

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ *Віталій ІВАНОВ*

« \_\_\_\_ » червня 2021 р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ  
ДЕТАЛІ ВАЛ ВЕДУЧИЙ НМ12.312.08.01**

Кваліфікаційна робота (проект) бакалавра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

*Владислав ВЕЛИКОДНИЙ*

Керівник

*Віталій КОЛЕСНИК*

Нормоконтроль

*Юлія ДЕНИСЕНКО*

## РЕФЕРАТ

Записка: 80с., 8 табл., 20 рис., 20 джерел

Об'єкт розробки: деталь «Вал ведучий» НМ12.312.08.01.

Мета роботи: проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Вал ведучий» НМ12.312.08.01

В даному дипломному проекті за освітньо-кваліфікаційним рівнем «Бакалавр» був виконаний аналіз службового призначення виробу та деталі «Вал ведучий» НМ12.312.08.01.

Визначені тип виробництва та форма його організації, а також виконано аналіз технологічності конструкції деталі. Обрано раціональний метод отримання заготовки – прокат, як найбільш раціональний. Проаналізовані технологічні операції 035 – фрезерно-центрувальна та 045 токарна з ЧПК, обґрунтовані схеми базування, вибір металорізального обладнання та технологічної оснастки на даних операціях. Також виконаний розрахунок припусків на діаметральний розмір  $\varnothing 85h6$ . Виконані розрахунки режимів різання для аналізованих операцій та їх технічне нормування.

Також спроектований верстатний пристрій для установлення і закріплення заготовки на фрезерно-центрувальну операцію, та виконана карта операційного налагодження на операцію 045 – токарна з ЧПК.

В розділі охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях розглянута тема: «Характеристика, дія на організм людини, нормування та захист від електромагнітних полів».

**НАСОС, ВАЛ ВЕДУЧИЙ, ОПЕРАЦІЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС,  
РЕЖИМ РІЗАННЯ.**

## Зміст

Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. опис конструктивних особливостей деталі і умов її експлуатації.....	5
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі.....	11
3 Визначення типу виробництва та форми його організації .....	15
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	19
5 Вибір і обґрунтування способу отримання вихідної заготовки .....	24
6 Аналіз існуючого технологічного процесу.....	29
6.1 Розрахунки припусків на механічну обробку поверхонь .....	29
6.2 Аналіз і обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.....	31
6.3 Обґрунтування і вибір моделей металорізальних верстатів.....	35
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірjuвального інструментів .....	38
6.5 Розрахунок режимів різання.....	40
6.6 Технічне нормування операцій.....	49
7 Проектування верстатного пристрою.....	52
Висновки.....	66
Список використаної літератури.....	67
Додаток А. Заводське креслення деталі .....	69
Додаток Б. Розрахунок припусків.....	70
Додаток В. Специфікації на верстатний пристрій .....	71
Додаток Г. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	73

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	Проектування технологічного процесу виготовлення вала НМ12.312.08.01	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Великодний</i>						<i>3</i>	<i>79</i>
<i>Пров.</i>	<i>Колесник</i>					<i>СумДУ, ТМ-71</i>		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>	<i>Денисенко</i>							
<i>Утв.</i>	<i>Іванов</i>							

## Вступ

Машинобудування - галузь обробної промисловості з виробництва різноманітних машин і устаткування, що виготовляє засоби виробництва.

Машинобудування впливає на розвиток інших сфер господарської діяльності та відображає рівень науково-технічного стану та обороноздатності країни. У розвинених країнах на частку машинобудування припадає 25-35% ВВП і приблизно стільки ж від загальної чисельності зайнятих в економіці. Аналогічні показники для НІС, для інших країн, що розвиваються частка промисловості - 15-20%, в НРС - менше 10%. Провідні тенденції - зростання обсягу виробництва при поглибленні спеціалізації та кооперації різних машинобудівних галузей, розширення сфер використання, поліпшення споживчих властивостей кінцевої продукції. Особливістю машинобудування розвинутих країн є зростаюче різноманіття продукції машинобудування і її високу якість.

Застосування верстатів з ЧПК замість універсального обладнання мають суттєві особливості, і створює певні переваги:

- продуктивність верстата підвищується в 1.5 - 5 разів у порівнянні з аналогічними верстатами, але з ручним керуванням;
- поєднується гнучкість універсального обладнання з точністю і продуктивністю верстата-автомата, що і дозволяє вирішувати питання комплексної автоматизації одиничного і серійного виробництва;
- якісно переозброюється машинобудування на базі сучасної електроніки і обчислювальної техніки;
- знижується потреба у кваліфікованих робітничих кадрах, а підготовка виробництва переноситься в сферу інженерної праці;
- скорочується час пригонки в процесі складання, так як деталі, виготовлені за однією програмою, є взаємозамінними;
- знижується тривалість циклу виготовлення деталей і зменшується запас;

Таким чином, вивчення технологічного процесу деталі «Вал ведучий» актуально.

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		4

## 1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. Опис конструктивних особливостей деталі і умов її експлуатації

Деталь «Вал ведучий», що запропонована для розгляду у дипломному проекті є однією з найважливіших деталей насоса відцентрового.

Живильні насоси призначені для подачі чистої води в магістралі. Вони забезпечують подачу води в барабанні або прямоточні парові котли, що працюють на дровах, вугіллі, дизельному паливі. Насос рекомендується для агрегатів, тиск пари в яких становить не більше 4,5 МПа.

Живильні насоси НЦН – Е 800 – 80 – 1 (табл. 1.1) призначені для живлення парогенераторів середнього та високого тиску живильною водою з температурою не більше 448К (155 ° С), водневим показником рН 7 ... 9,5, вмістом твердих часток не більше 5 мг / л, розміром не більше 0, 2 мм, а також інших нейтральних рідин схожих з живильною водою за в'язкістю та хімічної активності.

Таблиця 1.1 Технічна характеристика насоса

Найменування параметра	Одиниця вимірювання	Числове значення
Подача	м <sup>3</sup>	270
Напір	м	1650
Частота обертання	Об/мин	2873
Потужність	кВт	1445
ККД	%	76
Допустимий кавітаційний запас	м	11

Конструкція насоса типу НЦН розроблена з урахуванням створення на одній корпусних базі насосів з напорами 1900 , 1775 , 1650 , 1525 , 1422 , 1250 , 1125 , 1000 метрів шляхом зміни кількості ступенів.

Насос типу НЦН - відцентровий, горизонтальний секційний , однокорпусний з одностороннім розташуванням коліс, підшипниками ковзання , автоматичним

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		5

розвантажувальним пристроєм і кінцевими ущільненнями валу торцевими або сальниковими .

Для розвантаження осьових сил, що виникають при роботі насоса, служить автоматичне розвантажувальний пристрій (гідролята). Робоча пара гідролят являє собою роторне і статорне кільця з релітовим наплавленням , які можна змінювати в процесі експлуатації.

Для контролю осьового переміщення ротора (при зносі деталей (гідролят ) передбачений датчик осьового зміщення.

Ущільнення валу в місці виходу його з насоса здійснюється ущільненням торця .

У конструкції торцевого ущільнення передбачена промивка його від кристалів солей , що утворюються при роботі насоса , а так же стоянці . Підведення для промивання ущільнення виробляється з штатного переказного трубопроводу. Рекомендований регламент промивання торцевого ущільнення - 1 раз на зміну.

Насос складається з корпусних та роторної частин.

Насоси та агрегати виготовляються в загальнопромисловому виконанні і можуть встановлюватися в приміщеннях класу вибухонебезпечної зони В у відповідності з ПУЕ та ВНД- 8 - 73 (наявність сірководню в зоні гранично допустимої концентрації).

Вхідний і напірний патрубок - спрямовані вертикально вгору. У уникнення перегікання води по валу , є щільний металевий контакт в стиках. У секціях по посадці посаджені направляючі апарати . Від проворота направляючі апарати стопоряться в секціях.

Ротор насоса складається з робочих коліс , посаджених на вал по посадці на шпонки, захисних втулок, гільз , і інших деталей збираються на валу . Для запобігання попадання масла до підшипників, передбачені колеса маслоотбойние на валу . Опорами ротора служать підшипники.

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		6

Насос не може працювати в лужних умовах. Експлуатуватися агрегат повинен в закритих приміщеннях, встановлюватися в горизонтальній площині без вібрацій, закріплюватися на настановній поверхні.

Вал ротора насоса ущільнюється механічним ущільненням торця. Розвантаження осьових сил здійснюється за допомогою гідравлічної п'яти. Напрямок обертання ротора насоса - праве (за годинниковою стрілкою) якщо дивитися з боку приводного кінця вала, і зазначено стрілкою на вхідній кришці. В якості приводу насоса використовується асинхронний двигун типу 4AM275M2Y3. Насос з електродвигуном з'єднується за допомогою пластинчастої напівмуфти.

Комплектно з агрегатом поставляються конструкторські прилади зокрема, манометр і манометр - вакуумметр для контролю тиску на вході і виході з насоса.

До живильних насосів пред'являється ряд специфічних вимог:

- Конструкція насоса повинна мати зовнішню і внутрішню герметичність і допускати температурне розширення при змінній температурі рідини, що перекачується.

- Насос повинен бути динамічно стійким у всьому діапазоні робочих режимів.

- Насоси повинні працювати надійно і тривало (не менше 10 тис. ч) без помітного зниження параметрів і заміни основних деталей і вузлів.

- Для запобігання зворотного обертання і недопустимого нагріву води при малих подачах насоси повинні забезпечуватися зворотними клапанами з лінією рециркуляції.

Для живильних насосів застосовується електро-і турбопривод. У вітчизняній та зарубіжній енергетиці трубопривод отримав переважне застосування для потужних живильних насосів ( $N > 8$  тис. кВт).

Специфічні вимоги щодо роботи живильних насосів:

Насоси з подачею  $0,105 \text{ м}^3/\text{с}$  і вище можуть наводитися в обертання через гідромуфту. Насоси з такими подачами повинні допускати відбір води від

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

проміжної шаблі до 10% номінальної подачі з тиском 3,9-7,4 МПа при роботі в номінальному режимі. На недогрузочних режимах допускається підвищення тиску відбору на 18-30% номінального.

Живильні насоси подають воду в барабанні і прямоточні стаціонарні парові котли з тиском пари 3,9 (40): 9,8 (100), 13,7 (140) та 25 МПа (255 ата). Тиск пари робить істотний вплив на конструктивну схему живильного насоса.

Вузол « Ротор » є однією з основних складових насоса. Ротор, в сукупності з напрямним апаратом і кільцями ущільнювачів , служить для відводу , робочої рідини , в наступний ступень насоса.

Деталь "Вал" призначена для установки робочих коліс насоса та передачі момента від напівмуфти до робочих коліс і входить до вузла "Ротор насоса - СБ" . Вал представляє собою тіло обертання циліндричної форми [2].

На рисунку 1.1 зображена деталь «Вал» з нумерацією поверхонь, а в таблиці 1.2 вказана класифікація поверхонь деталі.

Таблиця 1.2 – Класифікація поверхонь деталі

Класифікація поверхні	№ Поверхні
Виконавчі	27,30,33,20
Основні конструкторські бази	1,23,35
Допоміжні конструкторські бази	4,9,10,13,22,32,34
Вільні	2,3,5,6,7,8,11,12,14,15,16,17,18,19,21,24, 25, 26,27,29,31

Поверхні 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11 є виконавчими, з їх допомогою деталь виконує своє службове призначення, а саме ці поверхні є базовими для робочих коліс та шпонок.

Поверхні 5, 17 є базовими, ці поверхні з'єднуються з підшипниками і визначаючи положення самої деталі у вузлі .



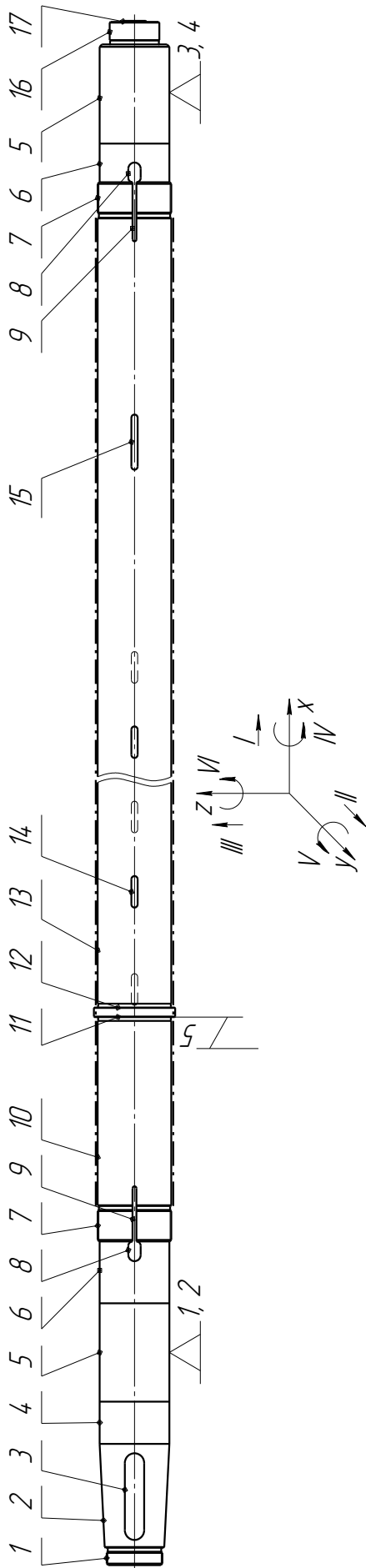


Рисунок 1.1 – Ескіз вала з базами

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ТМ 17510053-00.ПЗ

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені вільності	База
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	ОБ
6	IV	Вакансія

Таблиця 1.3 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	База
L	0	1	1	ПНБ
$\alpha$	0	1	1	
L	1	0	0	ОБ
$\alpha$	0	0	0	
L	0	0	0	Вакансія
$\alpha$	0	0	0	
$\Sigma$	1	2	2	5

До деталі пред'явлені жорсткі вимоги конструктором для забезпечення безвідмовної роботи виробу в цілому. Експлуатується при температурі робочого середовища від 0 до 200°C з впливом агресивного перекачуемого середовищем, динамічними вібраціями і тиском.

