

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»
МОДЕРНІЗАЦІЯ АГРЕГАТНОГО ВЕРСТАТА
ДЛЯ ОБРОБКИ КАРДАННОЇ ВИЛКИ
АВТОМОБІЛЯ**

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти

Групи: ІМ-41

Грибок Назарій Олександрович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Полінкевич Роман Миколайович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«__» _____ 2024 р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2024 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Редько Р.Г.

«___» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Грибок Назарію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Модернізація агрегатного верстата для обробки карданної вилки автомобіля

Керівник роботи: Полінкевич Роман Миколайович, .к.т.н., доцент кафедри ПМіМ

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 30 » грудня 2023 р. № 461/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» _____ 06 _____ 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Паспорти верстатів. Відгуки підприємств. Відгуки працівників підприємств. Звіт по переддипломній практиці. Технічна документація по агрегатних верстатах. Типовий технологічний процес обробки карданної вилки автомобіля

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Аналіз області використання відомих конструкцій та призначення верстатів-аналогів. Аналіз деталі. Кінематичний розрахунок привода головного руху, зокрема фрезерної головки. Розрахунок та вибір елементів привода головного руху. Охорона праці. Висновки по дипломному проекту

5. Перелік графічного матеріалу:

Кінематична схема вертикально-свердлильного верстата 1л- ф.А1; Деталь кришки 1л- ф.А2; Заготовка 1л- ф.А2; Вертикально-свердлильний верстат з ЧПУ (загальний вигляд) 1л- ф.А1; Коробка швидкостей (згортка) 1л- ф.А1; Коробка швидкостей (розгортка) 1л- ф.А1.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «01» 11 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Загальний розділ. Технічний опис верстата-</i>	<i>25.11.2023р.</i>	
2.	<i>прототипу</i>	<i>23.12.2023р.</i>	
3.	<i>Кінематичний розрахунок приводу головного руху, що розробляється</i>	<i>13.01.2024р.</i>	
4.	<i>Технологічна частина</i>	<i>10.02.2024р.</i>	
5.	<i>Охорона праці</i>	<i>09.03.2024р.</i>	
6.	<i>Формування додатків</i>	<i>09.04.2024р.</i>	
7.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>23.04.2024р.</i>	
8.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>04.05.2024р.</i>	
9.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>25.05.2024р.</i>	
10.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>01.06.2024р..</i>	
11.			
12.			

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

(Грибок Н.О.)
(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

(Полінкевич Р.М.)
(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Грибок Н.О. Модернізація агрегатного верстата для обробки карданної вилки автомобіля. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та пропозицій, списку використаних джерел, додатків.

В даній випускній роботі на тему: “Модернізація агрегатного верстата для обробки карданної вилки автомобіля” зроблено літературний огляд, в якому наведені загальні відомості про агрегати верстата.

Проведено аналіз і кінематичний розрахунок приводу головного руху верстата-прототипу. Зроблені силові розрахунки валів, зубчастих коліс, шліцьових і шпонкових з'єднань, вибрані і розраховані підшипники кочення, гідроциліндри для перемикання частот обертання шпинделя. У пояснювальній записці приведені описи роботи електричної схеми та системи змащення.

Виконаний розділ з охорони праці. Обґрунтування актуальності вирішення питань охорони праці.

Ключові слова: шпиндель, коробка швидкостей, агрегатний верстат, зубчасте колесо, шків, привід.

ANNOTATION

Hrybok N.O. Modernization of the assembly machine for processing the cardan fork of the car. Manuscript.

Bachelor's qualification work of OP "Applied Mechanics" specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, four sections, conclusions and proposals, a list of used sources, appendices.

In this graduation work on the topic: "Modernization of the aggregate machine tool for processing the cardan fork of the car" a literature review is made, which provides general information about the machine aggregates.

The analysis and kinematic calculation of the drive of the main movement of the prototype machine was carried out. Power calculations of shafts, gears, splined and keyed connections were made, rolling bearings, hydraulic cylinders for switching spindle rotation frequencies were selected and calculated. The explanatory note describes the operation of the electrical circuit and the lubrication system.

Completed section on labor protection. Justification of the relevance of solving labor protection issues.

Key words: spindle, gearbox, assembly machine, gear wheel, pulley, drive.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	8
1.1. Загальні поняття про агрегатні верстати.....	8
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	10
2.1. Визначення потужності електродвигуна.....	10
2.2. Перевірка двигуна по потужності.....	11
2.3. Кінематичний розрахунок приводу головного руху фрезерної головки.....	12
2.4. Силовий розрахунок приводу головного руху фрезерної головки.....	13
2.5. Розрахунок клинопасової передачі.....	14
2.6. Розрахунок зубчастої передачі.....	18
2.7. Розрахунок валів на міцність.....	25
2.8. Розрахунок підшипників кочення.....	31
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	34
3.1. Розрахунок режимів різання	34
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	49
4.1. Вимоги безпеки, що пред'являються до устаткування.....	50
4.2. Запилення.....	51
4.3. Органи управління.....	51
4.4. Сигналізуючі пристрої.....	52
4.5. Засоби захисту від враження струмом.....	52
4.6. Блокувальні пристрої.....	53
4.7. Пожежна безпека.....	54
4.8. Вібрації, їх вплив, нормування вібрацій захист від вібрацій.....	56
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
ДОДАТКИ	

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

В даний момент часу економіка країни переживає дуже важкий час. Заданий курс на розвиток промисловості неможливо буде здійснити без поліпшення і модернізації парку верстатів наших підприємств. З цією метою потрібно вводити у виробництво верстати, що мають високу степінь автоматизації і в той же час дозволяють здійснювати швидку переналадку при переході на обробку нових деталей. З цією метою проектується верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ) і агрегатні верстати. Верстати з ЧПУ мають вищу вартість і застосовуються в умовах серійного виробництва в основному для корпусних і точних деталей, а агрегатні верстати універсальні і в той же час мають високу степінь автоматизації. Їх широко застосовують для серійного і масового типу виробництва, оскільки вони забезпечують належну точність і можливість переналадки на інші типи деталей. Труднощі виникають при проектуванні пристосувань і конструювання самого верстата, що в умовах масового виробництва економічно виправдано за рахунок уніфікованої основних вузлів верстата і високої концентрації операції на одному робочому місці.

У своїй випускній роботі я розробляю агрегатний верстат для обробки вилки карданної на легкового автомобіля.

Впровадження цієї модернізації верстата дозволить скоротити цикл випуску деталей за рахунок поєднання операцій, скоротити витрати на робітників і налагоджувачів, понизити площу, займану устаткуванням по габаритах і т.д.

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1. Загальні поняття про агрегатні верстати

Агрегатними називаються спеціальні верстати, які складаються з нормалізованих деталей і вузлів (агрегатів).

Такі верстати використовують для багатоінструментальної обробки заготовок деталей (частіше за корпусних) в умовах великосерійного і масового виробництва. Вони знайшли широке застосування на заводах, що виготовляють автомобілі і сільськогосподарські машини.

На агрегатних верстатах робиться свердління, розточування, нарізування різьб і рідше фрезерування площин. Останнім часом з'явилися агрегатні верстати, що виконують елементарні складальні роботи.

Перевага практичного застосування агрегатних верстатів полягає в наступній:

- а) значне скорочення термінів проектування і виготовлення верстата;
- б) висока продуктивність, обумовлена багатоінструментальною обробкою і мінімальною кількістю допоміжних рухів;
- в) порівняно низька вартість виготовлення верстата;
- г) здешевлення обробки заготовок виробів завдяки високій продуктивності і простоті обслуговування верстата;
- д) полегшення автоматизації циклу обробки;
- е) можливість використання частини агрегатів при зміні об'єкту виробництва.

Агрегатні верстати можуть працювати як самостійна одиниця верстатного парку або входити до складу поточкових і автоматичних ліній з єдиним транспортом.

Найбільші технологічні можливості верстатів забезпечуються у тому випадку, коли оброблювана деталь в процесі різання нерухома, а головний рух і рух подачі надаються різальним інструментом. Цим досягається найбільша

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

концентрація операцій: можна здійснювати обробку деталей декількох сторін багатьма різальними інструментами при автоматичному управлінні робочим циклом.

Компонування агрегатних верстатів залежить від розмірів і конфігурації деталі, що виготовляється, а також від можливостей поєднання необхідних для обробки операцій.

Агрегатні верстати у більшості випадків мають наступні основні вузли: станину, колону, силові головки, шпиндельні коробки, пристосування для установки і кріплення оброблюваної заготовки і підставки під пристосування.

У агрегатних верстатах з гідрофікованим приводом переміщень робочих органів управління циклом здійснюється за допомогою нормалізованих гідропанелей.

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1. Визначення потужності електродвигуна

Найчастіше має місце тривалий режим роботи (S_1), що відповідає постійному навантаженню на валу двигуна впродовж тривалого часу.

При роботі в режимі S_1 двигун вибирають по необхідній потужності, виходячи з режимів різання і подолання сил тертя в підшипниках кочення приводу.

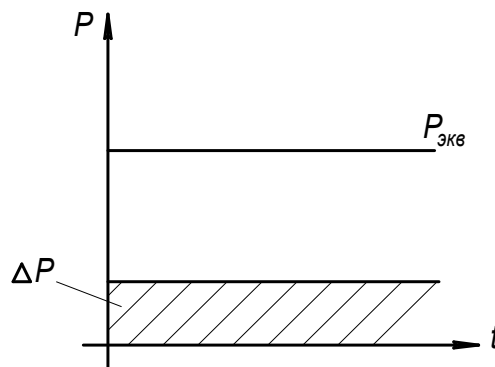


Рисунок 2.1 – Графік залежності потужності електродвигуна від часу при режимі роботи S_1

Потужність електродвигуна має бути більше або дорівнює потужності опору, тобто

$$P \geq P_c, \quad (2.1)$$

де P_c – потужність опору, кВт.

$$P_c = P_R / \eta, \quad (2.2)$$

де P_R – потужність різання, кВт;

η – к.к.д. приводу;

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \dots \cdot \eta_n.$$

К.к.д. приводу складається з к.к.д. клинопасової передачі, к.к.д. зубчастої передачі, к.к.д. пар підшипників кочення і т.д.

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

$$P_R = 7,01 \text{ кВт.}$$

$$P_c = \frac{7,01}{0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,96 \cdot 0,99^3} = 7,38 \text{ кВт.}$$

по умові $P_{ed} \geq P_c$.

Найближче стандартне значення дорівнює 7,5 кВт.

По номінальній споживчій потужності верстата визначається тип електродвигуна.

Вибираємо тип електродвигуна: АИР132М6У3

Характеристика електродвигуна:

- тип 132М6У3 ТУ16-525.564-84 – фланцевий, трифазний, асинхронний, сердечник довгий, число полюсів – 6;
- потужність двигуна: $P_{\text{дв}} = 7,5$ кВт;
- синхронна частота обертання: $n_1 = 1000$ об/хв;
- відношення початкового пускового моменту до номінального: $M_{\text{пуск}} / M_{\text{ном}}$ = відношення максимального обертового моменту до номінального: $M_{\text{max}} / M_{\text{ном}}$ = відношення мінімального обертового моменту до номінального: $M_{\text{min}} / M_{\text{ном}}$ = асинхронна частота обертання: $n = 970$ об/хв.

2.2. Перевірка двигуна по потужності

При роботі в режимі S_1 двигун вибирають по необхідній потужності, виходячи з режимів різання і подолання сил тертя:

$$P_{\text{зл}} = P_p + P_{\text{х.х.}} + P_{\text{доп}}, \quad (2.3)$$

де P_p – потужність, що витрачається на процес різання, кВт;

$P_{\text{х.х.}}$ – потужність, що витрачається на холостому ході, кВт;

$P_{\text{доп}}$ – потужність, що витрачається на подолання додаткових втрат під навантаженням, кВт.

$P_{\text{х.х.}}$ і $P_{\text{доп}}$ за даними багаторічних спостережень не перевищують

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15...20% від P_p та із задовільною точністю можуть бути враховані коефіцієнтом корисної дії приводу головного руху, тоді

$$P_{зл} = \frac{P_p}{\eta_{зл} \cdot K}, \quad (2.4)$$

де $K=1,25$ – коефіцієнт короточасного допустимого перевантаження стандартними двигунами;

$\eta_{зл}$ – к.к.д. приводу головного руху, приймається $\eta_{зл} = 0,75 \dots 0,85$.

$$P_{зл} = \frac{7,01}{0,75 \cdot 1,25} = 7,47 \text{ кВт.}$$

так як $P_{дв} = 7,5 \text{ кВт} \approx P_{зл} = 7,47 \text{ кВт}$, то двигун підходить для обробки цієї деталі на операції фрезерування в шток.

