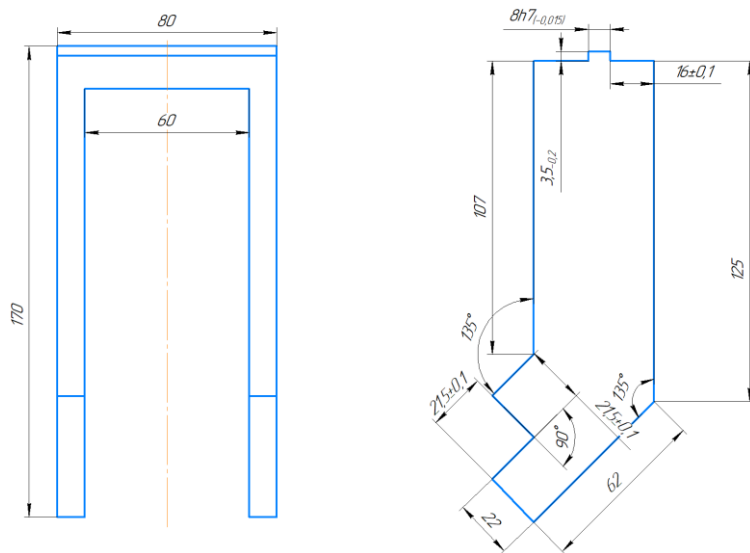


Рисунок 25 - Ескіз кулачків.

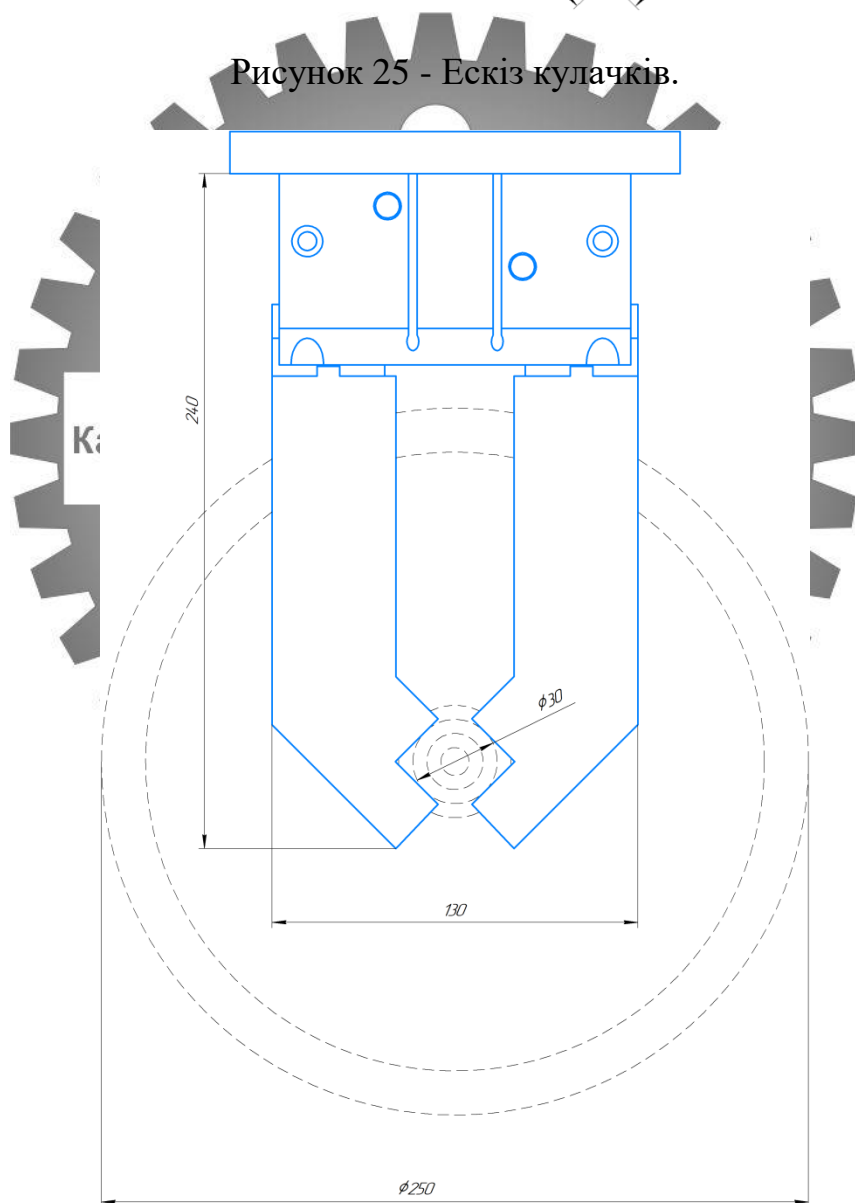


Рисунок 26 – Ескіз кулачків з захватом, переходною плитою та деталлю.

Розраховуємо вагу кулачків з захватом, переходною плитою та деталлю:

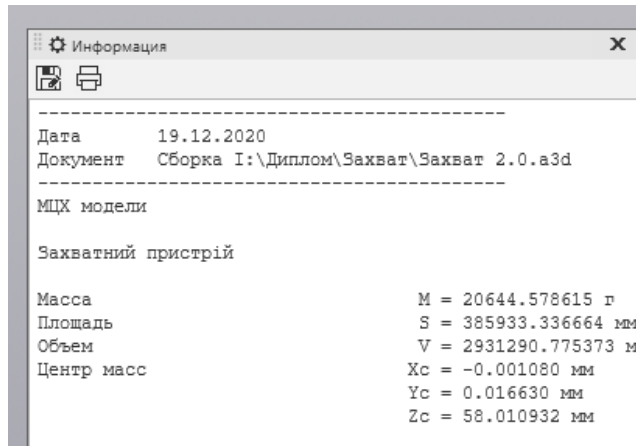


Рисунок 27 - Розрахунок ваги кулачків з захватом, переходною плитою та деталлю.

6.3 Проектування роботизованої дільниці

На роботизованій дільниці необхідно розмістити мінімум: верстат, систему ЧПК верстата, робот, блок керування роботом, накопичувач заготовок та накопичувач готових деталей.

Робот ставимо безпосередньо перед робочою зоною верстата. Для скорочення лишніх холостих переміщень накопичувачі заготовок та готових деталей ставимо якнайближче до верстата та робота зліва та справа відповідно. Але з додержанням вимоги зручного доступу людини до верстата, робота та накопичувачів.

Систему ЧПК верстата та блок керування роботом розміщуємо за остаточним принципом на вільному місці але так, щоб зробити габаритні розміри дільниці щонайменшими. Систему ЧПК верстата розміщуємо між верстатом та накопичувачем заготовок. Блок керування роботом розміщуємо біля накопичувача готових деталей.

В підсумку, спроектована дільниця забезпечує зручний доступ до накопичувачів заготовок та готових деталей, має мінімальні габаритні розміри та забезпечує мінімальний час простою верстата. Також є зручний доступ до

завдяки чому ідеально підходять для роботи у вологих, брудних і складних умовах, наприклад для автоматичної зачистки ґрата (див. рис 29).

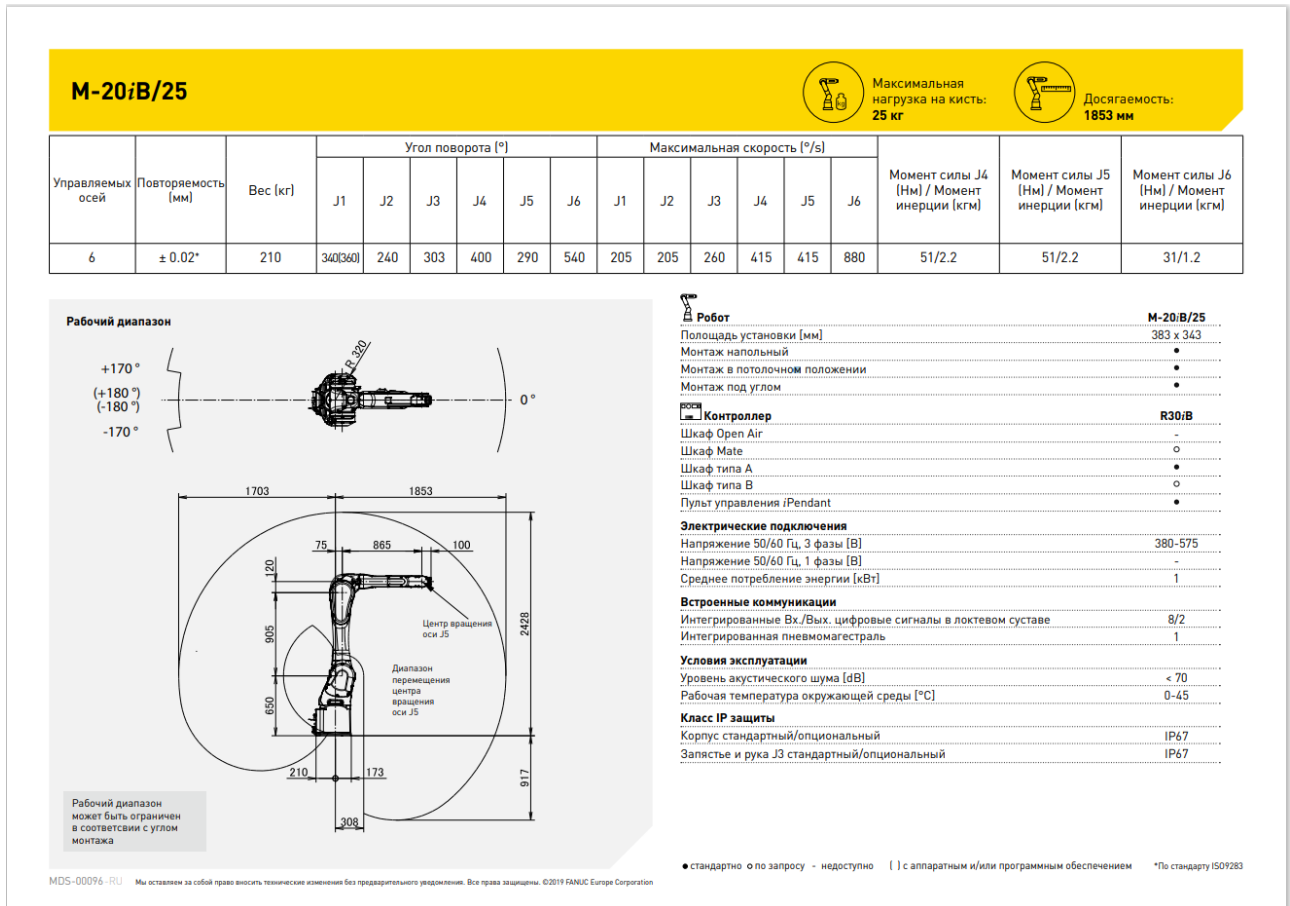


Рисунок 29 – Характеристика робота

6.5 Побудова циклограм

Фактичну продуктивність гнучкого виробничого модуля визначають за допомогою коефіцієнту використання верстата K_c який залежить від часу T_r обслуговування його роботом, віднесеного до загальної тривалості обробки деталі на верстаті T_o .

Розглянемо циклограму обслуговування роботом зубошевінговального верстата, на якій показані дії, що виконуються верстатом і роботом. Всі дії виконуються за часом.

