

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ Віталій ІВАНОВ

_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування, освітньо-професійної програми «Металорізальні верстати та системи»

на тему: Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення вала-шестерні 1А616.04.13 коробки швидкостей токарно-гвинторізного верстата моделі 1А616.

Здобувача групи МВ-01/1 Зайця Івана Андрійовича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Іван ЗАЯЦЬ

Керівник старший викладач, к.т.н., Андрій ДОВГОПОЛОВ _____

Нормоконтролер доцент, канд. техн. наук, доцент Артем ЄВТУХОВ _____

Суми – 2024

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Інститут, факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
Освітньо-науковий перший (бакалаврський)
рівень 133 «Галузеве машинобудування»
Спеціальність (шифр і назва)
Освітня програма «Металорізальні верстати та системи»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ Віталій ІВАНОВ

« _____ 2024 року
» _____

ЗАВДАННЯ

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Заяць Іван Андрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення вала-шестерні 1А616.04.13 коробки швидкостей токарно-гвинторізного верстата моделі 1А616

керівник проекту Довгополов Андрій Юрійович, канд. техн. наук, ст.викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «29» квітня 2024 року № 0447-VI

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «1» червня 2024 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) деталь – «Вал-шестерня» токарно-гвинторізного верстата моделі 1А616.

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

4.1 Аналіз службового призначення верстата, вузла, деталі

4.2 Розроблення робочого креслення заданої деталі

4.3 Аналіз структурних сіток

4.4 Вибір способу отримання заготовки

4.5 Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхонь

4.6 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки

4.7 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

4.8 Проектування верстатного пристрою

4.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Зміст графічної частини (перелік креслень, які потрібно розробити)

5.1 Креслення деталі

5.2 Креслення вихідної заготовки

5.3 Креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.4 Креслення операційного налагодження

5.5 Креслення верстатного пристрою

6. Інша конструкторська та технологічна документація

5. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

6. Дата видачі завдання «__» _____ 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Конструкторсько-технологічна частина	30.04.2024	
2	Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях	06.05.2024	
3	Оформлення пояснювальної записки	13.05.2024	
4	Оформлення креслень	24.05.2024	

Студент

_____ (підпис)

Керівник роботи (проєкту)

_____ (підпис)

Іван ЗАЯЦЬ

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Андрій ДОВГОПОЛОВ

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Записка: 70 с., 17 рис., 14 табл., 14 літературних джерел.

Об'єкт роботи – деталь «Вал-шестерня», яка входить до складу фартука токарно-гвинторізного верстата моделі 1А616.

Мета роботи – розроблення креслення та технологічного процесу виготовлення деталі «Вала-шестерні».

В роботі виконано аналіз службового призначення верстата моделі 1А616, вузла коробки швидкостей та деталі «Вала-шестерня». Також проаналізовано технічні вимоги, що пред'являються до деталі та її конструкції. За допомогою техніко-економічного обґрунтування був обраний раціональний метод отримання заготовки для даних умов виробництва.

У якості аналізованих операцій було обрано дві - фрезерно-центрувальна та вертикально-фрезерна з ЧПК. Для даних операцій було підібрано нові верстати, виконано обґрунтування вибору схеми базування і закріплення заготовки, вибрано верстатні пристрої, ріжучий та вимірювальний інструмент. Визначено режими обробки за нормативами режимів різання для двох переходів аналітичним, а для інших переходів табличним методом для досліджуваних операцій.

У графічній частині роботи виконані креслення деталі, заготовки, верстатного пристрою і маршрутного технологічного процесу механічної обробки заготовки, операційної наладки на вертикально-фрезерну з ЧПК операцію.

У додатку «Охорона праці» розглянуто характеристику та дію на організм людини, нормування та захист від електромагнітних полів.

**ВЕРСТАТ 1А616, КОРОБКА ШВИДКОСТЕЙ, ВАЛ ШЕСТЕРНЯ,
БАЗУВАННЯ, УСТАНОВ**

ЗМІСТ

	с.
Вступ.....	3
1 Аналіз службового призначення верстата, вузла, деталі. опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	4
2 Аналіз структурних сіток кінематичних вузлів верстата.....	9
3 Розроблення робочого креслення заданої деталі.....	16
4 Техніко-економічне обґрунтування способу отримання вихідної заготовки	19
5 Розроблення технологічного процесу виготовлення заданої деталі.....	24
5.1 Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхонь.....	24
5.2 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки	26
5.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата	30
5.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів	32
5.5 Визначення режимів різання.....	34
6 Розроблення верстатного пристрою.....	46
Висновок	56
Перелік джерел посилання	57
Додаток А Креслення деталі	60
Додаток Б Результати розрахунку припусків.....	61
Додаток В Специфікація до верстатного пристрою	62
Додаток Г Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	64

ВСТУП

Верстатобудування представляє собою особливу галузь обробної промисловості з виробництва різноманітних машин і устаткування, що виготовляє засоби виробництва.

Верстатобудування характеризує промисловий розвиток країни і робить великий внесок, пов'язаний зі створенням матеріальної бази суспільства. До його розвитку завжди надавалося і надається першорядне значення.

Верстатобудування - це галузь науки, яка займається вивченням, удосконаленням виготовлення металорізальних верстатів необхідної якості, покращенням технологічних процесів їх виготовлення, у встановленій виробничою програмою кількості і в задані строки при найменшій собівартості.

Наразі помічається швидке і багаторазове ускладнення верстатів, об'єднання їх у великі комплекси, зменшення їх металоємності і підвищення їх силової та електричної напруженості. З підвищенням зносостійкості деталей машин зменшуюються витрати матеріалів на їх виготовлення, зменшується кількість працівників і трудомісткість при експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті. Розробляються способи оптимізації технологічних процесів, спрямованих на досягнення необхідної точності, продуктивності та економічності виготовлення при забезпеченні високих експлуатаційних якостей та надійності роботи машини.

Розгортаються роботи по створенню гнучких автоматизованих виробничих систем на основі використання обчислювальних машин, автоматизації міжопераційного транспорту та контролю і робототехніки.

Таким чином, розроблення креслення і технологічного процесу виготовлення «Вала шестерні», що входить у коробку швидкостей верстата 1А616 є актуальним завданням.

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВЕРСТАТА, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Деталь «Вал-шестерня», що запропонована для розгляду у даному дипломному проєкті є однією з найважливіших деталей токарно-гвинторізного верстата моделі 1А616 (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Верстат моделі 1А616

Декілька десятків моделей різноманітних верстатів виготовляли раніше і кожен мав своє особливе призначення, габарити та характеристики. Велику кількість верстатного парку складають токарні верстати. Згідно з класифікацією металорізальні верстати поділяються на різні типи і класи, що відрізняються за призначенням, конструктивним компонуванням, ступенем автоматизації та іншими ознаками.

Верстат 1А616 призначений для виконання фінішної обробки виробів різних видів. Для верстата 1А616 характерним є виконання токарних робіт нормальної

точності. Він здатний обробляти деталі діаметром 350 мм. Для верстата характерна чиста та точна обробка заготовок, а також обробка з великими допусками може проводитись але не часто і на відповідних режимах. Це досить надійний верстат. Працювати на ньому можна за умов високої температури повітря. Для всіх операцій на токарному верстаті характерна точність і висока чистота виконання різьби. Це пов'язано з тим, що у ньому всі деталі конструкції мають високу точність, опори шпинделя оснащені підшипниками високої точності класу 4 (майже найвищий клас точності).

Всі верстатні елементи мають балансування високого ступеня. Для токарного верстата 1А616 характерна ступінчасте регулювання швидкості обробки, що можливо зробити за рахунок коробки швидкостей.

Особливості токарного верстату 1А616:

- передня бабка оснащена двома переборами з різними передатними числами;
- коробка швидкостей верстата розташована внизу та з'єднана із шпиндельною бабкою п'ятьма клиновими пасами;
- на коробці є два важелі, що перемикають діапазони;
- тип переключення – кулачковий;
- токарний верстат має різцетримач особливої конструкції, який дозволяє оператору при обробці деталі швидко віднімати інструмент від заготівлі;
- обладнання має категорію точності "Н" – нормальна точність;
- верстат може працювати в декількох режимах, це можливо через використання на ньому електроприводу тиристорного типу;
- на фартуху верстата є дві рукоятки, що управляють переміщеннями поздовжніх салазок і супорта;
- верстат не має прискореного переміщення, бо це не передбачено конструкцією.

Основні параметри верстата приведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики верстату 1A616

Основні параметри верстата	
Клас точності верстата	Н
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над станиною, мм	350
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над супортом, мм	165
Найбільший діаметр оброблюваного прутка на передньому затиску, мм	70
Найбільший діаметр оброблюваного виробу в патроні, мм	300
Найбільша довжина прутка, мм	710
Найбільший діаметр оброблюваного прутка, мм	34
Висота центрів, мм	165
Шпиндель	
Потужність двигуна головного руху, кВт	6,5
Кількість робочих швидкостей шпинделя	18
Межі чисел оборотів шпинделя, об / хв	9...1800
Кінець шпинделя фланцевий	
Подачі	
Найбільше переміщення супорта поздовжнє (Z), мм	650
Кількість поздовжніх / поперечних подач супорта	0,05...1,9
Швидке переміщення револьверного супорта, м / хв	немає
Кількість інструментів в різцетримачі	4
Переміщення супорта на одну поділку лімба, мм	0,1
Габарити і маса верстата	
Габаритні розміри верстата (довжина, ширина, висота), мм	2210 x 1200 x 1410
Маса верстата, кг	1420

Токарно-гвинторізний верстат 1А616 використовується для чорнової та чистової обробки сталей, чавунів, кольорових металів, загартованих заготовок, так як станина має литу міцну та жорстку конструкцію. Токарна обробка різноманітних матеріалів може проводитися з ударним навантаженням без суттєвого погіршення точності обробки.

Частоти обертання шпинделя, що забезпечуються коробкою швидкостей наступні: 9; 11; 21; 28; 35; 41; 56; 71; 90; 112; 180; 210; 280; 355; 410; 560; 710; 900; 1120; 1800 обертів за одну хвилину.

Вузол «Коробка швидкостей» складається з валів, підшипників, блоків зубчастих коліс, окремих шестерен, шпонок, гвинтів, ущільнюючих кілець, та ін.

Блоки зубчастих коліс та окремі шестерні розміщують на валах, що мають шліцьові поверхні. Рухомі блоки зубчастих коліс піддають термічній обробці для підвищення їх зносостійкості, а нерухомі шестерні центрують по зовнішньому діаметру та залишають без термічної обробки. Це спрощує технологію виготовлення валів, адже не треба їх шліфувати по внутрішньому діаметру шліців.

Даний виріб «Коробка швидкостей» також може бути встановлений на інших верстатах, що мають схожі характеристики.

Деталь «Вал-шестерня» з нумерацією поверхонь зображена на рисунку 1.2, а в таблиці 1.2 вказана класифікація поверхонь деталі.

Таблиця 1.2 – Класифікація поверхонь деталі

Класифікація поверхні	№ Поверхні
Виконавчі	6,11
Основні конструкторські бази	3,14
Допоміжні конструкторські бази	10,11
Вільні	1,2,4,5,7,8,9,12,13,14,15,16,17,18

Поверхні 6 та 11 є виконавчими, адже за її допомогою деталь виконує своє службове призначення, а саме передає крутний момент через зубці шестерні та шліці на інші вали коробки швидкостей.

Поверхні 3 та 14 є основними конструкторськими базами, ці поверхні з'єднуються з підшипниками ковзання, в яких вал і обертається в коробці швидкостей і визначаючи положення самої деталі у вузлі.

Поверхня 10, 11 є поверхнями зубчастого вінця та шліців, на яку встановлюється блок зубчастих коліс.

Всі інші поверхні є вільними і визначають лише форму і розміри деталі та з'єднують виконавчі та базові поверхні.

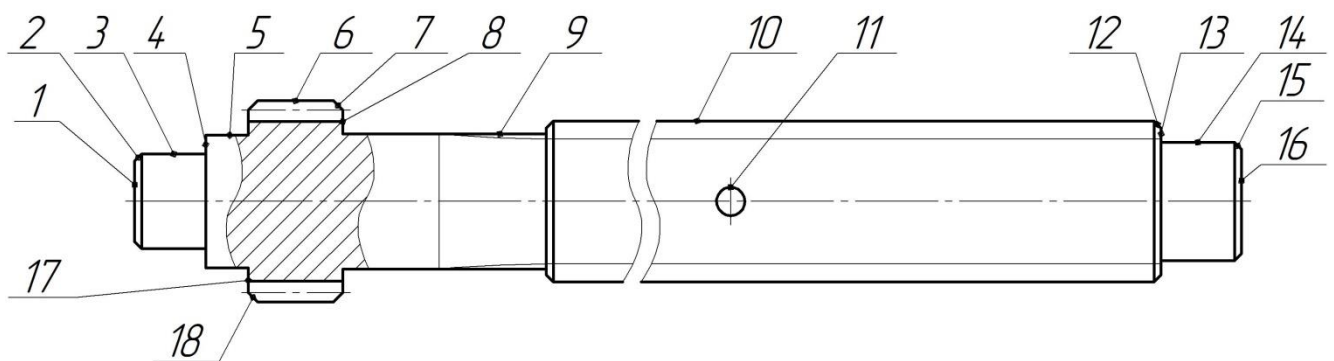


Рисунок 1.2 – Ескіз деталі з номерами поверхонь

Умови експлуатації.

Деталь «Вал-шестерня» при роботі в вузлі відчуває ударні і циклічні навантаження, які виникають у момент переключення швидкостей. Навантаження сприймають зубці та поверхні шпонкового паза, які працюють на згин та кручення.

Деталь і виріб, також як верстат в цілому експлуатується в помірних умовах в діапазоні температур від -20 до $+40$ °С.