2.3. Кінематичний розрахунок приводу головного руху фрезерної головки

Визначаємо загальне передавальне відношення:

$$i_{общ} = n_{дв} / n_{шт} = 970 / 315 = 3,08;$$

для зубчастої передачі передавальне число:

$$i_2 = z_2 / z_1 = d_2 / d_1 = w_1 / w_2 = 90 / 45 = 180 / 90 = 2;$$

для пасової передачі передавальне число:

$$i_1 = i_{общ} / i_2 = 3,08 / 2 = 1,54.$$

Визначаємо частоти обертання валів:

$n_{дв} = 970$ об/хв – асинхронна частота обертання.

Частота обертання на першому приводному валу:

$$n_1 = n_{дв} / i_1, \quad (2.5)$$

$$n_1 = 970 / 1,54 = 629,8 \text{ об/хв.}$$

приймаємо $n_1 = 630$ об/хв.

частота обертання другого приводного валу:

$$n_2 = n_1 / i_2;$$

$$n_2 = 630 / 2 = 315 \text{ об/хв.}$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Побудова структурної сітки.

З огляду на те, що привід головного руху фрезерної головки простий по конструкції ми отримуємо лише одну частоту обертання шпинделя.

Структурна сітка виглядає таким чином:

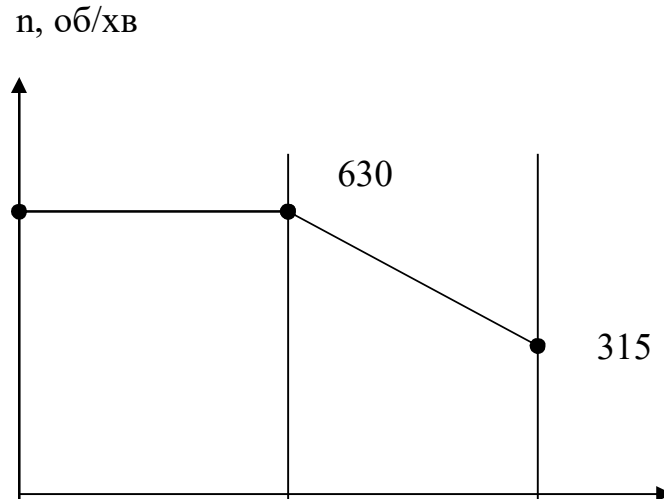


Рисунок 2.2 – Побудова графіку чисел обертів

2.4. Силевий розрахунок приводу головного руху фрезерної головки

Розраховуємо крутильний момент на валу електродвигуна $T_{\text{дв}}$:

$$T_{\text{дв}} = 9550 \frac{P_{\text{дв}}}{n_{\text{дв}}}, \quad (2.6)$$

$$T_{\text{дв}} = 9550 \frac{7,5}{970} = 73,8 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Визначаємо обертальні моменти на кожному валу приводу головного руху

$$T_1 = T_{\text{дв}} \cdot i_1 \cdot \eta_{\text{п.н.}}, \quad (2.7)$$

$$T_1 = 73,8 \cdot 1,54 \cdot 0,95 = 107,9 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

приймаємо $T_1 = 212 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Визначаємо потужність на кожному валу з урахуванням втрат:

$$P_1 = P_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{п.н.}}, \quad (2.8)$$

$$P_1 = 7,5 \cdot 0,95 = 7,125 \text{ кВт}.$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{\text{з.п.}}, \quad (2.9)$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

$$P_2 = 7,125 \cdot 0,98 = 6,9 \text{ кВт.}$$

2.5. Розрахунок клинопасової передачі

1. Вибір профілю клинового паса. Вибір типу паса зроблений по крутильному моменту на провідному валу. $T = 73,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$ підходить до умови $T = 40 \div 100 \text{ Н}\cdot\text{м}$, отже вибираємо профіль паса – тип Б.

$$\begin{aligned} \epsilon_p &= 14,0 \text{ мм}; & A &= 138 \text{ мм}^2; \\ \epsilon_0 &= 17,0 \text{ мм}; & d_{\min} &= 125 \text{ мм}; \\ \varphi_0 &= 40^\circ; & L_p &= 1000 - 6300 \text{ мм}. \end{aligned}$$

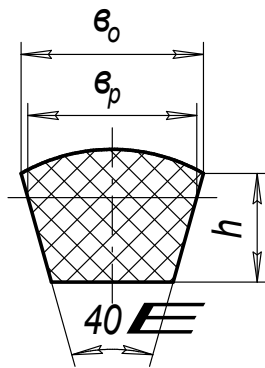


Рисунок 2.3 – Профіль паса

2. Визначення діаметру ведучого і веденого шківів.

Діаметр провідного шківа приймаємо з умови, що $d_1 > d_{\min}$; із стандартного ряду діаметрів приймаємо $d_1 = 140 \text{ мм}$.

Діаметр веденого шківа визначається згідно формули:

$$D_2 = d_1 \cdot U_1;$$

$$D_2 = 140 \cdot 1,54 = 215,6 \text{ мм.}$$

3. Визначення фактичного передавального відношення:

$$U_\phi = \frac{D_2}{d_1(1 - \epsilon)}; \quad (2.10)$$

$$\epsilon = 0,02; \quad U_\phi = \frac{200}{140(1 - 0,02)} = 1,49;$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

$$\Delta U = \frac{U_p - U_\phi}{U_p} \cdot 100\%;$$

$$\Delta U = \frac{1,54 - 1,49}{1,54} \cdot 100\% = 2,98\% \leq 3\%.$$

4. Визначення міжосьової відстані:

$$a_{\min} = 0,55(d_1 + D_2) + h; \quad a_{\max} = 2(d_1 + D_2); \quad (2.11)$$

$$a_{\min} = 0,55(140 + 200) + 10,5 = 197,5 \text{ мм};$$

$$a_{\max} = 2(140 + 200) = 680 \text{ мм};$$

$$a_{\min} = 1,0 \cdot D_2 = 1,0 \cdot 200 = 200 \text{ мм};$$

Для збільшення довговічності паса виходимо з умови $a > a_{\min}$ приймаємо $a = 540$ мм.

5. Визначення розрахункової довжини паса:

$$L_p = 2a + \frac{\pi}{2}(d_1 + D_2) + \frac{(D_2 - d_1)^2}{4a}; \quad (2.12)$$

$$L_p = 2540 + \frac{\pi}{2}(140 + 200) + \frac{(200 - 140)^2}{4 \cdot 540} = 1615,46 \text{ мм}.$$

Найближче значення $L_p = 1600$ мм.

6. Знаходження дійсної міжосьової відстані:

$$a = \frac{2L_p - \pi(d_1 + D_2) + \sqrt{[2L_p - \pi(d_1 + D_2)]^2 - 8(D_2 - d_1)^2}}{8};$$

$$a = \frac{21600 - 3,14 \cdot 340 + \sqrt{[21600 - 3,14(140 + 200)]^2 - 8 \cdot 60^2}}{8} = 532,25 \text{ мм}.$$

7. Визначення кута обхвату на малому шківі і порівняння з допустимим:

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{57,3(D_2 - d_1)}{a} \geq [\alpha_1] = 120^\circ, \quad (2.13)$$

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{57,3(200 - 140)}{540} = 173,6^\circ > [\alpha_1] = 120^\circ.$$

8. Визначення швидкості паса:

$$v = \frac{\pi d_1 n_1}{60}; \quad (2.14)$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

$$v = \frac{3,14 \cdot 0,14 \cdot 970}{60} = 7,1 \text{ м/с.}$$

9. Визначення числа пробігів паса і порівняння з числом пробігів допустимого:

$$U = \frac{v}{L_p} < [U] = 10 \text{ 1/с.}; \quad (2.15)$$

$$U = \frac{7,1}{1,6} = 4,43 \frac{1}{\text{с}} < [U] = 10 \text{ 1/с.}$$

10. Розрахунок паса по тяговій здатності

а) вибір номінальної потужності P_0 , що передається одним пасом в умовах типового завдання. Приймаємо $P_0=3,01$ кВт.

б) прийняття коефіцієнтів, що коригують:

$$P_p = P_0 \frac{C_\alpha C_\ell}{C_p}, \quad (2.16)$$

де C_α – коефіцієнт кута обхвату; $C_\alpha=0,99$;

C_ℓ – коефіцієнт довжини ременя; $C_\ell=0,93$;

C_p – коефіцієнт режиму навантаження; $C_p=1,0$.

$$P_p = 3,01 \frac{0,99 \cdot 0,93}{1,0} = 2,7 \text{ кВт};$$

в) розрахунок числа пасів:

$$z = \frac{P_1}{P_p \cdot C_z}, \quad (2.17)$$

C_z – коефіцієнт числа пасів;

$$z = \frac{7,5}{2,7 \cdot 0,9} = 4,73.$$

Приймаємо $z=6$

11. Визначення навантаження на пас від попереднього натягу:

$$F_0 = \frac{850 \cdot P_1 \cdot C_p \cdot C_\ell}{z \cdot v \cdot C_\alpha} + q_m \cdot v^2, \quad (2.18)$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

q_m – коефіцієнт;

q_m – приймаємо рівним $q_m = 0,18 \text{ кг/м}^2$.

$$F_0 = \frac{850 \cdot 7,5 \cdot 1,0 \cdot 0,93}{6 \cdot 7,1 \cdot 0,99} + 0,18 \cdot 7,1^2 = 149,6 \text{ Н.}$$

12. Визначення корисного навантаження (окружної сили) на пас:

$$F_t = \frac{10^3 \cdot P_1 \cdot K_F}{v}, \quad (2.19)$$

де K_F – коефіцієнт динамічності навантаження і режиму роботи $K_F = 1,0$;

$$F_t = \frac{10^3 \cdot 1,0 \cdot 7,5}{7,1} = 1056,3 \text{ Н.}$$

13. Визначення натягу відомої і веденої гілок. Складаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} F_t = F_1 - F_2; & F_2 = F_1 - F_t; & 2F_1 = 2F_0 + F_t; \\ 2F_0 = F_1 + F_2; & 2F_0 = F_1 + F_1 - F_t; & \end{cases} \quad (2.20)$$

$$2F_1 = 2 \cdot 149,6 + 1056,3 = 1355,5 \text{ Н;}$$

$$F_1 = 677,7 \text{ Н;} \quad F_2 = 677,7 - 1056,3 = -378,5 \text{ Н;} \quad F_1 \uparrow \downarrow F_2$$

14. Знаходження максимальної напруги в паса з побудовою сумарної напруги:

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 + \sigma_{II} + \sigma_{III} \leq [\sigma]_p = 10; \quad (2.21)$$

$$\sigma_1 = \frac{F_0}{A} + \frac{F_t}{2Az} = \frac{149,6}{138} + \frac{1056,3}{2 \cdot 138 \cdot 6} = 1,08 + 0,63 = 1,72 \text{ МПа;}$$

$$\sigma_{II} = E_{II} \frac{h}{d_1} = 80 \cdot \frac{10,5}{140} = 6,01 \text{ МПа;}$$

$$\sigma_{III} = 1200v^2 \cdot 10^{-6} = 1200 \cdot 7,1^2 \cdot 10^{-6} = 0,06 \text{ МПа;}$$

$$\sigma_{\max} = 1,72 + 6,01 + 0,06 = 7,79 \text{ МПа;}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{F_2}{A} + \sigma_{III} = \frac{378,5}{138} + 0,06 = 2,74 + 0,06 = 2,8 \text{ МПа;}$$

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{A} = \frac{677,7}{138} = 4,91 \text{ МПа;} \quad \sigma_2 = \frac{F_2}{A} = \frac{378,5}{138} = 2,74 \text{ МПа.}$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

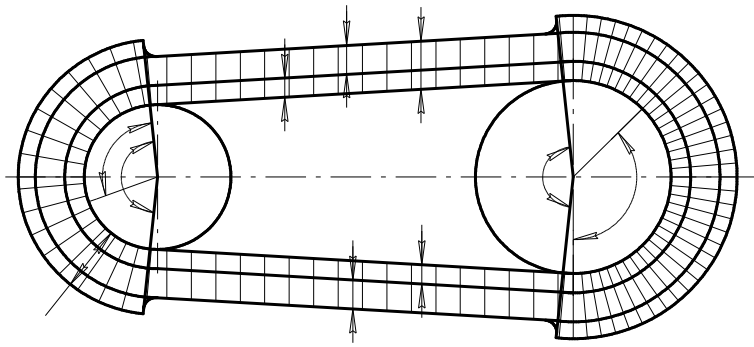


Рисунок 2.4 – Епюри напружень в пасі

15. Визначення розрахункової довговічності паса

$$T_{розр} = \frac{10^7 \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{max}}\right)^m}{3600 \cdot U}, \quad (2.22)$$

де σ_y – межа витривалості паса при базовому числі циклів навантаження;

10^7 . σ_y для клинових пасів приймаємо $\sigma_y = 9,9$ МПа; m – показник степеня нахилу кривої втоми паса; для клинових пасів приймаємо $m=8$.