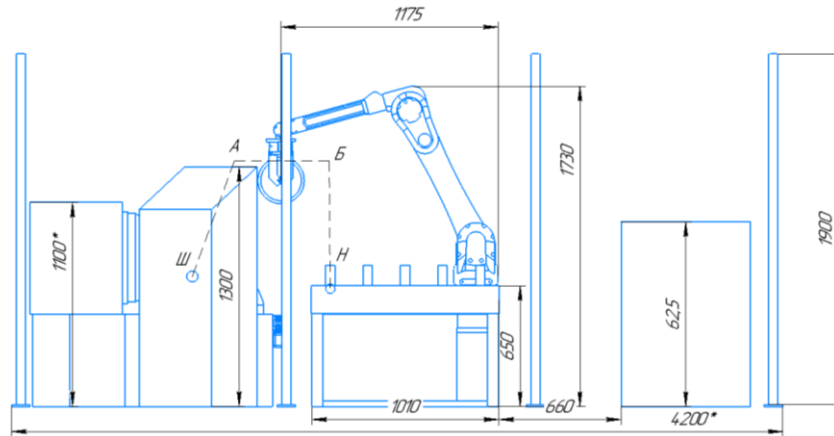


Рисунок 31 – Схема обслуговування роботом зубошевінговального верстата

Обслуговування верстата роботом забезпечується наступними рухами. З позиції очікування Б робот переміщається в точку А і зупиняється. Захват рухається до позиції Н і бере заготовку, разом з нею переміщається в позицію А. Після цього робот переміщається в точку Б і зупиняється. Захват переміщається в позицію Ш верстата. Заготовка закріплюється в верстаті і піджимається центром задньої бабки. Захват переміщається в точку Б і зупиняється. Приблизно такі ж дії здійснює робот при знятті деталі з верстата та встановлення її в накопичувачі.

Для загрузки лотка заготовками треба потягнути на себе лоток щоб він виїхав за границі огорожі. В огорожі створений спеціальний виріз під лото але на кресленні огорожу не відображено для зручності перегляду креслення .

Лоток знаходиться на рельсах для точного базування заготовок та на кінці рельси ми маємо електро замок, який фіксує положення лотка. Вигрузка із лотка проходить таким же чином ,але з іншого боку ділянки (див. рис 32)

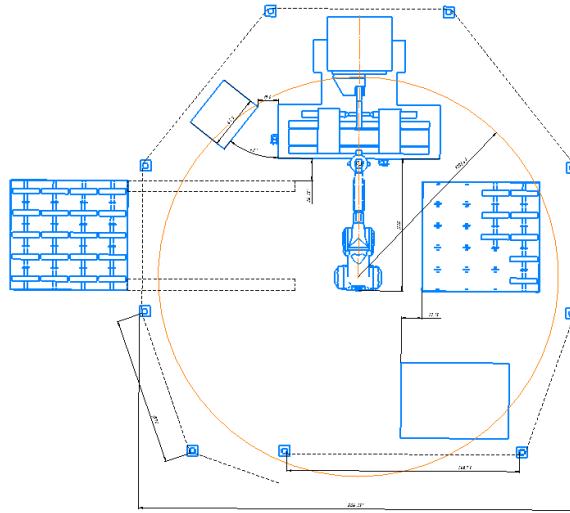


Рисунок 32 – Загрузка лотка

Доступ до Програмного керування проходить через віконце у огорожі (див. рис 33)

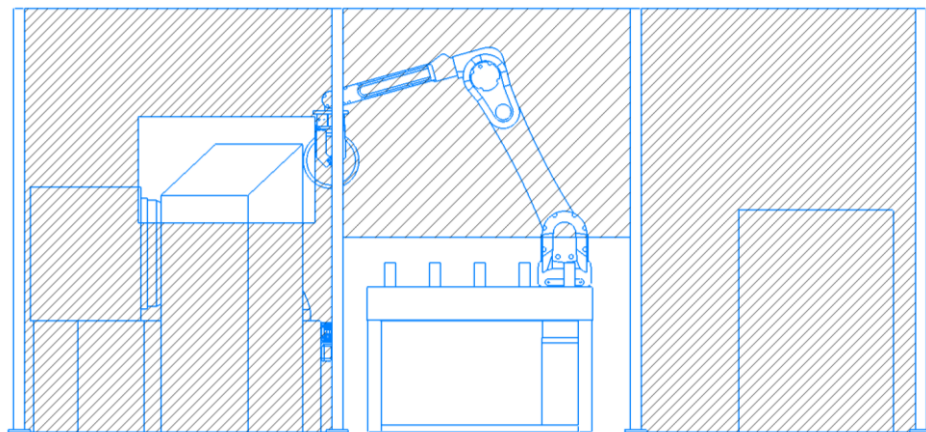


Рисунок 33– Вид ділянки збоку

6.6 Висновок

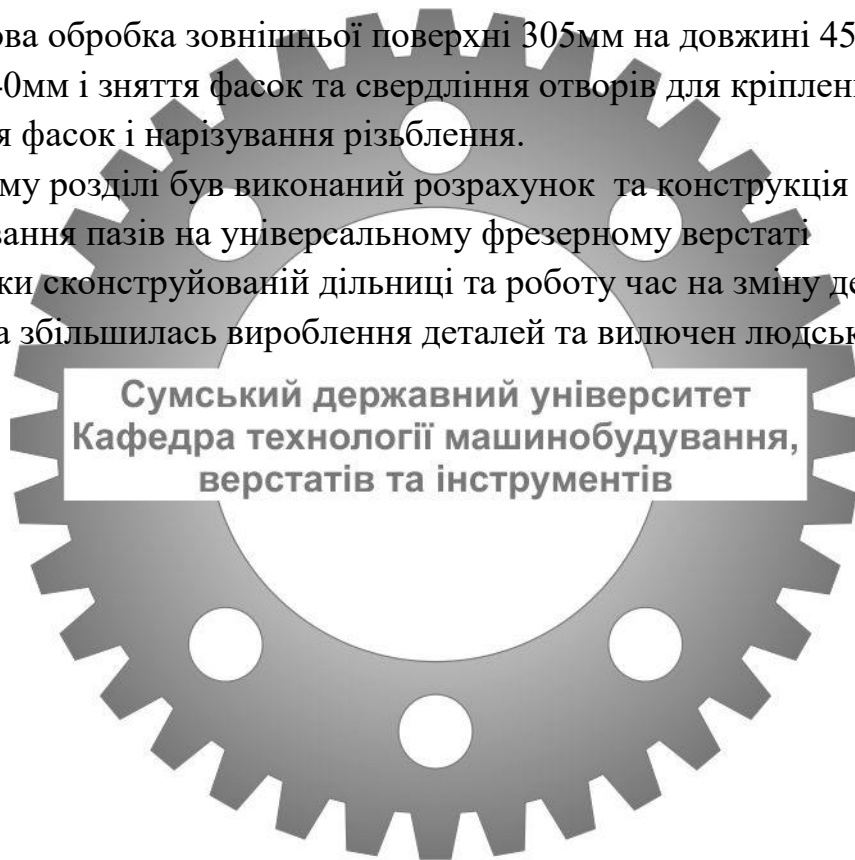
Завдяки сконструйованій ділянці та роботу час на зміну деталей зменшився та збільшилась вироблення деталей та вилучен людський фактор

ВИСНОВКИ

- 1) Зроблений аналіз сучасного шевінговального верстата з зубооздоблювальним шевінговальним верстатом 5715
- 2) Була розрахована схема приводу верстат зубошевінговального верстата 5715
- 3) У розділі було виконано кінематичний розрахунок коробки швидкостей верстата, вібрана структурна формула, розраховані вали, підібрані діаметри коліс, а також підібрані розміри шпонок.
- 4) Був розроблений тех. процес для деталі верстата черв'ячного колеса, а саме

Получистова обробка зовнішньої поверхні 305мм на довжині 45мм і отвір діаметром 240мм і зняття фасок та свердління отворів для кріплення під різьбу, зняття фасок і нарізування різьблення.

- 5) У цьому розділі був виконаний розрахунок та конструкція пристрою для фрезерування пазів на універсальному фрезерному верстаті
- 6) Завдяки сконструйованій дільниці та роботі час на зміну деталей зменшився та збільшилась вироблення деталей та вилючен людський фактор



ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи «Кінематичний розрахунок привода металорізальних верстатів» /Укладач М. М. Коротун. – Суми: Вид – во СумДУ, 2009. – 23 с.
2. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з теми «Проектування та розрахунки привода верстатів» / укладачі: М. М. Коротун, О. В. Івченко. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 35 с.
3. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пособие для учащихся машиностроительных специальностей техникумов / С. А. Чернавский, К. Н. Боков, И. М. Чернин и др.— 2-е изд., перераб. и доп. – М.: машиностроение, 1988. — 416 с.: ил.
4. Методические рекомендации по выполнению курсового проекта «ПМ 01 Разработка технологических процессов изготовления деталей машин» / Составитель Алябьева Н. В. – Самара, 2018 г. – 27 с.
5. Онлайн-розрахунки по сопромату [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://sopromatu.net/calculations/>
6. Яковсон М.О. - Технология станкостроения. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1966. – 476 с. – Для инженерно-технических работников станкостроительной промышленности, работников проектных и исследовательских организаций и студентов вузов.
7. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков – Л.: Машиностроение, 1975 – 656 с.
8. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учебное пособие для учащихся техникумов. - М.: Высш. Школа, 1980. – 240 с.
9. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.
10. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. - М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.

11. Кузнецов Ю.И. Технологическая оснастка для станков с ЧПУ и промышленных роботов: Учеб. пособие для машиностроительных техникумов – М.: Машиностроение, 1987 – 112 с.
12. Кузнецов Ю.И. Конструкции приспособлений для станков с ЧПУ: Учеб. пособие для СПТУ – М.: Высш.шк., 1988 – 303 с.
13. ГОСТ 31-1001-01-88 Приспособления станочные для станков с ЧПУ, ГПМ, ГПС. Основные параметры.
14. Режимы резания металлов. Справочник / Под ред. Ю.В. Барановского М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.
15. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: в 3-х т. Т. 1 – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.
16. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т., Т.2 – Под ред. Б.Н.Вардашкина, В.В.Данилевского – М.: Машиностроение, 1984 – 656 с.
17. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка”/Укладач П.В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – Ч.1. – 52с.
18. Навчальні матеріали онлайн. БЖД , охорона праці https://pidruchniki.com/1707032638294/bzhd/normuyannya_vimiryuvannya_shumu

ДОДАТОК А

А. 1 Загальні відомості про зубооздблювальний шевінговальний верстат 5715

Рух в верстаті. Рухом різання в шевінговальних верстатах є багаторазовим відносний рух ковзання зубів шевера і оброблюваного колеса, величина якого залежить як від швидкості обертання шевера, так і від кута між осями шевера і оброблюваного колеса. Рухами подач є прямолінійний зворотньо- поступальний рух столу із заготівлею уздовж її осі і періодичне радіальне переміщення стійки з шевером в поперечному напрямку. Рух обкатки - вільне обертання шевінгуємого колеса. Допоміжні рухи - ручний поворот головки шевера і ручне переміщення стійки.

Принцип роботи. Шевер закріплюється на шпинделя поворотної головки, шевінгуєме колесо на оправці в центрах бабок виробу. Поворотна головка шевера встановлюється так, щоб вісь шпинделя складала з віссю оправлення кут, рівний сумі алгебри кутів нахилу зубів шевера і оброблюваного колеса.

В процесі роботи Шевера повідомляється примусове обертання, а обробляється колесо, що знаходиться з ним у постійному зачепленні, отримує вільний обкатані обертання: при цьому внаслідок наявності бічного ковзання зубів відбувається зняття тонкої стружки з зубів заготовки.