При роботі вал має згин з крученням у сукупності зі стискаючими навантаженнями від осьової сили.

Умови експлуатації. Деталь при роботі в вузлі відчуває ударні і циклічні навантаження. Деталь і виріб, також як насос в цілому експлуатується в помірних умовах в діапазоні температур від -25 до + 50 ° С. Сама деталь і виріб при роботі створюють шум на рівні 60-70 Дб.

## 2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

Дана деталь «Вал ведучий» відноситься до деталей типу валів, так як відношення  $l/d > 10$  ( $1420/90 > 10$ ). Деталь сама по собі є не досить нежорсткою, так як має досить велику довжину, тобто буде деформуватися під дією сил закріплення. Внаслідок того, що деталь нежорстка неможна використовувати більш інтенсивні режими обробки на чорнових операціях.

Матеріал деталі «Вал» - легована сталь марки 14X17Н2, що містить у своєму складі 0,14% вуглецю, 17% хрома, 2% нікелю, а інше – залізо. Матеріали замітники – сталь 12Х18Н10Т, сталь 20Х13, дані про фізико-механічні властивості яких наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Фізико-механічні властивості сталі 14Х17Н2 та її заміників

Матеріал	$\sigma_b$ , МПа	$\Psi$ , %	Твердість НВ	Хімісклад, %					
				C	Ni	Mn	Cr	P	S
Сталь 14Х17Н2	650	45	163-168	0,12- 0,16	2,1- 2,3	0,5- 0,8	16- 18	дуже мала доля	
Сталь 20Х13	640	40	170-179	0,19- 0,22	0,17- 0,37	0,5- 0,8	12- 14		
Сталь 12Х18Н10Т	600	40	146-162	0,11- 0,14	10,5- 10,7	0,5- 0,8	17- 19		

Даний матеріал був обраний конструктором не випадково, а закономірно, так як деталь в процесі роботи деталь повинна забезпечувати умови міцності, корозійної стійкості та безвідмовності у продовж певного часу, тому сталь 14Х17Н2 є гарним вибором. Хоча вона і дорожча ніж сталь 20Х13, проте для подібних деталей її застосування з точки зору нормальної і безвідмовної роботи всього редуктора необхідно. До того ж сталь 14Х17Н2 погано обробляється різанням.

На кресленні деталі є точні поверхні з високим вимогою до шорсткості і допусками розташування. Поверхні  $\varnothing 80g6$ ,  $\varnothing 80h6$  та  $\varnothing 85h8$  мають малий допуск і

шорсткість за критерієм Ra 0,8 мкм тому, що дана поверхня є основною конструкторською базою для деталі і допуск посадки, а отже і зазор, який впливає на точність центрування повинні бути якомога менше, тому 6-й квалітет поверхні і шорсткість за критерієм Ra 0,8 мкм цілком обгрунтовані конструктором. Також проставлені допуски радіального биття 0,03мм щодо бази Ф (вісь центрів) тому що ці поверхні є конструкторськими базами деталей типу робочих коліс і підшипників, тобто можна говорити, що дані вимоги до цих поверхонь обгрунтовані конструктором.

На кресленні також є поверхні шпонкових пазів 8N9, 16N9, 18N9 з шорсткістю за критерієм Ra 3,2 мкм і допуском паралельності 0,02 мм щодо бази Ф. Ця поверхня вирізняється конструкторська база, тому велике відхилення тут неприпустимо, так як це може привести до розбалансування та нерівномірного зношування пазів колеса.

Решта поверхонь є вільними, тобто виготовляються з допуском 14-го квалітету.

Згідно з технічними вимогами, які вказані на кресленні деталі «Вал» деталь повинна виготовлятися з поковки другої групи Гр. V зі сталі 14X17H2, твердістю до 223...262 НВ по ГОСТ 25054-81. До поковки п'ятої групи пред'являються більш жорсткі вимоги до контролю на заготівельній операції, (найменші вимоги пред'являються до поковки першої групи, які використовуються в основному для маловідповідальних деталей). Згідно ГОСТ 25054-81 до поковки п'ятої групи: контроль твердості 100% поковок. Поковки повинні бути однієї марки стали спільно пройшли термічну обробку за однаковим режимом. Дані вимоги до груп поковок проставлені конструктором обгрунтовані тим, що деталь працює в насосі і вихід з ладу деталі призведе до поломки агрегату.

Пункти 3-6 технічних вимог регламентують порядок ультразвукового контролю та особливостей виготовлення відповідальних поверхонь деталі.

Сьомим пунктом в технічних вимогах повинно було б бути зазначено, що не вказані граничні відхилення розмірів на кресленні деталі необхідно обробляти з

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

точністю 14-го квалітету. Всі отвори або охоплюють поверхні з полем допуску H14, все вали або охоплюються поверхні з полем допуску h14, а все лінійні розміри з допуском 14-го квалітету і полем допуску симетричним в обидві сторони щодо номінального розміру, таким чином спростилося би креслення.

Пункти 8-14 вказують на розміри для довідок та ті розміри, що забезпечуються інструментом, бо вони порібні для виготовлення деталі. Дані розміри є невідповідальними або складальними, його величина досягається на складальній операції і вказується в якості додаткової інформації для зручності.

Маркувати позначення креслення, марку матеріалу і номер маршрутного листа ударним способом шрифтом 5 - Пр3 ГОСТ 26.020-80. Маркується на поверхні, тому що деталь відповідальна і щоб при збірці насосу не сплутати секцію з іншими, подібними за конфігурацією, деталями.

Таврувати знак ОТК. Після контролю всіх розмірів і вимог креслення, контролер таврує знак якості, який є гарантією відповідності розмірів і якості поверхонь деталі вимогам креслення. І засвідчує що виріб готовий до складання.

Базування і закріплення деталі є технологічним оскільки на токарних та шліфувальних операціях деталь базується в центрах, а крутний момент передається за рахунок повідкового патрону.

На фрезерних операціях деталь базується у призмах та у ділільній голівці. Так як деталь на операціях механічної обробки базується в центрах та призмах непотрібно проводити точну вивірку деталі при її закріпленні, що зменшує допоміжний час.

Проставлення розмірів на деталі завжди повною мірою дає можливість контролю розмірів на одному установі стандартним вимірювальним інструментом, що є добре з точки зору технологічності. Всі розміри можна проконтролювати штангенциркулем та мікрометром.

Присутність на деталі жорстких допусків форми і розташування поверхонь роблять її нетехнологічною за цим показником. Допуски, що проставлені на кресленні досягаються на шліфувальній операції.

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

На деталі є декілька нетехнологічних конструктивних елементів, а саме шпонкові пази. Для отримання їх доцільно застосовувати верстати з ЧПК та спеціальні верстатні пристрої.

Способи отримання заготовки можуть бути лише пластичне деформування, так як у технічних вимогах вказана група поковок.

В цілому ж креслення виконане з усіма вимогами ЄСКД, за винятком деяких неточностей зазначених вище. На кресленні досить видів і розрізів для подання форми деталі і можливості її виготовлення, також вказані всі розміри.

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		14

### 3 Визначення типу виробництва та форми його організації

Тип виробництва по ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{з.о.}$ , який показує відношення всіх різних технологічних операцій, що виконуються або підлягають виконанню підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць.

Виконуємо розрахунок, згідно [3].

Початкові дані:

Річна програма випуску виробів  $N=500$  штук.

Режим роботи підприємства - у дві зміни.

Дійсний річний фонд роботи обладнання  $F_d = 4029$ , годин.

Для розрахунку необхідно знати штучний час на виконання механічних операцій. Дані про штучному часу виготовлення деталі на механічні операції візьмемо з базового технологічного процесу (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Штучний час на механічні операції

№ операції	Найменування операції	$T_{шт}$ , хв
030	Токарно - гвинторізна	40
045	Токарно - гвинторізна	20
050	Вертикально-фрезерна	20
065	Вертикально-фрезерна	20
070	Круглошліфувальна	30
080	Круглошліфувальна	20
085	Токарно - гвинторізна	20
100	Горизонтально-фрезерна	30

Знаючи штучний час, витрачений на кожну операцію, визначаємо кількість верстатів за формулою:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (3.1)$$

де  $N$  - річна програма випуску виробів, шт;

$T_{шт}$  - штучний час;

$F_d$  - дійсний річний фонд часу, ч;

$\eta_{з.н.}$  - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, по [3]  $\eta_{з.н.} = 0,8$ .

Таблиця 3.2 - Нормування операцій

№ операції	Найменування операції	$T_{шт}$	$m_p$	P	$\eta_{з.ф.}$	O
030	Токарно - гвинторізна	40	0,06	1	0,06	12,9
045	Токарно - гвинторізна	20	0,031	1	0,031	27,8
050	Вертикально-фрезерна	30	0,046	1	0,046	17,2
065	Вертикально-фрезерна	20	0,041	1	0,041	27,8
070	Круглошліфувальна	30	0,031	1	0,031	27,8
080	Круглошліфувальна	20	0,056	1	0,056	17,2
085	Токарно - гвинторізна	20	0,031	1	0,031	27,8
100	Горизонтально-фрезерна	30	0,046	1	0,046	17,2
$\Sigma$	-	210	-	9	-	186,6

Коефіцієнт закріплення операції розраховуємо по формулі:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} \quad (3.2)$$

Таким чином коефіцієнт закріплення операції дорівнює:

$$K_{з.о.} = \frac{186,6}{8} = 23,7 \approx 24, \text{ що відповідає дрібносерійному типу виробництва,}$$

так як  $K_{з.о.}$  входить в межі  $20 < 24 < 40$ .

Визначаємо форму організації виробництва.

Визначаємо партію запуску за формулою [3]:

$$n = Na/254, \quad (3.3)$$



де  $a=24$  – періодичність запуску в днях [3].

$n = 500 \cdot 24 / 254 = 47$ , приймаємо партію запуску 47 штук.

Визначити середню трудомісткість механічних операцій:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{Шm}}{n} = \frac{230}{8} = 25,5 \text{ хв.}$$

$n = 8$  - число операцій.

Визначаємо добовий час роботи обладнання:

$$F_{сум} = \frac{60 \cdot F_0}{254} = \frac{60 \cdot 4029}{254} = 952 \text{ хв.}$$

Коригуємо розмір партії за рахунок визначення числа змін на виготовлення всієї партії:

$$Z = \frac{T_{cp} \cdot N_{пар}}{F_3 \cdot \eta_{з.н.}} = \frac{25,5 \cdot 47}{476 \cdot 0,8} = 24,7.$$

$$F_3 = \frac{F_{сум}}{2} = \frac{952}{2} = 476 \text{ хв.}$$

$\eta_{з.н.} = 0,8$  - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Кількість змін округляємо до найближчого цілого значення - 25.

Тоді число деталей в партії:  $N_{пар} = \frac{F_3 \cdot Z_{пр} \cdot \eta_{з.н.}}{T_{cp}} = \frac{476 \cdot 25 \cdot 0,8}{25,5} = 424 \text{ шт.}$

Так як розрахований тип виробництва дрібносерійний, то вибираємо форму організації робіт - групову.

Ця форма організації робіт характерна для дрібносерійного і среднесерійного типів виробництва. Заготовки обробляються невеликими партіями, час обробки не погодили.