Шум на рівні 40-100 Дб.

2 АНАЛІЗ СТРУКТУРНИХ СІТОК КІНЕМАТИЧНИХ ВУЗЛІВ ВЕРСТАТА

До появи частотних перетворювачів та набутті широкого розповсюдження двигунів постійного струму основним елементом регулювання режимів різання на верстатах було застосування коробок швидкостей. В основі будь-якого верстата, у якості приводу був асинхронний двигун, який мав одну постійну частоту обертання. Але для того щоб можна було виставляти різні режими обробки на різні переходи технологічного процесу на різні деталі та матеріали необхідно було якимось чином змінювати частоту обертання шпинделя від високих частот обертання до малих. Коробки швидкостей верстатів, які мають досить велику кількість передач. У верстаті 1А616 є ще одна особливість, що у нього є дві коробки швидкостей, одна окремо, та вал-шестерню з якої ми будемо розглядати та одна у шпindelній бабці, так званий перебор, тобто пониження у вісім разів по відношенню до основної коробки швидкостей. Аналіз приводу коробки швидкостей проводимо за такими вихідними даними: $n_{дв} = 1450 \text{ хв}^{-1}$, $n_{min} = 9 \text{ хв}^{-1}$, $\varphi = 1,52$, $Z = 18$.

Структурна формула приводу має такий вигляд:

$$Z = P_1 \otimes P_2 \otimes P_3 \otimes \dots \otimes P_i, \quad (2.1)$$

де Z – кількість швидкісних ступенів коробки швидкостей за завданням;

i – порядок розміщення деякої групи в напрямку передачі руху;

P – кількість передач у групі.

Якщо $Z = 18$, то структурні формули можуть бути такими: $Z = 6 \otimes 3$; $Z = 2 \otimes 9$; $Z = 3 \otimes 3 \otimes 2$; $Z = 2 \otimes 3 \otimes 3$; $Z = 1 \otimes 18$, та деякі інші варіанти. Слід зазначити, що з точки зору математики формули рівнозначні, тому що відповідають вимогам $Z = 18$. З точки зору механіки за цими формулами стоять конструкції коробок швидкостей або подач, і коробка швидкостей, що має на першому валу блок на 3 переключення, а на другому – на 3 переключення, значно відрізняється від

коробки швидкостей, у якої на першому валу 3 переключення, а на другому – 2. Оптимальним варіантом з усіх наведених є варіант $Z = 3 \otimes 3 \otimes 2$.

Аналіз кінематичної схеми.

Ескіз коробки швидкостей верстата в первісному вигляді зображено на рисунку 2.1.

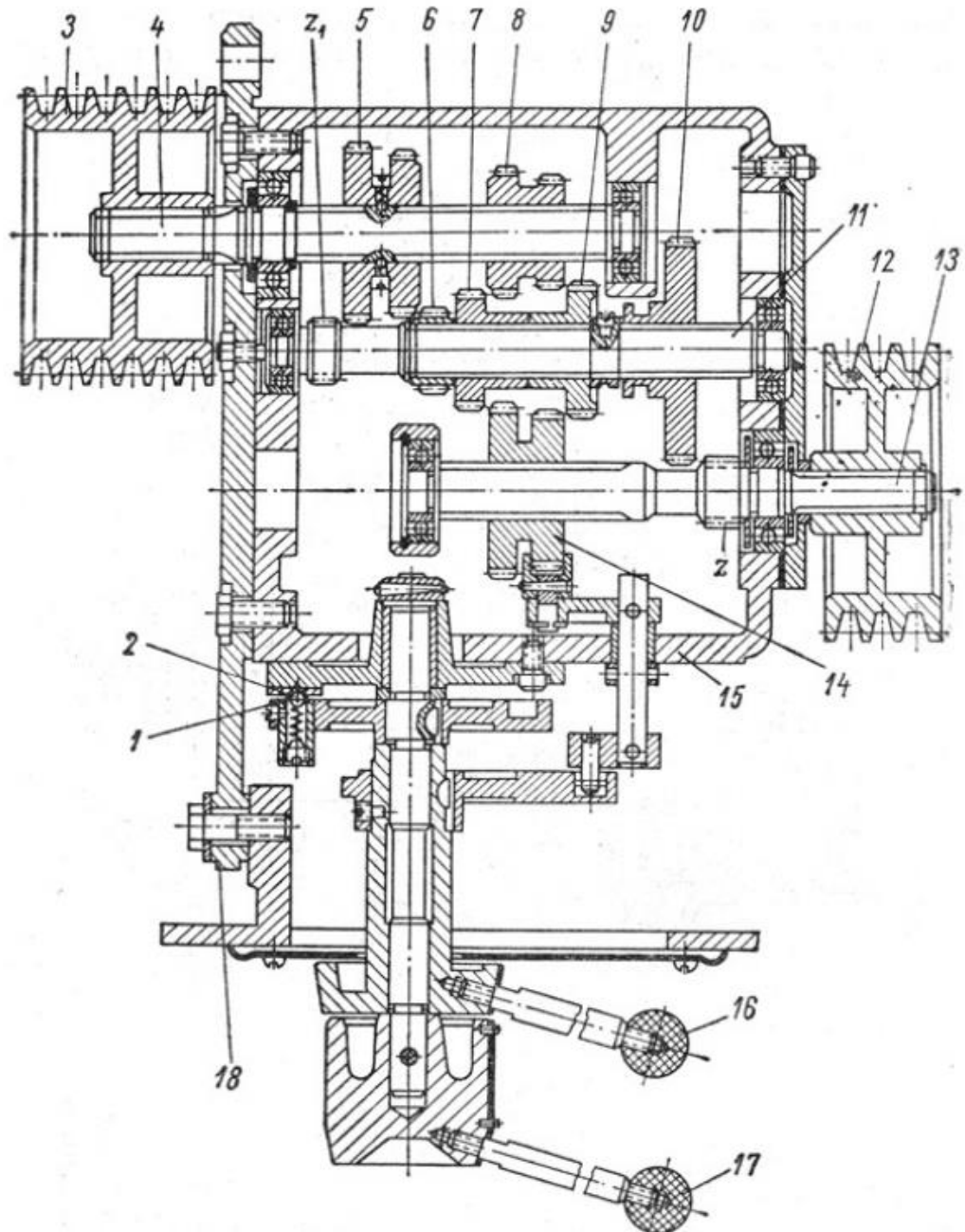


Рисунок 2.1 – Ескіз коробки швидкостей верстата 1А616

На верстаті моделі 1А616 використана тривальна 12-ступінчаста коробка швидкостей. Привідний вал 13 виконаний за одне ціле з малою шестернею Z. На

шліцевому кінці цього валу консольно встановлений шків 12. На іншому кінці валу 13 знаходиться подвійний рухомий блок шестерень 14. Проміжний вал 11 також виконаний за одне ціле з малою шестернею z1, що має, як та шестерня z, 14 зубів. У середній частині проміжного валу нерухомо закріплені шестерні 6, 7 і 9. Зубчасте колесо 10 може переміщатися по шліцях вала 11. На вихідному валу 4 знаходяться два подвійних рухомих блоків 5 і шестерень 8 і приводний шків 3.

Блоки шестерень 5 і 8 управляються рукояткою 17, яка має чотири фіксовані положення. Фіксація проводиться підпружиненою кулькою 1, що западає в поглиблення загартованої планки 2. Блок шестерень 14 і рухоме колесо 10 управляються рукояткою 16. Ця рукоятка має тільки три фіксовані положення.

Усі робочі вали змонтовані на кулькових підшипниках у корпусі 15 коробки швидкостей. Зубчасті колеса коробки швидкостей виготовлені зі сталі 40Х і загартовані ТВЧ до твердості HRC 50.

До корпусу 15 пригвинчена приволокна плита 18, за допомогою якої коробка швидкостей закріплюється на платиках передньої тумби верстата.

Змащування коробки швидкостей проводиться розбризкуванням масла шестернями, що обертаються. Олія закидається у лотки, укріплені на корпусі зверху. З лотка по трубках олія потрапляє у необхідні місця мастила. Заливка олії в коробку проводиться через пробку ПЗ, а слив олії через пробку Пс. Рівень олії контролюється за масловказівником У.

Складання структурних формул у розгорнутому вигляді

Структурна формула містить в собі характеристику і має такий вигляд:

$$Z = P_1 (X_1) \otimes P_2 (X_2) \otimes P_3 (X_3) \otimes \dots \otimes P_m (X_m) \quad (2.2)$$

Запишемо формули спочатку у загальному вигляді для шести варіантів:

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

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

$$3) \quad Z = P_1 (X_1) \otimes P_2 (X_2) \otimes P_3 (X_3)$$

$$1 \quad 2 \quad 0$$

$$3) Z = P_1(X_1) \otimes P_2(X_2) \otimes P_3(X_3)$$

$$2 \quad 0 \quad 1$$

$$4) Z = P_1(X_1) \otimes P_2(X_2) \otimes P_3(X_3)$$

$$1 \quad 0 \quad 2$$

$$5) Z = P_1(X_1) \otimes P_2(X_2) \otimes P_3(X_3)$$

$$0 \quad 1 \quad 2$$

$$6) Z = P_1(X_1) \otimes P_2(X_2) \otimes P_3(X_3)$$

$$0 \quad 2 \quad 1$$

Отримаємо такі значення після підстановки кількості переключень:

$$1) Z = 4(4) \otimes 2(2) \otimes 2(1)$$

$$2 \quad 1 \quad 0$$

$$2) Z = 4(2) \otimes 2(8) \otimes 2(1)$$

$$1 \quad 2 \quad 0$$

$$3) Z = 4(4) \otimes 2(1) \otimes 2(2)$$

$$2 \quad 0 \quad 1$$

$$4) Z = 4(2) \otimes 2(1) \otimes 2(8)$$

$$1 \quad 0 \quad 2$$

$$5) Z = 4(1) \otimes 2(4) \otimes 2(8)$$

$$0 \quad 1 \quad 2$$

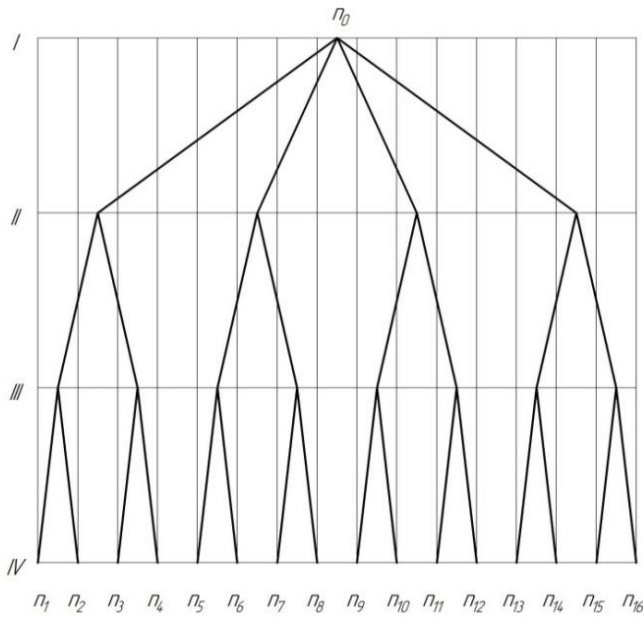
$$6) Z = 4(1) \otimes 2(8) \otimes 2(4)$$

$$0 \quad 2 \quad 1$$

Процес побудови структурних сіток

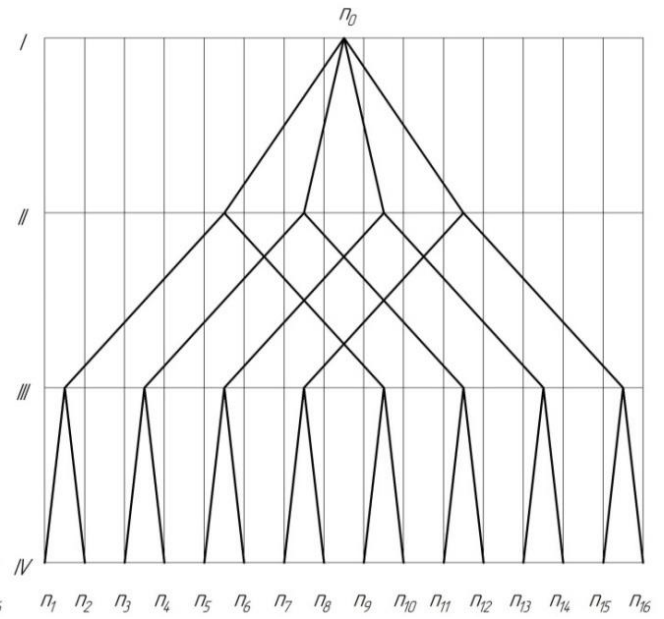
Саме структурні сітки являють собою симетричні діаграми, котрі у розгорнутому вигляді відображають структурні формули та кількість груп переключень. Для того щоб побудувати сітку треба на фоні або ж на полі сітки, яке в свою чергу складається із вертикальних ліній, кількість яких відповідає

кількості швидкісних ступенів привода. Відстань береться між вертикалями, що відповідає $X=1$.