Довжина ходу столу в поздовжньому напрямку повинна бути трохи більше ширини шевінгуємого колеса. Для забезпечення безперервності обробки в кінці кожного ходу стійці повідомляється радіальне переміщення. Після зняття всього припуску на обробку радіальна подача припиняється, а поздовжня подача стола триває ще протягом кількох проходів для остаточної зачистки і наочення бічних поверхонь зубів.

Конструктивні особливості. Верстат моделі 5715 на відміну від інших моделей є беськонсольніс, що підвищує точність і чистоту обробки бічних зубів шевінгуємих зубчасті коліс.

Радіальна періодична подача в верстаті моделі 5715 здійснюється переміщенням шевінгувальної бабки по горизонтальних напрямних станини, що має в плані форму літери Т.

Розворот шевінгувальної головки на потрібний кут проводиться відносно горизонтальної осі, розташованої перпендикулярно осі бабок виробу, що створює більш сприятливі умови налагодження і роботи верстата.

Шпиндель змонтований в корпусі поворотної головки шевінгувальної бабки на прецизійних радіально-наполегливих-підшипниках, які забезпечують високу точність обертання шевера.

Кінематика

Рух різання. Шевер отримує обертання від електродвигателя потужністю 2,2 кВт за кінематичного ланцюга: Кліноремінна передача 140-200, вал I, черв'ячна передача 5-22, вал II, шестерні 46-50, вал III, парнозмінні колеса А-В і шпиндель IV. Число оборотів шевера $n_{ш}$ визначається виразом

$$n_{ш} = 1440 \cdot \frac{140 \cdot 5 \cdot 46 \cdot A}{200 \cdot 22 \cdot 50 \cdot B} \text{ об/хв}$$

До верстата додається п'ять пар змінних коліс.

Підбір змінних коліс А і В проводиться в залежності від заданої швидкості різання v . При шевінгуванні, як відомо, швидкістю різання є швидкість відносного ковзання зубів шевера і оброблюваного колеса в полюсі зачеплення. Ця швидкість на підставі геометричних залежностей може бути визначена за формулою

$$v = \frac{D_{ш} n_{ш}}{1000} (\cos \beta_{ш} \operatorname{tg} \beta_{к} \pm \sin \beta_{ш}) \text{ м/хв}$$

де $D_{ш}$ - діаметр шевера в мм

$n_{ш}$ - число обертів шевера на хвилину

$\beta_{ш}$ - кут нахилу відповідно зубів шевера та оброблюваного колеса в град.

Знак плюс ставиться у формулі при однойменних напрямках гвинтових ліній зубів шевера і оброблюваного колеса, а знак мінус - при їх різнойменних напрямках.

Формула для змінних коліс А і В має вигляд:

$$\frac{A}{B} = \frac{1,5 v}{D_{ш}(\cos\beta_{ш} \operatorname{tg}\beta_{к} \pm \sin\beta_{ш})}$$

Рух обкатки. В даному випадку рухом обкатки є вільне обертання шевінгуємого колеса з числом оборотів n_k , яке залежить від чисельні зубів шевера $z_{ш}$ і колеса z_k і числа оборотів в хвилину шевера.

Рух обкатки. В даному випадку рухом обкатки є вільне обертання шевінгуємого колеса з числом оборотів, яке залежить від чисельні зубів шевера і колеса і числа оборотів в хвилину шевера.

Привід подач. Поздовжня подача стола здійснюється від реверсивного електродвигуна потужністю 0,85 квт через черв'ячну передачу I-50, вал VI, рівнозмініні колеса С-D, вал VII, шестерні 25-25 і ходового гвинта VIII з кроком 6 мм, гайка якого пов'язана зі столом. Реверсування поздовжньої подачі та налаштування величини ходу стола проводиться переставними упорами, укріпленими в поздовжньому пазу стола. Упори, впливаючи на електричний перемикач, змінюють напрямок обертання електродвигуна і відповідно напрямок руху стола. Швидкість поздовжньої подачі стола s залежить від числа зубів зміни коліс С-D визначається виразом

$$s = 950 \frac{1 C 25}{50 D 25} 6 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}$$

До верстата додається чотири пари змінних коліс С-Д. Однак зазвичай подовжню подачу стола прийнято обчислювати в мм за один оборот шевінгуємого колеса.

Вирішуючи спільно рівняння кінематичних ланцюгів руху різання, обкатки і поздовжньої хвилиною подачі, отримують

$$s_0 = \frac{1 C B \cdot z_k}{3,2 D A z_{ш}} \text{мм/об}$$

Розрахункова формула для підбору змінних коліс ланцюга продольної подачі для заданого значення s_0 набуде вигляду

$$\frac{C}{D} = 3,2s_0 \frac{A z_{ш}}{B z_k}$$

Периодическая радіальна подача шевера в кінці кожного ходу столу здійснюється двома кулачками, встановленими на градуйованому диску Д, і храповим механізмом. Диск Д отримує зворотно-обертальний рух від вала VII через черв'ячну передачу 1-30 і вал IX. Зміна напрямку обертання диска Д відбувається під час реверсування поздовжньої подачі стола.

Кут повороту φ диска залежить від довжини ходу столу L і визначається виразом:

$$\varphi = \frac{L \cdot 25 \cdot 1}{6 \cdot 25 \cdot 30} 360^\circ$$

Упори U_1 і U_2 встановлюються на диску Д під кутом α . Таким чином, в кінці кожного ходу столу один з кулачків, впливаючи на ролик Р важеля храпового механізму, повертає храпове колесо 150. Регулюванням храпового механізму можна змінювати поворот храпового колеса α під столу на величину від одного до чотирьох зубів.

Від храпового колеса обертання передається через вал X і циліндричні зубчасті колеса 18-30 горизонтальному ходовому гвинту XI з кроком 5 мм. Найменша величина радіальної подачі шевера за s_p хід столу становить

$$s_p = \frac{1 \cdot 18}{150 \cdot 30} 5 = 0,02 \text{ мм/хід}$$

Допоміжні руху. Розворот головки шевера проводиться за допомогою поворотного механізму. Установче переміщення стійки в радіальному напрямку досягається поворотом маховичка M_x через вал X, циліндричну передачу 18-30 і зодовий гвинт XI.

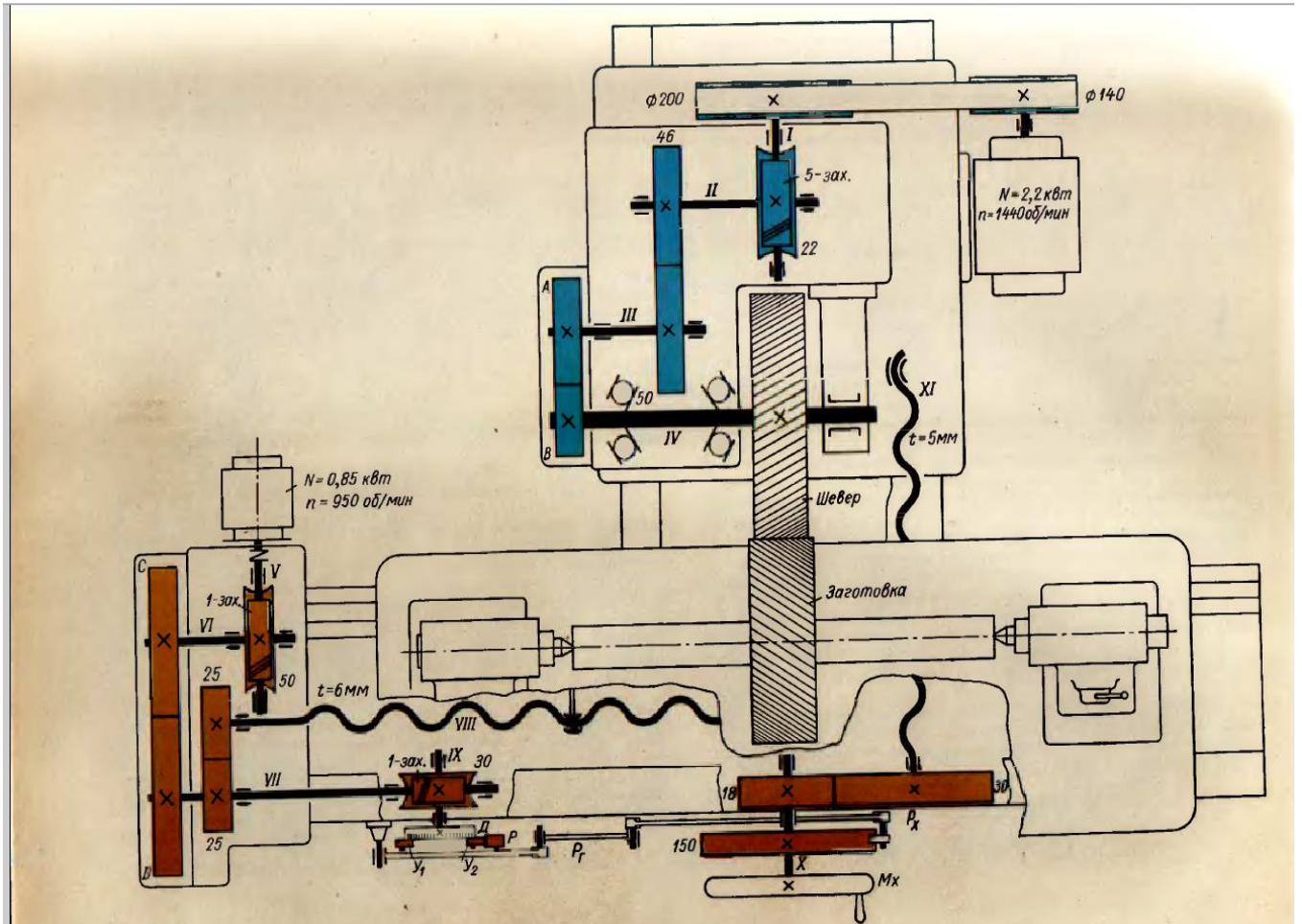


Рисунок 34 – Кінематична схема верстата 5715

Таблиця 6 – Технічні характеристики зубооздблювального шевінговального верстат 5715

Найменування параметру	5715
Найбільший модуль, мм	8
Діаметр оброблювального колеса найбільший, мм	450
Діаметр оброблювального колеса найменший, мм	150
Найбільша ширина оброблювального колеса, мм	120
Відстань між центрами бабок найбільша, мм	465
Відстань між центрами бабок найменша, мм	180
Діаметр шевера, мм	250
Найбільший кут повороту голівки, град	45
Число швидкостей обертання шпинделя	5

Межі чисел обертів шпинделя за хвилину, мм	118-294
Кількість величин поздовжніх подач стола	8
Кількість подвійних ходів стола за хвилину найбільших	250
Кількість подвійних ходів стола за хвилину найменших	50
Кількість величин радіальних подач	4
Величина радіальних подач на хід стола найбільша, мм	0,08
Величина радіальних подач на хід стола найменша, мм	0,02
Габаритні розміри верстата (довжина, висота), мм, не більше	1660x1500
Потужність головного електродвигуна в кВт	2,2
Маса напівавтомата, кг, не більше	2500



ДОДАТОК Б

Б. 1 Складання структурних формул у розгорненому вигляді

Таблиця 7 - Визначення характеристики групи.