Дрібносерійне виробництво, яке є підвидом серійного виробництва, яке в є основним типом сучасного машинобудівного виробництва, а підприємства цього типу випускають в даний час 80% всієї продукції машинобудування країни. Це виробництво характеризується такими показниками, а саме, заготовки, що застосовуються в дрібносерійному виробництві в основному кування і лиття в

піщано-глинисті форми (рідко точне лиття і штампування). Устаткування використовується універсальне і спеціалізоване. В основному використовують універсальні верстати, також широко використовуються верстати з ЧПУ. У дрібносерійному виробництві застосовується групова форма організації виробництва. Устаткування розставляються по технологічним групам з урахуванням положення цеху. Ріжучий інструмент застосовують як стандартний, так і спеціальний, який використовується в разі неможливості обробки стандартним інструментом різних поверхонь великої номенклатури та різної конструкції деталей. Мірний інструмент також застосовують як стандартний, так і спеціально виготовлений на замовлення в інструментальному цеху підприємства. Переважно застосовують шкальний інструмент в деяких випадках шаблони і калібри.

Середня кваліфікація робітників вище, ніж в масовому виробництві, але нижче ніж в одиничному. Поряд з робітниками високої кваліфікації, які працюють на складних універсальних верстатах, а також налагоджують використовуються робітники-оператори, що працюють на настроєних верстатах.

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		18

#### 4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Оцінка технологічності деталі «Вал ведучий» за якісними показниками включає в себе:

- оцінка по технологічності матеріалу, з якого виготовлена деталь. Дана деталь виготовлена зі сталі марки 14X17H2 ГОСТ 5632-72, хімічний склад наведено вище в пункті 2. Матеріалом заміником для цієї сталі є сталь 12X18H10T ГОСТ 5632-72, яка близька до вихідного матеріалу за хімічним складом і фізико-механічними властивостями.

Вартість даного матеріалу висока, так як сталь легована лише 17% хрому та 2% нікелю. Даний матеріал не є дефіцитним, що добре для постатчальників.

Дана сталь легована хромом та нікелем у великій кількості, а тому погано піддається механічній обробці. Змінити матеріал на більш міцний і більш легкий не представляється можливим, так як це призведе до необґрунтованого збільшення собівартості або до того, що деталь не зможе виконувати свої функції у виробі. Так як матеріал деталі дорогий і погано обробляється різанням, то можна зробити висновок, що за цим показником вона нетехнологічна.

- оцінка по технологічності геометричної форми поверхонь.

На деталі все поверхні складні, проте які можна обробити як стандартним так і нескладним спеціальним інструментом. На кресленні є такі нетехнологічні конструктивні елементи як шийки валів з високою точністю. Також нетехнологічними елементами є закриті пази.

Також до нетехнологічних елементів можна віднести радіуси та фаски різних розмірів, які хоча і є вільними розмірами, але дещо ускладнюють процес обробки.

Отже по геометричним формам поверхонь деталь є технологічною.

- оцінка технологічності по можливості зміни форми деталі, яка дозволяла б вибрати найвигідніший розкрій матеріалу і можливості використання відходів для виготовлення інших деталей.

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19

За цим показником деталь є нетехнологічною, так як абсолютно всі поверхні на деталі обробляються, а отже збільшити кількість поверхонь, які не обробляються або зробити якісь поверхні необробленими ми не можемо виходячи зі службового призначення деталі і тих розмірів і тієї точності, які задав конструктор на кресленні.

Заготовку для даної деталі можна отримувати двома методами, а саме вільним куванням на молотах або прокатом (виходячи з конфігурації та розмірів деталі). В першому випадку заготовка має ступінчасту форму. Все що буде залишатися після обробки цієї заготовки це стружка, яка надалі піде на переплавку. Отже за даним показником деталь нетехнологічна.

- оцінка технологічності конструкції по простановці розмірів.

Базовою інформацією для оцінки технологічності конструкції по даному пункту є креслення деталі «Вал». В цілому по простановці розмірів деталь технологічна.

Також на кресленні є точні «класні» розміри: Ø80g6, Ø80h6 та Ø85h8. Ці розміри, особливо перші два вимагають трьох - чотирьох стадій обробки замість однієї - двох, що робить деталь нетехнологічною.

Також на кресленні є допуски розташування, а саме допуски радіального і торцевого биття 0,02 мм. Витримування цих допусків також несе додаткову трудомісткість в обробку, що нетехнологічно.

У технічних вимогах зазначено, що заготовка для деталі повинна виготовлятися за вимогами V-ї групи поковок, тобто ці поковки необхідно піддавати повному контролю твердості, що збільшує вартість деталі в порівнянні з I-ю групою поковок, які не підлягають контролю. Поковки V-ї групи, які піддаються 100% - му контролю та випробуванням на міцність характеристики, зразки для яких необхідно передбачити при отриманні заготовки, що призведе до зайвої масі, зменшення коефіцієнта використання матеріалу, а отже і до збільшення вартості деталі, що є нетехнологічним. Можна зробити висновок, що конструктор проставив V групу поковок грамотно і сходячи з службового

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

призначення деталі і виробу. В цілому вимога креслення виготовляти деталь з V-ї групи поковок вважаємо нетехнологічним.

- оцінка технологічності за правильністю обґрунтування прийнятих значень граничних відхилень.

Дана оцінка проведена в аналізі технічних вимог докладно з усіма обґрунтуваннями в пункті 2. На основі цього можна зробити висновок, що деталь технологічна по даному показнику.

- оцінка за технологічністю заготовки.

В умовах дрібносерійного виробництва способами отримання заготовки виходячи з технічних вимог креслення деталі можуть бути або поковка штампована кована на молотах або прокат. Поковка, що отримується вільним куванням на молотах має великі припуски і напуски, що в свою чергу веде до збільшення маси, а отже і істотного збільшення вартості заготовки. Отримання поковки на молотах виконується універсальними інструментами, робочими високої кваліфікації (4-6 розряди), що також збільшує собівартість, а отримання заготовки прокатом, тобто потрібна лише операція відрізання виконується робітниками 2-го або 3-го розрядів.

Єдиним мінусом отримання поковки на молотах є висока вартість виготовлення спеціального штампа для отримання заготовки, але техніко-економічне обґрунтування методу отримання заготовки буде проводитися в наступних пунктах.

За умови забезпечення технологічності подальшої механічної обробки більш раціональним є отримання заготовки прокатом.

Деталь є недостатньо жорсткою, так як відношення  $l / d < 1$  ( $1420/90 > 10$ ) (більш докладно в пункті 2). Деталь можна обробляти в універсальних пристроях, але це веде до збільшення трудомісткості налагодження, тому на деяких операціях застосуємо спеціальні пристосування. Доступ ріжучого інструменту при обробці на одношпindelних верстатах одним інструментом при послідовній схемі обробці необмежений. При обробці комбінованими інструментами, а також

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21

обробці декількома інструментами декількох поверхонь можуть виникнути проблеми.

В цілому ж конструкція деталі технологічна і більшого вдосконалення, ніж це зробив конструктор без шкоди для службового призначення деталі і виробу, на даному етапі розвитку науки і техніки запропонувати неможливо.

Кількісний аналіз технологічності деталі.

Визначення коефіцієнта використання матеріалу:

$$K_{ИМ} = \frac{M}{M_з}, \quad (4.1)$$

де  $M$  – маса готової деталі,  $M = 72$  кг

$M_з$  – маса заготовки,  $M_з = 115$  кг

$$M_з = M \cdot K_p = 72 \cdot 1,6 = 115 \text{ кг} \quad (4.2)$$

$$K_{ИМ} = \frac{72}{115} = 0,65$$

Визначення рівня технологічності конструкції по використанню матеріалу:

$$K_{ум} = \frac{K_{бИМ}}{K_{ИМ}}, \quad (4.3)$$

де  $K_{бИМ}$  – базовий коефіцієнт використання матеріалу,  $K_{бИМ} = 0,45$  (за даними підприємства, на якому виготовлялася деталь);

$$K_{ум} = \frac{0,45}{0,65} = 0,7.$$

Визначаємо коефіцієнт точності обробки:

$$K_m = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T \cdot n_i} \quad (4.4)$$

де  $\sum n_i$  – число розмірів відповідного класу точності;

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22

T – клас точності обробки.

$$\sum n_i = 1+1+1+5+1=9.$$

$$\sum T \cdot n_i = 9 \cdot 4 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 10 = 200.$$

$$K_m = 1 - \frac{17}{200} = 0,91 > 0,8.$$

За цим показником деталь технологічна.

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_w = \frac{1}{\text{Ш}_{cp}} = \frac{\sum n_{im}}{\sum \text{Ш} \cdot n_{im}}, \quad (4.5)$$

де  $\sum n_{im}$  – число поверхонь відповідного класу шорсткості

$$\sum \text{Ш} \cdot n_{im} = 0,8 \cdot 5 + 1,6 \cdot 2 + 6,3 \cdot 10 = 71,2.$$

$$K_w = \frac{17}{71,2} = 0,25 < 0,32.$$

За цим показником деталь технологічна.

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23

## 5 Вибір і обґрунтування способу отримання вихідної заготовки

Від вибору технологічного процесу отримання заготовки залежить кількість матеріалу, що витрачається, якість і трудомісткість подальшої механічної обробки при виготовленні деталі. Оптимальний технологічний процес вибирають на основі розрахунку і порівняння, можливих за даних умов варіантів виготовлення деталі, куди входить і вартість вихідної заготовки. Оцінку економічної ефективності нової технології, вибір найбільш економічного варіанта виробництва деталей здійснюють за допомогою порівняльного аналізу вартісних і натуральних техніко-економічних показників.

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

Розглянемо варіанти виготовлення заготовки деталі «Вал», матеріал деталі – сталь 14X17H2 ГОСТ 5632-72:

- лиття – не раціонально застосувати, так як для заданого обсягу випуску треба виготовляти спеціальні форми для лиття у кокіль, а потім піддавати деталь очистці піском під тиском та видаляти залишки литникових систем. При цьому способі отримання заготовки можуть з'явитись раковини та пори, що негативно вплине на працездатність оправки, адже вона передає крутний момент у процесі роботи, а при цьому треба забезпечити ущільнення волокон матеріалу, що можливо лише при пластичному деформуванні.

- прокат – не раціонально застосовувати у середньо серійному виробництві через великі перепади діаметральних розмірів, що 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 середньосерійному виробництві потрібно прагнути до наближення форми заготовки до форми деталі, що можливе лише при

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		24



штампуванні, проте дивлячись на форму та розміри даний спосіб також розглянемо.

- штампування – дозволяє отримати заготовку з ущільненими волокнами, що добре позначиться на експлуатаційних характеристиках деталі, а також за формою та розмірами вона буде найбільш наближена до форми деталі. Проте даний спосіб не розглядаємо, оскільки габарити деталі досить великі.

Виходячи з конфігурації заданої деталі доцільно застосувати гарячекатаний прокат (ГОСТ 2590-88) [5]. Заготовки з прокату застосовуються для деталей, по конфігурації, що 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 заготівлею для деталі є прокат Ø110 і довжиною 1430 мм. Коефіцієнт використання матеріалу такої заготовки становить.

Додатково приймаємо на довжину припуск на виготовлення зразків на механічні випробування 150 мм та припуски на відрізання 5 мм.

$$K_m = \frac{G_d}{G_3}, \quad (5.1)$$

де  $G_d$  – маса готової деталі,  $G_d = 72$  кг;

$G_3$  – витрата матеріалу на заготовку, кг:

$$G_3 = \frac{\pi d^2 l}{4} \rho, \quad (5.2)$$

де  $\rho$  – густина матеріалу заготовки,  $\rho = 7,85$  г/см<sup>3</sup>;

$d$  – діаметр заготовки,  $d = 100$  мм;

$l$  – довжина заготовки,  $l = 1585$  мм.

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25

$$\text{Тоді } G_3 = \frac{\pi \cdot 11^2 \cdot 158}{4} \cdot 7,85 = 97 \text{ кг.}$$

$$\text{Тоді } K_{.m1} = \frac{72}{97} = 0,75.$$

Розрахунок вартості заготовки з прокату.

Собівартість заготовки з прокату визначаємо за формулою згідно [8], грн:

$$S_{заг1} = M + \sum C_{оз}, \quad (5.3)$$

де  $M$  – затрати на матеріал заготовки, грн;

$$M = Q_1 S - Q_1 - q \frac{S_{отх}}{1000}, \quad (5.4)$$

де  $Q_1$  – маса заготовки з проката,  $Q_1 = 97$  кг;

$S$  – ціна 1кг матеріалу заготовки,  $S = 30$  грн.;

$q$  – маса готової деталі,  $q = 72$  кг;

$S_{отх}$  – ціна 1т відходів  $S_{отх} = 1000$  грн.

Тоді

$$M = 97 \cdot 30 - 97 - 72 \cdot \frac{1000}{1000} = 4670 \text{ грн.}$$

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

$$\sum C_{оз} = \frac{C_{пз} T_{шт}}{60 \cdot 100}, \quad (5.5)$$

де  $C_{пз}$  – приведені витрати на робочому місці: правки 100 грн/год., порізки 50 грн/год.;

$T_{шт}$  – штучний час на заготівельну операцію,  $T_{шт} = 60$  хв.

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		26

Тоді

$$\sum C_{oz} = \frac{(100 + 50) \cdot 60}{60} = 150 \text{ грн.}$$

Тоді  $S_{заг1} = 4670 + 150 = 4820$  грн.