U – кількість перебігів пасу: $U=3,59$.

$$T_{розр} = \frac{10^7 \left(\frac{9,9}{7,79}\right)^8}{3600 \cdot 3,59} = 5261,5 \text{ год.}$$

16. Визначення сили, діючої на вали;

$$Q = 2 \cdot F_0 \cdot z \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2}; \quad (2.23)$$

$$Q = 2 \cdot 149,6 \cdot 6 \cdot \sin 88,9 = 1794,8 \text{ Н.}$$

$$Q = 2 \cdot 149,6 \cdot 6 \cdot \sin 88,9 = 1794,8 \text{ Н}$$

2.6. Розрахунок зубчастої передачі

Початкові дані для розрахунку:

Розрахунок ведеться для зубчастої передачі: $z_7 - z_8$.

Частота обертання тихохідного валу: $n_{mx} = 630 \frac{об}{хв}$.

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Частота обертання швидкохідного валу: $n_{шх} = 315 \frac{об}{хв}$.

Число зубів шестерні: $z_8 = 45$;

Число зубів колеса: $z_7 = 90$;

Крутильний момент на тихохідному валу: $T_{mx} = 108Н \cdot м$;

Крутильний момент на швидкохідному валу: $T_{\text{ох}} = 212Н \cdot м$.

Вибір матеріалів.

Стосовно даного випадку для колеса і шестерні вибираємо Ст 45 з поверхневим загартуванням ТВЧ до твердості >НВ 350.

Розрахунок допустимого напруження на контактну і згинальну витривалість зубів:

$$\sigma_{HP} = \sigma_{HP}^0 K_{HL}.$$

$$\sigma_{FP} = \sigma_{FP}^0 K_{FL}. \quad (2.24)$$

Приймаємо для Ст 45 (HRC 40...52) для нереверсивної передачі:

$$\sigma_{HP}^0 = 800 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{FP}^0 = 230 \text{ МПа.}$$

$$N_{Ho} = 6 \cdot 10^7.$$

$$N_{Fo} = 4 \cdot 10^7.$$

Призначимо ресурс передачі $t_q = 10^4$ годин.

Знаходимо число циклів напруги:

$$N_{HE} = N_{FE} = 60 \cdot t_4 \cdot n_{\text{ох}}. \quad (2.25)$$

$$N_{HE} = N_{FE} = 60 \cdot 10^4 \cdot 315 = 18,9 \cdot 10^7.$$

так як $N_{HE} > N_{Ho}$ и $N_{FE} = N_{Ho}$, те значення коефіцієнта циклічної довговічності $K_{HD} = 1,0$; $K_{FD} = 1,0$.

Визначаємо допустиме напруження на контактну і згинаючу витривалість зубів:

$$\sigma_{HP} = \sigma_{HP}^0 K_{HD} = 800 \cdot 1,0 = 800 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{FP} = \sigma_{FP}^0 K_{FD} = 230 \cdot 1,0 = 230 \text{ МПа}$$

Робимо вибір коефіцієнтів у формулі:

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$a_w \geq K_a (U \pm 1) \cdot \sqrt[3]{K_{H\beta} \cdot \frac{T_2}{U \psi_{bd} \cdot \sigma_{Hp}^2}}, \quad (2.26)$$

де K_a – коефіцієнт матеріалу коліс; $K_a = 4950 \text{ Па}^{1/3}$;

ψ_{bd} – коефіцієнт ширини зубчастого колеса; $\psi_{bd} = 0,4$.

Визначаємо ψ_{ba} згідно формули:

$$\psi_{ba} = 0,5 \psi_{bd} (U + 1), \quad (2.27)$$

$$\psi_{ba} = 0,5 \cdot 0,4 (2 + 1) = 0,6.$$

При H_V більше 350 одиниць зазначаємо значення коефіцієнтів розподілу навантаження по ширині вінця циліндричного колеса $K_{H\beta}$ і $K_{F\beta}$ приймаємо $K_{H\beta} = 1,03$ і $K_{F\beta} = 1,05$.

Обчислюємо міжосьову відстань закритої передачі згідно формули:

$$a_w \geq 4950 (2 + 1) \cdot \sqrt[3]{1,03 \cdot \frac{108}{2 \cdot 0,4 \cdot (800 \cdot 10^6)^2}} = 145,87 \cdot 10^{-3} \text{ м} \approx 136 \text{ мм}.$$

Для закритої передачі визначуваний модуль згідно формули:

$$m = m_n = (0,01 \dots 0,02) \cdot a_w; \quad m = (0,01 \dots 0,02) \cdot 136 = 1,36 \dots 2,72;$$

Приймаємо: $m = 2$.

Визначаємо число зубів шестерні і колеса:

$$z_1 = \frac{2a_w}{m(U + 1)} \text{ и } z_2 = U \cdot z_1; \quad (2.28)$$

$$z_1 = \frac{2 \cdot 136}{2(2 + 1)} = 45,3, \quad \text{приймаємо } z_1 = 45,$$

$$z_2 = 2 \cdot 45 = 90.$$

Обчислюємо ділильні діаметри, діаметри вершин зубів і діаметри западин шестерні і колеса:

$$\text{Ш: } d_1 = m \cdot z_1; d_{a1} = d_1 + 2m; d_{f1} = d_1 - 2,5m.$$

$$\text{К: } d_2 = m \cdot z_2; d_{a2} = z_2 + 2m; d_{f2} = d_2 - 2,5m; \quad (2.29)$$

$$d_1 = 2 \cdot 45 = 90 \text{ мм};$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{a1} = 90 + 2 \cdot 2 = 94 \text{ мм};$$

$$d_{f1} = 90 - 2,5 \cdot 2 = 85 \text{ мм};$$

$$d_2 = 2 \cdot 90 = 180 \text{ мм};$$

$$d_{a2} = 180 + 2 \cdot 2 = 184 \text{ мм};$$

$$d_{f2} = 180 - 2,5 \cdot 2 = 175 \text{ мм};$$

Уточнюємо передавальне число, міжосьову відстань і знаходимо ширину зубчастих коліс:

Для закритої передачі:

$$U = \frac{z_2}{z_1}; U = \frac{90}{45} = 2;$$

$$a_w = 0,5(d_1 + d_2); a_w = 0,5(90 + 180) = 135 \text{ мм};$$

$$b = \psi_{ba} \cdot a_w; b = 0,4 \cdot 135 = 54 \text{ мм},$$

приймаємо $b_2 = 53 \text{ мм}$, $b_1 = 55 \text{ мм}$.

Визначаємо окружну швидкість і призначаємо степінь точності передачі:

$$v_{закр} = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60}; \quad v_{закр} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 630 \cdot 10^{-3}}{60} = 2,96 \text{ м/с}.$$

Згідно довідникових даних при $2 \text{ м/с} \leq v_{закр} \leq 6 \text{ м/с}$ призначаємо восьму степінь точності для закритої передачі.

Обчислюємо сили, діючі в зачепленні для закритої передачі:

$$F_t = \frac{2T_2}{d_1} \quad \text{та} \quad F_r = F_t \cdot \text{tg} \alpha, \quad (2.30)$$

F_t – окружна сила, що вигинає зуб;

F_r – радіальна сила, що стискає зуб.

$$F_t = \frac{2 \cdot 108 \cdot 10^3}{90} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

$$F_r = 2,4 \cdot 10^3 \cdot \text{tg} 20^\circ = 2,4 \cdot 10^3 \cdot 0,364 = 0,87 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Зробимо перевірку на міцність.

Для закритої передачі робоче контактне напруження перевіряємо згідно формули:

$$\sigma_H = z_H \cdot z_M \cdot z_\epsilon \sqrt{K_H \cdot F_t (U \pm 1) / (d_1 b \cdot U)} \leq \sigma_{HP}, \quad (2.31)$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

z_H – коефіцієнт, що враховує форму зв'язаних поверхонь зубів;

z_M – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів зв'язаних зубчастих коліс;

z_ε – коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній.

$$z_H = \sqrt{\frac{2}{\sin 2\alpha}}; \quad z_H = \sqrt{\frac{2}{\sin 2 \cdot 20}} = 1,76,$$

z_M вибираємо згідно довідникових даних:

$$z_M = 274 \cdot 10^3 \text{ Па}^{1/2}; \quad z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon\alpha}{3}},$$

де $\varepsilon\alpha$ – коефіцієнт торцевого перекриття;

$$\varepsilon\alpha \approx \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \cos \beta.$$

для прямозубих передач $\beta = 0$,

$$\varepsilon\alpha \approx \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{45} + \frac{1}{90} \right) \right] \cos 0^\circ = 1,773; \quad z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - 1,773}{3}} = 0,861.$$

Визначаємо коефіцієнти навантаження згідно формул:

$$K_H = K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}; \quad K_F = K_{F\beta} \cdot K_{F\alpha}, \quad (2.32)$$

$K_{H\alpha}$ вибираємо згідно довідникових даних; $K_{H\alpha} = 1,08$.

$$K_{F\alpha} = 2K_{H\alpha} - 1 = 2 \cdot 1,08 - 1 = 1,16;$$

$$K_{H\beta} = 1,03; \quad K_{F\beta} = 1,05;$$

$$K_H = 1,03 \cdot 1,08 = 1,11; \quad K_F = 1,05 \cdot 1,16 = 1,218;$$

$$\begin{aligned} \sigma_H &= 1,76 \cdot 274 \cdot 10^3 \cdot 0,861 z_\varepsilon \sqrt{\frac{1,11 \cdot 2,4 \cdot 10^3 (2+1)}{90 \cdot 55 \cdot 10^{-6} \cdot 2}} = \\ &= 372 \cdot 10^6 \text{ Па} < \sigma_{HP} = 800 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

Розрахункове контактне напруження задовольняє умові $\sigma_H < \sigma_{HP}$.

Витривалість зубів по напруженні вигину перевіримо по рівнянню при найменшому значенні σ_{Fp} / Y_F для шестерні:

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$\sigma_H = \frac{F_t \cdot K_F}{b \cdot m} \cdot Y_{FS} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \leq [\sigma]_F, \quad (2.33)$$

Y_β – коефіцієнт кута нахилу зубів;

Y_β – для прямозубих передач $Y_\beta=1$;

Y_ε – коефіцієнт, що враховує величину перекриття зачеплення.

$$Y_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon\alpha} = \frac{1}{1,773} = 0,56.$$

Y_{FS} – коефіцієнт форми зуба;

$$Y_{FS} = 3,47 + \frac{13,2}{z_v},$$

де z_v – еквівалентне число зубів;

Для прямозубих циліндричних передач $z_v = z$.

$$Y_{FS1} = 3,47 + \frac{13,2}{45} = 3,76; \quad Y_{FS2} = 3,47 + \frac{13,2}{90} = 3,61$$

K_F – коефіцієнт навантаження; $K_F=1,218$

Визначаємо допустиме згинальне напруження:

$$[\sigma]_F = \frac{\sigma_{FLim} \cdot Y_R \cdot Y_x \cdot Y_\delta}{S_F} \cdot Y_N,$$

де σ_{FLim} – межа витривалості зубів; $\sigma_{FLim}=550$ МПа;

S_F – коефіцієнт запасу міцності; $S_F=1,7$;

Y_R – коефіцієнт, що враховує шорсткість перехідної поверхні;

при фрезеруванні $Y_R = 1$;

Y_x – масштабний чинник.

При модулі < 5 мм Y_x приймається рівним 1.

Y_δ – коефіцієнт чутливості матеріалу до концентрації напруги.

$$Y_\delta = 1,082 - 0,172 \cdot \lg m; \quad Y_\delta = 1,082 - 0,172 \cdot \lg 2 = 1,03,$$

Y_N – коефіцієнт довговічності.