Група	Позн ач. групи	Переключе ння	Характерист ика
Основна	О	P_1	$X_0 = 1$
1-ї множини	I	P_2	$X_1 = P_1$
2-ї множини	II	P_3	$X_2 = P_1 \cdot P_2$

Кількість структурних формул визначається залежністю: $K_{стф} = m!$, де m – кількість груп переключення. Для трьох груп переключення $m! = 1 \cdot 2 \cdot 3 = 6$, тобто розгорнутих структурних формул 2. Наведемо приклад складання структурних формул у розгорнутому вигляді для двох груп переключення. Спочатку у загальному вигляді:

Сумський державний університет
Кафедра технологій машинобудування,
версія 1.0

$$1) Z = P_1(X_1) P_2(X_2) P_3(X_3)$$

$$2) Z = P_1(X_1) P_2(X_2) P_3(X_3)$$

Після підстановки кількості переключень отримаємо такі значення

$$1) Z = 3 \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$2) Z = 3 \begin{pmatrix} 2 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} [1].$$

Б. 2 Аналіз структурних сіток

Навіть побіжне порівняння структурних сіток показує, що вони мають різний вигляд. Оптимальним вважається такий варіант, у якого відрізки, що визначають передатні відношення між валами, поступово розходяться від першого вала до четвертого. Серед представлених найкращий варіант перший, а найгірший- другий. Тому для подальшого графоаналітичного розрахунку зупиняємося на першому варіанті структурних сіток як оптимальному.

Графік частот обертання шпинделя є основним розрахунковим графічним елементом для кінематичного розрахунку привода верстата. Графік будують на основі оптимального варіанта структурної сітки. Тому для графіка виконують поле (або фон), де горизонтальні лінії означають вали, а вертикальні – частоти обертання.

Частоти обертання теж мають конкретні числові значення. Визначають їх, користуючись вихідними даними, тобто заданою, наприклад, мінімальною частотою обертання n_{\min} , знаменником геометричного ряду $\varphi=1$ та кількістю швидкісних ступенів Z . Так, наприклад, якщо $n_{\min} = 118 \text{ хв}^{-1}$, $\varphi = 1,26$, а $Z = 6$, то геометричний ряд частот має такі значення: $n_1 = 118$, $n_2 = 150$, $n_3 = 190$, $n_4 = 240$, $n_5 = 300$, $n_6 = 375 \text{ хв}^{-1}$. Частота обертання двигуна $n_d = 1440 \text{ хв}^{-1}$ [1].

Додаток

Б. 3 Визначити кількість зубців зубчастих коліс

Для визначення кількості зубців зубчастих коліс також існують правила. Перше правило полягає у тому, що сума зубів зубчастих коліс у двоваловій передачі залишається незмінною, тобто можна написати, що

$$\Sigma 1Z = Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4 = \text{const (між першим та другим валом)}$$

$$\Sigma 2Z = Z_5 + Z_6 = Z_7 + Z_8 = \text{const (між другим та третім валами)}$$

$$Z_1 = \frac{\Sigma Z}{1 + \varphi^1}, Z_2 = \Sigma Z - Z_1.$$

Для визначення реальних значень потрібно задати ΣZ . Приймаємо $\Sigma Z = 72$

$$\Sigma Z = 72$$

$$1 + \varphi^2 = 2,58 \text{ і } Z_1 = 27,90 \approx 28.$$

$$Z_2 = 72 - 28 = 44. \text{ Таким чином, } i_1 = 28/44.$$

$$1 + \varphi^1 = 2,26 \text{ і } Z_3 = 31,86 \approx 32.$$

$$Z_4 = 72 - 32 = 40. \text{ Таким чином, } i_2 = 32/40.$$

$$Z_5 = 36$$

$Z_4 = 36$. Таким чином, $i_3 = 36/36$.

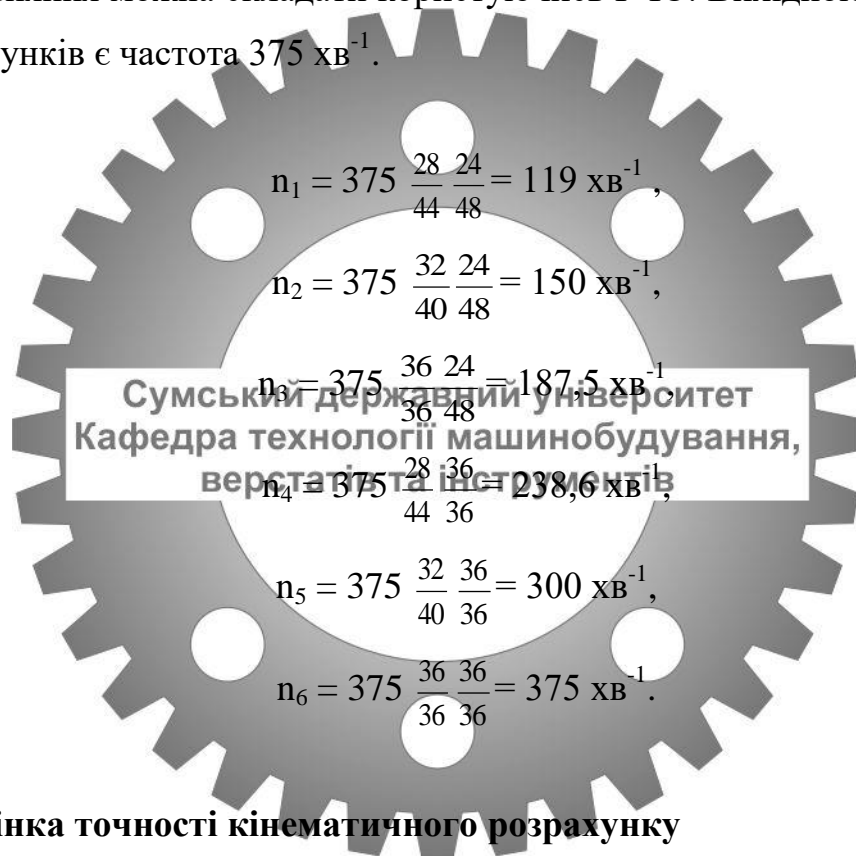
$1 + \varphi^3 = 3$ і $Z_7 = 24$.

$Z_8 = 72 - 24 = 48$. Таким чином, $i_5 = 24/48$.

Підрахування фактичних частот обертання шпинделя

Якщо прораховані усі передатні відношення привода, то можна визначити фактичні частоти обертання шпинделя шляхом складання відповідних рівнянь кінематичного балансу.

Такі рівняння можна складати користуючись ГЧО. Вихідною точкою для таких розрахунків є частота 375 хв^{-1} .



Б. 4 Оцінка точності кінематичного розрахунку

Із прикладу з визначенням кількості зубів зубчастих передач (наприклад $Z_1 = 27,9 \approx 28$) та підрахунків фактичних частот обертання шпинделя очевидно, що із – за округлень фактичні частоти відрізняються від стандартизованих. Вважається, що кінематичний розрахунок привода верстата виконаний добре, якщо фактичні частоти обертання відрізняються від стандартизованих не більше ніж $\mp 10(\varphi - 1)\% = [\Delta]$. Для $\varphi = 1,26$ $[\Delta] = \mp 2,6\%$.

Для визначення ступеня невідповідності фактичних частот обертання стандартизованим користуються формулою

$$\Delta = \pm \frac{n_{\phi} - n_{ст}}{n_{ст}} 100\% ,$$

де n_{ϕ} , $n_{ст}$ – відповідно фактичні та стандартизовані частоти обертання шпинделя.

Перевіримо відповідність останньої (найбільшої) частоти обертання шпинделя:

$$\Delta_1 = \frac{119 - 118}{118} 100\% = +0,84\%$$

$$\Delta_2 = \frac{150 - 150}{150} 100\% = +0\%$$

$$\Delta_3 = \frac{187.5 - 190}{190} 100\% = +1,31\%$$

$$\Delta_4 = \frac{238.6 - 240}{240} 100\% = 0,58\%$$

$$\Delta_5 = \frac{300 - 300}{300} 100\% = 0\%$$

$$\Delta_6 = \frac{375 - 375}{375} 100\% = 0\%$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Похибка у межах допуску $[\Delta] = \mp 2,6\% [1]$.

Б. 5 Виконання розрахунку пасової передачі

Для кінематичного розрахунку пасової передачі потрібно підрахувати передатне відношення між двигуном та точкою n_0 , яка відповідає 375 хв^{-1} , тоді $i_{пас} = n_0 / n_{дв} = 375 / 1440 = 3,86$. Для вхідного валу вибираємо шків стандартного розміру $\phi 100$ мм. Діаметр шків на валу двигуна шків $\phi 380$ мм [1].

ДОДАТОК В

В. 1 Розрахунок навантаження для проектованого привода верстата

Під час розрахунку коробок швидкостей вводять та використовують не номінальні, а розрахункові навантаження [4; 5]:

$$T_{pi} = T_j \cdot K,$$

$$F_p = F_t \cdot K,$$

де T_{pi} – розрахунковий крутний момент на i – му валу, Н·мм;
 T_j – момент на попередньому валу, Н·мм;
 F_t – колова сила, що прикладена до вала, Н
 K – коефіцієнт навантаження, $K = 1,2$.

Крутний момент розраховують за такою формулою:

$$T = \frac{P}{\omega},$$

де ω – кутова швидкість.

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 375}{30} = 39,25 \text{ рад/с}$$

Виконання розрахунку

P – потужність двигуна. Наприклад, для $P = 2,2 \text{ кВт}$

Потужність навалі двигуна.

$$T = \frac{2,2 \cdot 10^3}{39,25} = 56,05 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

Крутний момент за умови навантаження: (з урахуванням коефіцієнта навантаження)

$$T_{pI} = 56,05 \cdot 10^3 \cdot 1,2 = 67,26 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм},$$

$$T_{pII} = 88,08 \cdot 10^3 \cdot 1,2 = 105,7 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$T_{pIII} = 176,16 \cdot 10^3 \cdot 1,2 = 211,4 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Колову (тангенціальну) силу для розрахунку вала визначимо за формулою:

$$F_{ti} = \frac{2 \cdot T_{pi}}{d_{zi}}$$

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot T_{pI}}{d_{z1}} = \frac{2 \cdot 67.26 \cdot 10^3}{84} = 1601 \text{ Н};$$

$$F_{t2} = \frac{2 \cdot T_{pII}}{d_{z2}} = \frac{2 \cdot 105.7 \cdot 10^3}{132} = 1601 \text{ Н};$$

$$F_{t3} = \frac{2 \cdot T_{pI}}{d_{z3}} = \frac{2 \cdot 67.26 \cdot 10^3}{102} = 1401 \text{ Н};$$

$$F_{t4} = \frac{2 \cdot T_{pII}}{d_{z4}} = \frac{2 \cdot 105.7 \cdot 10^3}{120} = 1761 \text{ Н};$$

$$F_{t5} = \frac{2 \cdot T_{pI}}{d_{z5}} = \frac{2 \cdot 67.26 \cdot 10^3}{108} = 1245 \text{ Н};$$

$$F_{t6} = \frac{2 \cdot T_{pII}}{d_{z6}} = \frac{2 \cdot 105.7 \cdot 10^3}{108} = 1957 \text{ Н};$$

$$F_{t7} = \frac{2 \cdot T_{pII}}{d_{z7}} = \frac{2 \cdot 105.7 \cdot 10^3}{72} = 2936 \text{ Н};$$

$$F_{t8} = \frac{2 \cdot T_{pIII}}{d_{z8}} = \frac{2 \cdot 211.4 \cdot 10^3}{144} = 2936 \text{ Н};$$

$$F_{t9} = \frac{2 \cdot T_{pII}}{d_{z9}} = \frac{2 \cdot 105.7 \cdot 10^3}{108} = 1957 \text{ Н};$$

$$F_{t10} = \frac{2 \cdot T_{pIII}}{d_{z10}} = \frac{2 \cdot 211.4 \cdot 10^3}{108} = 3914 \text{ Н};$$