Розрахунок вартості штампованої заготовки

Собівартість штампованої заготовки визначаємо за формулою згідно [8], грн:

$$S_{заг2} = \left( \frac{C_i}{1000} Q_2 K_m K_n K_c K_e K_n \right) - Q - q \frac{S_{отх}}{1000}, \quad (5.6)$$

де  $C_i$  – ціна 1т матеріалу заготовки,  $C_i = 50000$  грн.;

$Q_2$  – маса штампованої заготовки, кг:

$$Q_2 = q \cdot K_p, \quad (5.7)$$

де  $q$  – маса готової деталі,  $q = 72$  кг;

$K_p$  – коефіцієнт для визначення орієнтовної маси поковки, для валів  $K_p = 1,6$  [11];

$K_t$  – коефіцієнт, що залежить від точності штампування по ГОСТ 7505-89 (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,  $K_c = 0,77$ ;

$K_e$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу штампування,  $K_e = 0,7$ ;

$K_n$  – коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва заготовок,  $K_n = 1$ ;

$S_{отх}$  – ціна 1т відходів,  $S_{отх} = 1000$  грн.

$$\text{Тогда } S_{заг2} = \left( \frac{50000}{1000} \cdot 95 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 0,77 \cdot 0,7 \cdot 1 \right) - (15 - 72) \cdot \frac{1000}{1000} = 5650 \text{ грн.}$$

$$K_{m2} = \frac{72}{115} = 0,7.$$

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

Таким чином бачимо, що  $Q_1 > Q_2$ ,  $K_{M1} > K_{M2}$ ,  $S_{зар1} < S_{зар2}$ .

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  $\varnothing 100 (+0,4; -1,7)$  мм.

Призначаємо технічні вимоги на виготовлення заготовки:

1. Прокат  $\frac{100 - В \text{ ГОСТ } 2590 - 88}{14X17H2 \text{ ГОСТ } 5632 - 72}$ .
2. Піддати термообробці для зняття внутрішніх напружень.
3. Овальність прокату не повинна перевищувати 75% суми граничних відхилень по діаметру.
4. Кривизна прокату не повинна перевищувати 0,2% довжини.
5. Кривизна різу прутка не повинна перевищувати 1 мм.
6. Кривизну прокату вимірюють на ділянці довжиною не менше 1 м на відстані не менше 100 мм від кінця прутка.
7. Діаметр і овальність прокату вимірюють на відстані не менше 100 мм від кінця прутка.
8. Відсутність внутрішніх дефектів перевіряти методом УЗД. Максимальна еквівалентна площа допускається дефекту - 10 мм<sup>2</sup>. Сума еквівалентних площ всіх зафіксованих дефектів на ділянці довжиною 1000 мм контрольованої заготовки вала не повинно перевищувати 50 мм<sup>2</sup>, при цьому найменша відстань між сусідніми дефектами має бути не менше 30 мм.
9. Контролю піддати кожну заготовку. Відбір проб і значення технічних властивостей як для поковки Гр. V ГОСТ 25054-81.
10. Маркувати ударним способом: номер замовлення і номер деталі.
11. \* Розмір для довідок.

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

## 6 Аналіз існуючого технологічного процесу

### 6.1 Розрахунки припусків на механічну обробку поверхонь

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку циліндричної поверхні  $\varnothing 85h6$  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:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (6.1)$$

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

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

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

$\varepsilon_i$  – похибка на виконуваний операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім  $\rho_{i-1}$ , яка розраховується як

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{зкс}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} = 1000 \text{ мкм},$$

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

$$\rho_{\text{черн}} = \rho_{\text{заг}} k_y,$$

де  $k_y = 0,04-0,06$ , в залежності від переходу. Знайдемо для кожного з переходів:

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

$$\rho_{\text{чер}} = 1000 \cdot 0,06 = 60 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{н/ч}} = 1000 \cdot 0,05 = 50 \text{ мкм.}$$

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в табл. 6.1, а самі результати розрахунку у додатку.

Таблиця 6.1 – Вихідні данні

Найменування переходу	Точність	Граничні відхилення	Допуск Т, мкм	Елементи припуска, мкм				
				R <sub>zi-1</sub>	h <sub>i-1</sub>	ρ <sub>i-1</sub>	ε <sub>y</sub> , мкм	
							ε <sub>б</sub> мкм	ε <sub>з</sub> , мкм
-	Т4 ГОСТ 7505-89	+0,4 -1,7	2100	200	300	1104	-	-
Точіння чорнове	h14	0 -0,87	870	125	120	66	50	50
Точіння напівчистове	h11	0 -0,22	220	32	30	44	0	0
Точіння чистове	h8	0 -0,054	54	10	20	22	0	0
Шліфування	h6	0 -0,022	22	3,2	6	11	0	0

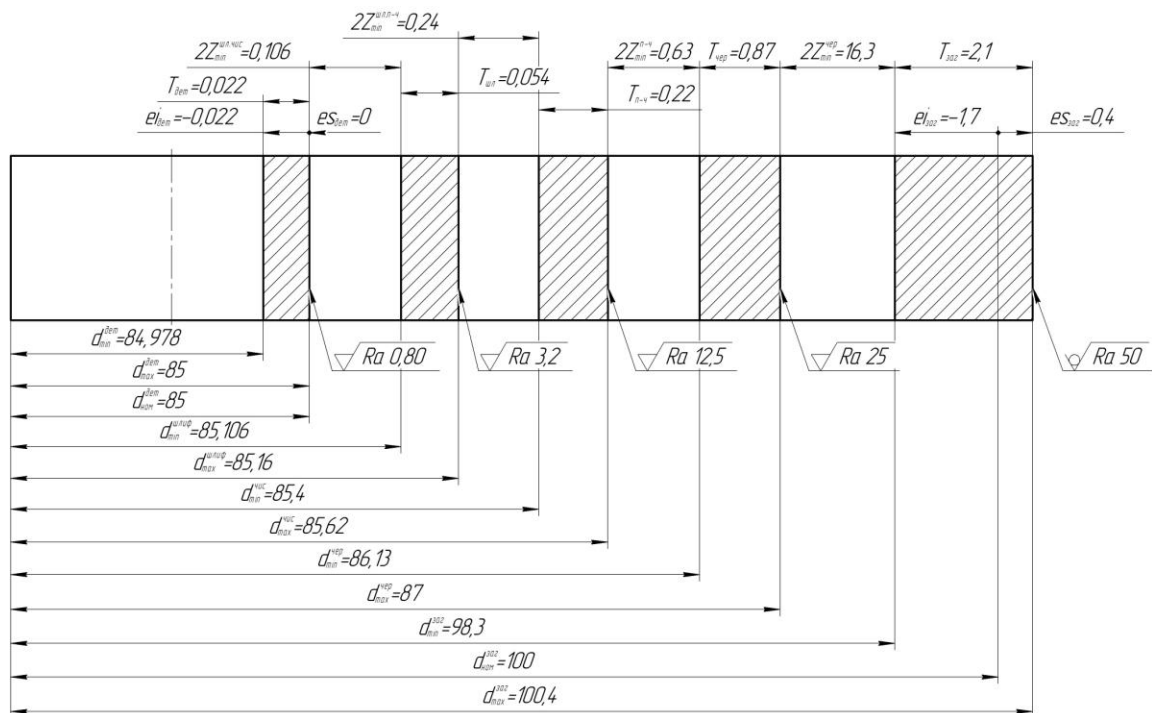


Рисунок 6.1 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру  $\varnothing 85h6$  мм

Порівнюючи розмір, визначений аналітичним методом та за допомогою ГОСТ робимо висновок, що вони майже не відрізняються, тому розрахунки проведені вірно.

## **6.2 Аналіз і обґрунтування схем базування і закріплення заготовки**

Якість виготовлення деталі у великій мірі залежить від правильності встановлення та закріплення заготовки на верстаті. Установка складається з базування, тобто орієнтації заготовки щодо виконавчих органів верстата, інструменту або траєкторії його переміщення, і закріплення, а саме докладання зусиль до заготівлі для фіксації положення заготовки, досягнутого при базуванні.

Поверхня, використовувана для базування, повинна відповідати таким вимогам:

- великі розміри, геометрично правильна форма;
- низька шорсткість поверхні (без задирів, напливів, буртиков, залишків ливникової системи і т.д.);
- безпосередня розмірна зв'язок з оброблюваною поверхнею, близьке розташування до оброблюваної поверхні;
- відсутність значущих деформацій і низькою жорсткості базових поверхонь;
- використання принципу сталості баз;
- можливість простого і зручного закріплення заготовки.

Для розгляду та аналізу у цьому пункті було обрано фрезерно-центрувальну та токарну з ЧПК операції:

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 035 приведені на рисунках 6.2-6.3.

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		31

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

На даній операції виконується одночасне фрезерування обох торців вала в розмір  $L = 1420h11 (-0,87)$  мм, а потім одночасна зацентровка обох торців вала - отвори типу В6.3 ГОСТ 14034-74. Тому дана операція полягає - з одного установа - однієї позиції - двох технологічних переходів: 1) фрезерування торців; 2) зацентровка торців.

Як варіанти базування можна запропонувати два варіанти: заготовка встановлюється на призми і притискається двома прихватами (рис.6.2) та заготовка встановлюється на самоцентрувальні призми (рис.6.3).

Розглянемо перший варіант

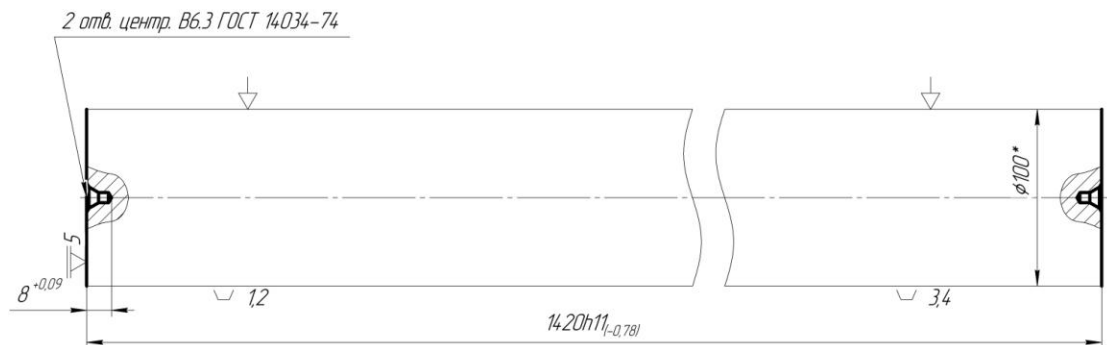


Рисунок 6.1 - Схема установки заготовки на призми з притиском прихватами

Похибки базування, на виконавчі розміри даної операції:

- лінійні розміри: для розміру  $L = 1420 h11 (-0,78)$  мм дорівнює нулю  $\epsilon_{\delta} = 0$  тому, що він виходять методом автоматичної настройки інструменту на розмір;

-для глибини центрових отворів дорівнює нулю  $\epsilon_{\delta} = 0$  тому вже оброблені торці вала є настроювальної базою;

- в радіальному напрямку - ексцентриситет розташування центрових отворів В6.3 ГОСТ 14034-74 [5]:

$$e = 0,5Td \frac{1}{\sin \alpha/2}, \quad (6.4)$$

де  $Td$  – допуск на діаметр установочної поверхні,

$$Td = es - ei = 0,4 + 1,7 = 2,1 \text{ мм};$$



$\alpha$  – кут призми,  $\alpha = 90^\circ$ .

Тоді

$$e = 0,5 \cdot 2,1 \frac{1}{\sin 45^\circ} = 1,485 \text{ мм.}$$

Розглянемо другий варіант

Заготовка встановлюється на самоцентрувальні призми. Дана схема базування (рис.6.2) 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 В6.3 ГОСТ 14034-74 [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.

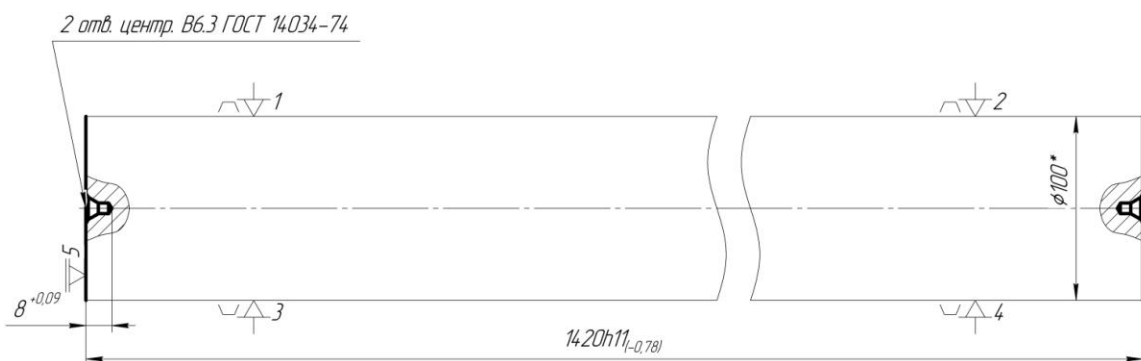


Рисунок 6.2 - Схема установки заготовки в самоцентрувальні призми

Операція 045 – токарна з ЧПК.