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$Y_N = m \sqrt[m]{\frac{N_{FG}}{N_{FE}}} \geq 1, \quad (2.35)$$

де N_{FG} – базове число циклів;

m – показник степеня кривої втоми;

N_{FE} – еквівалентне число циклів.

$$N_{FE} = 60(\bar{x})^9 \cdot n \cdot t; \quad (2.36)$$

$$N_{FE_1} = 60(0,5)^9 \cdot 629,7 \cdot 10^4 = 7,38 \cdot 10^5;$$

$$N_{FE_2} = \frac{7,38 \cdot 10^5}{2} = 3,69 \cdot 10^5;$$

$$Y_{N_1} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 10^6}{7,36 \cdot 10^5}} = 1,206; \quad Y_{N_2} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 10^6}{3,69 \cdot 10^5}} = 1,303;$$

$$[\sigma]_{F_1} = \frac{550 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,03}{1,7} = 401,88 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_{F_2} = \frac{550 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,03}{1,7} \cdot 1,303 = 434,2 \text{ МПа}.$$

За розрахункове береться напруження того колеса (шестерні), у якої менше відношення $[\sigma]_F / Y_{FS}$:

$$\frac{[\sigma]_{F_1}}{Y_{FS_1}} = \frac{401,88}{3,763} = 106,8; \quad \frac{[\sigma]_{F_2}}{Y_{FS_2}} = \frac{434,2}{3,61} = 120,07.$$

Розрахунок проводимо по напруженні шестерні:

$$\sigma_F = \frac{2,4 \cdot 10^3 \cdot 1,218}{53 \cdot 2} \cdot 3,763 \cdot 0,56 \cdot 1,0 = 581 \text{ МПа} \ll [\sigma]_{F_1};$$

$$\sigma_F = 581 \text{ МПа} \ll [\sigma]_{F_1} = 401,8 \text{ МПа}.$$

Дійсний запас втомної міцності на згин:

$$S_{FD} = \frac{[\sigma]_F}{\sigma_F} \cdot S_F; \quad (2.37)$$

$$S_{FD} = \frac{401,8 \cdot 10^6}{58,1 \cdot 10^6} \cdot 1,7 = 11,75.$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

2.7. Розрахунок валів на міцність

Встановлено, що працездатність валу з умови втомної міцності буде забезпечена, якщо:

$$S \geq [S], \quad (2.41)$$

S – фактичний коефіцієнт запасу міцності

$[S]$ – коефіцієнт допустимого запасу міцності, що зазвичай приймається для валів в межах $1,5 \div 5,0$, причому менших значень набувають для тихохідних валів, а великі для швидкохідних валів з метою зменшення вірогідності появи неприпустимих деформацій валу (згину).

При дії на вал тільки напруг згину або тільки напруг кручення, коефіцієнта запасу на міцність відповідно до згину та крученню визначаються по залежностях:

По згину:

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma}}{K_d \cdot K_F} \cdot \sigma_a + \psi_b \cdot \sigma_m}. \quad (2.42)$$

По крученню:

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau}}{K_d \cdot K_F} \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \cdot \tau_m}. \quad (2.43)$$

σ_{-1}, τ_{-1} – механічні характеристики матеріалів;

σ_a, τ_a – амплітудні значення нормальної і дотичної напруги;

σ_m, τ_m – середні значення нормальної і дотичної напруги;

K_{σ}, K_{τ} – ефективні коефіцієнти концентрації напруги при вигині і крученні;

$\varepsilon_{\sigma}, \varepsilon_{\tau}$ – масштабні чинники, що враховують вплив поперечних розмірів валу.

А при спільній дії на вал напруження згину і кручення коефіцієнт запасу міцності визначається згідно формули:

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} \quad (2.44)$$

А щоб визначити значення σ_a , τ_a , τ_m , треба знати згинальні та обертальні моменти, в даних перерізах валу.

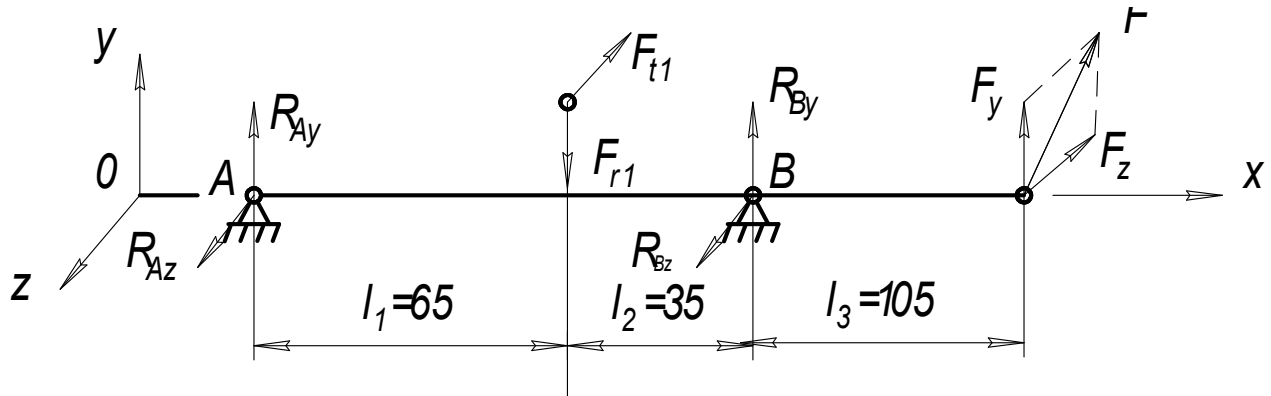


Рисунок 2.5 – Схема навантаження швидкохідного валу

Визначимо напруження на швидкохідному валу.

F_{t1} – осьове зусилля на шестерні;

F_{r1} – радіальне зусилля;

F – складова сил, діючих на шків.

Визначаємо реакції в підшипникових опорах, для чого складаємо рівняння моментів сил відносно опор.

Площина YOX :

$$R_{Ay} - F_{r1} + R_{By} + F_y = 0;$$

$$\sum M_A = 0; \quad -F_{r1} \cdot l_1 + R_{By}(l_1 + l_2) + F_y(l_1 + l_2 + l_3) = 0;$$

$$R_{By}(l_1 + l_2) = F_{r1} \cdot l_1 - F_y(l_1 + l_2 + l_3);$$

$$R_{By} = \frac{F_{r1} \cdot l_1 - F_y(l_1 + l_2 + l_3)}{l_1 + l_2};$$

$$R_{By} = \frac{872,7 \cdot 65 - 378,5 \cdot 205}{100} = -208,6 \text{ Н.}$$

$$R_{Ay} = F_{r1} - R_{By} - F_y;$$

$$R_{Ay} = 872,7 - (-208,6) - 378,5 = 702,8 \text{ Н.}$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Перевірка: $\sum M_B = 0; \quad F_{t_1} \cdot l_2 - R_{Ay} (l_1 + l_2) + F_y \cdot l_3 = 0;$

$$R_{Ay} = \frac{378,5 \cdot 105 + 872,7 \cdot 35}{100} = 702,8 \text{ Н.}$$

Площина ZOX :

$$R_{Az} - F_{t_1} + R_{Bz} - F_z = 0;$$

$$\sum M_A = 0 \quad - F_{t_1} \cdot l_1 + R_{Bz} (l_1 + l_2) - F_z (l_1 + l_2 + l_3) = 0;$$

$$R_{Bz} = \frac{F_{t_1} \cdot l_1 - F_z (l_1 + l_2 + l_3)}{l_1 + l_2};$$

$$R_{Bz} = \frac{2397,7 \cdot 165 - 677,7 \cdot 205}{100} = 169,2 \text{ Н.}$$

$$R_{Az} = F_{t_1} - R_{Bz} - F_z = 2397,7 - 169,2 - 677,7 = 1550,8 \text{ Н.}$$

Перевірка:

$$\sum M_B = 0 \quad F_{t_1} \cdot l_2 - R_{Az} (l_1 + l_2) - F_z \cdot l_3 = 0;$$

$$R_{Az} = \frac{F_{t_1} \cdot l_2 - F_z \cdot l_3}{l_1 + l_2} = \frac{2397,7 \cdot 35 - 677,7 \cdot 105}{100} = 1550,8 \text{ Н.}$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

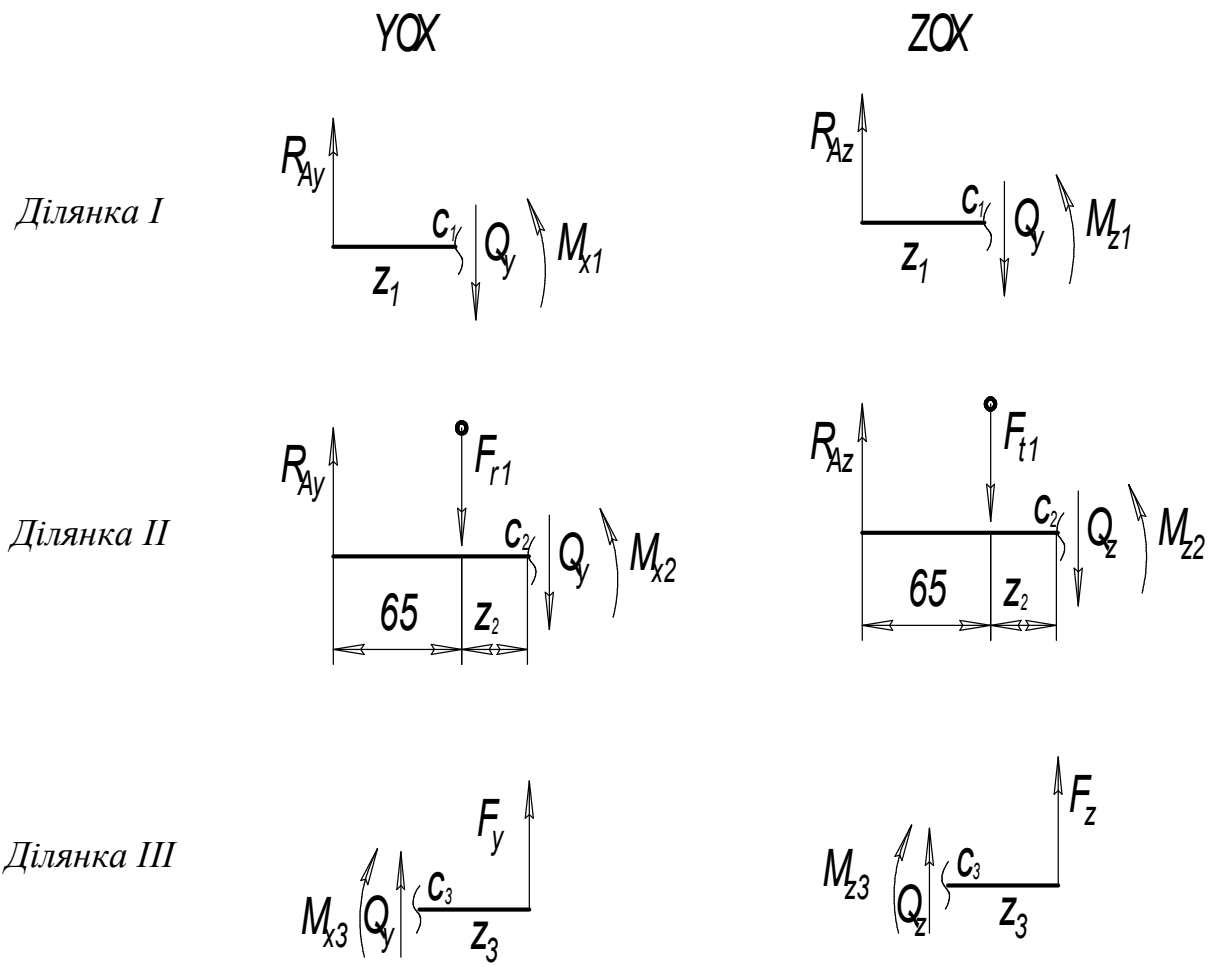


Рисунок 2.6 – Згинальні моменти в січеннях

Визначаємо реакції опор:

$$R_A = \sqrt{R_{Az}^2 + R_{Ay}^2} = \sqrt{(1550,8)^2 + (702,8)^2} = 1702,6 \text{ Н};$$

$$R_B = \sqrt{(169,2)^2 + (208,6)^2} = 268,6 \text{ Н}.$$

Визначимо згинальні моменти в перерізах:

Площина YOX .

Ділянка I: $0 \leq z_1 \leq 65$.

$$\sum M_{C_1} = 0; \quad M_{x1} - R_{Ay} \cdot z_1 = 0; \quad M_{x1} = R_{Ay} \cdot z_1; \quad z_1 = 0; \quad M_{x1} = 0;$$

$$z_1 = 65; \quad M_{x1} = 702,8 \cdot 0,065 = 45,68 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Ділянка II: $0 \leq z_2 \leq 35$.

$$\sum M_{C_3} = 0; \quad -M_{x3} + F_y \cdot z_3 = 0; \quad z_2 = 0; \quad M_{x2} = R_{Ay} \cdot 65 = 45,68 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$z_1 = 35; \quad M_{x_2} = R_{Ay} \cdot 100 - F_{r_1} \cdot 35 = 702,8 \cdot 100 - 872,7 \cdot 35 = 39,7 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Ділянка III: $0 \leq z_3 \leq 105$.

$$\sum M_{C_2} = 0; \quad M_{x_2} - R_{Ay} \cdot (65 + z_2) + F_{r_1} \cdot z_2 = 0; \quad z_3 = 0; \quad M_{x_3} = 0;$$

$$z_3 = 105; \quad M_{x_3} = F_y \cdot 105 = 378,5 \cdot 0,105 = 39,7 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Площина ZOX .