Ділильні діаметри зубчастих коліс:

$$d_{zi} = m \cdot z_i$$

$$d_{z1} = m \cdot z_1 = 3 \cdot 28 = 84 \text{ мм};$$

$$d_{z2} = m \cdot z_2 = 3 \cdot 44 = 132 \text{ мм};$$

$$d_{z3} = m \cdot z_3 = 3 \cdot 32 = 96 \text{ мм};$$

$$d_{z4} = m \cdot z_4 = 3 \cdot 40 = 120 \text{ мм};$$

$$d_{z5} = m \cdot z_5 = 3 \cdot 36 = 108 \text{ мм};$$

$$d_{z6} = m \cdot z_6 = 3 \cdot 36 = 108 \text{ мм};$$

$$d_{z7} = m \cdot z_7 = 3 \cdot 24 = 72 \text{ мм};$$

$$d_{z8} = m \cdot z_8 = 3 \cdot 48 = 144 \text{ мм};$$

$$d_{z9} = m \cdot z_9 = 3 \cdot 36 = 108 \text{ мм}.$$

$$d_{z10} = m \cdot z_{10} = 3 \cdot 36 = 108 \text{ мм}.$$

Розрахункові навантаження остаточно дорівнюють:

$$F_{tpi} = F_{ti} \cdot K$$

$$F_{tp1} = F_{t1} \cdot K = 1601 \cdot 1,2 = 1921 \text{ Н};$$

$$F_{tp2} = F_{t2} \cdot K = 1601 \cdot 1,2 = 1921 \text{ Н};$$

$$F_{tp3} = F_{t3} \cdot K = 1401 \cdot 1,2 = 1681 \text{ Н};$$

$$F_{tp4} = F_{t4} \cdot K = 1761 \cdot 1,2 = 2113 \text{ Н};$$

$$F_{tp5} = F_{t5} \cdot K = 1245 \cdot 1,2 = 1494 \text{ Н};$$

$$F_{tp6} = F_{t6} \cdot K = 1957 \cdot 1,2 = 2348 \text{ Н};$$

$$F_{tp7} = F_{t7} \cdot K = 2936 \cdot 1,2 = 3523 \text{ Н};$$

$$F_{tp8} = F_{t8} \cdot K = 2936 \cdot 1,2 = 3523 \text{ Н};$$

$$F_{tp9} = F_{t9} \cdot K = 1957 \cdot 1,2 = 2348 \text{ Н};$$

$$F_{tp10} = F_{t10} \cdot K = 3914 \cdot 1,2 = 4696 \text{ Н};$$



В. 2 Геометричний розрахунок валів та зубчастих коліс

Розрахунок проводимо в два етапи:

- попередній (геометричний) розрахунок;
- уточнюючий (силовий) розрахунок.

При попередньому розрахунку визначають орієнтовний діаметр вала та уточнюють його конструкцію. Діаметр вихідного кінця вала при допустимому напруженні визначають за формулою:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{T_{pI}}{0,2 \cdot [\tau]}} \quad [\tau] = 20 \text{ МПа}$$

Тоді діаметр вихідного кінця першого вала :

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{67,26 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} \approx 25,6 \text{ мм.}$$

Беремо діаметр вала під підшипники $d_1 = 30 \text{ мм.}$

Діаметр другого вала при допустимому напруженні визначають за формулою:

$$d_{II} = \sqrt[3]{\frac{105.7 \cdot 10^3}{0.2 \cdot 20}} \approx 29.7 \text{ мм}$$

Беремо діаметр вала під підшипники $d_{II} = 30 \text{ мм}$.

Діаметр третього вала при допустимому напруженні визначають за формулою:

$$d_{III} = \sqrt[3]{\frac{211.4 \cdot 10^3}{0.2 \cdot 20}} \approx 37.5 \text{ мм}$$

Беремо діаметр вала під підшипники $d_{III} = 40 \text{ мм}$

Вибираємо для шпонкового з'єднання вала із зубчастим колесом призматичну шпонку із закругленими торцями. Матеріал шпонки – сталь 45 нормалізована. Розрахункове допустиме напруження змигання $[\sigma_{зм}] = 100 \text{ МПа}$ для такого шпонкового з'єднання вибираємо за рекомендаціями.

Для першого вала під зубчастим колесом з діаметром $d = 30 \text{ мм}$ вибираємо за ГОСТ 23360–78 розміри шпонки $b \times h$ (ширину $b = 8 \text{ мм}$, висоту $h = 7 \text{ мм}$) і глибину паза на валу $t_1 = 5,0 \text{ мм}$.

Довжина шпонки згідно ГОСТ 23360–78 обираємо довжину $l = 45 \text{ мм}$.

Для другого вала під зубчастим колесом з діаметром $d = 30 \text{ мм}$ вибираємо за ГОСТ 23360–78 розміри шпонки $b \times h$ (ширину $b = 8 \text{ мм}$, висоту $h = 7 \text{ мм}$) і глибину паза на валу $t_1 = 5,0 \text{ мм}$.

Довжина шпонки згідно ГОСТ 23360–78 обираємо довжину $l = 25 \text{ мм}$.

Для третього вала під зубчастим колесом з діаметром $d = 30 \text{ мм}$ вибираємо за ГОСТ 23360–78 розміри шпонки $b \times h$ (ширину $b = 10 \text{ мм}$, висоту $h = 8 \text{ мм}$) і глибину паза на валу $t_1 = 5,0 \text{ мм}$.

Довжина шпонки згідно ГОСТ 23360–78 обираємо довжину $l = 45 \text{ мм}$.

За наявності таких розрахунків можна починати конструювання коробки швидкостей. Деякі параметри (наприклад, ширина зубчастих коліс) можна

взяти із базової моделі верстата (хоч є рекомендації до співвідношення для ширини коліс через модуль $b = (5-10) m = (5-10) \cdot 3 = 15-30$ обираємо $b=30$ [3].

В. 3 Геометричний розрахунок зубчастих коліс

Основні розміри шестерні і колеса. Ділильні діаметри визначають як $m \cdot Z$.

Z – з кінематичного розрахунку. Зовнішні діаметри уточнити за формулою:

$$d_{a1} = d_{w1} + 2 \cdot m [2].$$

$$d_{a1} = d_{w1} + 2 \cdot m = 84 + 2 \cdot 3 = 90 \text{ мм}$$

$$d_{a2} = d_{w2} + 2 \cdot m = 132 + 2 \cdot 3 = 138 \text{ мм}$$

$$d_{a3} = d_{w3} + 2 \cdot m = 96 + 2 \cdot 3 = 102 \text{ мм}$$

$$d_{a4} = d_{w4} + 2 \cdot m = 120 + 2 \cdot 3 = 126 \text{ мм}$$

$$d_{a5} = d_{w5} + 2 \cdot m = 108 + 2 \cdot 3 = 114 \text{ мм}$$

$$d_{a6} = d_{w6} + 2 \cdot m = 108 + 2 \cdot 3 = 114 \text{ мм}$$

$$d_{a7} = d_{w7} + 2 \cdot m = 72 + 2 \cdot 3 = 78 \text{ мм}$$

$$d_{a8} = d_{w8} + 2 \cdot m = 144 + 2 \cdot 3 = 156 \text{ мм}$$

$$d_{a9} = d_{w9} + 2 \cdot m = 108 + 2 \cdot 3 = 114 \text{ мм}$$

$$d_{a10} = d_{w10} + 2 \cdot m = 108 + 2 \cdot 3 = 114 \text{ мм}$$

а внутрішні – за формулою:

$$d_{f1} = d_{w1} - 2,5 \cdot m [2].$$

$$d_{f1} = d_{w1} - 2,5 \cdot m = 84 - 2,5 \cdot 3 = 76,5 \text{ мм}$$

$$d_{f2} = d_{w2} - 2,5 \cdot m = 132 - 2,5 \cdot 3 = 124,5 \text{ мм}$$

$$d_{f3} = d_{w3} - 2,5 \cdot m = 96 - 2,5 \cdot 3 = 88,5 \text{ мм}$$

$$d_{f4} = d_{w4} - 2,5 \cdot m = 120 - 2,5 \cdot 3 = 112,5 \text{ мм}$$

$$d_{f5} = d_{w5} - 2,5 \cdot m = 108 - 2,5 \cdot 3 = 100,5 \text{ мм}$$

$$d_{f6} = d_{w6} - 2,5 \cdot m = 108 - 2,5 \cdot 3 = 100,5 \text{ мм}$$

$$d_{f7} = d_{w7} - 2,5 \cdot m = 72 - 2,5 \cdot 3 = 64,5 \text{ мм}$$

$$d_{f8} = d_{w8} - 2,5 \cdot m = 144 - 2,5 \cdot 3 = 136,5 \text{ мм}$$

$$d_{f9} = d_{w9} - 2,5 \cdot m = 108 - 2,5 \cdot 3 = 100,5 \text{ мм}$$

$$d_{f10} = d_{w10} - 2,5 \cdot m = 108 - 2,5 \cdot 3 = 100,5 \text{ мм}$$

В. 4 Уточнюючий розрахунок валів та зубчастих коліс

Умова міцності вала визначається за формулою:

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} \geq [S],$$

де $[S]$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності; значення $[S]$ знаходиться у межах 1,3–1,5; можна взяти $[S] = 1,4$;

S_σ – коефіцієнт запасу міцності за нормальними напруженнями;
 S_τ – коефіцієнт запасу міцності за дотичними напруженнями;
 S – загальний (розрахунковий) коефіцієнт запасу міцності. Його й потрібно визначити.

Складова попередньої формули – коефіцієнт запасу міцності за нормальним напруженням S_σ – визначається за формулою

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{(K_\sigma / \varepsilon_\sigma) \cdot \sigma_a + \psi_\sigma \cdot \sigma_m};$$

де σ_{-1} – межа витримки при симетричному циклі;

K_σ – коефіцієнт, для вала $K_\sigma = 1,65$;

$\varepsilon_\sigma = 0,92$ – масштабний фактор;

$\psi_\sigma = 0,15$ – коефіцієнт;

σ_m – середнє напруження, $\sigma_m = 0$;

σ_v – амплітуда нормальних напружень на згинання.

В останній формулі невизначеними є:

σ_{-1} – межа витримки при симетричному циклі;

σ_v – амплітуда нормальних напружень на згинання.

Для визначення σ_{-1} потрібно знати σ_B ,

σ_B для сталі 45 дорівнює 780 МПа з [4], тоді

$$\sigma_{-1} \approx 0,43\sigma_B = 0,43 \cdot 780 = 335 \text{ МПа};$$

σ_V – амплітуда нормальних напружень на згинання – визначається формулою до якої надходить сумарний момент M_{Σ} на згинання та параметр $W_{нетто}$.

В. 5 Уточнюючий розрахунок валів та зубчастих коліс

Розрахунок зроблений за допомогою сайту [4].