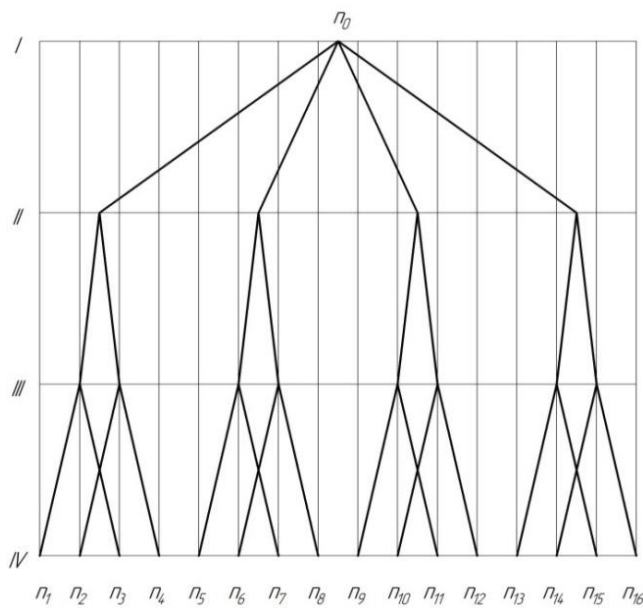
1) $Z = 3 (4) \otimes 2 (3) \otimes 2 (1)$

2 1 0



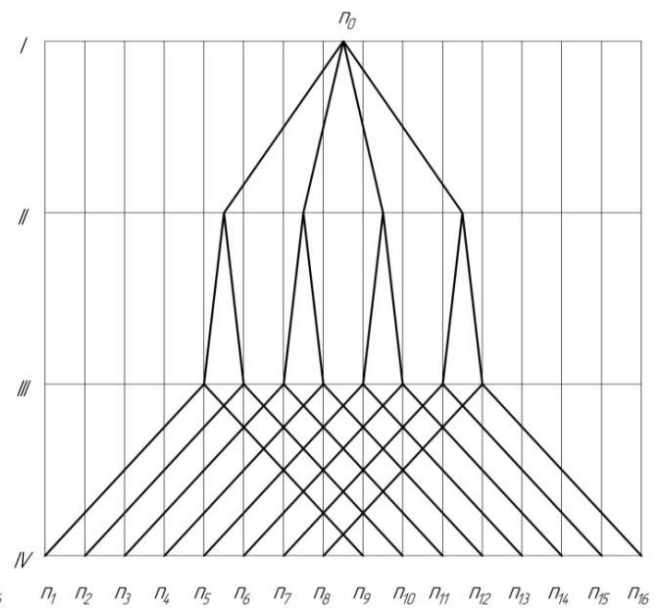
2) $Z = 6 (2) \otimes 2 (4) \otimes 2 (1)$

1 2 0



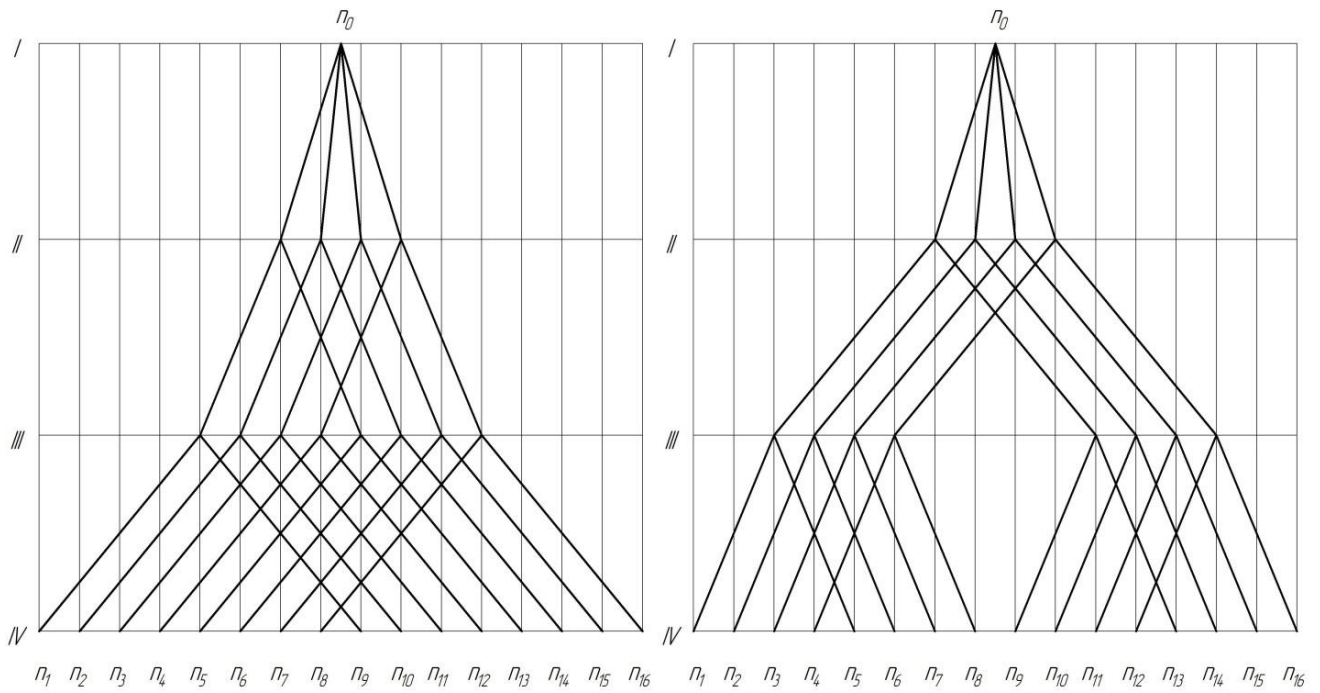
3) $Z = 4 (3) \otimes 2 (1) \otimes 2 (2)$

2 1 0



4) $Z = 4 (3) \otimes 2 (1) \otimes 2 (6)$

1 0 2



$$5) Z = 4 (1) \otimes 2 (4) \otimes 2 (6)$$

$$0 \quad 2 \quad 1$$

$$6) Z = 4 (1) \otimes 2 (6) \otimes 2 (4)$$

$$0 \quad 2 \quad 1$$

Проведення аналізу структурних сіток.

В процесі порівняння структурних сіток аналіз показує, що вони мають досить різний вигляд. Оптимальним вважається такий варіант, у якого відрізки, що визначають передатні відношення між валами, поступово розходяться від першого вала до четвертого. Порівняння наведених варіантів дає змогу визначити, що серед представлених найкращий варіант п'ятий, а найгірший- перший. Тому для подальшого графоаналітичного розрахунку зупиняємося на третьому варіанті структурних сіток як оптимальному.

Побудова графіка частот обертання шпинделя:

$n_{\min} = 9 \text{ хв}^{-1}$, $\varphi = 1,56$, а $Z = 18$, то геометричний ряд частот має такі значення:
 $n_1 = 9$, $n_2 = 11$, $n_3 = 18$, $n_4 = 21$, $n_5 = 28$, $n_6 = 35$, $n_7 = 45$, $n_8 = 56$,
 $n_9 = 71$, $n_{10} = 90$, $n_{11} = 112$, $n_{12} = 180$, $n_{13} = 210$, $n_{14} = 280$, $n_{15} = 355$, $n_{16} = 450$, $n_{17} = 560$,
 $n_{18} = 710$. Частота обертання двигуна $n_{\text{дв}} = 1450 \text{ хв}^{-1}$. Таким чином ми зберігаємо понижуючу ступінь приводу, адже вона більш актуальна для обробки, бо високі частоти потрібні лише для дрібних заготовок, яких не така велика

кількість і для цього краще підходять верстати із меншими габаритами.

3 РОЗРОБЛЕННЯ РОБОЧОГО КРЕСЛЕННЯ ЗАДАНОЇ ДЕТАЛІ

Дана деталь «Вал-шестерня» відноситься до деталей типу валів, так як відношення $l / d > 1$ ($320/34=9,1 > 1$). Деталь сама по собі є не досить жорсткою, так як має досить велику довжину, а діаметр не великий, тобто можливе деформування під дією сил різання. Внаслідок того, що деталь нежорстка важко використовувати більш інтенсивні режими обробки при обдирці зайвого припуску.

Вал-шестерня піддається високим крутним моментам, та змінюючим напруженням на зубцях шестерні, а також на поверхнях шліців, де встановлено блок шестерен. Змінючі напруження виникають у результаті намагання двигуна повернути коробку швидкостей і протидії силам різання, які намагаються зупинити інструмент і відповідно обертання заготовки, коробки, шківів та двигуна.

На деталі присутній отвір призначений для фіксації одного з блоку шестерен на валу нерухомо. Загалом поверхня вала шліфувана та термооброблена, посадки під підшипники виконані по кб.

Зубці треба обрати з таким модулем, щоб мати аналогічним до модулю зубчастої рейки щоб була якісна робота механізму та плавний рух. Тому обираємо модуль 2,5. Шліці теж треба обрати такі як і на блоках шестерен, що встановлюються на даній деталі. Поверхня зубців по дільному діаметру повинна мати шорсткість $Ra_{1,6}$, а також радіальне биття не більше 0,03 мм відносно зовнішньої поверхні, що є основною конструкторською базою, що потрібно для забезпечення плавності руху деталі у вузлі. Поверхні зубців шліців мають бути паралельні осі вала-шестерні.

У якості матеріалу для подібних деталей таких як деталь «Вал-шестерня» обираємо леговану сталь марки 45, що містить у своєму складі 0,45% вуглецю, а інше – залізо. Так як даний матеріал найбільш розповсюджений та дешевий, а також має гарні властивості для даної деталі. Матеріали заміники – сталь 40X,

сталь 50, сталь 50Г2, дані про фізико-механічні властивості яких наведені в таблиці 3.1. Дана сталь гарно піддається термообробленню, а саме загартуванню в мастилі і набуває гарних механічних властивостей.

Дана сталь і дорожча ніж сталь 45, проте для подібних деталей її застосування з точки зору нормальної і безвідмовної роботи всього механізму необхідно. Також вона досить добре обробляється різанням.

Таблиця 3.1 - Фізико-механічні властивості сталі 45 та її заміників

Матеріал	σ_b , МПа	Ψ , %	Твердість НВ	Хімічний склад, %					
				C	Ni	Mo	Cr	P	S
Сталь 45	640	45	193-198	0,38- 0,46	2,1- 2,3	0,8- 1,1	0,8- 1,2	дуже мала доля	
Сталь 50	650	40	190-194	0,38- 0,46	0,17- 0,37	-	0,8- 1,2		
Сталь 50Г2	650	40	196-199	0,38- 0,46	0,9- 1,3	-	0,8- 1,2		

Для виконання деталлю її службового призначення необхідно проставити на деталі жорсткі допуски форми і розташування поверхонь, а саме треба встановити допуск радіального биття зовнішньої поверхні зубчастого вінця на рівні не більше 0,03 мм, для того щоб у майбутньому був рівномірний знос зубців вала-шестерні та зубців іншої шестерні, а також при закріпленні в патроні на зуборізній операції дана деталь не мала великих похибок при обробці зубців. Допуски, що проставлені на кресленні досягаються на токарній з ЧПК та круглошліфувальній операціях.

Хоча в конструкції і присутні декілька нетехнологічних конструктивних елементів, а саме зубчастий вінець та шліці що обробляються не на прохід, але по іншому дану деталь економічно виготовити не можна. Змінити приєднувальні розміри також не можна, бо вона перестане виконувати свою функцію. Також на шліцах потрібен отвір для фіксації одного з блоків коробки швидкостей.

Способи отримання заготовки невказані, тому може бути або пластичне деформування, або прокат так як у технічних вимогах не вказана група поковок.

В цілому ж розроблене креслення з усіма вимогами ЄСКД. На кресленні є досить видів і розрізів для подання форми деталі і можливості її виготовлення, також вказані всі розміри. Враховуючи всі вищевказані вимоги і конструктивні особливості виконано креслення деталі (додаток А).

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ

Основною умовою раціональної технології є максимальне наближення форми і розмірів заготовки до форми готової деталі.

Розглянемо варіанти виготовлення заготовки деталі «Вал-шестерня», матеріал деталі – сталь 45 ДСТУ 1050-2018:

- прокат – раціонально застосовувати у одиничному виробництві при невеликих перепадах діаметральних розмірів. Це також знижує коефіцієнт використання матеріалу та збільшує трудомісткість чорнової обробки, проте для даної деталі варто розглянути такий спосіб отримання, адже у технічних вимогах допускається отримання заготовки з прокату.

- кування на молотах – не раціонально застосувати через достатньо складний профіль деталі, адже у одиничному виробництві потрібно прагнути до максимальної економії, а на кування призначають досить великі припуски через особливість процесу, проте дивлячись на форму та розміри даний спосіб також розглянемо в учбових цілях.

Виходячи з конфігурації заданої деталі доцільно застосувати гарячекатаний прокат (ДСТУ 4738-2007). Заготовки з прокату застосовуються для деталей, які по конфігурації наближаються до якогось виду даного прокату, коли немає значної різниці в поперечних перетинах деталі і коли можна при отриманні остаточної її форми уникнути зняття великої кількості металу.

Виходячи з маршруту технологічного процесу заводського варіанту заготовкою для деталі є поковка кована діаметром 55 мм і довжиною 350 мм, а маса становить 8,2 кг. Коефіцієнт використання матеріалу такої заготовки становить 0,28.

Для техніко-економічного порівняння візьмемо також заготовку з прокату діаметром 45 мм і довжиною 325 мм. Невеликий припуск по довжині беремо

враховуючи те, що сучасні стрічкопильні верстати здатні відрізати заготовки з мінімальним перекосом.

$$K_m = \frac{G_d}{G_z}, \quad (4.1)$$

де G_d – маса готової деталі, $G_d = 2,1$ кг;

G_z – витрата матеріалу на заготовку, кг:

$$G_z = \frac{\pi d^2 l}{4} \rho, \quad (4.2)$$

де ρ – густина матеріалу заготовки, $\rho = 7,85$ г/см³;

d – діаметр заготовки, $d = 45$ мм;

l – довжина заготовки, $l = 325$ мм.

Тоді

$$G_z = \frac{\pi \cdot 0,045^2 \cdot 0,15}{4} \cdot 7,85 = 4,8 \text{ кг.}$$

Тоді

$$K_{m1} = \frac{2,1}{4,8} = 0,48.$$

Розрахунок вартості заготовки з прокату.