Ділянка I: $0 \leq z_1 \leq 65$.

$$\sum M_{C_1} = 0; \quad M_{z_1} - R_{Az} \cdot z_1 = 0; \quad z_1 = 0; \quad M_{z_1} = 0;$$

$$z_1 = 65; \quad M_{z_1} = 1550,8 \cdot 0,065 = 100,8 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Ділянка II: $0 \leq z_2 \leq 35$.

$$\sum M_{C_2} = 0; \quad M_{z_2} + F_{t_1} \cdot z_2 - R_{Az} \cdot (65 + z_2) = 0; \quad z_2 = 0; \quad M_{z_2} = 100,8 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$z_2 = 35 - M_{z_2} = 2397,7 \cdot 35 - 1550,8 \cdot 100 = 71,16 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Ділянка III: $0 \leq z_3 \leq 105$.

$$\sum M_{C_3} = 0; \quad -M_{z_3} + F_z \cdot z_3 = 0; \quad z_3 = 0; \quad M_{z_3} = 0;$$

$$z_3 = 105; \quad M_{z_3} = F_z \cdot 105 = 677,7 \cdot 105 = 71,16 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Визначаємо сумарні згинальні моменти:

$$M_{\Sigma} = \sqrt{M_X^2 + M_Z^2}; \quad M_{\Sigma} = \sqrt{45,68^2 + 100,8^2} = 110,6 \text{ Нм};$$

$$M_{\Sigma} = \sqrt{39,7^2 + 71,16^2} = 81,48 \text{ Нм}.$$

Крутильний момент на швидкохідному валу $T=108 \text{ Нм}$.

Крутильний момент в небезпечному перерізі:

$$M_{кр} = T \cdot \eta_{з.п.} = 108 \cdot 0,98 = 105,8 \text{ Нм}.$$

Визначуваний запас міцності валу.

По згину:

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma}}{K_d \cdot K_F} \cdot \sigma_A + \psi_B \cdot \sigma_m}; \quad (2.45)$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

По крученню:

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau}}{K_d \cdot K_F} \cdot \tau_a + \Psi_{\tau} \cdot \tau_m}; \quad (2.46)$$

Матеріал валу – сталь 40Х:

$$\sigma_{-1} = 400 \text{ МПа}; \tau_{-1} = 230 \text{ МПа}; K_{\sigma} = 3,2; K_{\tau} = 2,0; \sigma_m = 0;$$

$$\sigma_a = \frac{M_n}{W} = 5,59 \text{ МПа}; \tau_a = \tau_m = \frac{M_{kp}}{2W_k} = \frac{T_2 \cdot \eta_{3.П.}}{2 \cdot 0,2d^3};$$

$$S_{\sigma} = \frac{400}{\frac{3,2}{1 \cdot 0,75} \cdot 5,59} = 16,7; S = \frac{16,7 \cdot 7,29}{\sqrt{16,7^2 + 7,29^2}} = 6,68;$$

$$S_{\tau} = \frac{230}{\frac{2,0}{1 \cdot 0,75} \cdot 11,6 + 0,05 \cdot 11,6} = 7,29,$$

умова виконується $[S] = 1,5 \dots 5 < S = 6,68$.

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

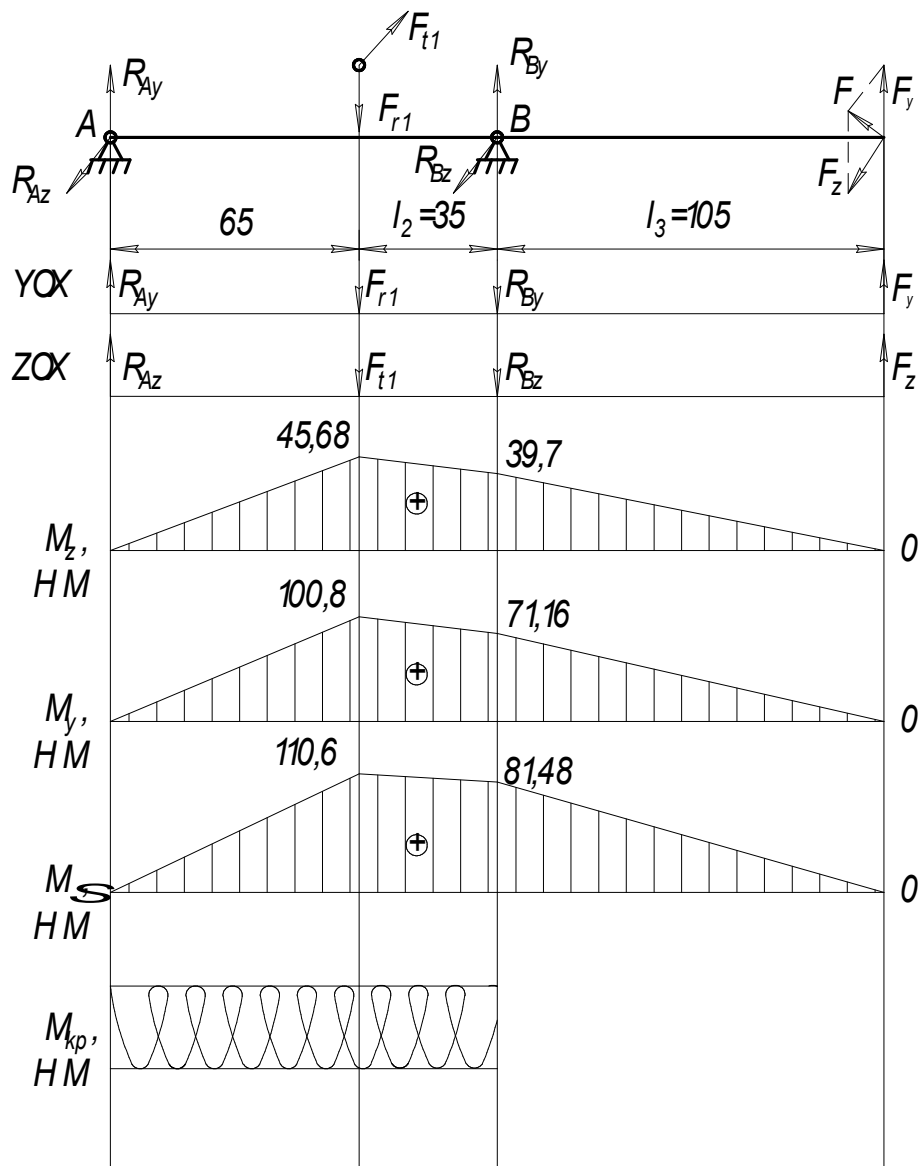


Рисунок 2.7 – Епюри моментів

2.8. Розрахунок підшипників кочення

Робимо вибір і розрахунок підшипників кочення для проміжного валу $d_n = 35$ мм, $n = 630$ об/хв.

Вибираємо шарикопідшипник радіальний однорядний 207:

$$d = 35 \text{ мм}; D = 72 \text{ мм}; B = 17 \text{ мм}; C = 19700 \text{ Н}; C_0 = 13600 \text{ Н};$$

$$F_{r1} = R_A = 1702,6 \text{ Н}; F_{r2} = R_B = 268,6 \text{ Н}.$$

Визначаємо еквівалентне динамічне навантаження:

$$P = F_r \cdot V \cdot K_\sigma \cdot K_T = 268,6 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 390 \text{ Н},$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$V = 1,1$ – коефіцієнт обертання;

$K_{\sigma} = 1,2$ – коефіцієнт безпеки, залежний від типу механізму;

$K_T = 1,1$ – температурний коефіцієнт.

Довговічність підшипників згідно довідникових даних

$$L_h = 15000 \text{ год.}$$

Визначаємо потрібну динамічну вантажопідйомність:

$$C' = P^3 \sqrt{\frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6}} = 390^3 \sqrt{\frac{60 \cdot 630 \cdot 15000}{10^6}} = 1806,2 \text{ Н} \leq C = 19700 \text{ Н.}$$

по умові $C' < C$, отже, підшипники вибрані правильно.

Робимо вибір і розрахунок підшипників кочення, що встановлюються на вал шпинделя:

а) $d_{n_1} = 80 \text{ мм}$;

б) $d_{n_2} = 45 \text{ мм}$; $n = 315 \text{ об/хв}$.

Для випадку а) вибираємо роликовий радіальний дворядний підшипник з короткими циліндричними роликами.

Тип підшипника 3182116 К:

$$d = 80 \text{ мм}; D = 125 \text{ мм}; B = 34 \text{ мм};$$

$$C = 93000; C_0 = 1020 \text{ Н}; F_r = R_B = 5216,3 \text{ Н},$$

$V = 1$ – коефіцієнт обертання;

$K_{\sigma} = 1,25$ – коефіцієнт безпеки;

$K_T = 1,05$ – температурний коефіцієнт.

Довговічність підшипника приймаємо $L_h = 15000$ годин.

Визначаємо потрібну динамічну вантажопідйомність:

$$C' = P^3 \sqrt{\frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6}}, \quad (2.47)$$

де $P = F_r \cdot V \cdot K_{\sigma} \cdot K_T = 5216,3 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,05 = 6846,4 \text{ Н}$;

$$C' = 6846^3 \sqrt{\frac{60 \cdot 315 \cdot 15000}{10^6}} = 44975,9 \text{ Н},$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

згідно умови $C' < C$, тобто $C' = 44975 < C = 93000\text{Н}$, отже, підшипник вибраний вірно.

Для випадку б) вибираємо шарикопідшипник радіальний однорядний типу 309

$$d_n = 45\text{мм}; D = 100\text{мм}; B = 25\text{мм};$$

$$C = 371100\text{Н}; C_0 = 26200\text{Н}; F_r = 1929,27\text{Н},$$

$V = 1,0$ – коефіцієнт обертання;

$K_\sigma = 1,25$ – коефіцієнт безпеки;

$K_T = 1,1$ – температурний коефіцієнт.

Довговічність підшипника приймаємо $L_h = 15000$ годин.

Визначаємо потрібне динамічне навантаження:

$$P = F_r \cdot V \cdot K_\sigma \cdot K_T = 1929,27 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,1 = 2652,7\text{Н}.$$

Визначаємо потрібну динамічну вантажопідйомність:

$$C' = P \sqrt[3]{\frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6}} = 2652,7 \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 315 \cdot 15000}{10^6}} = 17426,3\text{Н},$$

по умові $C' < C$, отже, підшипник вибраний правильно.

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

РОЗДІЛ 3

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок режимів різання

Зробимо розрахунок режимів різання по базовому варіанту для вертикально-фрезерної та горизонтально-фрезерної операції. Для усіх інших операцій розрахунок робитимемо в проектному варіанті, оскільки ці операції аналогічні також для базового варіанту.

Вертикально-фрезерна операція

Фрезерувати торець вилки:

$$K_{Mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{Iv} = 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{1,0} = 1,0;$$

$$K_{Iv} = 0,8; K_{Uv} = 1,0.$$

Значення коефіцієнта C_v і показників степеня вибираємо з довідників:

$$C_v = 332; q = 0,2; x = 0,1; y = 0,4; u = 0,2; m = 0,2; p = 0.$$

T – період стійкості інструменту.

приймаємо $T = 120$ хв.

$$v = \frac{332 \cdot 30^{0,2}}{120^{0,2} \cdot 0,2^{0,1} \cdot 0,06^{0,4} \cdot 26^{0,4} \cdot 16^0} \cdot 0,8 = 137,9, \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання шпинделя приймаємо: $n = 1200$ об/хв.

Визначаємо дійсну швидкість різання:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 1200}{1000} = 123,04 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо силу різання:

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

Глибина різання: $t = 0,2$ мм.

Подача на зуб фрези S_z : $S_z = 0,06$ мм/зуб.

Подача на оборот фрези S_0 : $S_0 = S_z \cdot z = 0,06 \cdot 4 = 0,24$ мм/об.

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Хвилинна подача S_M :
$$S_M = S_0 \cdot n = 0,24 \cdot 1200 = 308 \frac{\text{мм}}{\text{хв}} \approx 315 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}.$$

Визначаємо швидкість різання v :
$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot zP} K_v,$$

де K_v – коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання;

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Uv},$$

K_{Mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

K_{Iv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

K_{Uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{1,0} = 1,0,$$

де K_{Mp} – коефіцієнт, що впливає на якість оброблюваного матеріалу.

Значення коефіцієнта C_p і показників степеня:

$$C_p = 825; \quad x = 1,0; \quad y = 0,75; \quad n = 1,1; \quad q = 1,3; \quad w = 0,2;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 0,2^{1,0} \cdot 0,06^{0,75} \cdot 26^{1,1} \cdot 16}{30^{1,3} \cdot 1200^{0,2}} = 335,4 \text{ Н.}$$

Крутильний момент $M_{кр}$:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}; \tag{3.2}$$

$$M_{кр} = \frac{335,4 \cdot 30}{2 \cdot 100} = 50,31 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Потужність різання N_e :

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}; \tag{3.3}$$

$$N_e = \frac{335,4 \cdot 123,04}{1020 \cdot 60} = 0,67 \text{ кВт.}$$

Операція фрезерна.

Фрезерувати вушка вилки карданної.