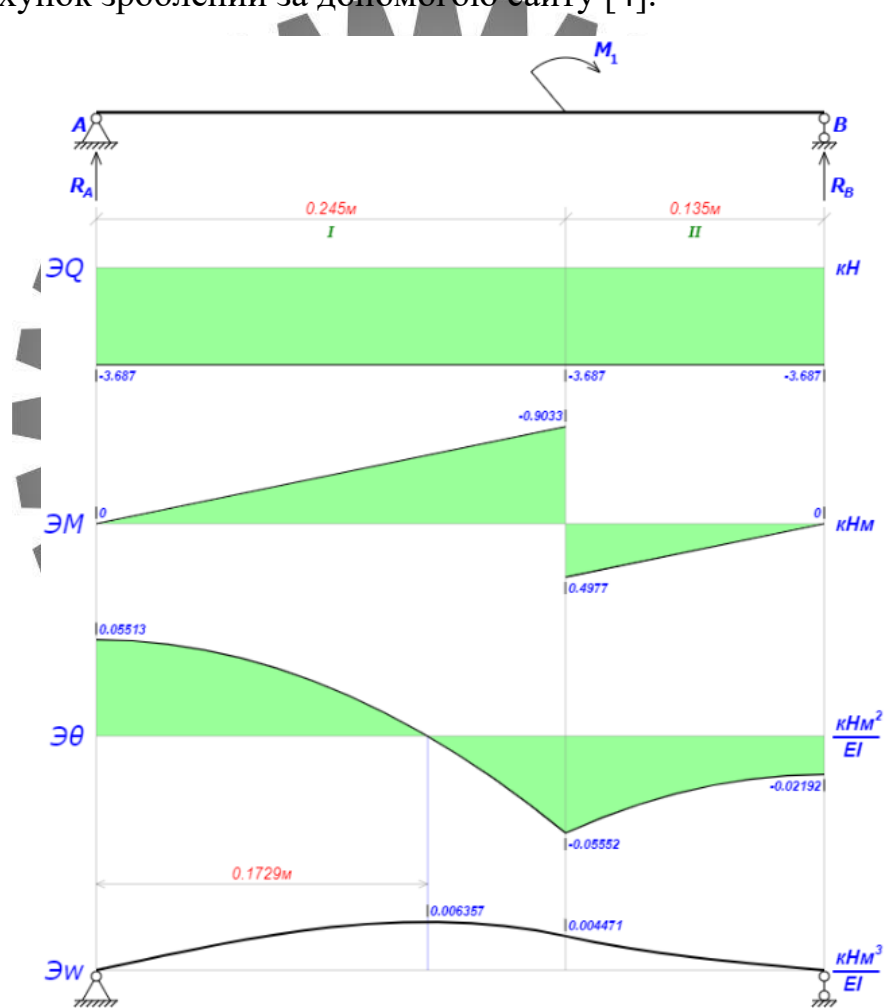


Рисунок 35 – Розрахунок першого валу [4]

Сумма моментов всех сил относительно точки В должна равняться нулю:

$$\begin{aligned} \sum M^B &= -R_A L + \sum q_i (b_i - a_i)(2L - a_i - b_i)/2 + \sum F_i (L - c_i) - \sum M_i = \\ &= -R_A L - M_1 = -R_A \cdot 0.38 - 1.401 = \\ &= -R_A \cdot 0.38 - 1.401 = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow R_A = -1.401/0.38 = -3.68684 \text{ кН}; \end{aligned}$$

Сумма моментов всех сил относительно точки А должна равняться нулю:

$$\begin{aligned} \sum M^A &= R_B L - \sum q_i (b_i - a_i)(a_i + b_i)/2 - \sum F_i c_i - \sum M_i = \\ &= R_B L - M_1 = R_B \cdot 0.38 - 1.401 = \\ &= R_B \cdot 0.38 - 1.401 = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow R_B = 1.401/0.38 = 3.68684 \text{ кН}; \end{aligned}$$

Для проверки вычислим сумму проекций всех сил на вертикальную ось:

$$\begin{aligned} \sum Y &= R_A + R_B - \sum q_i (b_i - a_i) - \sum F_i = \\ &= R_A + R_B = \\ &= -3.68684 + 3.68684 = 0; \end{aligned}$$

Рисунок 36 – Формулы по розраунку першого валу [4].

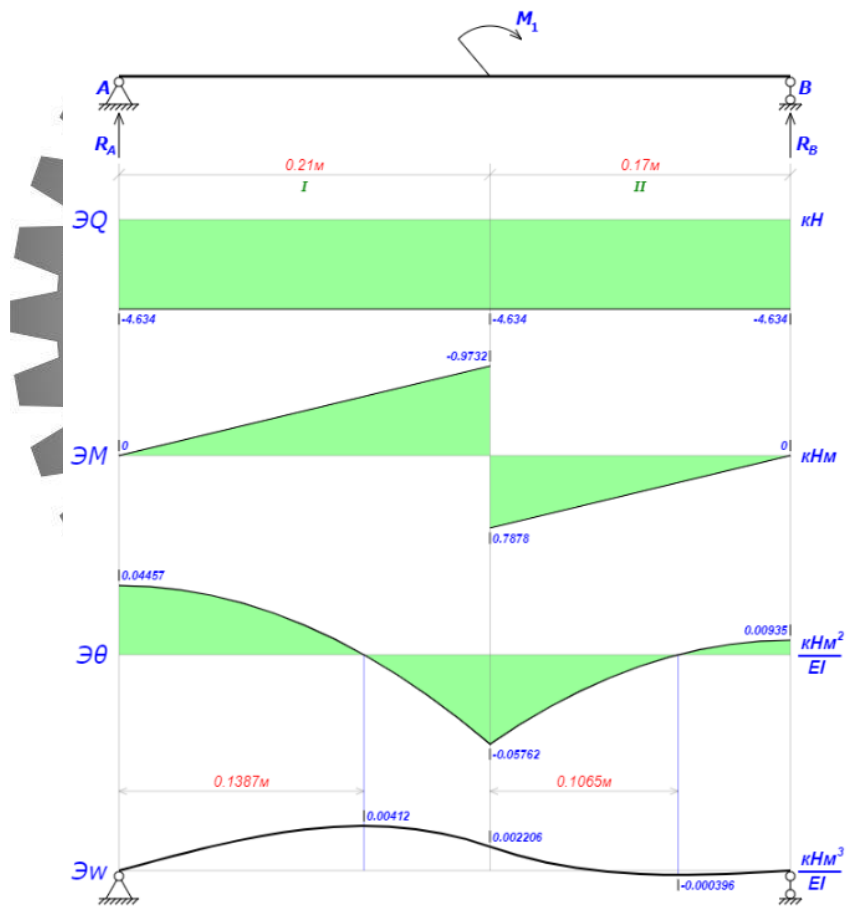


Рисунок 37 – Розрахунок другого валу [4]

Сумма моментов всех сил относительно точки В должна равняться нулю:

$$\begin{aligned} \sum M^B &= -R_A L + \sum q_i (b_i - a_i)(2L - a_i - b_i)/2 + \sum F_i (L - c_i) - \sum M_i = \\ &= -R_A L - M_1 = -R_A \cdot 0.38 - 1.761 = \\ &= -R_A \cdot 0.38 - 1.761 = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow R_A = -1.761/0.38 = -4.63421 \text{ кН}; \end{aligned}$$

Сумма моментов всех сил относительно точки А должна равняться нулю:

$$\begin{aligned} \sum M^A &= R_B L - \sum q_i (b_i - a_i)(a_i + b_i)/2 - \sum F_i c_i - \sum M_i = \\ &= R_B L - M_1 = R_B \cdot 0.38 - 1.761 = \\ &= R_B \cdot 0.38 - 1.761 = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow R_B = 1.761/0.38 = 4.63421 \text{ кН}; \end{aligned}$$

Для проверки вычислим сумму проекций всех сил на вертикальную ось:

$$\begin{aligned} \sum Y &= R_A + R_B - \sum q_i (b_i - a_i) - \sum F_i = \\ &= R_A + R_B = \\ &= -4.63421 + 4.63421 = 0; \end{aligned}$$

Рисунок 38 – Формулы по розрахунку другого валу [4].

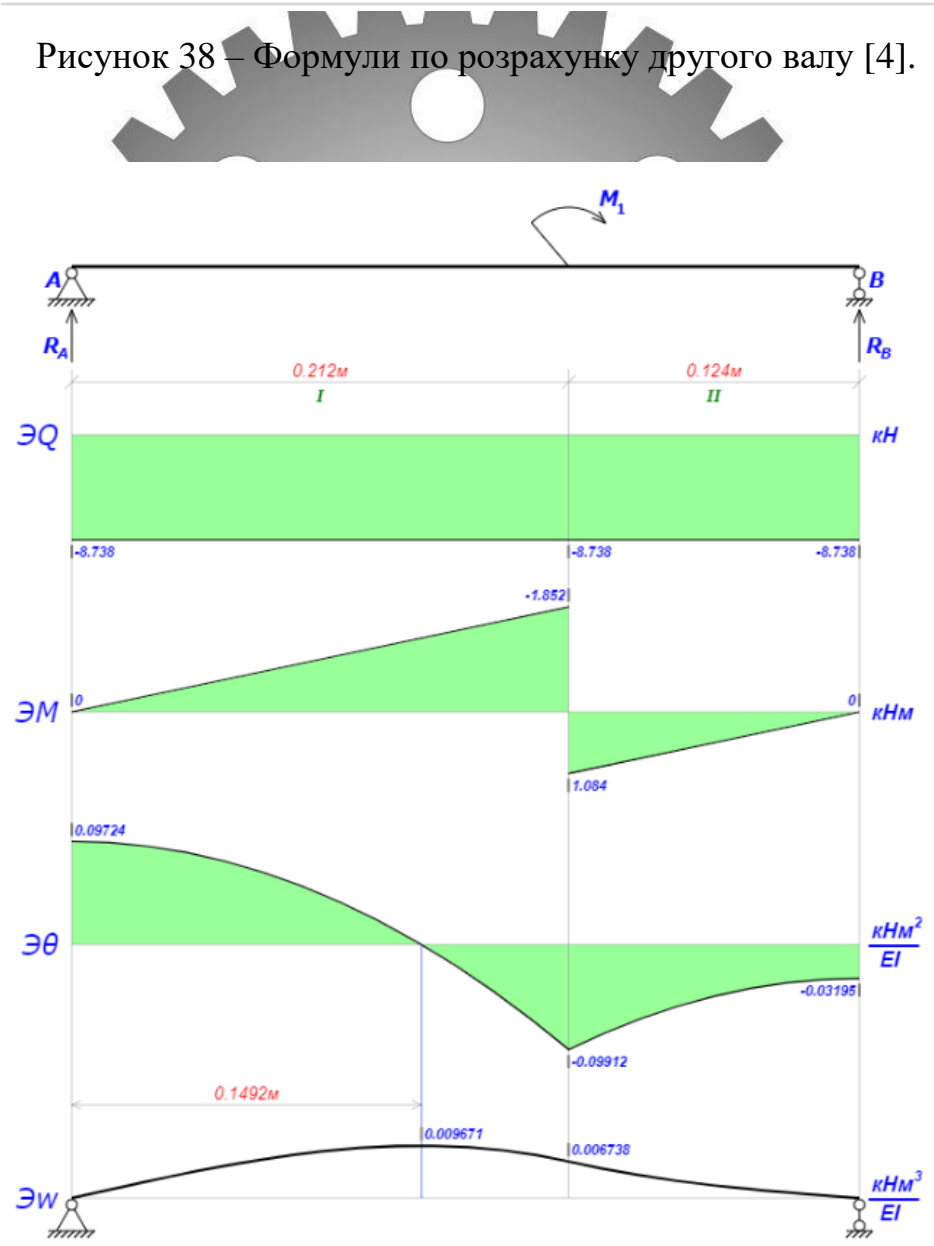


Рисунок 39 – Розрахунок третього валу [4]

Сумма моментов всех сил относительно точки В должна равняться нулю:

$$\begin{aligned} \sum M^B &= -R_A L + \sum q_i(b_i - a_i)(2L - a_i - b_i)/2 + \sum F_i(L - c_i) - \sum M_i = \\ &= -R_A L - M_1 = -R_A \cdot 0.336 - 2.936 = \\ &= -R_A \cdot 0.336 - 2.936 = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow R_A = -2.936/0.336 = -8.7381 \text{ кН}; \end{aligned}$$

Сумма моментов всех сил относительно точки А должна равняться нулю:

$$\begin{aligned} \sum M^A &= R_B L - \sum q_i(b_i - a_i)(a_i + b_i)/2 - \sum F_i c_i - \sum M_i = \\ &= R_B L - M_1 = R_B \cdot 0.336 - 2.936 = \\ &= R_B \cdot 0.336 - 2.936 = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow R_B = 2.936/0.336 = 8.7381 \text{ кН}; \end{aligned}$$

Для проверки вычислим сумму проекций всех сил на вертикальную ось:

$$\begin{aligned} \sum Y &= R_A + R_B - \sum q_i(b_i - a_i) - \sum F_i = \\ &= R_A + R_B = \\ &= -8.7381 + 8.7381 = 0; \end{aligned}$$

Рисунок 40 – Формулы по розрахунку третього валу [4].