Приймаємо одну схему базування у центрах, так як іншу схему реалізувати неможливо у зв'язку з тим, що обробка валів на токарних операціях виконується в центрах завжди майже. Дана схема передбачає подвійну-напрямну та опорну бази, заготовка буде полишена п'яти ступенів вільності. На першому варіанті (рис. 6.3) приймаємо базування за допомогою плаваючого і обертового центрів, а у другому – жорсткого і обертового (рис. 6.4).

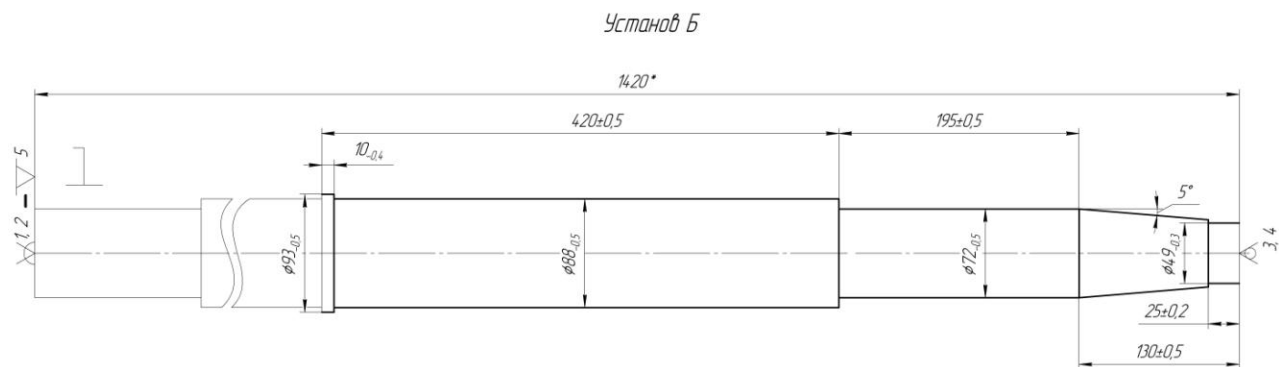
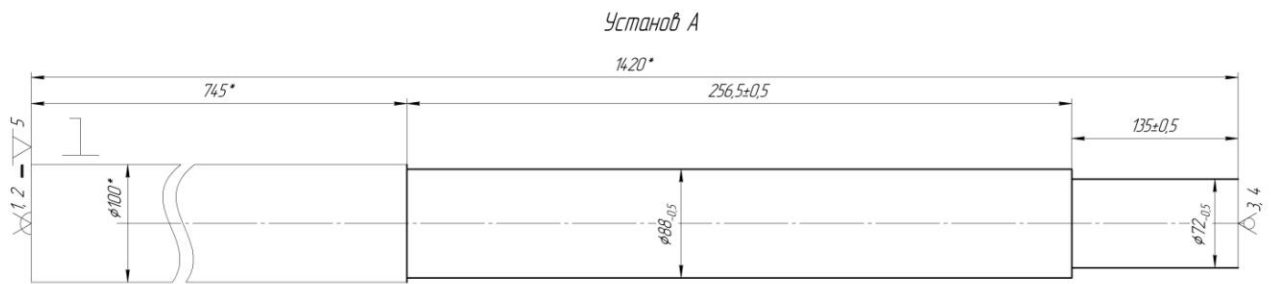


Рисунок 6.3 – Схема базування вала із плаваючим центром

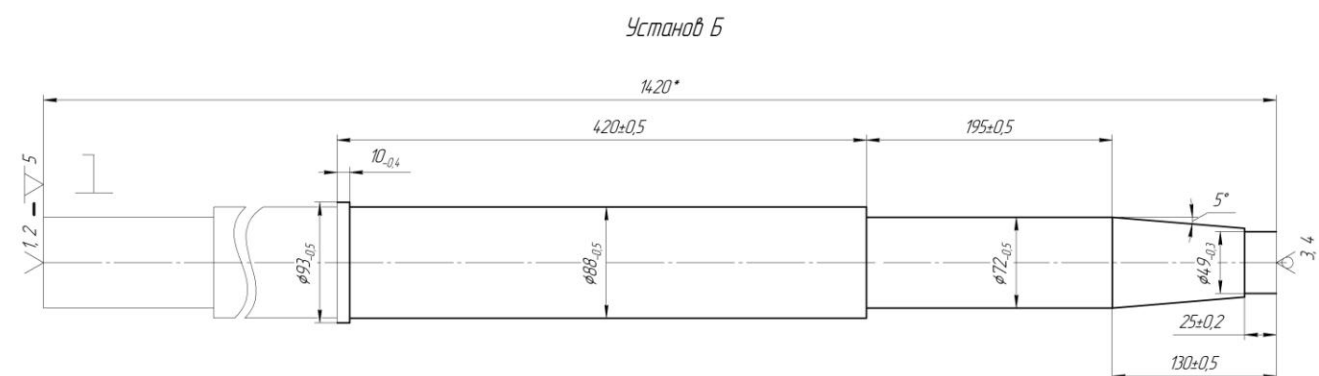
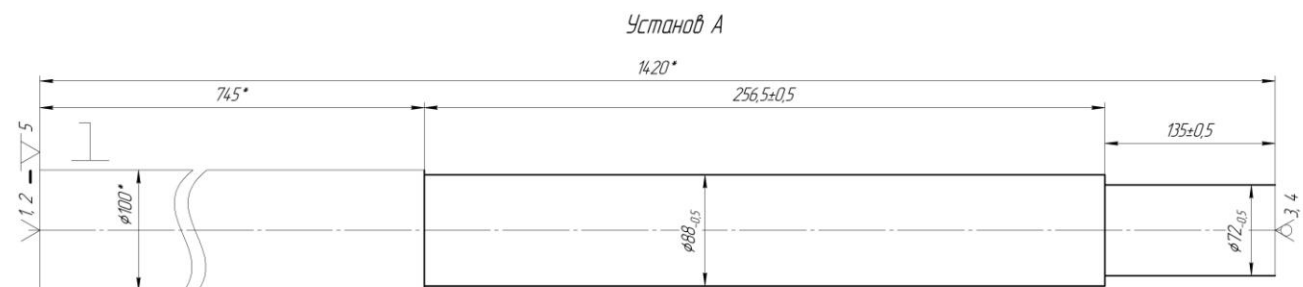


Рисунок 6.4 – Схема базування вала із жорстким центром

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ТМ 17510053-00.ПЗ

Лист

34

У даному випадку точність лінійних розмірів визначається похибкою базування тому розглянемо похибку на найбільш точний лінійний розмір 25 мм:

- за варіантом 1:  $\varepsilon_{025} = 0,05 < T_{25} = 0,4$  мм, - браку не виникатиме;

- за варіантом 2:  $\varepsilon_{025} = 0,05 + 0,78 = 0,83 > T_{25} = 0,4$  мм, - брак може виникати.

Отже приймаємо варіант базування 1 з плаваючим центром.

У даних варіантах:

- 0,05 мм – похибка позиціонування верстата;

- 0,78 мм – похибка на довжину деталі;

- 0,4 мм – допуск на розмір 25 мм.

### 6.3 Обґрунтування і вибір моделей металорізальних верстатів

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

Фрезерно-центрувальна операція 035

Так як тип виробництва дрібносерійний, деталь типу тіла обертання з точністю оброблених поверхонь на даній операції не більше IT12, якістю Ra не більше 3,2 мкм, методи обробки поверхонь - фрезерування і свердління, для обробки необхідно чотири ріжучих інструменту - тому приймаємо фрезерно-центрувальний напівавтомат моделі МР-75М [8].

Дане обладнання було вибрано з урахуванням наступних показників:

- технологічні методи обробки поверхонь: для обробки вищевказаних поверхонь було розглянуто перелік фрезерно-центрувальних верстатів, проаналізувавши, був обраний верстат моделі МР-75М;

- потужність двигуна: верстат даної моделі оснащений 30 кВт двигуном, якого достатньо для фрезерування, тому що саме при фрезеруванні на даній операції необхідно найбільша потужність різання;

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35

- габарити робочого простору: дане обладнання дозволяє обробляти заготовки діаметром - до 150 мм, і довжиною - до 2500 мм, що дозволить встановити заготовку, найбільший хід головки фрези - 250 мм, що дозволить обробити торцеві поверхні заготовки вала;

- тип виробництва: при дрібносерійному виробництві перевага віддається універсального обладнання, таким обладнанням є верстат моделі МР-75М (напівавтомат);

- встановлену кількість інструментів: верстат дозволяє встановити дві торцеві фрези і два центрових свердла, чого необхідно і достатньо для здійснення обробки з одного установа і однієї позиції всіх поверхонь.

Технічна характеристика верстата:

а) діаметр оброблюваної заготовки, мм - 25-150

б) довжина оброблюваної заготовки, мм - 500-2500

в) число швидкостей фрезерних шпинделів - 6

г) частота обертання фрезерних шпинделів, об / хв. - 125-725

д) найбільший хід фрезерної головки, мм - 250

е) робочі подачі фрезерної головки з б / с регулюванням, мм / хв - 20-400

ж) кінець фрезерного шпинделя по ГОСТ 836-72 50

з) число швидкостей свердлильних шпинделів - 6

і) частота обертання свердлильних шпинделів, об / хв - 225-1125

к) найбільший хід сверлильної головки, мм - 75

л) потужність всіх електродвигунів, кВт - 30

м) габаритні розміри верстата, мм - 4000 × 1700

Токарна з ЧПК операція 045

Для обробки циліндричних поверхонь на підприємстві застосовувався токарно-гвинторізний верстат моделі 1М63. Враховуючи умови дрібносерійного виробництва, більш доцільно застосовувати верстат, який дозволить проводити обробку більш продуктивно, а саме 16М30РФ3 з системою ЧПК «WL4».

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		36

Пристрій числового програмного керування «WL4» -це адаптивна контурна система управління сімейства WL, призначена для управління фрезерними, токарні, свердлильні верстатами, які оснащені регульованими кроковими приводами подач. Ця система призначена для обслуговування зовнішніх пристроїв, введення - виведення, редагування КП та її обробки, розрахунок циклів обробки та видачі керуючих сигналів на технологічне обладнання.

Цей верстат призначений для різних типів токарної обробки заготовок. Головною перевагою є можливість установки різних типів ЧПК - замкнуті, розімкнуті. Для цього в конструкції передбачені контактні роз'єми. Число керованих координат при виконанні формоутворення обмежено двома.

Верстат 16М30РФ3 призначений для токарної обробки деталей типу тіл обертання в замкнутому напівавтоматичному циклі в умовах серійного та малосерійного виробництва. При потребі систему можна вмонтовувати в гнучкий виробничий модуль (ГВМ) за умови модернізації коробки швидкостей. Клас точності верстата – Н за ГОСТ 8 – 82.

Технічна характеристика верстата:

- а) найбільший діаметр оброблюваної заготовки над супортом– 300 мм;
- б) найбільший діаметр оброблюваної заготовки над станиною– 600 мм;
- в) найбільша довжина оброблюваної заготовки - 2000мм;
- г) частота обертання шпинделя- 16...1600хв-1;
- д) число частот обертання шпинделя - 25;
- е) межі робочих подач (поздовжніх та поперечних): 0,01-16 мм/об;
- ж) потужність електродвигуна головного привода, кВт – 22;
- з) найбільша допустима сила приводу подач верстата по осям X,Z – 15000 Н
- і) точність позиціонування по осям X, Z – 0,05 мм.
- к) маса з шафою ЧПК, кг: 5800.

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		37

## 6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірjuвального інструментів

Операція 035 - фрезерно-центрувальна.

Вибір верстатного пристосування.

Вибір верстатного пристосування залежить від типу виробництва, такту випуску і коефіцієнта завантаження верстата, від прийнятої схеми базування заготовки, від можливості забезпечення точнісних вимог операції і від обраного верстата.

При виборі перевага віддається багатомісним, стандартним і нормалізованим пристосуванням, що пов'язано з типом виробництва - дрібносерійне. Вибір пристосування здійснювався за довідниками [12 - 15].

В даний час заготовка обробляється з використанням нормалізованих призм і прихватів. Застосування спеціалізованого пристосування з механізованим приводом, дозволить знизити трудомісткість операції, зменшити штучний час, підвищити стабільність точностних параметрів операції. Орієнтовно в заданих умовах слід визнати найбільш раціональної систему нерозбірних спеціальних пристосувань (НСП). З цього приймаємо спеціальне пристосування для фрезерно-центрувальної операції, яке складається з призм і прихватів з механізованим приводом - що знизить допоміжний час виконання операції.