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Глибина різання t : $t=24$ мм

Ширина різання B : $B = 1$ мм.

Подача на зуб фрези S_z : $S_z = 0,04$ мм/зуб.

Подача на оборот фрези S_0 : $S_0 = S_z \cdot z = 0,04 \cdot 16 = 0,64$ мм/об.

Хвилинна подача S_M : $S_M = S_0 \cdot n = 0,64 \cdot 315 = 210 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}$.

Визначаємо швидкість різання v :

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z^p} K_v; \quad (3.4)$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Uv} = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,8, \quad K_{Iv} = 0,8; \quad K_{Uv} = 1,0,$$

T – період стійкості інструменту, приймаємо $T=150$ хв.

Значень коефіцієнта C_v і показників степеня:

$$C_v = 1340; \quad q = 0,2; \quad x = 0,4; \quad y = 0,12; \quad n = 0; \quad m = 0,35; \quad p = 0.$$

$$v = \frac{1340 \cdot 125^{0,2}}{150^{0,35} \cdot 24^{0,4} \cdot 0,037^{0,12} \cdot 1,0 \cdot 1,0} 0,8 = 123,08, \text{ м/хв.}$$

Розрахуємо частоту обертання шпинделя n :

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}; \quad (3.5)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 123,08}{3,14 \cdot 125} 313,47 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 315$ об/хв.

Визначаємо дійсну швидкість різання:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 315}{1000} = 123,63 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо силу різання: $P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{Mp};$

$$K_{Mp} = 1,0.$$

Значень коефіцієнта C_p і показників степеня:

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_p = 261; \quad q = 1,1; \quad x = 0,9; \quad y = 0,8; \quad u = 1,1; \quad w = 0,1.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 24^{0,9} \cdot 0,037^{0,8} \cdot 1,0^{1,1} \cdot 16}{125^{1,1} \cdot 315^{0,1}} \cdot 1,0 = 1449 \text{ Н.}$$

Крутильний момент $M_{кр}$:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}; \quad (3.6)$$

$$M_{кр} = \frac{1449 \cdot 125}{2 \cdot 100} = 905,6 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Потужність різання N_e :

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}; \quad (3.7)$$

$$N_e = \frac{1449 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 2,92 \text{ кВт.}$$

Зробимо розрахунок по проектному варіанту, з поєднанням двох попередніх операцій.

005 Агрегатно-фрезерна.

поз. 1 Фрезерувати торець вилки.

Глибина різання t :

$$t = 0,2 \text{ мм.}$$

Подача на зуб фрези S_z : $S_z = 0,12 \text{ мм /зуб.}$

Подача на оборот фрези S_0 : $S_0 = S_z \cdot z = 0,12 \cdot 4 = 0,48 \text{ мм/об.}$

Визначаємо швидкість різання v :

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot zP} K_v, \quad (3.8)$$

де T – період стійкості інструменту;

K_v – коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання;

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Uv}, \quad (3.9)$$

де K_{Mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

K_{Iv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{Iv} ;$$

$$K_{Iv} = 0,8; K_{Uv} = 1,0; \quad K_v = 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{1,0} \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,8.$$

Значень коефіцієнта C_v і показників степеня:

$$C_v = 332; q = 0,2; x = 0,1; y = 0,4; u = 0,4; m = 0,35; p = 0.$$

T приймаємо, $T = 150$ хв.

$$v = \frac{332 \cdot 30^{0,2}}{150^{0,35} \cdot 0,2^{0,4} \cdot 0,12^{0,4} \cdot 26^{0,4} \cdot 1,0} \cdot 0,8 = 75,98 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}; \quad (3.10)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 75,98}{3,14 \cdot 30} = 805 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 800$ об/хв.

Визначаємо дійсну швидкість різання:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 800}{1000} = 75,36 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо силу різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{Mp}, \quad (3.11)$$

K_{Mp} – коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності.

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,3} = 1,0; \quad (3.12)$$

$$C_p = 825; x = 1,0; y = 0,75; n = 1,1; q = 1,3; w = 0,2.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 0,2^{0,1} \cdot 0,12^{0,75} \cdot 26^{1,1} \cdot 4}{30^{1,3} \cdot 800^{0,2}} \cdot 1,0 = 713,5 \text{ Н.}$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 0,2^{0,1} \cdot 0,12^{0,75} \cdot 26^{1,1} \cdot 4}{30^{1,3} \cdot 800^{0,2}} \cdot 1,0 = 713,5 \text{ Н.}$$

Крутильний момент на шпинделі:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}; \quad (3.13)$$

$$M_{кр} = \frac{713,5 \cdot 30}{2 \cdot 100} = 107 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Потужність різання N_e :

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}; \quad (3.14)$$

$$N_e = \frac{713,5 \cdot 75,36}{1020 \cdot 60} = 0,87 \text{ кВт.}$$

Поз.2. Фрезерувати вушка карданної вилки в розмір $41,8_{-0,25}; 25,2^{+0,21}$.

Глибина різання: $t = 24 \text{ мм.}$

Ширина різання: $B = 1 \text{ мм.}$

Подача на зуб фрези: $S_z = 0,06 \text{ мм/зуб.}$

Подача на оборот фрези: $S_0 = S_z \cdot z = 0,06 \cdot 16 = 0,96 \text{ мм/об.}$

Хвилинна подача S_M : $S_M = S_0 \cdot n = 0,96 \cdot 315 = 302,4 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}.$

приймаємо $S_M = 300 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}.$

Визначаємо швидкість різання v :

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} K_v; \quad (3.15)$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv}; \quad K_{Mv} = 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{1,0} = 1,0; \quad K_{Пv} = 0,8; \quad K_{Иv} = 1,0.$$

Значень коефіцієнта C_v і показників степеня вибираємо згідно довідника:

$$C_v = 740; q = 0,2; \quad x = 0,14; \quad y = 0,4; \quad u = 0,12; \quad m = 0,35; \quad p = 0; \quad u = 0.$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$v = \frac{740 \cdot 125^{0,2}}{150^{0,35} \cdot 24^{0,4} \cdot 0,06^{0,12} \cdot 1,0} 0,8 = 139,6 \quad \text{м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}; \quad (3.16)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 139,6}{3,14 \cdot 125} = 316,6 \quad \text{об/хв.}$$

Приймаємо $n = 315$ об/хв.

Визначаємо дійсну швидкість різання:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 315}{1000} = 134,4 \quad \text{м/хв.}$$

Розраховуємо силу різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{Mp}; \quad K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,3} = 1,0.$$

Значень коефіцієнта C_p і показників степеня:

$$C_p = 261; \quad q = 1,1; \quad x = 0,9; \quad y = 0,8; \quad u = 1,1; \quad w = 0,1.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 24^{0,9} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 1,0^{1,1} \cdot 16}{125^{1,1} \cdot 315^{0,1}} 1,0 = 3193 \text{ Н.}$$

Крутильний момент на шпинделі:

$$M_{kp} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{3193 \cdot 125}{2 \cdot 100} = 1995,6 \quad \text{Нм.}$$

Потужність різання: $N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{3193 \cdot 134,4}{1020 \cdot 60} = 7,01 \quad \text{кВт.}$

Операція 030 Агрегатна (5-ти поз. н/автомат).

I. Поз. Установка і затиск.

II. Поз. Свердлильна. Свердлити вушка (15 з двох сторін і свердлити отв.

• 16 напрохід.

Для • 15 мм глибина різання t : $t = 0,5D = 0,5 \cdot 15 = 7,5 \text{ м.}$

Подача: $S_0 = 0,28 \text{ мм/об.}$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$\text{Швидкість різання: } v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v,$$

де K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Uv} \cdot K_{lv}, \quad (3.18)$$

K_{lv} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління;

$$K_{lv} = 1,0.$$

$$K_{Mv} = 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{0,9} = 1; \quad K_{Uv} = 0,4; \quad T = 30 \text{ хв.}$$

Значень коефіцієнта C_v і показників степеня: $C_v = 9,8$;

$$v = \frac{9,8 \cdot 15^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 0,28^{0,5}} 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{0,9} \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 11,08 \text{ м/хв.}$$

Крутильний момент:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p, \quad (3.19)$$

де K_p залежить від матеріалу оброблюваної заготовки і визначається вираженням $K_p = K_{Mp} = 1,0$. Значення коефіцієнта C_M і показників.

$$C_M = 0,0345; \quad q = 2,0; \quad y = 0,8;$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 15^{2,0} \cdot 0,28^{0,8} \cdot 1,0 = 28,03 \text{ Н·м.}$$

Осьова сила:

$$P_0 = 10 C_p D^q S^y K_p; \quad (3.20)$$

$$C_p = 68; \quad q = 1,0; \quad y = 0,7; \quad P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 15^{1,0} \cdot 0,28^{0,7} \cdot 1,0 = 4184,2 \text{ Н·м.}$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (3.21)$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 11,08}{3,14 \cdot 15} = 235,2 \text{ об/хв}; \quad N_e = \frac{28,03 \cdot 235,2}{9750} = 0,67 \text{ кВт.}$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Свердли́ти отвір $\varnothing 16$ на прохід.

Глибина різання t : $t = 0,5D = 0,5 \cdot 16 = 8$ мм.

Подача S_0 : $S_0 = 0,33$ мм/об.

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v; \quad (3.22)$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{lv} = 1,0 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,4,$$

T – період стійкості інструменту;

$T = 45$ хв.

Значення коефіцієнта C_v і показників степеня приведені в $C_v = 9,8$;

$$q = 0,4; \quad y = 0,5; \quad m = 0,2;$$

$$v = \frac{9,8 \cdot 15^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 0,28^{0,5}} \cdot 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{0,9} \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 11,08 \text{ м/хв.}$$

Крутильний момент на шпинделі:

$$M_{кр} = 10C_M D^q S^y K_p; \quad (3.23)$$

$$K_p = 1,0; \quad C_M = 0,0345; \quad q = 2,0; \quad y = 0,8;$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 16^{2,0} \cdot 0,33^{0,8} \cdot 1,0 = 36,38 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Осьове зусилля:

$$P_0 = 10C_p D^q S^y K_p; \quad (3.24)$$

$$K_p = 1,0; \quad C_p = 68; \quad q = 1,0; \quad y = 0,7; \quad P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 16^{1,0} \cdot 0,33^{0,7} \cdot 1,0 = 5007,1 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Розраховуємо потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (3.25)$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 9,66}{3,14 \cdot 16} = 192,2 \text{ об/хв.} \quad N_e = \frac{36,38 \cdot 192,2}{9750} = 0,71 \text{ кВт.}$$

III поз. Підрізувати торець в розмір $43 \pm 0,3$.

Глибина різання t : $t = 0,3$ мм.

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Подача S : $S = 0,4 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання: $v = \frac{C_v}{T^m \cdot S^y} K_v$;

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Uv}; \quad K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{Iv} = 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{1,0} = 1,0;$$

$$K_{Iv} = 1,0; \quad K_{Uv} = 1,0,$$

T – період стійкості інструменту;

$T = 40$ хв.

Значення коефіцієнта C_v і показників степеня m і y :

$$C_v = 47; \quad y = 0,8; \quad m = 0,2; \quad v = \frac{47}{40^{0,2} \cdot 0,4^{0,8}} 1,0 = 46,7 \text{ м/хв.}$$

Силу різання прийнято розкласти на складові сили, спрямовані по осях координат верстата (тангенціальну P_z , радіальну P_y і осьову P_x):

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (3.26)$$

K_p – поправочний коефіцієнт.

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

K_{Mp} – коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності;

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту на складові сили різання при обробці;

$$K_{\varphi p} = 1,0; 1,0; 1,0; \quad K_{\gamma p} = 1,15; 1,6; 1,7; \quad K_{\lambda p} = 1,0; 1,0; 1,0;$$

$$K_{rp} = 0,93; 0,82; 1,0 \text{ (при } r = 1,0 \text{ мм);}$$

Значення коефіцієнта C_p і показників степеня.

Для складової P_z : $C_p = 408; \quad x = 0,72; \quad y = 0,8; \quad n = 0;$

Для складової P_y : $C_p = 173; \quad x = 0,73; \quad y = 0,67; \quad n = 0;$

$$P_z = 10 \cdot 408 \cdot 0,3^{0,72} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 0,93 = 8811,08 \text{ Н;}$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$P_y = 10 \cdot 173 \cdot 0,3^{0,73} \cdot 0,4^{0,67} \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,6 \cdot 0,82 = 510,12 \text{ Н};$$

$$P_{z,y} = 1391,2 \text{ Н}.$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}; \quad (3.27)$$

$$N_e = \frac{1391,2 \cdot 46,7}{1020 \cdot 60} = 1,06 \text{ кВт}.$$

IV поз. Зенкерування.

Зенкувати отвори вушок до $\varnothing 15,4^{+0,11}$ і зенкувати подовжній отвір до $\varnothing 17,2$ мм для отвору $\varnothing 15,4^{+0,11}$.