Собівартість заготовки з прокату визначаємо за формулою згідно [10], грн:

$$S_{заг1} = M + \sum C_{оз}, \quad (4.3)$$

де M – затрати на матеріал заготовки, грн;

$$M = Q_1 S - (Q_1 - q) \cdot S_{відх}, \quad (4.4)$$

де Q_1 – маса заготовки з проката, $Q_1 = 4,8$ кг;

S – ціна 1кг матеріалу заготовки, $S = 50$ грн.;

q – маса готової деталі, $q = 2,1$ кг;

$S_{\text{відх}}$ – ціна 1кг відходів $S_{\text{відх}} = 10$ грн.

Тоді

$$M = 4,8 \cdot 50 - (4,8 - 2,1) \cdot 10 = 241 \text{ грн.}$$

$\sum C_{\text{оз}}$ – технологічна собівартість операцій правки, калібрування прутків, різання їх на штучні заготовки, грн:

$$\sum C_{\text{оз}} = \frac{C_{\text{пз}} T_{\text{шт}}}{60 \cdot 100}, \quad (4.5)$$

де $C_{\text{пз}}$ – приведені витрати на робочому місці: правки 300 грн/год., порізки 300 грн/год.;

$T_{\text{шт}}$ – штучний час на заготівельну операцію, $T_{\text{шт}} = 10$ хв.

Тоді

$$\sum C_{\text{оз}} = \frac{(300 + 300) \cdot 10}{60} = 100 \text{ грн.}$$

Тоді $S_{\text{заг1}} = 241 + 100 = 341$ грн.

Розрахунок вартості штампованої заготовки в учбових цілях визначимо за формулою згідно [10], грн:

$$S_{\text{заг2}} = (C_i Q_2 K_m K_M K_c K_e K_n) - (Q - q) S_{\text{відх}}, \quad (4.6)$$

де C_i – ціна 1кг матеріалу заготовки, $C_i = 200$ грн.;

Q_2 – маса кованої заготовки, кг:

$$Q_2 = q \cdot K_p, \quad (4.7)$$

де q – маса готової деталі, $q = 2,1$ кг;

K_p – коефіцієнт для визначення орієнтовної маси поковки, для валів $K_p = 1,6$ [10];

K_T – коефіцієнт, що залежить від точності кування (для нормальної точності), $K_T = 1$;

K_M – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу, $K_M = 1,13$;

K_C – коефіцієнт, що залежить від групи складності, $K_C = 0,77$;

K_B – коефіцієнт, що залежить від матеріалу кування, $K_B = 0,7$;

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва заготовок, $K_{II} = 1$;

$S_{\text{відх}}$ – ціна 1кг відходів, $S_{\text{відх}} = 10$ грн.

Тоді

$$S_{\text{заг2}} = (200 \cdot 4,5 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 0,77 \cdot 0,7 \cdot 1) - (4,5 - 2,1) \cdot 10 = 394 \text{ грн.}$$

$$K_{M2} = \frac{2,1}{4,5} = 0,47.$$

Таким чином бачимо, що $Q_1 < Q_2$, $K_{M1} > K_{M2}$, $S_{\text{заг1}} < S_{\text{заг2}}$.

На підставі отриманих результатів, можна зробити висновок: отримання заготовок з прокату вигідніше, тому що собівартість заготовки нижче, а форма заготовки максимально наближена до форми деталі.

Згідно [10], вибираємо $\varnothing 45 (+0,5; -0,7)$ мм.

Призначаємо технічні вимоги на виготовлення заготовки:

1. Прокат $\frac{45 - \text{В ДСТУ 4738 - 2007}}{45 - \text{ДСТУ1050 - 2021}}$.

2. Овальність прокату не повинна перевищувати 75% суми граничних відхилень по діаметру.

3. Кривизну прокату вимірюють на ділянці довжиною не менше 0,5 м на відстані не менше 50 мм від кінця прутка.

4. Діаметр і овальність прокату вимірюють на відстані не менше 50 мм від кінця прутка.

5. * Розмір для довідок.

Ескіз заготовки на рис. 4.1.

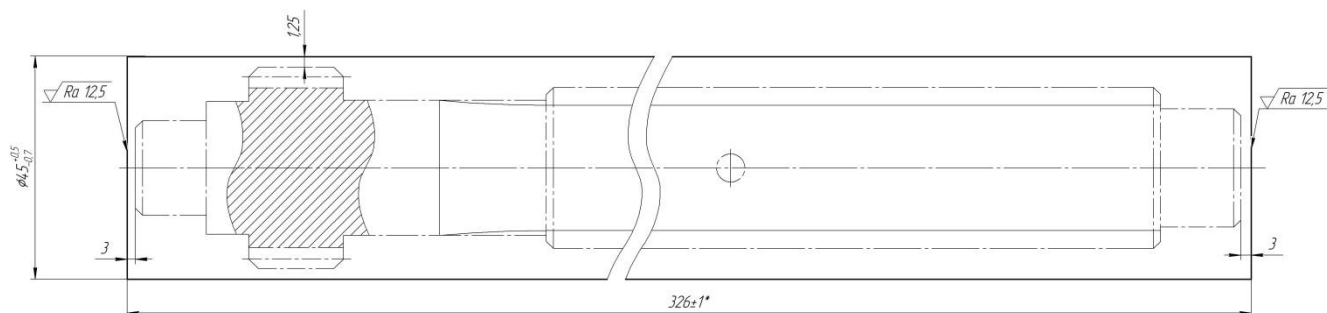


Рисунок 4.1 – Ескіз заготовки.

5 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАДАНОЇ ДЕТАЛІ

5.1 Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхонь

Для визначення чи вистачить припуску, який ми назначили обравши заготовку необхідно обґрунтовано його розрахувати.

Згідно завдання та креслення деталі проводиться розрахунок припусків аналітичним методом для зовнішньої поверхні тіла обертання $\varnothing 20k6$. Маршрут обробки даної поверхні вибирається за [8] і зводиться в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Маршрут обробки поверхні $\varnothing 20k6$

Назва стадії	Квалітет	Допустимі відхилення розмірів
Заготівельна (прокат)	Клас точності В	+0,5 -0,7
Точіння чорнове	h12	0 -0,18
Точіння напівчистове	h9	0 -0,052
Шліфування	k6	+0,015 +0,002

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 38h6$ мм по принципу професора Кована В.М.

Розрахунок проведений на ЕОМ та показаний в додатку Б.

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (5.1)$$

де R_{z-1} – величина мікронерівностей поверхні отриманої на попередній операції (переході);

T_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні отриманої на попередній операції (переході);

ρ_{i-1} – величина просторового відхилення форми поверхні отриманої на попередній операції (переході);

ε_i – похибка на виконуваний операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім ρ_{i-1} , яка розраховується як

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{экс}^2 + \rho_{см}^2} = 1235 \text{ мкм},$$

а ρ_{i-1} знаходиться в відсотковому відношенні від $\rho_{заг}$ тоді

$$\rho_{чер} = 1235 \cdot 0,06 = 141 \text{ мкм}.$$

$$\rho_{н/ч} = 1235 \cdot 0,05 = 93 \text{ мкм}.$$

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в табл. 5.2, а самі результати розрахунку у додатку Б.

Таблиця 5.2 – Вихідні данні

Найменування переходу	Точність	Граничні відхилення	Допуск Т, мкм	Елементи припуску, мкм				
				R_{zi-1}	h_{i-1}	ρ_{i-1}	$\varepsilon_y, \text{мкм}$	
							$\varepsilon_6, \text{мкм}$	$\varepsilon_3, \text{мкм}$
Заготовка (прокат)	кл.В	+0,5 -0,7	1200	-	-	-	-	-
Точіння чорнове	h12	0 -0,18	180	250	500	1119	500	500
Точіння напівчистове	h9	0 -0,052	52	125	180	127	200	100

Шліфування	k6	+0,015 +0,002	13	20	50	85	0	0
------------	----	------------------	----	----	----	----	---	---

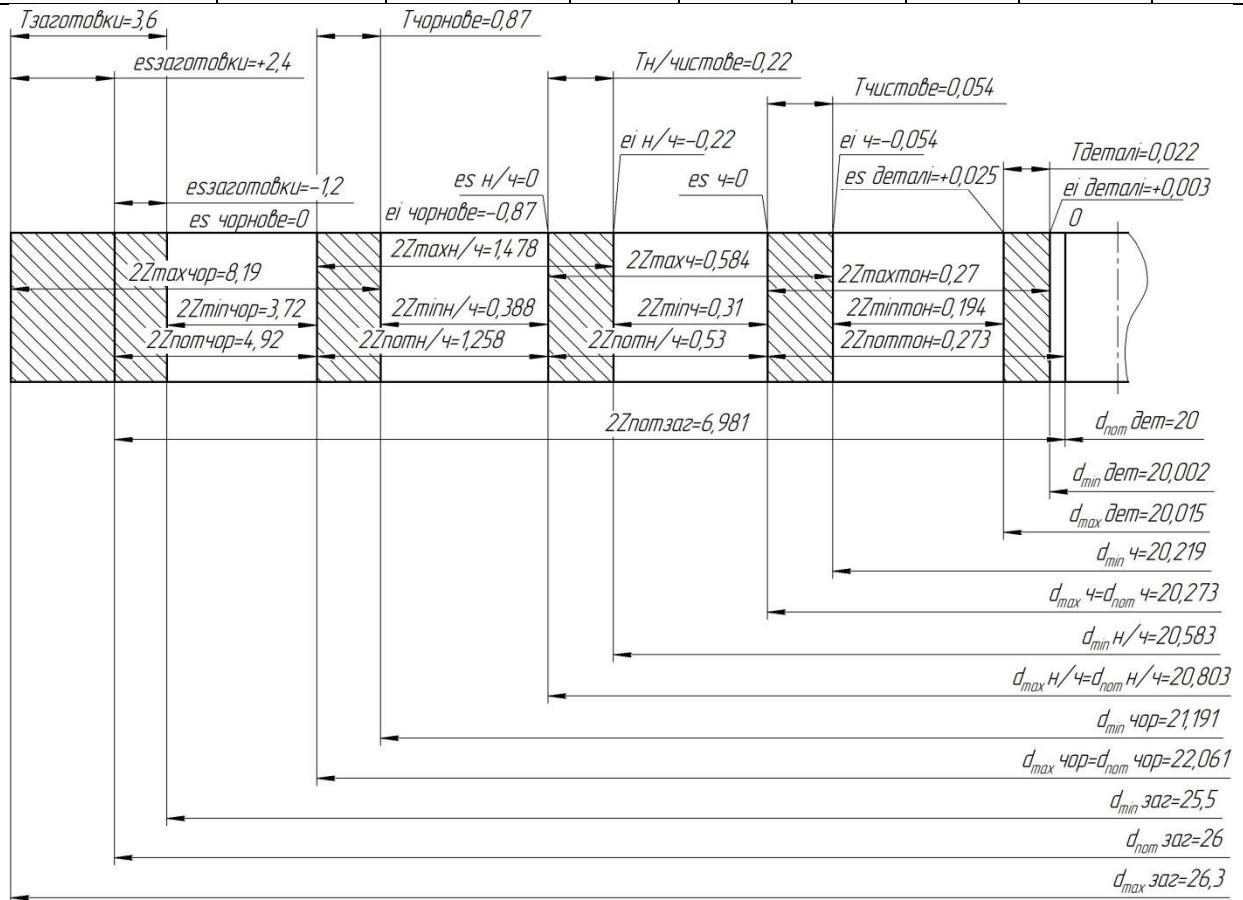


Рисунок 5.1 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 20k6$ мм

5.2 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки

Для виконання цього пункту в якості технологічної операції були прийняті операції: 010 – фрезерно-центрувальна та 040 – вертикально-фрезерна з ЧПК.

Для двох аналізованих операцій розглянемо дві різних схеми базування для отримання точності лінійних розмірів. Точність діаметральних розмірів буде досягатися за рахунок точності позиціонування робочих елементів верстата.

Схеми базування заготовки на фрезерно-центрувальній операції наведені на рис. 5.2-5.3.

Для визначення, який варіант з точки зору досягнення точності краще розрахуємо похибку базування.

На даній операції виконується одночасне фрезерування обох торців вала в розмір $L = 320h12 (-0,57)$ мм, а потім одночасна зацентровка обох торців вала - отвори типу А4 ДСТУ 14034-2010. Тому дана операція виконується - з одного установа - однієї позиції - двох технологічних переходів – фрезерування торців та центрування торців.

Можна запропонувати два варіанти базування: заготовка встановлюється на призми і притискається двома прихватами (рис.5.2) та заготовка встановлюється на самоцентрувальні призми (рис.5.3).