Вибір металорізального та допоміжного інструментів

Вибір інструмента залежить від таких факторів: моделі верстата; методу обробки; матеріалу заготовки, її розмірів і конфігурації; необхідної точності обробки і шорсткості оброблених поверхонь; типу виробництва (одиничне, серійне, масове).

Вибір інструмента починають з вибору матеріалу ріжучої частини в залежності від матеріалу заготовки, етапу обробки, її термічної обробки.

Оскільки оброблювана заготовка виготовлена зі сталі 14X17H2, то в якості матеріалу для ріжучої частини приймемо твердий сплав для фрез і

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		38

швидкорізальної сталі для осьового інструменту, які за більшістю критеріїв підходить і для обробки цього матеріалу [12 - 15].

Для обробки даної заготовки на фрезерно-центрувальному верстаті вибираємо наступний ріжучий і допоміжний інструмент:

Для фрезерування торців вала - дві фрези торцеві з механічним кріпленням багатогранних пластин з твердого сплаву Т14К8, з числом зубів  $z = 10$  і  $\varnothing 160$  2214-0399 по ГОСТ 26595-85, діаметр фрез прийнятий зі співвідношення  $D = (1,25 \div 1,5) B$ , де  $B$  - ширина фрезерування тобто дорівнює діаметру заготовки вала  $\varnothing 100$ ; для установки фрез в шпindelь верстата - необхідно дві оправки для насадних торцевих фрез 6222-0138 по ГОСТ 26538-85;

Для свердління центрових отворів - два свердла центровочних комбінованих з швидкорізальної сталі Р6М5  $\varnothing 6,3$  2317-0020 по ГОСТ 14952-75; для установки в верстат свердел - необхідно два патрона цангових 191-113-050 по ГОСТ 25557-82.

Вибір контрольно-вимірювального інструмента

Для дрібносерійного виробництва характерне застосування універсальних вимірювальних інструментів [12]. На даній операції необхідно перевірити шорсткість оброблених поверхонь згідно ескізу, перевірити лінійні і діаметральні розміри. Для контролю цих параметрів вибираємо такі контрольно-вимірювальні інструменти:

- лінійка ЛП-2500 ГОСТ 427-75;
- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89;
- зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.

Операція 045 – токарна з ЧПК.

Для установки і закріплення деталі «Вал» на операції 035 в якості пристроїв використовуємо універсальне пристосування – центр плаваючий ГОСТ 2576-79, центр обертовий А-1-5-Н ГОСТ 8742-75. Центра були обрані, враховуючи дрібносерійний тип виробництва. В даному пристосуванні шляхом нескладного переналагодження можуть оброблятися деталі подібні заданої (штоки, вали з  $l / d > 5$ ).

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		39

Люнет 6046-0011 ГОСТ 21190-75. Так як жорсткість вала недостатня зважаючи на порівняно велику його довжину, то з метою уникнення прогину, вібрацій і пружних деформацій при обробці, що знижує якість обробленої поверхонь застосовуємо люнет.

Для обробки заданих поверхонь на операції застосовуємо такі прогресивні ріжучі інструменти, взамін інструментів з напайними пластинами:

- Різець прохідний упорний PCLNR2525K12 з T5K10 - для точіння зовнішніх поверхонь і підрізання торців;

При обробці застосовуємо мастильно - охолоджуюча рідина 7-10% Укрінол-1 ТУ 38 - 101197 - 76 для можливості здійснення обробки з більш високими швидкостями різання.

Допоміжні інструменти для даної не потрібні так як всі ріжучі інструменти безпосередньо встановлюються в рсзцетримач верстата.

Для контролю розмірів на операції 030 - токарна з ЧПК застосовуємо універсальний шкальний інструмент:

- лінійка ЛП-2500 ГОСТ 427-75;
- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89;
- зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.

## 6.5 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання виконуємо для одного - першого переходу фрезерування торців вала розрахунково-аналітичним методом, а для другого переходу - свердління центрових отворів здійснюємо вибір режимів різання табличним методом.

Операція 035 Фрезерно-центрувальна.

Перехід 1 - фрезерування торців вала (рис. 6.2) Ø100 мм з глибиною різання  $t = 4,5$  мм. Ширина фрезерування буде дорівнює діаметру заготовки

$B = 100$  мм.

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

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		40



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

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} \cdot K_V, \quad (6.7)$$

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:

$$K_V = K_{MV} K_{ПВ} K_{ИВ}, \quad (6.8)$$

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

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_{\sigma}} \right)^{n_V}, \quad (6.9)$$

де  $\sigma_{\sigma} = 685$  МПа - межа міцності оброблюваного матеріалу, сталь 14X17H2;

$K_{\Gamma}$  - 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:

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		41

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

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{332 \cdot 160^{0,2}}{240^{0,2} \cdot 4,5^{0,1} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 110^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 0,75 = 194 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою, об / хв:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (6.10)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 194}{\pi \cdot 160} = 385 \text{ об/мин.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя, тобто приймаємо:  $n = 325$  об / хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання, м / хв:

$$V = \frac{\pi D n}{1000}. \quad (6.11)$$

$$V = \frac{\pi \cdot 110 \cdot 325}{1000} = 112 \text{ м/мин.}$$

Визначимо хвилинну подачу по формулі, мм / хв:

$$S_M = S_Z z n. \quad (6.12)$$

$$S_M = 0,1 \cdot 10 \cdot 325 = 325 \text{ мм/хв.}$$

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

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		42

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{MP}. \quad (6.13)$$

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]:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (6.14)$$

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

Тангенціальна сила різання дорівнює:

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 4,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 110^{1,1} \cdot 10}{160^{1,3} \cdot 325^{0,2}} \cdot 0,93 = 4655 \text{ Н.}$$

Визначаємо крутний момент на шпинделі за формулою [5], Н·м:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100}. \quad (6.15)$$

$$M_{кр} = \frac{4655 \cdot 160}{2 \cdot 100} = 3724 \text{ Н·м.}$$

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

$$N_e = \frac{P_z V}{60 \cdot 1020}. \quad (6.16)$$

$$N_e = \frac{4655 \cdot 112}{60 \cdot 1020} = 8,54 \text{ кВт.}$$

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

$$N_p = 2N_e = 2 \cdot 8,54 = 17,09 \text{ кВт.}$$

Для можливості реалізації різання на верстаті повинно виконуватися умова:

$$N_p < N_d \cdot \eta, \quad (6.17)$$

де  $N_d$  - потужність двигунів верстата, 30 кВт;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії верстата, 0,75.

Перевіряємо умову:

$$N_d \cdot \eta = 30 \cdot 0,75 = 22,5 \text{ кВт.}$$

Так як  $17,09 < 22,5$ , то умова (6.17) виконується на верстаті і процес різання здійснюється.

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

$$T_o = \frac{L}{S_m} i, \quad (6.18)$$

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

$S_m$  - хвилинна подача, мм / хв;

$i$  - кількість проходів.

Тоді:

$$T_{o,фр} = \frac{100 + 50}{325} \cdot 1 = 0,49 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку режимів різання наведені в таблиці 6.3.

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		44

Таблиця 6.3 - Режими обробки на переходи операції 035

Номер і текст переходу	Параметр режимів обробки					L, мм	T <sub>o</sub> , хв
	t, мм	S, мм/хв	n, об/хв	V, м/хв	i		
1 Фрезерувати торці	4,5	325	325	112	1	160	0,49
2 Центрувати торці	3,15	22,5	225	14	1	20	0,89

Режими різання аналітичним способом для операції 045 - токарна чорнова:

Дано: D = 100 мм, d = 88 мм, L = 540 мм, матеріал – 14X17H2, ріжучий інструмент із матеріалу Т5К10.

Алгоритм визначення режиму різання: t → S → V → n → T<sub>o</sub>

Глибина різання, мм:

$$t = \frac{D - d}{2}, \quad (6.19)$$

де D – діаметр заготовки до обробки, D = 100 мм;

d – діаметр деталі після обробки, d = 88 мм.

Тоді  $t = \frac{100 - 88}{2} = 6 \text{ мм}$ .

Вибираємо подачу по [5]:  $S_m = S_o = 0,2 \text{ мм/об}$ .

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

$$V = \frac{C_V}{T^m t^x S^y} K_V, \quad (6.20)$$

где T – стійкість інструменту, хв; згідно [5]: T = 60 хв;

Коефіцієнти для даної формули рівні згідно [5]:  $C_V = 220$ ,  $x = 0,15$ ,  $y = 0,2$ ,  $m = 0,2$ ;

$K_V$  – загальний поправочний коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою:

$$K_V = K_{MV} K_{IV} K_{IV}, \quad (6.21)$$

де  $K_{MV}$  – коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою згідно [5]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_{\epsilon}} \right)^{n_V}, \quad (6.22)$$

де  $\sigma_{\epsilon} = 685$  МПа - межа міцності оброблюваного матеріалу, сталь 14X17H2;  
 $K_{\Gamma}$  - 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,  $K_{пв} = 1,0$ , прокат без корки [5];

$K_{ив}$  - враховує матеріал інструменту,  $K_{ив} = 1,0$ , Т5К10 [5].

Таким чином:

$$K_V = 1,04 \cdot 1 \cdot 1 = 1,04.$$

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{220}{60^{0,2} \cdot 0,75^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 1,04 = 87,5 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою, об / хв:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (6.22)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 87,5}{\pi \cdot 88} = 460 \text{ об/мин.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя, тобто приймаємо  $n = 500$  об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання, м / хв:

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		46

$$V = \frac{\pi D n}{1000}. \quad (6.23)$$

$$V = \frac{\pi \cdot 88 \cdot 500}{1000} = 91,6 \text{ м/хв.}$$

Визначимо хвилинну подачу по формулі, мм / хв:

$$S_M = S_o n. \quad (6.24)$$

$$S_M = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ мм/хв.}$$

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

$$P_z = 10 C_{pf}^x S^y V^n K_p. \quad (6.25)$$

Коефіцієнти для даної формули визначаються згідно [5]:  $C_p = 300$ ,  $x = 1$ ,  $y = 0,75$ ,  $n = -0,15$ .

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

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_6}{750} \right)^n, \quad (6.26)$$

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

Тангенціальна сила різання дорівнює:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,75^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 289^{-0,15} \cdot 0,93 = 222 \text{ Н.}$$

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

$$N = \frac{P_z V}{60 \cdot 1020}. \quad (6.28)$$

$$N = \frac{222 \cdot 182}{60 \cdot 1020} = 3,05 \text{ кВт.}$$

Для можливості реалізації різання на верстаті повинно виконуватися умова:

$$N_p < N_d \cdot \eta, \quad (6.29)$$

де  $N_d$  - потужність двигунів верстата, 22 кВт;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії верстата, 0,75.

Перевіряємо умову:

$$N_d \cdot \eta = 22 \cdot 0,75 = 16,5 \text{ кВт.}$$

Так як  $3,05 < 16,5$ , то умова виконується на верстаті і процес різання здійснюється.

Дані розрахунків режимів різання та основного часу по даній операції зводимо в таблицю 6.4.

Таблиця 6.4 – Параметри режимів обробки на операцію 045

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	$T_o$ , хв.
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i		
1	2	3	4	5	6	7	8
Установ А							
Точіння Ø72	2	0,2	500	87,2	2	137	2,5
Точіння Ø88	2	0,2	500	91,6	2	258	5,25
Підрізання торця Ø100/Ø88	2	0,2	500	94,2	1	8	0,21

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48



Установ Б							
Точіння Ø49	2	0,2	500	50,9	4	27	1,23
Точіння конуса	2	0,2	500	50,9	5	105	5,61
Точіння Ø72	2	0,2	500	75	4	197	5,45
Підрізання торця Ø88/Ø72	2	0,2	500	75	1	8	0,21
Точіння Ø88		0,2	500	91,6	2	412	6,2
Підрізання торця Ø93/Ø88		0,2	500	94,2	1	5	0,11
Точіння Ø93		0,2	500	97,6	1	14	0,42
Всього							28,32

## 6.6 Технічне нормування операцій

Технічне нормування операцій здійснюємо по вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу.

Метою даного нормування є визначення норм штучно - калькуляційного часу на операції.

Дані про режими різання беремо з попереднього пункту.

Основний час на операції складається з сум основних часів на окремих переходах.