Глибина різання t :

$$t = 0,5(D - d) = 0,5 \cdot (15,4 - 15,0) = 0,2 \text{ мм}. \quad (3.28)$$

Подача S_0 : $S_0 = 0,4$ мм/об.

Швидкість різання v :

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v, \quad (3.29)$$

де K_v – коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання;

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{lv}.$$

$$K_{Mv} = 1,0 \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{lv} = 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{0,9} = 1,0,$$

$$K_{lv} = 1,0;$$

$$K_{lv} = 1,0;$$

T – період стійкості інструменту; $T=30$ хв.

Значення коефіцієнта C_v і показників степеня, застосовуються для зенкерування:

$$C_v = 16,3; q = 0,3; x = 0,5; y = 0,3; m = 0,2;$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$v = \frac{16,3 \cdot 15,4^{0,3}}{30^{0,2} \cdot 0,2^{0,5} \cdot 0,4^{0,3}} \cdot 1,0 = 55,2 \text{ м/хв.}$$

Крутильний момент:

$$M_{кр} = 10C_M D^q t^x S^y K_p; \quad (3.30)$$

$$K_p = 1,0; C_M = 0,09; q = 1,0; y = 0,8; x = 0,9;$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 15,4^{1,0} \cdot 0,2^{1,2} \cdot 0,4^{0,65} \cdot 1,0 = 53,5 \text{ Н·м.}$$

Осьова сила:

$$P_0 = 10C_p D^q t^x S^y K_p; \quad (3.31)$$

$$K_p = 1,0.$$

Значень коефіцієнта C_p і показників степеня:

$$C_p = 67; \quad x = 1,2; \quad y = 0,65;$$

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 0,2^{1,2} \cdot 0,4^{0,65} \cdot 1,0 = 53,5 \text{ Н.}$$

Розраховуємо потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}; \quad (3.32)$$

$$N_e = \frac{15,6 \cdot 380}{9750} = 0,6 \text{ кВт.}$$

для подовжнього отвору $\bullet 17,2$.

Глибина різання t : $t = 0,6 \text{ мм.}$

Подача S_0 : $S_0 = 0,3 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v; \quad (3.33)$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{lv} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0,$$

$T = 40 \text{ хв.}$

$$C_v = 16,3; q = 0,3; y = 0,3; m = 0,2; x = 0,5;$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$v = \frac{916,3 \cdot 17,2^{0,3}}{40^{0,2} \cdot 0,6^{0,5} \cdot 0,3^{0,3}} \cdot 1,0 = 33,9 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо крутильний момент:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q t^x S^y K_p; \quad (3.35)$$

$$K_p = 1,0; \quad C_M = 0,09; \quad q = 1,0; \quad x = 0,9; \quad y = 0,8;$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 17,2^{1,0} \cdot 0,6^{0,9} \cdot 0,3^{0,8} \cdot 1,0 = 3,73 \text{ Н·м.}$$

Осьове зусилля:

$$P_0 = 10 C_p t^x S^y K_p; \quad (3.36)$$

$$K_p = 1,0; \quad C_p = 67; \quad x = 1,2; \quad y = 0,65;$$

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 0,6^{1,2} \cdot 0,3^{0,65} \cdot 1,0 = 165,95 \text{ Н.}$$

Розраховуємо потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}; \quad (3.37)$$

$$N_e = \frac{3,73 \cdot 350}{9750} = 0,12 \text{ кВт.}$$

$V_{поз.}$ Розгортання

Розгорнути отвір \bullet $17,4^{+0,07}$.

Глибина різання t : $t = 0,5(D - d) = 0,5 \cdot (17,4 - 17,2) = 0,1 \text{ мм.}$

Подача S_0 : $S_0 = 1,0 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання v :

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v; \quad (3.38)$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{lv}; \quad K_{Mv} = 1,0; \quad K_{lv} = 1,0; \quad K_{lv} = 0,8,$$

приймаємо період стійкості інструменту $T=60 \text{ хв.}$

Значення коефіцієнта C_v і показників степеня:

$$C_v = 10,5; \quad q = 0,3; \quad x = 0,2; \quad y = 0,65; \quad m = 0,4;$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$v = \frac{10,5 \cdot 17,4^{0,3}}{60^{0,4} \cdot 0,1^{0,2} \cdot 1,0^{0,65}} 0,8 = 6,89 \text{ м/хв.}$$

Крутильний момент на шпинделі:

$$M_{кр} = \frac{C_p t^x S_z^y D z}{2 \cdot 100}; \quad (3.39)$$

Значень коефіцієнта C_p і показників степеня.

Для визначення крутильного моменту, при розгортанні кожен зуб інструменту можна розглядати як розточувальний різець

$$C_p = 200; \quad x = 1,0; \quad y = 0,75;$$

$$M_{кр} = \frac{200 \cdot 0,1^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 17,4 \cdot 4}{2 \cdot 100} = 6,95 \text{ Н·м.}$$

Розраховуємо потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}; \quad (3.40)$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 6,89}{3,14 \cdot 17,4} = 124,6 \text{ об/хв}; \quad N_e = \frac{6,95 \cdot 124,6}{9750} = 0,09 \text{ кВт.}$$

Операція 050 Горизонтально-фрезерна

Фрезерувати внутрішні поверхні вушок в розмір $32_{+0,62}$, $4 \pm 0,3$, $4,9_{-0,2}$.

Глибина різання: $t=4$ мм.

Ширина різання: $B=3,4$ мм.

Подача на зуб фрези: $S_z=0,15$ мм/зуб.

Подача на оберт: $S_0 = S_z \cdot z = 0,15 \cdot 8 = 1,2$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання v :

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z^p} K_v; \quad (3.41)$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Uv}; \quad K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{Пv} = 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{1,0} = 1,0;$$

$$K_{Пv} = 0,8; \quad K_{Uv} = 0,65.$$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Значення коефіцієнта C_v і показників степеня:

$$C_v = 740; \quad q = 0,2; \quad x = 0,4; \quad y = 0,4; \quad m = 0,35; \quad n = 0; \quad p = 0$$

Приймаємо період стійкості інструменту: $T = 120$ х.

$$v = \frac{740 \cdot 80^{0,2}}{120^{0,35} \cdot 4^{0,4} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 1,0 \cdot 1,0} 0,52 = 210,2 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 210,2}{3,14 \cdot 180} = 630,9 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 600$.

Визначаємо дійсну швидкість різання:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 600}{1000} = 150,72 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо силу різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{Mp}; \quad (3.42)$$
$$K_{Mp} = 1,0.$$

Значень коефіцієнта C_p і показників степеня:

$$C_p = 261; \quad q = 1,1; \quad x = 0,9; \quad y = 0,8; \quad n = 1,1; \quad w = 0,1.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 4^{0,9} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 3,4^{1,1} \cdot 8}{80^{1,1} \cdot 600^{0,1}} 1,0 = 304,2 \text{ Н.}$$

Крутильний момент: $M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{304,26 \cdot 80}{2 \cdot 100} = 152,13 \text{ Нм.}$

Потужність різання: $N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{304,26 \cdot 197,8}{1020 \cdot 60} = 0,98 \text{ кВт.}$

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Повністю безпечних і нешкідливих виробництв не існує. Завдання охорони праці – звести до мінімальною вірогідністю враження або захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Небезпечним виробничим чинником називається такий виробничий чинник, дія якого на працюючого в певних умовах призводить до захворювання, травм або до іншого раптового, різкого погіршення здоров'я.

Шкідливим виробничим чинником називається такий виробничий чинник, дія якого на працюючого в певних умовах призводить до захворювання або зниження працездатності.

Прикладами небезпечних чинників можуть служити відкриті токоведучі частини устаткування, рушійні деталі машин і механізмів, розжарені тіла, можливість падіння самого працюючого з висоти і тому подібне.

Прикладами шкідливих чинників є шкідливі домішки в повітрі, несприятливі метеорологічні умови, недостатнє освітлення, вібрації, шум, ультра- і інфразвук, електромагнітні поля і тому подібне. Між небезпечними і шкідливими чинниками часто не можна провести чіткої межі. Один і той же чинник може привести до нещасного випадку.

Охорона праці у виробництві повинна займати особливе місце, їй повинно відводиться якомога більше уваги, оскільки це призводить до поліпшення умов праці і його безпеки, а отже це призводить до зниження виробничого травматизму, захворювань, що зберігає здоров'я трудящих і одночасно

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призводить до зменшення витрат на плату пільг і компенсацій за роботу в несприятливих умовах праці, на лікування, перепідготовку робітників виробництва у зв'язку з плінністю кадрів з причин, пов'язаних з умовами праці.

Поліпшення умов праці приводить і до соціальних результатів - підвищення міри задоволеності працею, росту продуктивності і поліпшенню ряду інших показників, що характеризують вищу міру соціального розвитку.

4.1. Вимоги безпеки, що пред'являються до устаткування

Основною вимогою охорони праці, що пред'являються при проектуванні машин і механізмів, являється: безпека для людини, надійність і зручність експлуатації.

Безпека устаткування забезпечується правильним вибором принципів його дії, кінематичних схем, конструкційних рішень (у тому числі форм корпусів, складальних одиниць і деталей), робочих тіл, параметрів робочих процесів, використанням різних засобів захисту. Останні по можливості повинні вписуватися в конструкцію машин і агрегатів.

Усі засоби захисту, що застосовуються в машинобудуванні, працюючі за принципом дії можна розділити на захисні, запобіжні, блокуючі, сигналізуючі.

Захисні засоби захисту перешкоджають появі людини в небезпечній зоні. Застосовуються для ізоляції систем приводу машин і агрегатів, зон обробки заготовок, для обгороджування токоведущих частин і так далі. Захисні пристрої діляться на три основні групи: стаціонарні, рухливі і переносні. Обгороджування мають бути досить міцними і добре кріпитися до фундаменту або частин машини.

У проектуваному мною верстаті застосовані стаціонарні і рухливі захисні пристрої. Стаціонарні обгороджування не пропускають руки працюючого в зону обробки, а пропускають тільки оброблювану деталь. Рухливе обгороджування є пристроєм, що блокується з робочими органами механізму або машини. Воно закриває доступ в робочу зону при настанні небезпечного моменту.

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Запобіжні захисні засоби призначені для автоматичного відключення агрегатів і машин при виході якого-небудь параметра устаткування за межі допустимих значень, що виключає аварійні режими роботи. Важливу роль в забезпеченні безпечної експлуатації, ремонту і обслуговування грає гальмівна техніка, що дозволяє швидко зупиняти вали, шпинделі і інші елементи. Одним з видів запобіжних засобів є слабкі ланки в конструкціях технологічного устаткування, розраховані на руйнування при перевантаженнях. Спрацьовування слабкої ланки призводить до зупинки машини при аварії. У цьому проектованому верстаті застосовані такі засоби: стопорне гальмо для швидкого встановлення валу і фрикційна муфта, а також запобіжні шпонки.

4.2. Запилення

При обробці матеріалів різанням виділяється значна кількість металевого і абразивного пилю.

По санітарних нормах (Н101-54) концентрація металевого пилю в робочій зоні не повинна перевищувати 10 мгр/м³. Дія пилю згубно позначається на організмі людини. Вона може осідати на слизовій оболонці верхніх дихальних шляхів, а також може проникати глибоко в легені людини. Тому у будівлі, де розміщуються верстати, необхідно мати добре функціонуючу вентиляцію.

4.3. Органи управління

Цей верстат має головний пульт управління і кнопкові пульти управління, розташовані на передній стінці тумби для зручності управління верстатом. Головний пульт управління служить для роботи верстата в налагоджувальному режимі. Управління циклом ведеться з двох кнопкових постів управління.

Важелі і руків'я включення робочих органів верстата розташовуються оптимально з точки зору ергономіки. Важелі і руків'я управління знаходяться поза зоною обробки, що значно підвищує безпеку роботи робітника. Кнопки на пультах управління і кнопкових постах позначені простими графічними

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

символами.

4.4. Сигналізуючі пристрої

Ці пристрої є засобами сповіщення або засобами, застережливими про настання небезпеки. У відмінності від запобіжних пристроїв, які автоматично усувають виникнення небезпеки, сигналізуючі пристрої дають знати про поломку.

На пульті управління верстата світлові сигнали показують, що верстат знаходиться під струмом. Згідно з правилами техніки безпеки на верстаті встановлені сигнальні пристрої, що сповіщають про несправність системи мащення, про несправність якого-небудь механізму в процесі робочого циклу верстата, про підготовку верстата до роботи, про відміну блокування і про пробій ізоляції, а також про нормальне проходження циклу роботи верстата.