Розглянемо перший варіант

Похибки базування, на виконавчі розміри даної операції:

- лінійні розміри: для розміру $L = 320 h12 (-0,57)$ мм дорівнює нулю $\varepsilon_6 = 0$ тому, що він виходять методом автоматичної настройки інструменту на розмір;
- для глибини центрових отворів дорівнює нулю $\varepsilon_6 = 0$ тому вже оброблені торці вала є настроювальною базою;

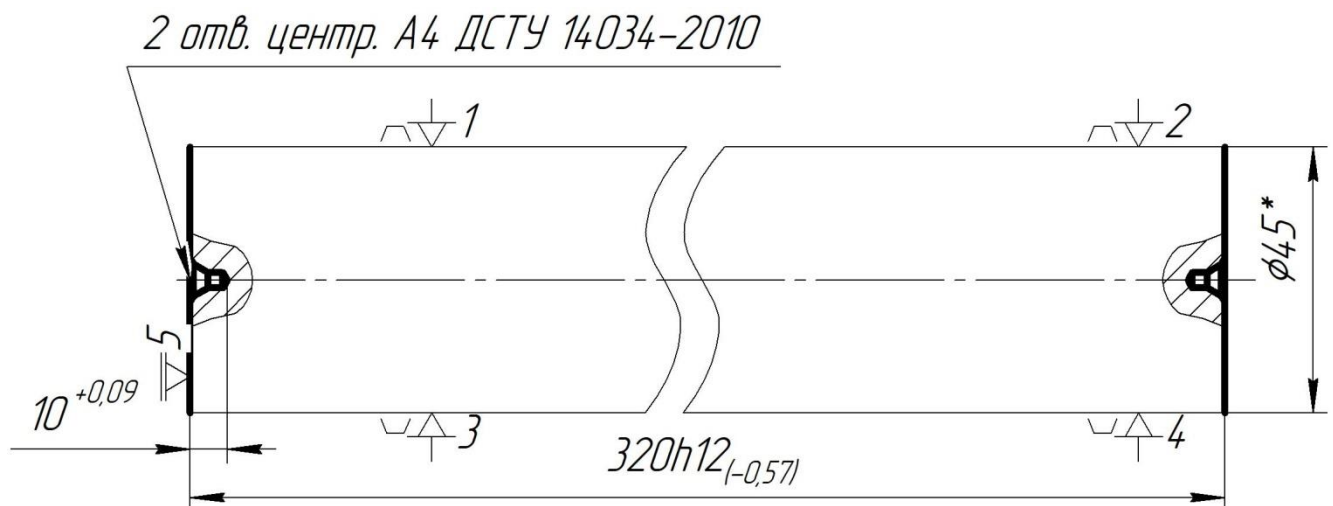


Рисунок 5.2 - Схема установки заготовки на призми з притиском прихватами

- в радіальному напрямку - ексцентриситет розташування центрових отворів А4 ДСТУ 14034-2010 [5]:

$$e = 0,5Td \frac{1}{\sin \alpha/2}, \quad (5.4)$$

де Td – допуск на діаметр установочної поверхні,

$$Td = es - ei = 0,5 + 0,7 = 1,2 \text{ мм};$$

α – кут призми, $\alpha = 90^\circ$.

Тоді

$$e = 0,5 \cdot 1,2 \frac{1}{\sin 45^\circ} = 0,814 \text{ мм}.$$

Розглянемо другий варіант

Заготовка встановлюється на самоцентрувальні призми. Дана схема базування (рис.5.3) реалізує такі ж бази як і в першому випадку. Похибки базування, на виконавчі розміри даної операції:

- лінійні розміри - така ж як і в першому випадку;
- в радіальному напрямку - ексцентриситет розташування центрових отворів А4 ДСТУ 14034-2010 [5] $e = 0$, тому що призми самоцентрувальні.

Виходячи з цього прийнявши до уваги вище наведені розрахунки доцільно застосувати другий варіант базування, тому що при такій схемі немає похибки ексцентриситету розташування центрових отвори.

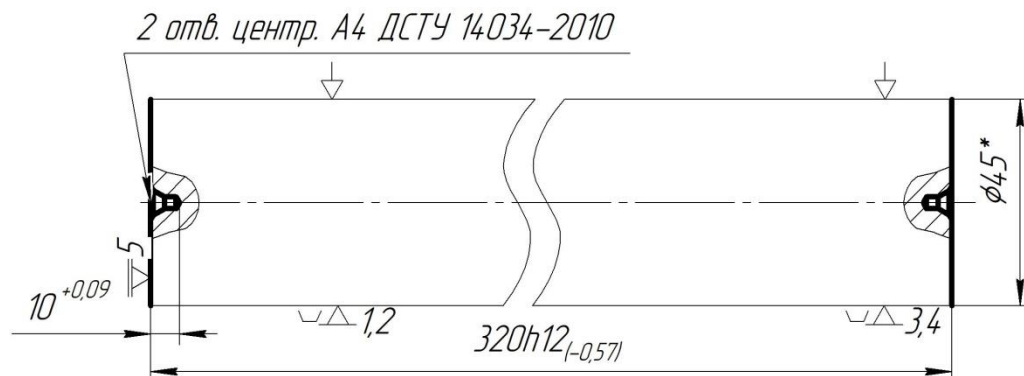


Рисунок 5.3 - Схема установки заготовки в самоцентрувальні призми
 Операція вертикально-фрезерна з ЧПК.

На даній аналізованій операції обробляється шпонковий паз. Ширина пазу забезпечується інструментом, а положення його відносно торця базуванням, тому необхідно порахувати похибку базування на дану операцію за двома варіантами (рис. 5.4, 5.5).

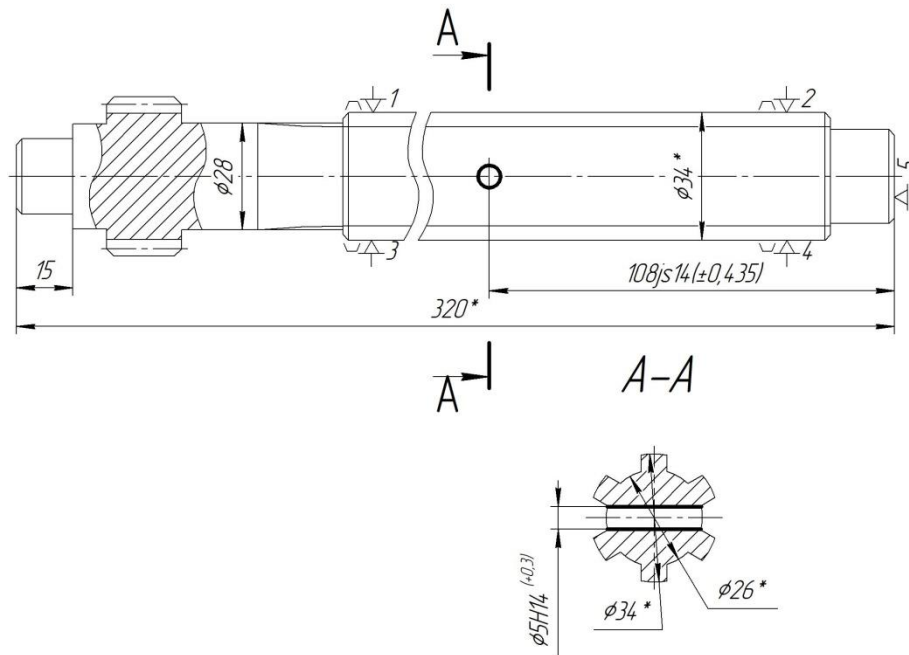


Рисунок 6.4 – Схема базування варіант 1

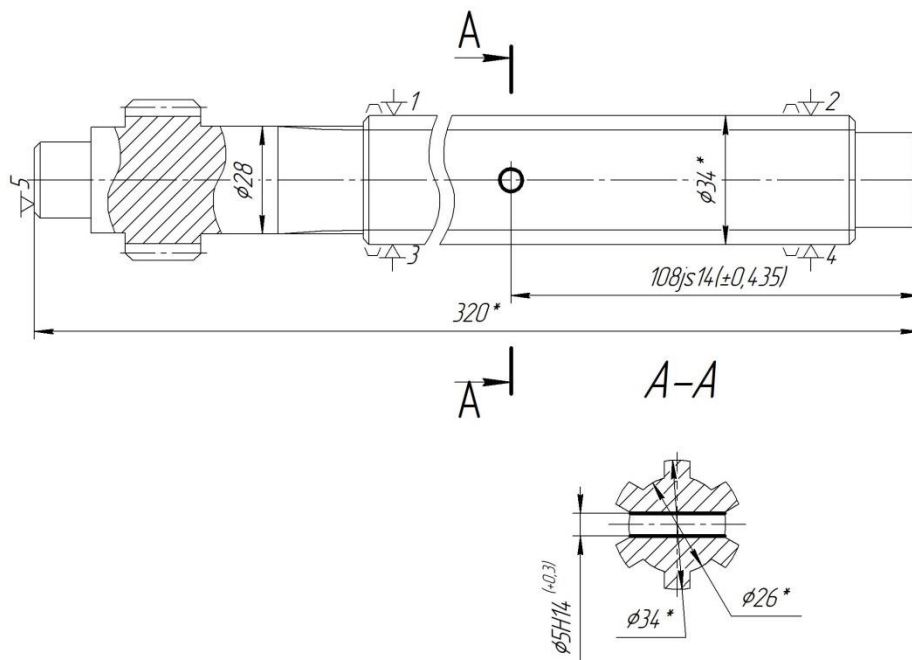


Рисунок 6.5 – Схема базування варіант 2

У даному випадку точність лінійних розмірів визначається похибкою базування тому розглянемо похибку на найбільш точний лінійний розмір $108 \pm 0,435$ мм:

- за варіантом 1: $\varepsilon_{\delta_{108}} = 0$ мм, - браку не виникатиме, так як технологічна і вимірювальна бази співпадають;

- за варіантом 2: $\varepsilon_{\delta_{40}} = 0,57 < T_{108} = 0,94$ мм, - брак у даному варіанті теж не виникатиме, але похибка буде, на вдміну від першого варіанту.

Отже приймаємо варіант базування 1 з упором у правий торець.

5.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата

Металорізальний верстат вибирається виходячи з вимог до якості поверхні, яку необхідно отримати, необхідної потужності двигунів, габаритів, типу виробництва, кількості інструментів на даній операції.

Так як тип виробництва одиничний, то це можна виконати на звичайному токарному верстаті, але при цьому неминучим буде ексцентриситет центрових отворів один до одного. Тому в учбових цілях деталь типу тіла обертання з точністю оброблених поверхонь на даній операції не більше IT12, якістю Ra не більше 3,2 мкм може бути оброблена на фрезерно-центрувальному верстаті, наприклад 2Г942 [10]. Методи обробки поверхонь - фрезерування і свердління, для обробки необхідно чотири ріжучих інструменти.

Технічна характеристика верстата:

- а) діаметр оброблюваної заготовки, мм - 20-200
- б) довжина оброблюваної заготовки, мм - 100-2500
- в) число швидкостей фрезерних шпинделів - 8
- г) частота обертання фрезерних шпинделів, об / хв. - 50-1500
- д) найбільший хід фрезерної головки, мм - 300
- е) робочі подачі фрезерної головки з б / с регулюванням, мм / хв - 20-400

- ж) кінець фрезерного шпинделя – ISO 50
- з) число швидкостей свердильних шпинделів - 10
- і) частота обертання свердильних шпинделів, об / хв - 40-1500
- к) найбільший хід сверлильної головки, мм - 100
- л) потужність всіх електродвигунів, кВт - 22
- м) габаритні розміри верстата, мм - 4250 × 2720.

Для операції 040 вертикально-фрезерна з ЧПК обираємо металорізальний верстат моделі HAAS VF-1.

Хоча на даній операції і відбувається свердління одного отвору, але так як це робиться в одиничному виробництві, де коефіцієнт універсальності має бути найбільш високим, то обираємо одразу такий верстат на перспективу де можна виконувати операції свердління та фрезерування.

Стандартно верстати V-серії мають шпиндель зі швидкістю 10 000 об/хв і піковою потужністю 11 кВт. Проте, якщо потрібно обробляти легко оброблювані матеріали або виконувати багато робіт з дрібним інструментом, можна встановити високошвидкісний шпиндель (до 12 000/15 000 об/хв). Для обробки глибоких отворів передбачена установка спеціального шпинделя з можливістю подачі змащуючи та охолоджувальні рідини всередині інструменту.

Для забезпечення плавних холостих і робочих переміщень верстати V-серії мають загартовані сталеві шліфовані фасонні напрямні кочення.

При виборі даного обладнання з огляду на технологічні методи обробки поверхонь на даній операції прийшли до висновку, що даний верстат цілком придатний для здійснення заданої операції.

Технічна характеристика верстата:

Розміри робочої поверхні столу, мм 600x600;

Відстань від торця шпинделя до робочої поверхні столу, мм 750

Найбільша маса оброблюваного виробу, кг 300

Найбільше переміщення столу:

- Поздовжнє, мм 500

- Поперечне, мм 500

Частота обертання шпинделя (безступінчасте через 1), об / хв 1 - 10000

Подача:

- Шпинделя, мм / хв 1 - 3000

- Стола, мм / хв 1 - 3000

Дискретність відліку координат по осях, мм 0,001

Точність установки координат, мм 0,001

Число T-подібних пазів 4

Ширина паза, мм 18

Конус шпинделя ISO40

Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт 11

Габаритні розміри, мм 2825x2348x2321

Маса, кг 4150.

5.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Операція 010 - фрезерно-центрувальна.

Верстатні пристрої.

Для зменшення допоміжного часу і для того щоб забезпечити самоцентрування заготовки будемо проектувати власний пристрій у розділі 6.

Вибір металорізального та допоміжного інструментів

Оскільки оброблювана заготовка виготовлена зі сталі 45, то для фрезерування торців вала - дві фрези торцеві з механічним кріпленням багатогранних пластин з твердого сплаву T5K10, з числом зубів $z = 8$ і $\varnothing 60$ за каталогами Seco Tools, діаметр фрез прийнятий найбільшим меншим зі співвідношення $D = (1,25 \div 1,5) B$, де B - ширина фрезерування тобто дорівнює діаметру заготовки вала $\varnothing 45$; для установки фрез в шпиндель верстата - необхідно дві оправки для насадних торцевих фрез 6315-0145 ISO50-22;

Для свердління центрових отворів - два свердла центровочних комбінованих з швидкорізальної сталі P6M5 Ø4 2328-0027 за ДСТУ ISO 866:2018; для установки в верстат свердел - необхідно два патрона цангових ISO50-ER32-70 по DIN 6499.

Вибір контрольно-вимірювального інструмента

Для одиничного виробництва характерне застосування універсальних вимірювальних інструментів [12]. Для контролю цих параметрів на операції вибираємо такі контрольно-вимірювальні інструменти:

- штангенциркуль ШЦ-II-500-0,1 ДСТУ 166-2009;
- зразки шорсткості ДСТУ 9378-93.

Вибір оснащення та інструментів на вертикально-фрезерну з ЧПК операцію.