Визначаємо допоміжний час, для операції 035, за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим}, \quad (6.33)$$

де  $T_{уст} = 2,5$  хв - час на установку і зняття заготовки [5];

$T_{уп} = 1,4$  - допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{вим} = 1,7$  хв - час на вимірювання [5].

$$T_d = 2,5 + 1,4 + 1,7 = 5,6 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d, \quad (6.34)$$

$$T_{\text{оп}} = 5,6 + 1,38 = 6,98 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу [5]:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{оп}} \cdot 4\% = 6,98 \cdot 0,04 = 0,3 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{в}}. \quad (6.35)$$

$$T_{\text{шт}} = 6,98 + 0,3 = 7,28 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{пз}}/N, \quad (6.36)$$

де  $T_{\text{пз}} = 35$  хв - підготовчо-заклучний час, що складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою, кресленням, інструктаж майстра, настроювання пристрою подачі ЗОР;

$N = 47$  шт. - кількість деталей у партії.

$$T_{\text{шт-к}} = 7,28 + 35/47 = 7,87 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час, для операції 045, за формулою:

де  $T_{\text{уст}} = 2,2$  хв - час на установку і зняття заготовки (на один установ) [5];

$T_{\text{уп}} = 2,1$  - допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{\text{вим}} = 2,5$  хв - час на вимірювання [5].

$$T_{\text{д}} = 4,4 + 2,1 + 2,5 = 9 \text{ хв.}$$

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		50

Визначаємо оперативний час за формулою:

$$T_{\text{оп}} = 28,32 + 9 = 37,32 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу [5]:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{оп}} \cdot 4\% = 37,32 \cdot 0,04 = 1,5 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = 37,32 + 1,5 = 38,82 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

де  $T_{\text{п.з}} = 30$  хв - підготовчо-заклучний час, що складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою та кресленням, інструктаж майстра, настроювання пристрою подачі ЗОР;

$N = 47$  шт. - кількість деталей у партії.

$$T_{\text{шт-к}} = 37,32 + 30/47 = 37,95 \text{ хв.}$$

					<i>TM 17510053-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		51

## 7 Проектування верстатного пристрою

Проектування верстатного пристрою на фрезерно-центрувальну операцію.

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. Орієнтовно в заданих умовах слід визнати найбільш раціональної систему нерозбірних пристосувань (СНП) [10].

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

Точність розмірів оброблюваних поверхонь.

Довжина  $1420h_{11}(-0,78)$  – лінійний розмір, що повинен бути оброблений з точністю IT11,  $T = 780$  мкм. Відхилення на нього задано конструктором у відповідності зі стандартом ГОСТ 25346-82, 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 – центровочним свердлом.

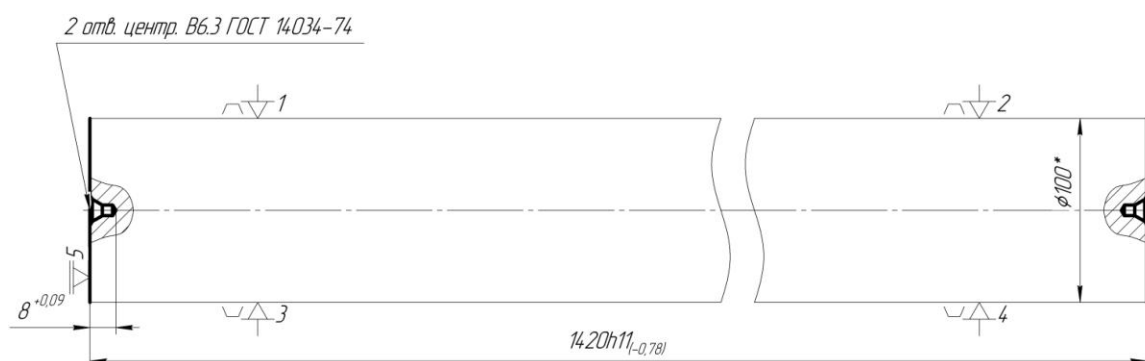


Рисунок 7.1 - Схема базування заготовки на операції

Точність форми оброблюваних поверхонь

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

Відхилення від площинності торців вала приймаємо в межах допуску на розмір 1420, і він становить 60% від поля допуску

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		52

$T_{-, \square} = 0,6 \cdot 780 = 476$  мкм згідно [10] допуск дорівнює 0,476 мм.

По таблиці [10] визначаємо відносну геометричну точність. Для 14 квалітету - 15 ступінь точності.

Порівнюємо отримане значення відхилення від площинності з табличним значенням по ГОСТ 24643 - 81 [10]. Табличне значення дорівнює 0,4 мм.

Точність розташування оброблюваних поверхонь.

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

Допуск паралельності стінок паза в межах допуску на розмір 1420 він становить 60% від поля допуску і він дорівнює 0,478 мм. Порівнюємо отримане значення з табличним значенням по [10]. Табличне значення дорівнює 0,4 мм. Приймаємо, що допуск паралельності стінок паза дорівнює 0,4 мм, що відповідає 14-му ступеню точності.

Шорсткість оброблюваних поверхонь.

Шорсткість оброблюваних поверхонь, яка вказана на кресленні, має значення 3,2 мкм за критерієм Ra, а центрових отворів за ГОСТ 14034-74, що регламентує шорсткість на кожну з поверхонь.

З'ясування кількісних і якісних даних про заготовку, що надходить на операцію. На дану операцію заготовка надходить з необробленими базовими поверхнями. Маса заготовки - 103 кг.

Матеріал - сталь 14X17H2 ГОСТ 5632-72. Заготовка має циліндричну форму, цілком жорстка, оброблюваність її задовільна. До базових відносимо поверхні на якій буде встановлена заготівля в пристосуванні.

Уточнимо точності параметри поверхонь, що можуть бути базовими.

Точність розмірів базових поверхонь.

Номинальний діаметр проката  $\varnothing 100(+0,4; -1,7)$  – зовнішня циліндрична поверхня, що відповідає точності IT16,  $\varnothing 100^{+0,4}_{-1,7}$ ,  $T\varnothing 100 = 2100$  мкм. Відхилення на нього задано конструктором за ГОСТ 2590-88.

Точність форми базових поверхонь.

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		53

Відхилення циліндричних поверхонь  $\varnothing 100$  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  $\varnothing 100$  становить 0,61 мм. Скорегувавши за довідником отримаємо, що відхилення від циліндричності і круглості для розміру  $\varnothing 100$  становить  $T = 0,6$  мм, що відповідає 12 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  $\varnothing 100$  становить 1,22 мм. Скорегувавши за довідником отримаємо, що відхилення по радіальному биттю для розміру  $\varnothing 100$  становить  $T = 1,2$  мм, що відповідає 15 ступеню точності [10].

Шорсткість базових поверхонь.

Шорсткість поверхні, зазначена на кресленні заготовки (проката) та відповідає за критерієм  $Ra 50$  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  $\pm 100$  мм розмірів з вказаними параметрами точності. Іншими словами, адаптивні властивості настановних елементів пристосування повинні знаходитися в межах допусків зазначених розмірів.

Річна програма випуску визначена в 500 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає дрібносерійний тип виробництва. Але проєктування даного пристосування проводиться з метою навчання.

Заготівля буде оброблятися на фрезерно-центрувальному верстаті МР-75. Паспортні дані верстата наведені раніше у розділі 6.4.

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		54

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

Складання переліку реалізованих функцій

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки.

1. Базування заготовки.

2. Закріплення заготовки.

3. Базування пристосування на верстаті.

4. Закріплення пристосування на верстаті.

5. Підведення і відведення енергоносія.

6. Освіта вихідної сили для закріплення.

7. Управління енергоносієм.

8. Об'єднання функціональних вузлів (корпус).

9. Обробка поверхонь згідно ескізу.

10. Створення безпечних умов праці.

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 функцій.

Розробка та обґрунтування схеми базування виконано у розділі 6.2.

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. 7.2.

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		55

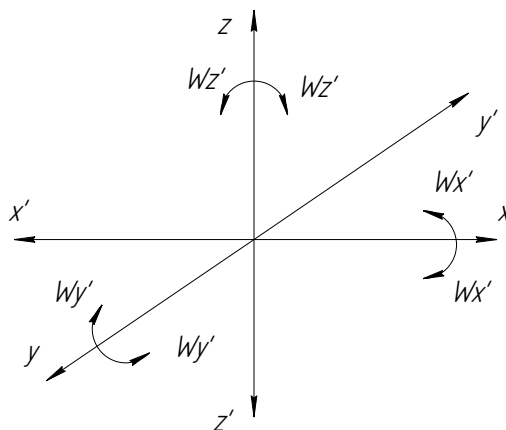


Рисунок 7.2 - Система координат

Таблиця 7.1 – Таблиця односторонніх зв'язків

Індекс зв'язку		X	X'	Y	Y'	Z	Z'	$\omega_x$	$\omega_x'$	$\omega_y$	$\omega_y'$	$\omega_z$	$\omega_z'$
Спосіб реалізації	Реакція	R	R	R	R	-	-	R	R	R	R	R	R

З таблиці 7.1 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 загальної компоновання пристрою.

З набору функцій, наведених у п.5, виділимо ті, які реалізуються в перебігу оперативного часу: 0,1,2,5,6,7. 3,4 Функції впливають на підготовчо-заклучний час; 9 функція прямого впливу на штучний час не робить.

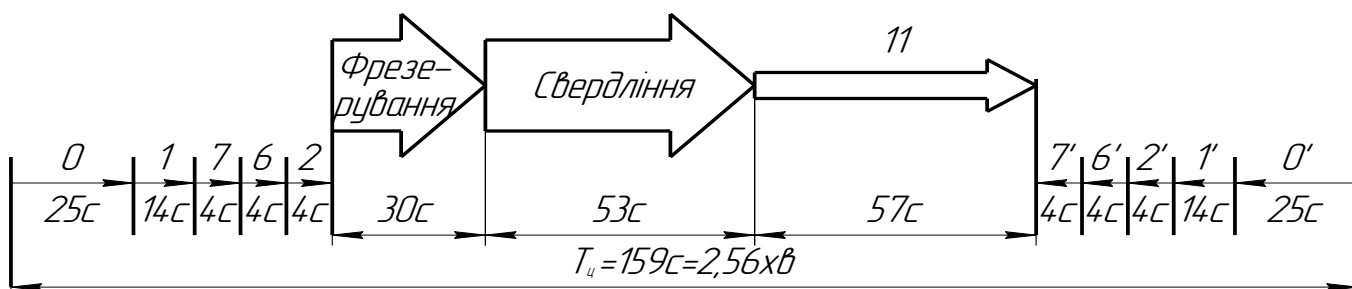


Рисунок 7.3 - Схема послідовної реалізації функцій



Керуючись нормативами часу, складемо структуру потоку функцій при їх послідовній реалізації (рис. 7.3).

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 проектного пристосування представлена на рис. 7.4.

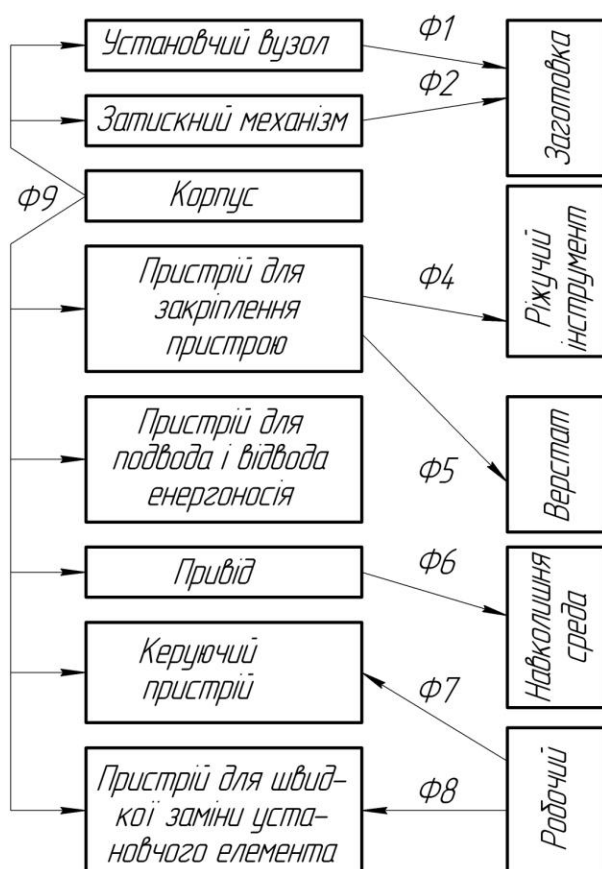


Рисунок 7.4 - Функціональна структура проектного пристрою

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

Для визначення взаємного впливу поля сил, що обурюють і поля призначені врівноважити сил побудуємо графічну модель сил, що обурюють у взаємозв'язку з

прийнятою схемою базування і модель поля врівноважуючих сил, створюваних затискним механізмом.