ДОДАТОК Г

Г. 1 Опис черв'ячного колеса

Технологічними базами черв'ячних коліс є отвори і торці. Точність обробки базового отвори залежить від ступеня точності черв'ячного колеса. Так для виготовлення черв'ячних коліс 7-го ступеня точності базове (центральне) отвір виготовляється з полем допуску H7 або H8 (по 7-му або 8-му квалітетами). Шорсткість поверхні $R_a = 0,8-0,4$ мкм. Посадочні шийки черв'яка виконують з полем допуску k6, h6 і шорсткістю поверхні $R_a = 0,4-0,2$ мкм. Решта розміри черв'ячних передач задаються по h8-h12 і шорсткістю поверхні $R_a = 25-12,5$ мкм. Допуск торцевого биття ступиці щодо осі отвору не більше 0,03 мм.

Як заготовок черв'ячних коліс використовують виливки і прокат. При багатосерійному виробництві застосовують більш точні методи отримання виливків - лиття під тиском, лиття в кокіль, виливки по виплавлюваних моделях. Литтям отримують зазвичай також бронзові вінці черв'ячних коліс.

Черв'ячні колеса зазвичай виготовляється збірним з двох деталей: вінця і маточини; тільки в передачах малих розмірів зустрічаються черв'ячні колеса, виконані у вигляді однієї деталі. Така конструкторська конструкція коліс пояснюється тим, що в черв'ячних передачах має місце ковзання поверхонь витків черв'яка і зубів колеса з високими швидкостями, внаслідок чого в якості матеріалу для черв'ячного колеса використовується антифрикційний чавун або бронза, що володіють невисокими коефіцієнтами тертя.

ДОДАТОК Д

Д. 1 Розрахунок сил закріплення заготовки у верстатному пристрої

Режими різання для фрезерування кінцевою фрезою шпонкового пазу на циліндричній поверхні $\varnothing 30$ розраховуємо по довіднику [14].

Вихідні данні для розрахунку:

- а) матеріал деталі – сталь 40Х, твердість поверхні НВ 217
- б) інструмент – кінцева фреза. Діаметр $\varnothing 8$ мм, кількість зубців $Z=4$, матеріал – швидкоріжуча сталь Р6М5

в) глибина фрезерування $t=4$ мм (глибина шпонкового пазу)

Виконуємо розрахунок.

1) Розрахунок подачі [14].

Подача на 1 зуб фрези $S_z = 0,01$ мм/зуб при $D_{фр}=8$ мм і $t=4$ мм

Обертальна подача $S_o = S_z \cdot Z = 0,01 \cdot 4 = 0,04$ мм/об

2) Швидкість різання V [14].

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

Приймаємо найближчу меншу швидкість обертання шпинделю з паспорту верстата 6Р12. Вона має значення: $n = 315$ об/хв.

Перераховуємо швидкість різання по прийнятій частоті обертання.

$$V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = \pi \cdot 8 \cdot 315 / 1000 = 7.91 \text{ м/хв.}$$

3) Потужність різання [14]

$$N_{різ} = E \cdot V \cdot b_{max} \cdot Z \cdot K_1 / 1000$$

У цій формулі: $E = 0,5$ при $D / t \leq 2$ ($D/t = 8/4 = 2$) і $S_z=0,01$,

$b_{max} = D_{фр} = 8$ мм, $K_1 = 1,0$ при обробці сталі з НВ 170-229 фрезою з швидкоріжучої сталі. Тоді $N_{різ} = 0,5 \cdot 7.91 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 1,0 / 1000 = 0,12$ кВт

4) Момент крутіння $M_{кр}$ і колова сила різання P_z

$$M_{кр} = 9550 \cdot N_{різ} / n = 9550 \cdot 0,12 / 315 = 3,6 \text{ Нм}$$

$$P_z = 2000 \cdot M_{кр} / D_{фр} = 2000 \cdot 3,6 / 8 = 900 \text{ Н}$$

$$\text{Зусилля позовжньої подачі } P_x = 0,6 \cdot P_z = 0,6 \cdot 900 = 540 \text{ Н}$$

Таким чином режими

різання розраховані і використовуємо їх значення при подальшому розрахунку пристрою.

Д. 2 Розрахунок сил затиску з урахуванням сил, діючих у пристрої

При виконанні фрезерування шпонкового пазу кінцевою фрезою на заготовку діють 2 сили: сила різання P_z і сила подачі P_x . При цьому сила P_z прикладена на діаметрі фрези, який дорівнює 8 мм, і її напрям змінюється. Розглядаємо варіант, коли сила P_z діє перпендикулярно осі обертання заготовки і може прокручувати заготовку навколо її осі обертання. Сила P_x діє паралельно осі заготовки, але заготовка спирається на упор, який утримує її в цьому напрямі. Нерухомість заготовки буде забезпечуватись силами тертя між заготовкою і базовими поверхнями призм, які повинні надаватись зусиллям затиску.

Розрахункова схема наведена на рис. 21, де показані усі діючі у пристрої сили при фрезеруванні шпонкового пазу.

Вихідні дані: $P_z = 0,900 \text{ кН}$ - сила різання, $P_x = 0,6 \cdot P_z = 0,540 \text{ кН}$ - сила подачі, $L = 140 \text{ мм}$ - відстань між опорами важеля затиску, $l = 60 \text{ мм}$ - відстань від точки прикладення сили затиску до осі гайки механізму затиску, $d = 30 \text{ мм}$ - діаметр поверхонь заготовки у контакті з призмами, $D = 25 \text{ мм}$ - діаметр заготівки у точці прикладення сили затиску, $h = 4 \text{ мм}$ - глибина фрезерування, $f = 0,15$ - коефіцієнт тертя деталі з призмами, $f_z = 0,7$ - коефіцієнт тертя між важелем з рифленням і деталлю, K - коефіцієнт надійності затиску заготівлі.

Коефіцієнт надійності затиску обчислюємо за методом, наведеним у [16].

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$$

Де:

$K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

K_1 – залежить від виду поверхні заготовки. При обробленій поверхні $K_1 = 1,0$

;

K_2 – коефіцієнт, який залежить від затуплення різального інструменту. При фрезеруванні кінцевою фрезою $K_2 = 1,2$.

K_3 – коефіцієнт від переривчастого різання. При не переривчастому різанні $K_3 = 1,0$.

K_4 – коефіцієнт, який залежить від постійності сили затиску. При механізованому затиску, що застосовано у нас $K_4 = 1,0$;

K_5 – залежить від зручності затиску. У нас затиск зручний $K_5 = 1,0$;

K_6 – коефіцієнт, який ураховується тільки при встановленні заготовки на плоску поверхню. В нас заготовка встановлюється на циліндричну поверхню, тому $K_6 = 1,0$.

Таким чином, $K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,8$

Розраховуємо силу затиску, діючу на деталь, яка обробляється P_z і силу, яку повинен надавати пневмоциліндр P_g . При цьому розглядаємо тільки можливість обертання заготовки від сили P_z .

Для розрахунку зусиль затиску записуємо вираз для визначення реакції у опорах заготовки на призмах R від сили затиску P . Їх буде дві у точках контакту заготовки з призмою. $R = P / \sqrt{2}$

Тоді зусилля затиску P :

$$P = \frac{P_z \cdot (d - h)/2}{f \cdot d/\sqrt{2} + f_z \cdot D/2} \cdot K = \frac{0,9 \cdot (30 - 4)/2}{0,15 \cdot 30/\sqrt{2} + 0,7 \cdot 25/2} \cdot 1,8 = 1,76 \text{ kH}$$

Розраховуємо силу, яку повинен надавати пневмоциліндр $P_{ц}$ для необхідної сили затиску P

$$P_{ц} = P \cdot \frac{L}{L - l} = 1,76 \cdot \frac{60}{140 - 60} = 1,32 \text{ kH}$$

У спроектованому пристрої у механізмі затиску використано пневмоциліндр.

Визначаємо діаметр пневмоциліндра при тиску $p = 0,4$ МПа.

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\text{ц}}}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1320}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,95}} = 66,5 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр циліндра $D_{\text{ц}} = 65$ мм.

Визначаємо реальну силу, яку надає пневмоциліндр

$$P_{\text{ц}} = \frac{D_{\text{ц}}^2 \cdot \pi \cdot \eta \cdot p}{4} = \frac{65^2 \cdot 3,14 \cdot 0,95 \cdot 0,4}{4} = 1260 \text{ Н}$$

Визначаємо діаметр штока

$$d_{\text{шт}} = (0,25 \dots 0,4) D_{\text{ц}} = (0,25 \dots 0,4) 65 = 16 \dots 26 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр штока $d_{\text{шт}} = 20$ мм

Д. 3 Розрахунок на міцність

Для розрахунку на міцність береться шток. Він виготовлений зі сталі 40, у якої межа $\sigma_T = 300$ МПа. На даному штоку при затиску заготовки саме вразливе місце - різь М16, за допомогою якої шток пристосування прикріплюється до штока пневмокамери.

Для того щоб не було розриву різі на штоку, необхідне виконання умови:

$$\sigma_p \leq [\sigma_p]$$

У свою чергу, допустиме навантаження штока $[\sigma_p]$ визначається по формулі:

$$[\sigma_p] \approx 0,67 \sigma_0$$

Тобто: $[\sigma_p] \approx 0,67 \cdot 300 = 201$ МПа.

Небезпечним є перетин, ослаблене нарізанням різі, найменший діаметр якого визначається по формулі:

$$d_1 = d - 2H = d - 1,08 \cdot P,$$

де, d_1 - внутрішній діаметр різі;

d – зовнішній (номінальний) діаметр різі;

H – висота витка;

P – крок різі (прийнятий $P=1,5$ мм).

Тому для різі М18: $d_1 = 16,38$ мм, а для М16: $d_1 = 14,38$ мм.

Навантаження штока визначається по формулі:

$$\sigma = \frac{Q}{S},$$

де, Q – зусилля на штовці ($Q=5780$ Н);

S – площа розглянутого перетину штока.