Для установки і закріплення деталі на операції доцільно буде використати спеціальний пристрій, у вигляді самоцентрувальних призм, що дозволить підвищити доступність до поверхонь та режими різання.

Для обробки заданих поверхонь на операції застосовуємо свердло спіральне d 5 мм зі швидкорізальної сталі типу P6M5 свердло Sandvik Coromant SD203A-0500-020-06R1-P.

При обробці застосовуємо мастильно - охолоджуючу рідину 7-10% Укрінол1 для можливості здійснення обробки з більш високими швидкостями різання.

Для даної операції передбачаємо допоміжні інструменти - свердлильний патрон 10-B10 ДСТУ 8522-2010 так як свердло не може бути установлене у шпиндель верстата без перехідних втулок.

Для контролю розмірів на операції 035 застосовуємо універсальний шкальний інструмент а саме штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ 166-2009; , яким можна проконтролювати отвори.

Застосування даних інструментів економічно обґрунтовано в дрібносерійному виробництві.

5.5 Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операцій 10 фрезерно-центрувальна та 040 вертикально-фрезерна з ЧПК.

Перехід 1 - фрезерування торців вала $\varnothing 45$ мм з глибиною різання $t = 2,5$ мм. Ширина фрезерування буде дорівнює діаметру заготовки

$$B = 45 \text{ мм.}$$

Вибираємо подачу на зуб фрези по [5]: $S_z = 0,1$ мм / об.

Розраховуємо швидкість різання за емпіричною формулою згідно [5], м / хв:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} \cdot K_v, \quad (5.7)$$

де T - середнє значення періоду стійкості інструменту, хв; згідно [5]:

$$T = 240 \text{ хв.}$$

Коефіцієнти для даної формули рівні згідно [5]: $C_v = 332$, $q = 0,2$, $x = 0,1$, $y = 0,4$, $u = 0,2$, $p = 0$, $m = 0,2$.

K_v - загальний поправочний коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою:

$$K_v = K_{Mv} K_{\Gamma v} K_{\text{IV}}, \quad (5.8)$$

де K_{mv} - коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою згідно [5]:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v}, \quad (5.9)$$

де $\sigma_b = 685$ МПа - межа міцності оброблюваного матеріалу, сталь 40Х;

K_{Γ} - характеризує групу стали по оброблюваності, $K_{\Gamma} = 0,95$, сталь хромиста;

n_v - показник ступеня, $n_v = 1$.

Отже:

$$K_{MV} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{685} \right)^{1,0} = 1,04;$$

$K_{Пв}$ - враховує стан поверхні заготовки, $K_{Пв} = 0,9$, прокат з коркою [5];

$K_{Ив}$ - враховує матеріал інструменту, $K_{Ив} = 0,8$, Т14К8 [5].

Таким чином:

$$K_v = 1,04 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 0,75.$$

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{332 \cdot 60^{0,2}}{240^{0,2} \cdot 4,5^{0,1} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 30^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 0,75 = 186 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою, об / хв:

$$n_{\delta} = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (5.10)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 186}{\pi \cdot 60} = 987 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя, тобто приймаємо: $n = 1000$ об / хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання, м / хв:

$$V = \frac{\pi D n}{1000}. \quad (5.11)$$

$$V = \frac{\pi \cdot 60 \cdot 1000}{1000} = 188,4 \text{ м/хв.}$$

Визначимо хвилинну подачу по формулі, мм / хв:

$$S_M = S_z n. \quad (5.12)$$

$$S_M = 0,1 \cdot 8 \cdot 1000 = 800 \text{ мм/хв.}$$

Розрахуємо силу різання. Основною складовою сили різання є тангенціальна складова, значення якої знаходимо за формулою згідно [5]:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{IP}. \quad (5.13)$$

Коефіцієнти для даної формули визначаються згідно [5]: $C_p = 825$, $x = 1$, $y = 0,75$, $u = 1,1$, $q = 1,3$, $w = 0,2$.

Поправочний коефіцієнт K_{MP} враховує вплив якості оброблюваного матеріалу визначаємо за формулою [5]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (5.14)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{685}{750} \right)^{0,75} = 0,93$$

Тангенціальна сила різання дорівнює:

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 4,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 30^{1,1} \cdot 8}{60^{1,3} \cdot 1000^{0,2}} \cdot 0,93 = 581 \text{ Н.}$$

Визначаємо крутний момент на шпинделі за формулою [5], Нм:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100}. \quad (5.15)$$

$$M_{кр} = \frac{581 \cdot 60}{2 \cdot 100} = 1024 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Визначаємо ефективну потужність різання за формулою [5], кВт:

$$N_{\dot{a}} = \frac{P_z V}{60 \cdot 1020}. \quad (5.16)$$

$$N_e = \frac{581 \cdot 188}{60 \cdot 1020} = 4,08 \text{ кВт}.$$

Так як операція фрезерно-центрувальна і перехід - фрезерування торців проводиться одночасно з обох сторін заготовки, то потужність витрачається на різання буде дорівнює:

$$N_p = 2N_e = 2 \cdot 4,08 = 8,16 \text{ кВт}.$$

Для можливості реалізації різання на верстаті повинно виконуватися умова:

$$N_p < N_d \cdot \eta, \quad (5.17)$$

де N_d - потужність двигунів верстата, 15 кВт;

η - коефіцієнт корисної дії верстата, 0,75.

Перевіряємо умову:

$$N_d \cdot \eta = 15 \cdot 0,75 = 12,5 \text{ кВт}.$$

Основний час роботи верстата на переході визначаємо за формулою, хв:

$$T_i = \frac{L}{S_i} i, \quad (5.18)$$

де L - довжина шляху інструменту, що враховує довжину врізання;

S_m - хвилинна подача, мм / хв;

i - кількість проходів.

Тоді:

$$T_{o.фр} = \frac{45 + 60}{800} \cdot 1 = 0,18 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку режимів різання наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Режими обробки на переходи операції 010

Номер і текст переходу	Параметр режимів обробки					L, мм	T _o , хв
	t, мм	S, мм/хв	n, об/хв	V, м/хв	i		
1 Фрезерувати торці	2,5	800	1000	188	1	90	0,18
2 Центрувати торці	2	100	500	28,9	1	20	0,31

Операція 040 - вертикально-фрезерна з ЧПК.

Перехід 1 - свердлити отв. Ø5H14 на прохід;

Оброблюваний матеріал – сталь 45.

Матеріал інструменту – P6M5.

Вид заготовки – поковка після точіння.

Відповідно до методики [5] маємо.

1. Глибина різання – $t = 0,5D = 0,5 \cdot 5 = 2,5$ мм.

2. Подача на оберт – $S_o = 0,1$ мм/об [5].

3. Період стійкості свердла – $T = 30$ хв. [5].

Розраховуємо швидкість різання за емпіричною формулою згідно [5], м / хв:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^{m_{sv}}} \cdot K_V, \quad (5.11)$$

де T - середнє значення періоду стійкості інструменту, хв; згідно [5]:

$$T = 30 \text{ хв.}$$

Коефіцієнти для даної формули рівні згідно [5]: $C_v = 3,5$, $q = 0,5$, $y = 0,45$, $m = 0,12$.

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{3,5 \cdot 8,7^{0,5}}{30^{0,12} \cdot 0,2^{0,45}} \cdot 0,8 = 11,3 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою, об / хв:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (5.14)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 11,3}{\pi \cdot 8,7} = 413,7 \text{ об/хв.}$$

Враховуючи безступінчасте регулювання частот обертання шпинделя, остаточно приймаємо $n_{пр} = 414$ об/хв:

Визначимо хвилинну подачу по формулі, мм / хв:

$$S_M = S_o n. \quad (5.15)$$

$$S_M = 0,1 \cdot 414 = 41,4 \text{ мм/хв.}$$

Визначаємо крутний момент на шпинделі за формулою [5], Нм:

$$M_{кр} = 10 C_m D q s y K_{кр}. \quad (5.16)$$

де $C_m = 0,041$, $q = 2,0$, $y = 0,7$ – коефіцієнти та показники в формулі [5];

З урахуванням поправочних коефіцієнтів маємо:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,041 \cdot 8,7^2 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,73 = 7,3 \text{ Нм.}$$

Визначаємо ефективну потужність різання за формулою [5], кВт:

$$N_e = \frac{M_{pk} V}{9750}. \quad (5.17)$$

$$N_e = \frac{7,3 \cdot 413,7}{9750} = 0,31 \text{ кВт.}$$

Для можливості реалізації різання на верстаті повинно виконуватися умова:

$$N_p < N_d \cdot \eta, \quad (5.18)$$

де N_d - потужність двигунів верстата, 10 кВт;

η - коефіцієнт корисної дії верстата, 0,75.

Перевіряємо умову:

$$N_d \cdot \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт.}$$

Основний час роботи верстата на переході визначаємо за формулою, хв:

$$T_o = \frac{L}{S_m} i, \quad (5.19)$$

де L - довжина шляху інструменту, що враховує довжину врізання;

S_m - хвилинна подача, мм / хв;

i - кількість проходів.

$$T_o = \frac{34+2}{41,4} \cdot 1 = 0,85 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку режимів різання наведені в таблиці.

Таблиця 5.8 - Режими обробки на переході операції 040

Номер і текст переходу	Параметр режимів обробки					L, мм	T _o , хв
	t, мм	S, мм/хв	η, об/хв	V, м/хв	i		
Свердлити отвір Ø5	2,5	41,4	414	11,3	1	36	0,85

6 РОЗРОБЛЕННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

В проєкті необхідно розробити пристрій для операції 040 вертикально-фрезерної.

В даний час заготовка обробляється на універсальному обладнанні в призмах з ручним зажимом прихватами. Застосування спеціального пристрою з механізованим приводом дозволить знизити трудомісткість, підвищити якість параметрів операції.

Уточнення мети технологічної операції. Визначення кількісних і якісних результатів виконання операції.

Точність розмірів оброблюваних поверхонь.

Довжина $108 \pm 0,435$ – лінійний розмір, що повинен бути оброблений з точністю IT14, $T = 940$ мкм. Відхилення на нього задано нами під час проєктування креслення у відповідності зі стандартом, так як на даного роду розмірів відхилення задаються у тіло деталі, тому усе вірно.

Точність розмірів центрових отворів розглядати не доцільно, оскільки вона забезпечується інструментом – свердлом.

Точність форми оброблюваних поверхонь

На кресленні не позначені допуски форми, тому приймаємо їх рівними 60% від допуску на розмір, який зумовлює цю поверхню.

Точність розташування оброблюваних поверхонь.

На кресленні не позначені допуски розташування, тому приймаємо їх рівними 0,6 допуску на розмір.

Допуск перпендикулярності отвору щодо осі деталі в межах допуску на розмір 108 мм він становить 60% від поля допуску і він дорівнює 0,65 мм. Порівнюємо отримане значення з табличним значенням по [10]. Табличне значення дорівнює 0,6 мм. Приймаємо, що допуск паралельності стінок паза дорівнює 0,6 мм, що відповідає 16-му ступеню точності.

Шорсткість оброблюваних поверхонь.

Шорсткість оброблюваних поверхонь, яка вказана на кресленні, має значення 6,3 мкм за критерієм Ra.

З'ясування кількісних і якісних даних про заготовку, що надходить на операцію. На дану операцію заготовка надходить з необробленими базовими поверхнями. Маса заготовки – 2,2 кг.

Матеріал - сталь 45 ДСТУ 1050-2018. Заготовка має циліндричну форму, цілком жорстка, оброблюваність її задовільна. До базових відносимо поверхні на які буде встановлена заготовка в пристрої.

Уточнимо точності параметри поверхонь, що можуть бути базовими.

Точність розмірів базових поверхонь.

Номинальний діаметр $\varnothing 34$ – зовнішня циліндрична поверхня, що відповідає точності IT14, $T_{\varnothing 34} = 100$ мкм. Відхилення на нього задано конструктором за ДСТУ 2590-2009.

Точність форми базових поверхонь.

Відхилення циліндричних поверхонь $\varnothing 34$ характеризуються відхиленням від циліндричності і круглості. Оскільки циліндричність і круглість не обумовлені, приймаємо допуск на них в межах 30% від допуску на діаметри, тобто допуск циліндричності і круглості для розміру $\varnothing 34$ становить 0,06 мм. Скорегувавши за довідником отримаємо, що відхилення від циліндричності і круглості для розміру $\varnothing 34$ становить $T = 0,06$ мм, що відповідає 8 ступеню точності [10].

Точність розташування базових поверхонь.

На кресленні не позначені допуски розташування, тому приймаємо їх рівними 0,6 допуску на розмір, тобто допуск радіального биття для розміру $\varnothing 34$ становить 0,06 мм. Скорегувавши за довідником отримаємо, що відхилення по радіальному биттю для розміру $\varnothing 34$ становить $T = 0,06$ мм, що відповідає 9 ступеню точності [10].

Шорсткість базових поверхонь.

Шорсткість поверхні, зазначена на кресленні заготовки (проката) та відповідає за критерієм Ra 1,6 мкм, що є достатнім досягнення необхідної точності на даній операції.

Визначення умов в яких буде виготовлятися і експлуатуватися проєктований пристрій.

У проєктованому пристосуванні планується обробляти заготовки з базовими поверхнями саме такими або в межах ± 20 мм розмірів з вказаними параметрами точності.

Річна програма випуску складає одну деталь. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає одиничний тип виробництва. Але проєктування даного пристосування проводиться з метою навчання.

Заготовка буде оброблятися на верстаті HAAS VF-1. Паспортні дані верстата наведені раніше у розділі 5.4.

Обробка на даній операції здійснюється торцевими фрезами та центровочними свердлами. Пристосування має обслуговуватися верстатником 3-го розряду.

Виходячи з умов реалізації цих функцій і вимоги до результатів їх реалізації, здійснюємо пошук прототипів з накопиченого фонду технічних рішень. Перевагу віддаємо апробованим практикою стандартним технічним носіям функції.