4.5. Засоби захисту від враження струмом

Небезпека враження електричним струмом залежить від напруги і частоти струму, шляху і тривалості дії струму, що проходить через тіло людини. Найбільшу небезпеку представляє струм з частотою 50 Гц. Для нормальних умов роботи в сухому приміщенні найбільш безпечною вважається напруга в 40 В, а в особливо небезпечних умовах 12 В. Мій верстат обладнаний електричними пристроями з напругою токоведущих частин 220 і 380 В при частоті 50 Гц. Отже, питанням реалізації безпеки роботи на ньому і при його наладці, необхідно приділяти найсерйознішу увагу.

Небезпека враження людини електричним струмом може виникнути, якщо струмоведучі частини верстата доступні для випадкового дотику працюючого. Електробезпека верстата досягається пристроями, що усувають випадковий дотик до струмоведучих частин і що захищає від переходу напруги на конструктивні частини верстата. Тому електричну апаратуру і сполучні струмоведучі пристрої надійно ізолюють і укривають в спеціальні шафи і під кожухи.

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

У чотирьохпровідних мережах 380/220 В, якщо їх нульова точка заземлена наглухо, замість захисного заземлення встановлюють захисне занулення. Воно є з'єднанням металевих частин установки, в нормальних умовах що не знаходяться під напругою, з неодноразово заземленим нульовим дротом. Відключення відбувається в результаті згорання запобіжників або за допомогою електроавтомата, що вимикає.

Згідно стандартів опір ізоляції дротів живлення силових ланцюгів і ланцюгів управління у будь-якій наземній точці мають бути не менше 1 МОм. Ізоляція електроустаткування повинна витримувати без пробоїв струм напругою 1700 В впродовж 1 хв.

Опір захисного заземлення, вимірний між будь-якою металевою частиною, на якій розташовано електроустаткування, і заземлюючим гвинтом, не повинен перевищувати 0,1 Ом.

Безпечне обслуговування електроустаткування верстата досягається правильно організованою його експлуатацією. Доступ до електроапаратури можуть мати тільки фахівці.

4.6. Блокувальні пристрої

Ці пристрої унеможливають проникнення людини в небезпечну зону або усувають небезпечний чинник на час перебування людини в цій зоні. Велике значення цей вид засобів захисту має при обгороджуванні небезпечних зон і там, де роботу можна виконувати при знятому або відкритому охолодженні. За принципом дії блокувальні пристрої ділять на механічні, електричні, фотоелектричні, гідравлічні, пневматичні і комбіновані. У цьому проектованому верстаті переміщення силового столу обмежується в крайньому положенні жорстким упором. А також деякі інші блокувальні пристрої і засоби захисту. Наприклад, при знятому обгороджуванні агрегат неможливо запустити в роботу, оскільки гальмівний пристрій гальмує привід і електродвигун відключається. Застосовується електричне блокування на цьому устаткуванні з

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

електроприводом.

У режимі «Робота» використовуються наступні блокування:

- блокування налагоджувального режиму;
- при зникненні затиску при робочій подачі столу реле циклу відключається.

4.7. Пожежна безпека

Пожежі на промислових підприємствах виникають у більшості випадків від несправностей технологічного устаткування, електроустановок, захисних приладів, необережного поводження з вогнем обслуговуючого персоналу і порушень правил пожежної безпеки при проведенні робіт.

Найпоширенішими джерелами запалення на промислових підприємствах є:

- іскри при короткому замиканні (виникає при неправильному підборі і монтажі електромереж, зносі, старіння і ушкодження ізоляції електропроводів і устаткування);
- іскрові розряди статичної електрики і тому подібне;
- теплота виділяється при перевантаженнях електричних мереж, машин і апаратів, великих перехідних опорах.

Виникнення пожежі можна запобігти шляхом проведення інженерних технічних заходів при проектуванні і експлуатації технологічного устаткування, енергетичних установок, а також дотриманням правил пожежної безпеки.

Усунути можливі причини виникнення пожежі можна виключенням, де це здійснено, утворення горючого середовища, а також попередженням появи теплових джерел (поверхні без мастила, нагрівання масла в редукторах, що труться), здатних запалювати це середовище.

У цехах і на ділянках необхідно застосовувати прилади і апарати автоматичного контролю, управління, регулювання і захисту (датчики температури, регулятори, вогнегасники і так далі), які впливають на зниження пожежної безпеки у виробництві.

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Велике значення для усунення причин виникнення пожеж має чітко організоване проведення протипожежного інструктажу і занять по пожежно-технічному мінімуму з робітниками і службовцями підприємства.

4.8. Вібрації, їх вплив, нормування вібрацій захист від вібрацій

У промисловості широке застосування отримало устаткування, що створює вібрацію, що несприятливо впливає на людину. Дія вібрації погіршує самопочуття працюючого, знижує продуктивність праці, і часто призводить до важкого професійного захворювання – віброхвороби.

Відповідно стандартів «Вібрація. Терміни і визначення» під вібрацією розуміється рух точки або механічної системи, при якому відбувається почергове зростання і убування в часі значень, принаймні, однієї координати.

Причиною виникнення вібрації є виникаючі при роботі машин і агрегатів неурівноважені силові дії. У одних випадках їх джерелами є: зворотно-поступальні системи, що рухаються, неурівноважені маси (різальний інструмент верстата і тому подібне), що обертаються, іноді створюються ударами деталей.

Розрізняють загальну і локальну вібрації. Загальна вібрація викликає струс усього організму, місцева залучає до коливального руху окремі частини тіла. Загальній вібрації піддаються робітники деяких видів устаткування, транспортні робітники і тому подібне. Локальній вібрації піддаються робітники з ручним електричним і пневматичним механізованим інструментом. У ряді випадків працюючий може піддаватися одночасно дії загальній і локальній вібрації.

Загальна вібрація з частотою менше 0,7 Гц (хитавиця) не призводить до вібраційної хвороби. Наслідком такої вібрації є морська хвороба, що відбувається із-за порушення нормальної діяльності органів рівноваги. Такий вид вібрації може не викликати больових відчуттів, але утруднити проведення виробничих процесів.

Локальна вібрація викликає спазми судин, погіршує постачання кінцівок кров'ю, порушує діяльність нервової системи, порушує чутливість шкіри,

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

зменшує рухливість суглобів.

Розрізняють гігієнічне і технічне нормування. У першому випадку роблять обмеження параметрів вібрації виходячи з фізіологічних вимог, що виключають виникнення вібраційної хвороби. У другому випадку здійснюють обмеження параметрів вібрації з обліком не лише вказаних вимог, але і технічно досяжного для цього виду машин рівня вібрації.

Відповідно стандарту «Система стандартів безпеки праці. Вібрація, загальні вимоги безпеки» встановлені допустимі значення і методи оцінки гігієнічних характеристик вібрацій, що визначають дію на людину. Гігієнічні норми вібрації встановлені для тривалої робочої зміни 8 годин.

Вібрації нормуються окремо в кожній стандартній октавній смузі, по-різному для загальної і локальної вібрацій. Загальна вібрація нормується з урахуванням властивостей джерела виникнення і ділиться на вібрацію:

- транспортну;
- транспортно технологічну;
- технологічну.

Розробка дій по зниженню виробничих вібрацій повинна проводитись одночасно з рішенням основної задачі машинобудування – комплексної механізації і автоматизації виробництва.

Основними методами боротьби з вібраціями устаткування є:

- 1) зниження вібрацій дією на джерело збудження;
- 2) настроєння від режиму резонансу шляхом раціонального вибору маси або жорсткості системи, що коливається;
- 3) вібродемпфування – збільшення механічного імпедансу конструктивних елементів, що коливаються, шляхом збільшення десипативних сил при коливаннях з частотами, близькими до резонансних;
- 4) динамічне гасіння коливань – приєднання до захищаючого об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкту в точках приєднання системи;

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

5) зміна конструктивних елементів машин і устаткування.

У проєктованому верстаті для зменшення вібрацій застосовані ребра жорсткості, щоб конструкція була жорсткішою. На опорах валів застосовані підшипникові пари що також зменшують вібрацію. Мастило значно знижує рівень вібрації зубчастих зачеплень. Також вібрації гасять шляхом установки агрегатів фрезерних головок на фундаменті. Також застосовують гумові прокладення.

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

В процесі виконання випускної бакалаврської роботи були введені нові рішення по модернізації вузлів верстата-прототипу, які не вимагають додаткових вимог по техніці безпеки та охороні праці.

За рахунок застосування нового устаткування підвищується продуктивність і у зв'язку з цим розробляється фрезерна голівка.

Застосовано пристосування на дві деталі з автоматичним затиском і розтиском, працююче від пневмосистеми верстата.

Модернізація верстата допомогла спростити його конструкцію та полегшити роботу на ньому.

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агрегатно модульне технологічне обладнання нового покоління, його оснащення та інструментальне забезпечення. Під заг. Ред.. Ю.М. Кузнєцова. Навч. Посібник для ВНЗ. Кіровоград, 2003. – 507с.
2. Бочков В.М., Сілін Р.І., Гаврильченко О.В. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів: Підручник за ред. Р.І. Сіліна. – Львів: Видавництво «Бескид Бід», 2008. – 448с.
3. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М., Туряб Л.В., Лико Х.В. Практикум з охорони роботи. Навчальний посібник / За ред. В.Ц. Жидецького. - Львів: Афіша, 2000.- 352с.
4. Деталі машин: Навчальний посібник / Г.М. Борозенець, В.М. Павлов., І. В. Семак. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. – 220 с.
5. Підшипники кочення: Ч.1. Кулькові підшипники [Електронний ресурс] : навч. наоч. посіб. для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. А.К. Скуратовський. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 51 с.
6. Гандзюк М.П., Желібо Е.Л., Халімовський М.О. Основи охорони роботи./ За ред. М.П. Гандзюка.- К.: Каравела, 2004.- 408с.
7. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.; з іл.
8. Рудь В.Д., Божко Т.Є., Гальчук Т.Н. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131 – Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр; спеціалізація – технологія машинобудування) / Навчальний посібник / Під загальною редакцією професора В.Д. Рудя – Луцьк: Інформаційно-видавничий відділ Луцького НТУ. – 2017. – 500с.
9. Кузнєцов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

вестатах: Монографія Упорядник Кузнєцов Ю.М. – К.: - Тернопіль: Тернограф, 2011. -692с.

10. Муляр Ю.І. Автоматизація виробництва в машинобудуванні. Частина II: навчальний посібник. / Ю. І. Муляр, С. В. Репінський. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 123 с.

11. Кобзар Є.П., Мельничук Л.С., Громовий О.А. Розрахунки і проектування вузлів та деталей верстатів і систем: Навчальний посібник. - Житомир: ЖІТІ, 2000. - 361 с.

12. Методичні вказівки до виконання курсового проекту на тему: "Режими різання матеріалів" для студентів 07.090202 "Технологія машинобудування" усіх форм навчань. / Гордєєв О.Ф. ЛДТУ, 2005. – 38с.

13. Методичні вказівки до курсового проекту на тему: "Обґрунтування технічних характеристик металорізальних верстатів" для студентів спеціальності "Металорізальні верстати, та системи"(7.090203 форм навчання. / Гордєєв О.Ф. ЛДТУ. 2006. – 36с.

14. Методичні вказівки до виконання курсового проекту на тему: "Розрахунок шпиндельних вузлів. Методика" для студентів спеціальності 07.090202 "Технологія машинобудування" усіх форм навчання / О.Ф. Гордєєв - Луцьк: ЛДТУ, 2005.-32 с.

15. Обладнання і транспорт механообробних цехів. Конспект лекцій для студентів спеціальностей "Технологія машинобудування" (7.090202) та "Металорізальні верстати та системи" (8.090203) усіх форм навчання / Гордєєв О.Ф. Луцьк: ЛНТУ, 2009. - 36с.

16. О.Ф. Гордєєв Методичні вказівки до виконання курсового проекту по металорізальних верстатах. Луцьк. 2011. – 50с.

17. О.Ф. Гордєєв, Р.М. Полінкевич. Конструювання верстатів та машин. Конспект лекцій. Луцьк. 2012. – 28с.

18. О.Ф. Гордєєв, Р.М. Полінкевич. Металообробне обладнання. Методичні вказівки до курсового проекту. Луцьк. 2010.- 47с.

19. М.Н. Педченко, Т.І. Верба. Методичні вказівки до виконання атестаційної роботи бакалавра. Київ, 2005. – 20с.

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Губський А.І., Цивільна оборона. – К.: Міністерство освіти, 1995. – 216 с.

21. Металорізальні верстати. Кінематичний аналіз. Практикум до виконання практичних та лабораторних робіт [Електронний ресурс]: Навч. посібник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Металорізальні верстати та системи» / О.В. Шевченко, А.Ю. Беляєва; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 6,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 86 с.

22. Данильченко Ю.М., Шевченко О.В., Ковальов В.А., Волошин В.Н. Металообробне обладнання. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів: Навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 60 с.

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

ДОДАТКИ

					002Б – 24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62