Отже, найбільша напруга виникає в перетині з найменшою площею, у нашому випадку - по внутрішньому діаметрі різі М16

Будую ескіз штока (див. рисунок 9.1) і розбиваю його на три ділянки:

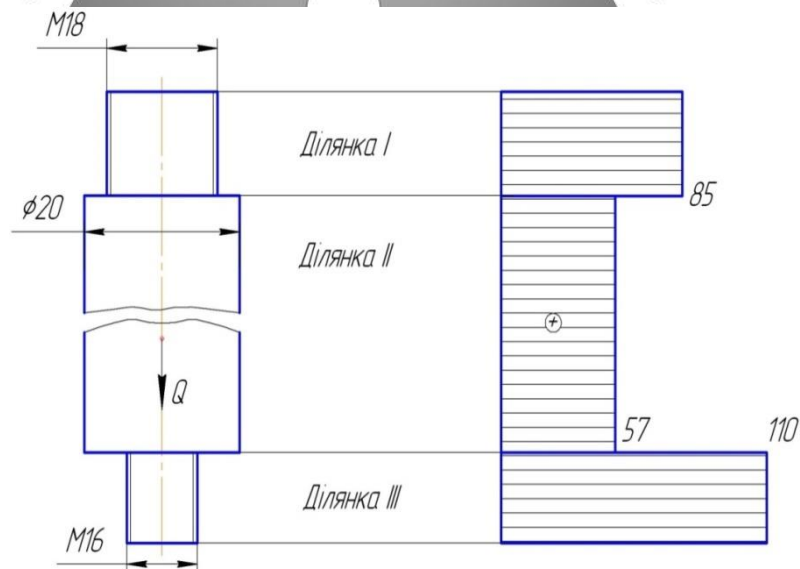


Рисунок 41 - Ескіз штока

Рисунок 42 - Епюра

навантажень σ_p'' , МПа

Обчислюю навантаження, що виникають на ділянках:

$$\text{I: } \sigma_I^p = \frac{4Q}{\pi d_I^2} = \frac{4 \cdot 17825}{3.14 \cdot (16,38)^2} \approx 85 (\text{Н/мм}^2) \approx 85 \text{ МПа}$$

$$\text{II: } \sigma_{II}^p = \frac{4Q}{\pi d_{II}^2} = \frac{4 \cdot 17825}{3.14 \cdot 20^2} \approx 57 (\text{Н/мм}^2) \approx 57 \text{ МПа}$$

$$\text{III: } \sigma_{III}^p = \frac{4Q}{\pi d_{III}^2} = \frac{4 \cdot 17825}{3.14 \cdot (14,38)^2} \approx 110 (\text{Н/мм}^2) \approx 110 \text{ МПа}$$

Максимальна напруга буде на ділянці III, але вона не перевищує припустиме значення $[\sigma_p]$, виконується умова, а значить різь М16 на штоку витримає навантаження. Для наочності поруч із ескізом штока будує епюру навантаження (рис 41).

Д. 4 Точнісі розрахунки пристрою

Розрахункову похибку пристрою знаходимо за формулою [10]:

$$\varepsilon_{np} \leq T - K_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2},$$

де, $T = 620$ мкм – найбільший жорсткий допуск розміру, що одержують на даній операції (40 по 14 квалітету);

$K_T = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує можливий відступ окремих складових від нормального закону розподілу випадкових величин;

$K_{T1} = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування;

$\varepsilon_6 = 0$ – похибка базування заготовки в пристрої (вимірювальна і технологічна бази співпадають);

$\varepsilon_3 = 0$ – похибка закріплення, виникає в результаті зсуву оброблюваних поверхонь заготовок від дії затискної сили (не збігається напрям сили закріплення до допуску розміру, що вимірюється).

$\varepsilon_n = 0$ – похибка перекоосу інструменту (втулки не використовуються).

$\epsilon_{и}$ – похибка, що виникає внаслідок зношування настановних елементів пристрою. Визначається за формулою:

$$\epsilon_{и} = N \cdot \beta,$$

де, $\beta = 0,5$ – постійний коефіцієнт, що залежить від виду встановлювальних елементів і умов контакту поверхонь [10];

$N = 400$ шт – кількість контактів заготовки з опорою в рік;

$$\epsilon_{и} = 400 \cdot 0,5 = 200 \text{ мкм.}$$

$K_{Т2} = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки.

$\omega = 39$ мкм – середня економічна точність обробки (допуск по 8 квалітету на розмір 40).

$\epsilon_{поз} = 0$ – похибка позиціонування (заготовка не повертається).

Підставляємо значення:

$$\epsilon_{пр} = 520 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0^2 + 200^2 + (0,6 \cdot 39)^2 + 0^2} = 520 - 241 = 319 \text{ мкм}$$

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск паралельності: $\epsilon_{пр} = 300 \text{ мкм}$

ДОДАТОК Е

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Е.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів під час

Модернізація приводу головного руху зубошевінговального верстата 5715 з розробкою РТК

Нормативна база

Основними нормативно-правовими актами, які регулюють правила охорони праці під час експлуатації ПК можна назвати наступні:

- Наказ Держгірпромнагляду України «Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» від 26 березня 2010 р. № 65;
- Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПіН 3.3.2.007-98, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10 грудня 1998 р. № 7;
- Примірна інструкція з охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин, затверджена наказом Міністерства доходів і зборів України від 5 вересня 2013 р. № 443.

Вимоги до приміщення

Приміщення, в яких планується установка та подальша робота з комп'ютером, повинні відповідати проектній документації будинку, погодженій з уповноваженими державними органами. Крім того, потрібно враховувати санітарні нормативи освітлення, вимоги до параметрів мікроклімату (температура, відносна вологість), ступеня і сили вібрації, звукового шуму і вогнестійкості приміщення, а також характеристики електромагнітного, ультрафіолетового та інфрачервоного полів.

Усі зазначені вище параметри санітарних норм можуть негативно впливати на здоров'я робітників, якщо їх показники не будуть знаходитися в допустимих межах, які можна знайти в Державних санітарних правилах і нормах роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПіН 3.3.2.007-98, затверджених Постановою

Головного державного санітарного лікаря України №7 від 10 грудня 1998 року.

Вимоги до особистого робочого місця працівника

Розмір одного робочого місця має становити не менше 6 квадратних метрів.

Площа кімнати в якій проводились розрахунки 18 м², а обсяг – 45 м³.

Робоче місце розміщено на 1 м від вікна., природне освітлення падає з правої сторони.

Робота проводиться за комп'ютером .

Розміри робочого столу: висота – 900 мм, довжина – 700 мм, ширина – 1200 мм.

Конструкція робочого місця забезпечує підтримання оптимальної робочої пози (при роботі сидячі): ступні ніг – на підлозі, стегна – в горизонтальній площині, передпліччя – вертикально, лікті – під кутом 90 градусів до площини, зап'ястя під кутом 180 відносно горизонтальної площини, нахил голови – 100 відносно вертикальної площини.

Конструкція крісла створює умови для підтримки фізіологічного раціонального положення зі збереженням природних вигинів хребта, а також забезпечує зниження статичного напруження м'язів шийно-плечової області спини та не ускладнює робочих рухів.

Крісло включає основні елементи: сидіння, спинку, підлокітники.

Розташування екрана дисплея в робочій зоні забезпечує зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом 300 від нормальної лінії погляду.

Відстань від екрана до очей дорівнює розміру екрана по діагоналі 60 см (24 ") = 600 мм.

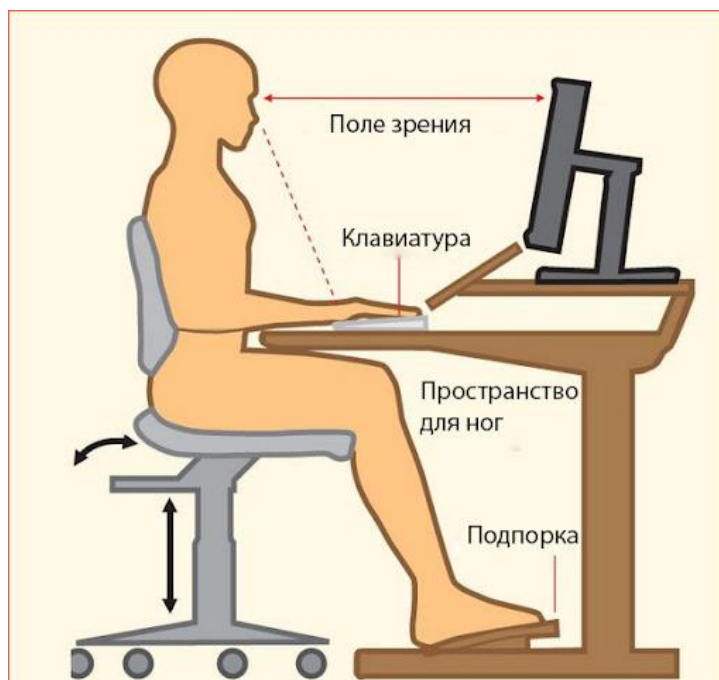


Рисунок 43 – Правильне положення працівника при роботі з комп'ютером

Рівень освітленості

Рівень освітленості на робочому столі 300 лкв.

Рівні шуму і вібрації

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях мають відповідати вимогам СН 3223-85, ГОСТ 12.1.003-83, ГР 2411-81.

Кімната знаходиться в будинку, яке не оточене виробничими цехами.

Мікроклімат

Мікроклімат у приміщеннях, головним чином, визначається температурою, швидкістю руху повітря та відносною вологістю повітря. Значення нормативних параметрів мікроклімату визначаються відповідно до ГОСТ 12.1.005 (див. табл. Б.1).

Таблиця 8 – Мікроклімат у кімнаті

Параметр	Період часу	Фактична величина	Нормативна величина
Температура, °С	Теплий період	23	22...25
	Холодний період	22	21...23
Відносна вологість, %	Теплий період	40	40...60
	Холодний період	40	40...60
Швидкість руху повітря, м/с	Теплий період	0,1	0,6...1,0
	Холодний період	0,1	0,2...0,4

Чистота повітря

Чистота повітря в робочій зоні відповідає ГОСТу 12.1.005: наявність озону не перевищує $0,1 \text{ мг / м}^3$, наявність оксидів азоту не перевищує 5 мг / м^3 ; наявність пилу не перевищує 4 мг / м^3 .

Е.2 Розрахунок конденсації

Конденсація повітря – це створення і автоматична підтримка в приміщеннях незалежно від зовнішніх умов постійних або змінних за певною програмою температури, вологості, чистоти і швидкості руху повітря, найбільш сприятливих для людей або необхідних для нормального протікання технологічного процесу. На промислових підприємствах конденсація повітря застосовується або для забезпечення комфортних (оптимальних) санітарно-гігієнічних умов, створення яких звичайною вентиляцією неможливо, або як складова частина технологічного процесу.

Розрахунок конденсації проведемо використовуючи формулу для знаходження кратності повітрообміну k :

$$k = \pm \frac{L}{s},$$

де L – кількість повітря, що подається (+) або видаляється (-) з приміщення,

$\text{м}^3 / \text{год}$;

s – обсяг приміщення, м^3 .

За цією формулою визначимо необхідний обсяг повітря, що видаляється, обравши кратність з довідника $k = 3$ (повинно бути не менше 3).

Розрахуємо:

$$L = k \cdot s;$$

де $s = 5 \cdot 5 \cdot 4 = 100 \text{ м}^3$;

Отже

$$L = 3 \cdot 100 = 300 (\text{м}^3/\text{год})$$

Тепер використовуючи формулу

$$L = 3600 \cdot v \cdot F_n,$$

де L – кількість повітря, що видаляється протягом години витяжкою або парасолькою (ковпаком); v – середня швидкість всмоктування повітря у відкритий проріз шафи (парасольки) $\text{м}/\text{с}$ ($0.5 - 1.7 \text{ м}/\text{с}$ в залежності від токсичності і летючості газів і парів); F_n – площа відкритої щілини, м^2 .

Отже, розрахувавши

$$F_n = \frac{L}{3600 \cdot v},$$

приймавши $v = 0,8$ м/с, знайдемо площу відкритої щілини:

$$F_n = \frac{300}{3600 \cdot 0,8} = 0,104 \text{ (м}^2\text{)}$$

В результаті цього розрахунку отримали, що кількість повітря, що видаляється протягом години витяжкою, для нашого приміщення повинно бути $360 \text{ м}^3 / \text{год}$, а площа відкритого прорізу – $0,104 \text{ м}^2$ [22].