Розробка та обґрунтування схеми базування виконано у розділі 5.2.

На дану операцію можливо запропонувати одну схему базування і закріплення заготовки, так як інше закріплення нераціональне з конструктивних точок зору досягнення точності - базування в призмах.

Дана схема передбачає подвійну-напрямну базу, заготовка буде полишена чотирьох ступенів вільності.

Остаточний аналіз структури зв'язків зробимо, побудувавши таблицю односторонніх зв'язків, використовуючи систему координат на рис. 6.2.

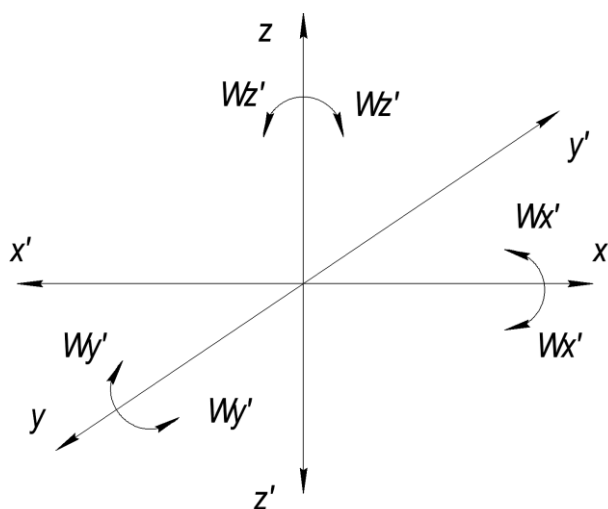


Рисунок 6.2 - Система координат

Таблиця 6.1 – Таблиця односторонніх зв'язків

Індекс зв'язку		X	X'	Y	Y'	Z	Z'	ω_x	ω_x'	ω_y	ω_y'	ω_z	ω_z'
Спосіб реалізації	Реакція	R	R	R	R	-	-	R	R	R	R	R	R

З табл. 6.1 видно, що на заготовку накладено 10 односторонніх зв'язків, причому усі повні, що обумовлено відсутністю зазору між деталлю і пристроєм.

Щоб система стала врівноваженою під час обробки, необхідно позбавити заготовку можливості переміщатися по координаті Z.

Побудова функціональної структури і загального компоновання пристрою.

Послідовна структура реалізації потоку функцій є найбільш тривалою за часом, проте в даному випадку це єдина можливість обробки заготовки на даній операції при дрібносерійному типі виробництва, де обробка ведеться по можливості стандартним ріжучим інструментом і суміщення переходів не представляється можливим.

Функціональна структура проектованого пристосування представлена на рис. 6.3.

Розробка і обґрунтування схеми закріплення. Аналіз взаємодії силових полів з позицій врівноваженості системи: ріжучий інструмент - заготовка - пристрій – верстат.

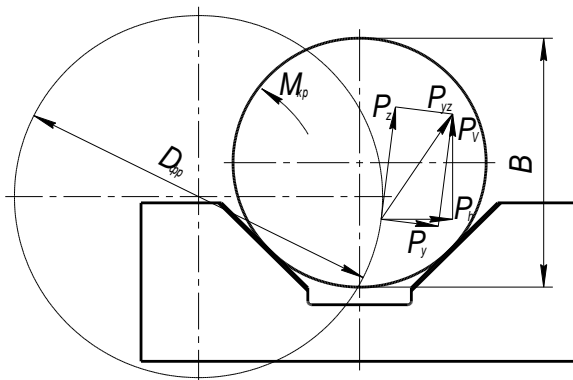


Рисунок 6.2 – Структура поля збурюючих сил

Силові потоки, що виникають при обробці, створюють напруження згину на всій довжині вала.

Однак достатня маса заготовки і висока її характеристика жорсткості, за рахунок застосування настановних елементів гасять ці напруги і не викликають деформацій, які деформують заготовку. В таких умовах не виникає особливих вимог до структурної однорідності силових полів.

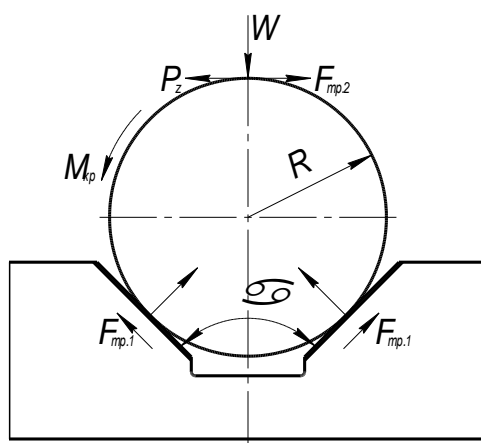
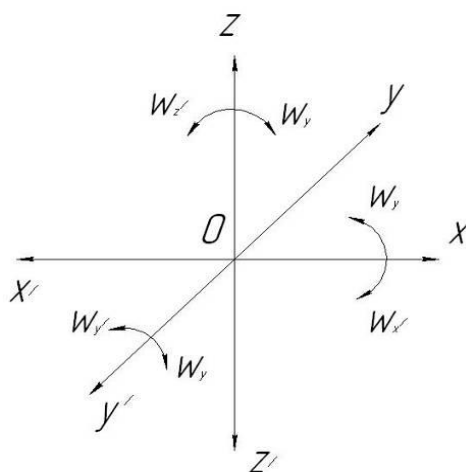


Рисунок 6.3 – Структура поля зрівноважувальних сил



Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб Реаліза- ції	Реакція			R	R		R			R	R	R	R
	Сила закріплення					W							
	Сила тертя	F(W)	F(W)					F(W)	F(W)				

Розрахунок сил закріплення

Розрахуємо коефіцієнт запасу за формулою з [10]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad , \quad (6.1)$$

де k_0 - коефіцієнт гарантованого запасу. $k_0 = 1,5$;

k_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях ($k_1 = 1,1$);

k_2 – коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту ($k_2 = 1,7$);

k_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні ($k_3 = 1$);

k_4 – коефіцієнт, що характеризує сталість сили закріплення механізму ($k_4 = 1,2$);

k_5 – коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних ЗМ ($k_5 = 1$);

k_6 - коефіцієнт враховує моменти, що прагнуть повернути заготовку;

За формулою:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 3,88$$

Режими різання розраховані у пункті 5.5, сила різання складає 285 Н.

Складемо рівняння моментів сил і визначимо силу закріплення W .

$$W = \frac{KP_z}{f_2 + \frac{f_1}{\sin \alpha/2}} \quad (6.2)$$

Коефіцієнт тертя згідно [12] : $f_1 = 0,25$;

f_2 – коефіцієнт тертя між заготовкою і зажимними механізмами, $f_2 = 0,7$.

$$W = \frac{3,54 \cdot 285}{0,7 + \frac{0,25}{\sin 45^\circ}} = 1086 \text{ Н.}$$

Згідно силі закріплення 1086 Н, визначимо силу, що виникає на штоку пневмоциліндра за формулою:

$$Q = \frac{W}{1,5} = \frac{1086}{1,5} = 684 \text{ Н}$$

Так як деталь досить довга, тому раціонально застосувати два пневмоциліндри, що будуть безпосередньо діяти на деталь.

Іншим способом силу на штоку пневмоциліндра визначаємо за формулою:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P \cdot \eta$$

Тоді площа поршня дорівнюватиме:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P \cdot \eta}} \quad (6.3)$$

де D - діаметр поршня;

$P = 0,4$ МПа – тиск у мережі;

$\eta = 0,8$ - КПД пневмоциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 684}{\pi \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,8}} = 0,095 = 95 \text{ мм.}$$

Вибираємо діаметр найближчого більшого стандартного значення поршня:
 $D=100$ мм.

Робимо перерахунок сили, що виникає на штоку та сили закріплення.

Сила, що виникає на штоку:

$$Q = \frac{\pi \cdot (100 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 711 \text{ Н.}$$

Сила закріплення:

$$W = 1,5 \cdot Q = 1,5 \cdot 711 = 1241 \text{ Н.}$$

Точнісіні розрахунки пристрою.

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристрою являють собою перетворення інформації про обробку поверхонь деталі на операції в точність пристрою.

Деталь базується на даній операції по поверхні $\varnothing 34$ тобто можна говорити про те що технологічна та вимірювальна бази збігаються.

Визначимо допустиму похибку на паралельність до настановної поверхні плити за формулою [14]:

$$\varepsilon_{np} = T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2}, \quad (6.7)$$

де T - допуск розміру $T_{108} = 0,94 \text{ мм} = 940 \text{ мкм}$;

K_T - коефіцієнт, що враховує можливе відступ від нормального розподілу окремих складових, приймаємо $K_T = 1,2$;

K_{T1} - коефіцієнт, який враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування, що приймається до уваги, коли похибки базування не дорівнюють нулю, в даному випадку $K_{T1} = 0,85$;

ε_{δ} - похибка базування заготовки, $\varepsilon_{\delta} = 0,25 \text{ мм} = 250 \text{ мкм}$ (визначена раніше).

ε_z - похибка закріплення заготовки, тому привід механізований і похибка закріплення буде постійною, то враховуємо її один раз при налаштуванні верстата, приймаємо $= 0$;

ε_y - похибка установки пристрою на верстаті, враховує зазори між установочними елементами пристосування і посадочними елементами верстата (шпонками). Але величина зазору на похибку отримуваних розмірів не впливає, так як вони вимірюються в різних напрямках.

ε_n - похибка перекосу інструменту. Обробка вестиметься фрезами, що не мають перекосу. Тобто похибка перекосу $= 0$.

ε_u похибка, що виникає внаслідок зносу настановних елементів пристосування. Величина зносу залежить від програми випуску деталей і форму настановної поверхні. Так як пристрій проектується в навчальних цілях і буде виготовлятися лише одна деталь на рік, то похибкою зносу можна знехтувати, тобто прийняти її рівною нулю.

K_{T2} - коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки, приймаємо за рекомендаціями [14] $K_{T2} = 0,6$;

w - середня економічна точність обробки, по [14] при фрезеруванні площин середня економічна точність - 11 квалітет. Отже в розрахунках приймаємо допуск по 12-му квалітету тобто $w = 250$ мкм;

ε_{noz} - похибка позиціонування верстата. З паспорта верстата 5 мкм.

Виконуємо розрахунок допустимої похибки пристосування, яку не можна перевищити при виготовленні його деталей і їх складанні.

$$\varepsilon_{np} = 940 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 0^2 + 250^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 250)^2 + 5^2} = 450 \text{ мкм}$$

За стандартом приймаємо допуск площинності настановних елементів пристосування $T=400$ мкм

Отже, на кресленні пристосування проставляємо допуск площинності настановних елементів рівний 0,4 мм.

Опис пристрою і принципу дії пристрою.

Пристрій складається з плити на якій встановлені пневмоциліндри і призми

Подача стисненого повітря в нижні і верхні порожнини циліндрів відбувається через триходовий розподільний кран.

При надходженні повітря в нижню порожнину циліндра, поршень піднімаючись вгору через шток створює тиск на прихват який закріплює деталь. При надходженні повітря в верхню порожнину циліндра відбувається зворотний процес - з нижньої порожнини повітря виходить в атмосферу за допомогою перемикання триходового крана. подача повітря здійснюється через триходовий розподільний кран.

Специфікація на верстатний пристрій наведена в додатку В.

ВИСНОВОК

В даній роботі був виконаний аналіз службового призначення верстата 1А616, вузла коробка швидкостей та деталі «Вал-шестерня», розроблене креслення даної деталі та технологічний процес її обробки. Проведено аналіз технічних вимог і виявлення технологічних задач при виготовленні деталі. При аналізі технічних вимог описані властивості сталі 45, а також були проаналізовані вимоги, пропонувані при виготовленні деталі конструктором, їх відповідність загальноприйнятим стандартам.

Тип виробництва за розрахунками аналітичним методом виявився одиничний, як і на класичних ремонтних підприємствах.

В якості заготовки була прийнята заготовка з прокату, так як вона найбільш економічно ефективна. Виконано аналіз існуючого типового технологічного процесу, за яким деталь виготовлялась на підприємстві виробнику, де знаходився верстат. Також для збільшення прогресивності та нового у технологічному процесі та демонстрації навиків навчання на розглянутих технологічних операціях вибрані ті металорізальні верстати які будуть ефективними та залишаться ще перспективними на довгі роки, а саме на операціях 010 фрезерно-центрувальна та 040 вертикально-фрезерна з ЧПК. Були проведені розрахунки режимів різання для даних операцій.

Спроектовано верстатний пристрій на вертикально-фрезерну з ЧПК операцію, розроблено та обґрунтовано схему закріплення та тип силоутворюючого механізму, проаналізовано структуру полів збудованих та зрівноважуваних сил, зроблено опис пристрою та принцип його роботи.

У розділі «Охорона праці» були розглянуті питання характеристики та дії на організм людини, нормування та захист від електромагнітних полів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бойко, Ю. І. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навч. посіб. / Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко. – Київ: НУХТ, 2018. – 195 с.
2. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафеев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
3. Мазур, М. П. Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, В. Л. Доброскок, В. О. Залога та ін.; під заг. ред. М. П. Мазура. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Львів : Новий Світ-2000, 2011. – 422 с.
4. Петров, О. В. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.
5. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.
6. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 2 [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 102с.
7. Паливода Ю. Є. Технологія оброблення корпусних деталей : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ів. Б. Гевко. – Тернопіль : ТНТУ , 2016. – 156 с.

8. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення важелів та вилок : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : ТНТУ , 2013. – 56 с.

9. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення валів : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла. – Тернопіль : ТНТУ , 2016. – 198 с.

10. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 148 с.

11. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення зубчастих коліс : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія» / укладачі : Ю. Є. Паливода, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 136 с.

12. Паливода, Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун, Р. Я. Лещук. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

13. Приходько, В. П. Розмірне моделювання та аналіз технологічних процесів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / В. П. Приходько ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 249 с.

14. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.

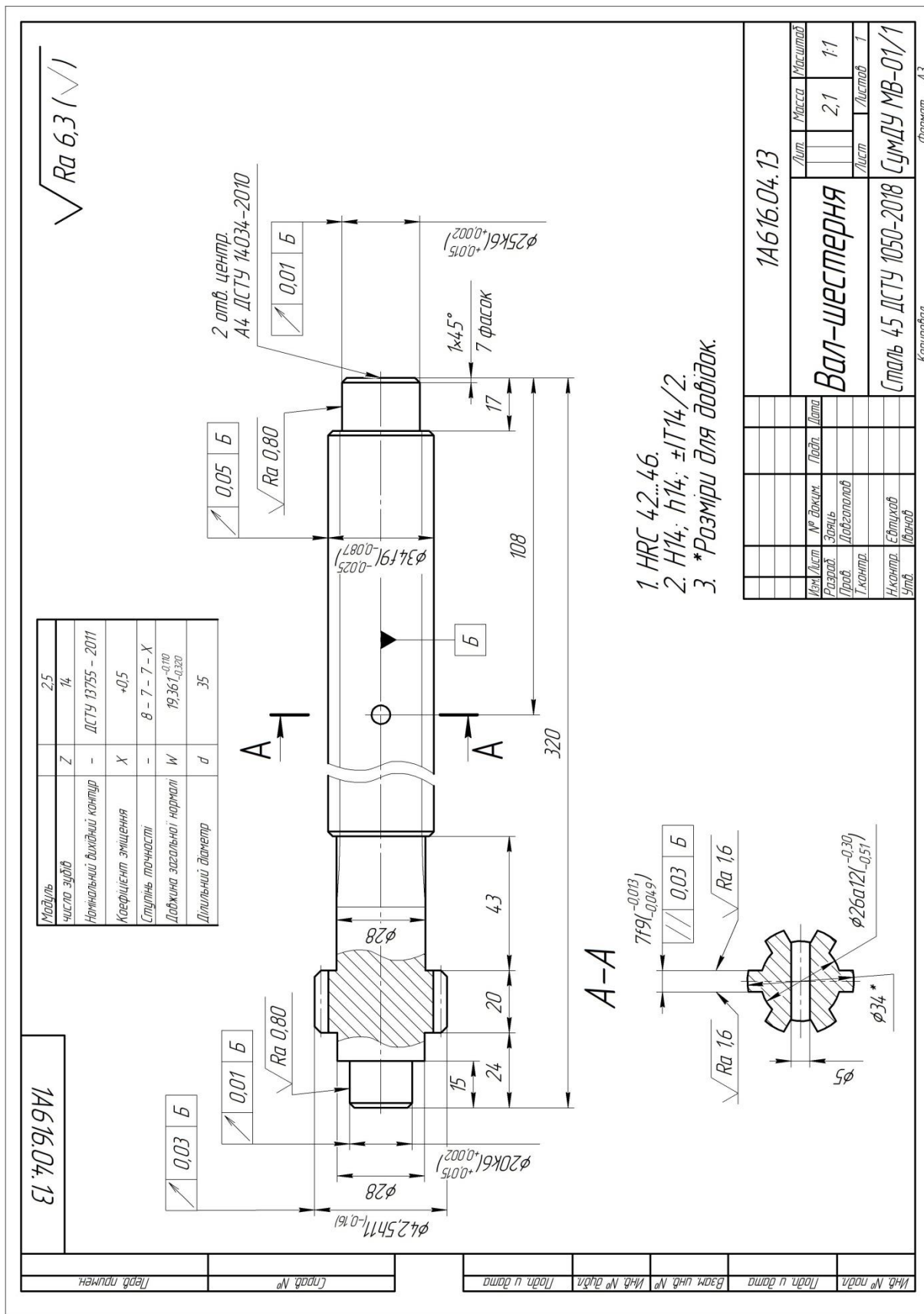
15. Технології формоутворення сучасних складнопрофільних деталей [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології виготовлення літальних

апаратів», «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові данні. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 380 с.

16. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.

ДОДАТОК А

КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ



Лист	Маса	Масштаб
1	2,1	1:1

1A616.04.13

Вал-шестерня

Сталь 45 ДСТУ 1050-2018

СумДУ МВ-01/1

Мат. лист	№ докум.	Лист	Деталь
Розроб.	Завч.		
Проєкт.	Лобзолуб		
Т. констр.			
Н. констр.	Євчилюк		
Утв.	Іванюк		

Формат А3

Копіювати

ДОДАТОК Б

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ

РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ НА ДІАМЕТРАЛЬНІ РОЗМІРИ		
Програма - 'prip' ver.7.1		
СумДУ. Обчислювальний центр факультету ТЕСЕТ		08.06.2024

Розрахунок виконаний для Заець Іван група - МВ-01/1
 ВИХІДНІ ДАНІ:
 оброблювальна поверхня - зовнішня циліндрична ϕ 20 +0.015
 +0.002

Найменування перехода або операції маршрута обробки поверхонь	Позначення точності	Грани- чні відхи- лення, мм	Елементи припуску, мкм				
			шорст- кість Rz (i-1)	дефект шар h (i-1)	простр відхил p (i-1)	похибка базув ЕБ (i)	закр. Ез (i)
Прокат	ДСТУ 4738-2007	+0.200 -0.500	-	-	-	-	-
Chornova	квалітет 12 0 -0.180	0 -0.18	250	500	1119	500	500
Polychistova	квалітет 9 0 -0.052	-0.052 0	125	180	127	200	100
Shlifovalna	квалітет 6 +0.015+0.002	+0.015 +0.002	20	50	85	0	0

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ :

Розрахункові знач.			Прийняті значення, мм							
припуск, мкм		розрах- унковий розмір, мм	розрах- унковий розмір	номінальний розмір з граничними відхиленнями	граничний розмір		припуск, мкм			
мін	розр.				міні- мальний	макси- мальний	мінім	розр.	макс.	
-	-	23.34	23.34	23	+0.300 -0.500	22.5	24.3	-	-	-
968	1119	21.3	21.3	22	0 -0.18	21.82	22.0	1400	1340	1430
145	127	20.373	20.373	20.4	0 -0.052	20.348	20.4	270	900	1055
50	85	20	20	20	+0.015 +0.002	20.015	20.000	145	170	373

К І Н Е Ц Ь Р О З Р А Х У Н К У

ДОДАТОК Г

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Характеристика, дія на організм людини, нормування та захист від електромагнітних полів

Перевищення гранично допустимих параметрів електромагнітного випромінювання (далі — ЕМВ) завдає шкоди здоров'ю працівників. Як мінімізувати фактори негативного впливу ЕМП на здоров'я працівників?

У Мін'юсті зареєстровано наказ МОЗ «Про затвердження Зміни до Державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» від 30.11.2020 р. № 2760, згідно з яким збільшено допустимі норми випромінювання з 10 мкВт/см² до 100 мкВт/см².

У Міністерстві цифрової трансформації зазначили, що мета таких змін — забезпечення до 2024 р. доступом до швидкісного інтернету 95% населення, поліпшення якості мобільного зв'язку та впровадження 5G зв'язку. У прес-службі міністерства наголосили, що таке випромінювання є безпечним для здоров'я. Установлені норми є навіть більш жорсткими, ніж чинні міжнародні параметри. Наприклад, у США, Японії та Канаді цей показник становить 1000 мкВт/см², а рекомендовані ВООЗ і Радою Європи гранично допустимі норми ЕМВ — 450 мкВт/см².

Водночас, варто зазначити, що в травні 2017 р. допустимий рівень ЕМВ уже було збільшено в чотири рази (з 2,5 до 10 мкВт/см²). Однак петиція про «заборону впровадження 5G через вкрай негативний його вплив на здоров'я» набрала понад 25 тис. підписів, що вказує на значне занепокоєння українців щодо безпечності таких змін. Збільшення допустимої норми випромінювання підвищить ризик негативного впливу ЕМВ, насамперед, на працівників, робота яких пов'язана з експлуатацією станцій та щогл мобільного зв'язку.

Пересічні громадяни, які тривалий час перебувають у зоні інтенсивного ЕМВ, також можуть потерпати від підвищення допустимих норм випромінювання. Але Мінцифри гарантує, що це не зашкодить здоров'ю людей. Хоча...

ЕВМ на виробництві

Електромагнітна енергія, що випромінюється, використовується у таких сферах: радіо- і супутниковий зв'язок, телебачення, радіолокація, радіонавігація, металургія, металообробна промисловість для індукційного плавлення, зварювання, напилення металів, а також у деревообробній, текстильній, легкій та харчовій промисловості, у радіоспектроскопії, сучасній обчислювальній техніці та медицині. Джерелами ЕМВ у виробничому приміщенні є неекрановані робочі елементи високочастотних (ВЧ) установок (індуктори, конденсатори, ВЧ-трансформатори, фідерні лінії, батареї конденсаторів, котушки коливальних контурів тощо). Також у групі підвищеного ризику — особи, робота яких пов'язана з експлуатацією станцій і щогл мобільного зв'язку.

Розділом 4 ДСанПіН 3.3.6.096-2002 (Гранично-допустимі рівні електромагнітних полів) визначені формули та порядки визначення параметрів впливу на працівника ЕМВ, розраховано час перебування працівника залежно від напруженості електричного й магнітного полів та інші показники. Очевидно, що в разі збільшення допустимих норм випромінювання з 10 мкВт/см^2 до 100 мкВт/см^2 , потрібно вживати заходи зі зменшення часу перебування працівників у зоні ЕМВ, де збільшилася його потужність. Названі вище санітарні норми і правила є обов'язковими для всіх міністерств та інших центральних органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій незалежно від відомчої належності та форм власності, громадян, які проектують, виготовляють, експлуатують та обслуговують обладнання, апаратуру, прилади, устаткування тощо, що є джерелами ЕМП; які розробляють та впроваджують заходи щодо зниження шкідливого впливу ЕМП на працівників; які виконують державний санітарний нагляд за умовами праці.

Вплив на організм людини

У разі дії на працівника електромагнітного поля (далі — ЕМП), параметри якого перевищують граничнодопустимий рівень, можливі гострі та хронічні форми порушення фізіологічних функцій його організму. Такі порушення виникають у результаті дії електричного складника ЕМП на нервову систему, а також на структуру кори головного та спинного мозку, серцево-судинну систему.

Здебільшого, такі зміни в діяльності нервової та серцево-судинної системи мають зворотний характер. У результаті тривалої дії вони накопичуються, підсилюються з плином часу, але, як правило, зменшуються та зникають за умови припинення впливу та поліпшення умов праці.

Тривалий та інтенсивний вплив ЕМВ призводить до стійких порушень в організмі людини та захворювань. Сумісна дія випромінювань широкого діапазону може викликати радіохвильову хворобу. Тяжкість її наслідків безпосередньо залежить від напруженості ЕМП, фізичних особливостей різних діапазонів частот, тривалості впливу, умов навколишнього середовища, а також від функціонального стану та стійкості організму до впливу різних чинників, його адаптаційних можливостей.

Навіть за дуже невеликої інтенсивності ЕМВ, яка незначно перевищує гігієнічні нормативи, збільшується ризик виникнення загальних захворювань, захворювань органів дихання, травлення тощо.

Систематична дія ЕМВ високої та надвисокої частоти на організм людини викликає підвищення кров'яного тиску, трофічні явища (випадіння волосся, ламкість нігтів). ЕМВ спричиняє зміну поляризації молекул та атомів, які є складовою частиною клітин, у результаті чого виникає небезпечне нагрівання. Надмірне тепло завдає шкоди як окремим органам, так і всьому організму людини.

У разі інтенсивності випромінювань близько 20 мкВт/см^2 реєструється зменшення частоти пульсу, зниження артеріального тиску, що є явною реакцією

на опромінення. В осіб, які раніше потрапляли під дію опромінення, може навіть підвищуватися температура шкіри.

Інтенсивне НВЧ опромінення відразу викликає сльозотечу, подразнення слизової оболонки очей, звуження зіниці. Після нетривалого (до двох діб) прихованого періоду спостерігається погіршення зору, що посилюється під час повторного опромінення і свідчить про кумулятивний характер пошкоджень.

Організм людини здатен відновлювати пошкоджені клітини, хоча для цього за сприятливих умов потрібно багато часу. Однак, із збільшенням часу та інтенсивності впливу електромагнітних випромінювань пошкодження набувають незворотного характеру. У результаті безпосереднього впливу випромінювання на око відбувається пошкодження рогівки. Серед усіх тканин ока найбільшу чутливість у діапазоні 1–10 ГГц має кришталік. Значні пошкодження кришталіка зумовлені тепловим впливом НВЧ (у разі щільності потоку енергії понад 100 мВт/см^2). За малої інтенсивності помутніння спостерігаються тільки в задній ділянці кришталіка, за великої — по всьому його об'єму.

Вимірювання ЕМВ здійснює акредитована лабораторія, яка пройшла акредитацію у відповідній галузі та має засоби вимірювальної техніки. Такі засоби повинні мати свідоцтва про калібрування від ДП «Укрметртестстандарт». Методи вимірювання ЕМВ наведені у спеціалізованій технічній документації. Інструментальні виміри ЕМВ здійснюються на висоті 0,5, 1,0 і 1,7 м від поверхні землі, підлоги приміщення, де розташоване обладнання. До того ж, вимірювання параметрів електричного і магнітного поля проводять на відстані 0,5 м від обладнання, що є джерелом ЕМВ. Як вимірювач напруженості ЕМВ використовують високоточну техніку ненаправленого приймання, оснащену ізотропними (трикоординатними) датчиками з допустимою відносною похибкою $\pm 20\%$.