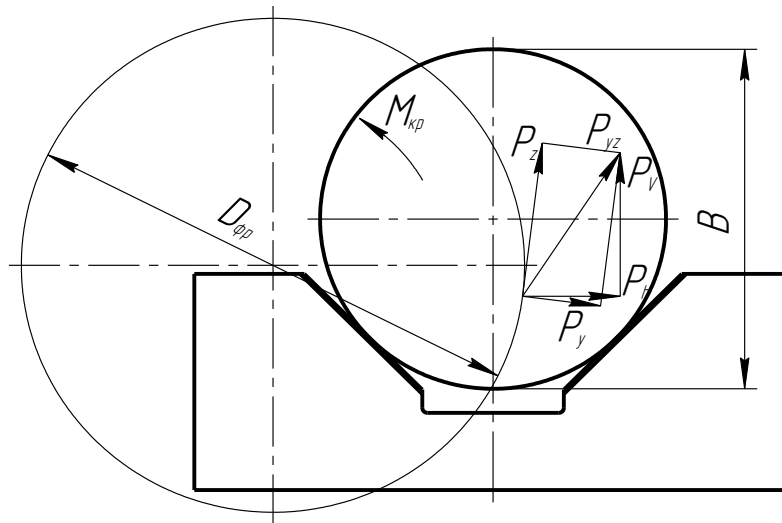


Рисунок 7.5 – Структура поля збурюючих сил

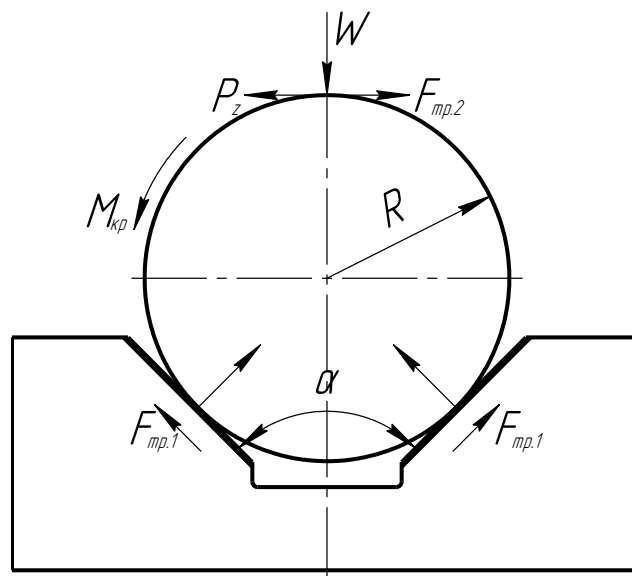
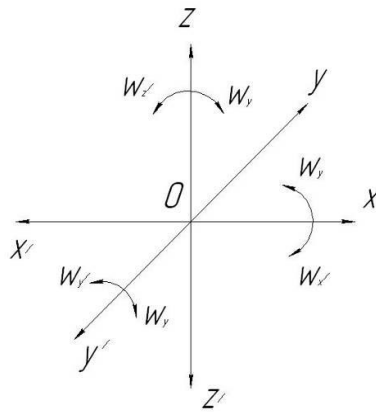


Рисунок 7.6 – Структура поля зрівноважувальних сил

Силкові 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.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



Індекс зв'язку		$x$	$x'$	$y$	$y'$	$z$	$z'$	$\omega_x$	$\omega'_x$	$\omega_y$	$\omega'_y$	$\omega_z$	$\omega'_z$
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 [12]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (7.1)$$

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 7.1:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,888$$

Режими різання розраховані у пункті 6.5, сила різання складає 4655 Н.

Складемо рівняння моментів сил і визначимо силу закріплення  $W$ .

$$W = \frac{KP_z}{f_2 + \frac{f_1}{\sin \alpha / 2}} \quad (7.2)$$

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

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

$$W = \frac{3,888 \cdot 4655}{0,7 + \frac{0,25}{\sin 45^\circ}} = 17179 \text{ Н.}$$

Згідно силі закріплення 17179 Н, визначимо силу, що виникає на штоку пневмоциліндра за формулою:

$$Q = \frac{W}{1,5} = \frac{17179}{1,5} = 11453 \text{ Н}$$

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

Іншим способом силу на штоку пневмоциліндра визначаємо за формулою:

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

Тоді площа поршня дорівнюватиме:  $D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P \cdot \eta}}$

де  $D$  - діаметр поршня;

$P = 0,4$  МПа – тиск у мережі;

$\eta = 0,8$  - КПД пневмоциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 11453}{\pi \cdot 0,63 \cdot 10^6 \cdot 0,8}} = 0,17 = 170 \text{ мм.}$$

Вибираємо діаметр найближчого більшого стандартного значення поршня:  
D=200 мм.

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

Сила, що виникає на штоку:

$$Q = \frac{\pi \cdot (200 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,63 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 17813 \text{ Н.}$$

Сила закріплення:

$$W = 1,5 \cdot Q = 1,5 \cdot 17812,83 = 26720 \text{ Н.}$$

Розрахунок на міцність. Розраховуємо на міцність різьблення штока. По конструктивних міркувань і попередньої компонованні пристосування приймемо різьбу на штоку М12х1,75-6g. Сила на штоку  $W = 26720 \text{ Н}$ , матеріал гвинта - Сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Внутрішній діаметр різьби розраховується за формулою:

$$d_B = d_n - (0,541P) \cdot 2 \quad (7.3)$$

де  $d_n$  – зовнішній діаметр різьби;

P – шаг різьби.

$$d_g = 12 - (0,541 \cdot 1,75) \cdot 2 = 10,2065 \text{ мм}$$

Мінімальна площа поперечного перерізу різьби розраховується за формулою:

$$S_{\min \text{pez}} = \frac{\pi d_g^2}{4} \quad (7.4)$$

де  $d_B$  – внутрішній діаметр різьби.

$$S_{\min \text{pez}} = \frac{\pi \cdot 10,2065^2}{4} = 60,22 \text{ мм}^2$$

Межа текучості для Сталі 45 дорівнює 300 МПа.

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		61

Допустимі напруги розтягування визначається за формулою:

$$\sigma_{p \text{ доп}} = 0,5 \cdot \sigma_T \quad (7.5)$$

Тобто

$$\sigma_{p \text{ доп}} = 0,5 \cdot 300 = 150 \text{ МПа.}$$

Запишемо умова міцності на розтяг:

$$\sigma_p = \frac{W}{S_{\text{min рез}}} \leq \sigma_{p \text{ доп}} \quad (7.6)$$

$$\sigma_p = \frac{26720}{\pi d^2} = 138 < 150 \text{ МПа} - \text{отже міцність штока забезпечується, так як}$$

міцність забезпечується навіть в його мінімальному перетині (на різьовій ділянці).

Обґрунтування вибору приводу.

В даний час заготовка обробляється на універсальному обладнанні: в тисках з ручним приводом. Застосування спеціального пристрою з механізованим приводом дозволить знизити розряд верстатника на операції, знизити трудомісткість оброблення, підвищити стабільність точнісних параметрів на операції.

Точнісні 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.

Перш ніж приступити до розрахунку точності, визначимо розрахункові параметри, які більшою мірою впливають на досягнення заданих допусків обробляє деталі. При обробці заданої деталі на операції до розрахунковим параметрам слід віднести жорсткий допуск на кресленні 1420<sub>0,78</sub> мм.

Деталь базується на даній операції по поверхні Ø100 тобто можна говорити про те що технологічна та вимірвальна бази збігаються.

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

$$\varepsilon_{np} = T - K_T \cdot \sqrt{K_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + K_{T2} \cdot \omega^2 + \varepsilon_{noz}^2}, \quad (7.7)$$

де  $T$  - допуск розміру  $T_{1420} = 0,78 \text{ мм} = 780 \text{ мкм}$ ;

$K_T$  - 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  $K_{T1} = 0,85$ ;

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

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

$\varepsilon_y$  - 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.

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

$\varepsilon_u$  похибка, що виникає внаслідок зносу настановних елементів пристосування. Величина зносу залежить від програми випуску деталей і форму настановної поверхні.

Похибка зносу настановних елементів пристосування визначаємо за формулою :

$$\varepsilon_u = \beta_1 \cdot N^n, \quad (7.8)$$

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		63

де  $\beta_1 = 0,001$  - постійний коефіцієнт, узятий за рекомендаціями [9];

$N$  - Число контактів заготовки з опорою. Річний випуск деталей = 500 шт.  
Пристосування передбачається експлуатувати без ремонту і заміни деяких настановних елементів 2 роки, тому

$$N = N_r \cdot n = 500 \cdot 2 = 1000 \text{ штук.}$$

$$\varepsilon_u = 0,001 \cdot 1000^2 = 0,2 \text{ мм} = 200 \text{ мкм.}$$

$K_{T2}$  - 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 11-му квалітету тобто  $w = 150 \text{ мкм}$ ;

$\varepsilon_{noz}$  - похибка позиціонування верстата. З паспорта верстата МР-75 = 5 мкм.

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

$$\varepsilon_{np} = 780 - 1,2 \cdot \sqrt{0,85 \cdot 0^2 + 0^2 + 250^2 + 0^2 + 200^2 + 0,6 \cdot 150^2 + 5^2} = 88 \text{ мкм}$$

За ГОСТ 24643-81 приймаємо допуск площинності настановних елементів пристосування  $T=80 \text{ мкм}$

Отже, на кресленні пристосування проставляємо допуск площинності настановних елементів рівний 0,08 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. При відключенні подачі повітря засобом перемикання триходового крана відбувається подача в верхню камеру та відбувається розкріплення заготовки.

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		65

## **Висновки**

У ході виконання дипломного проекту було виконано наступний обсяг робіт.

При аналізі службового призначення були відображені основні технічні характеристики і призначення машини. Що стосується самої деталі, також був проведений аналіз усіх її поверхонь, а також функцій, виконуваних ними.

При аналізі технічних вимог описані властивості сталі 14X17H2, а також були проаналізовані вимоги, пропоновані при виготовленні деталі конструктором, їх відповідність загальноприйнятим стандартам. Виконано аналіз технологічності конструкції згідно ЕСТП.

Був визначений тип виробництва - дрібносерійний - і визначена партія запуску  $n = 47$  штук.

В якості заготовки була прийнята заготовка з прокату, так як вона більш економічно вигідна, ніж вільна ковка.

Під час виконання роботи було проаналізовано заводський технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а саме змінена послідовність операцій, замінено універсальне устаткування на обладнання з ЧПК. Розраховані похибки базування на аналізовані операції.

У розділі «Охорона праці» були розглянуті питання характеристики електромагнітних полів, їх дія на організм людини та засоби захисту.

Також виконано комплект технологічної документації, маршрутний технологічний процес на обрані операції, розроблено верстатний пристрій на фрезерно-центрувальну операцію, що має пневматичний привід. До операції 045 токарна з ЧПК розроблена карта операційного налагодження.

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		66

## Список використаної літератури

1. Захаркин А.У. Методические указания для практических работ по курсам «Теоретические основы изготовления деталей и сборки машин» и «Технология машиностроения» для студентов направления 0902 «Инженерная механика» всех форм обучения [Текст] : А. У. Захаркин, В. Г. Евтухов. - Сумы изд. СумДУ 2004. – 75 с.
2. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст] : [учеб. пособие для машиностроит. спец.] / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. - Мн.: Выш. Школа, 1983. - 256 с.
3. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски [Текст]. – Введ. 1990-01-07. – Москва. : Изд-во стандартов, 1990. – 55 с.
4. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя [Текст] : в 2 т. / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков. – М.: Машиностроение, 1985. – 2 т. – 656 с.
5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ [Текст] : в 2 ч. Ч. 2 /М.: Экономика, 1990. - 472 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ, [Текст] : в 2 ч. Ч. 1 /М.: Экономика, 1989. - 402 с .
7. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков [Текст] : А. К. Горошкин. – М: Машиностроение, 1979. – 302 с.
8. Колев Н. С. Металлорежущие станки [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Колев Н. С., Красниченко Л. В., Никулин Н. С. -М.: Машиностроение, 1980. - 500 с.
9. Кушніров П. В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка” [Текст] : П. В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – 52 с.
10. Гжиров Р. И. Краткий справочник конструктора [Текст] : Р. И. Гжиров. - Л: Машиностроение, 1984. – 464 с.

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		67

11. Дунаев И. М. Организация проектирования системы технического контроля [Текст] : Дунаев И. М., Скворцов Т. П., Чутырин В. Н. - М: Машиностроение, 1981. – 191 с.

12. Штейнберг Б. И. Справочник молодого инженера конструктора [Текст] : Б. И. Штейнберг, Б. М. Брайнман. – Киев: Техника, 1983. – 184 с.

13. Цейтлин Я. М. Нормальные условия измерения в машиностроении [Текст] : Я. М. Цейтлин. – Л.: Машиностроение, 1981. – 224 с.

14. Євтухов В. Г. Методичні вказівки до практичної роботи "Вибір засобів вимірювання та його обґрунтування" з дисципліни "Основи конструювання контрольно-вимірювальних пристроїв" для студентів спеціальності 7.090202 та 8.090202 "Технологія машинобудування" денної та заочної форм навчання [Текст] : / В. Г. Євтухов. – Суми, Вид-во СумДУ, 2008. – 20 с.

15. Чумаков Г. С. Методические указания к выполнению контрольной работы по курсу "Проектирование контрольно-измерительных приспособлений" для студентов специальностей 12.01 "Технология машиностроения" [Текст] : / Г. С. Чумаков.– Харьков, ХПИ , 1990. – 56 с.

16. Кузнецов Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ [Текст] : Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. - М: Машиностроение, 1990. – 512 с.

17. Юдин Е. Я. Охрана в машиностроении [Текст] : Юдин Е. Я., Белов С. В., Баланцев С. К.— М: Машиностроение, 1983. - 432 с.

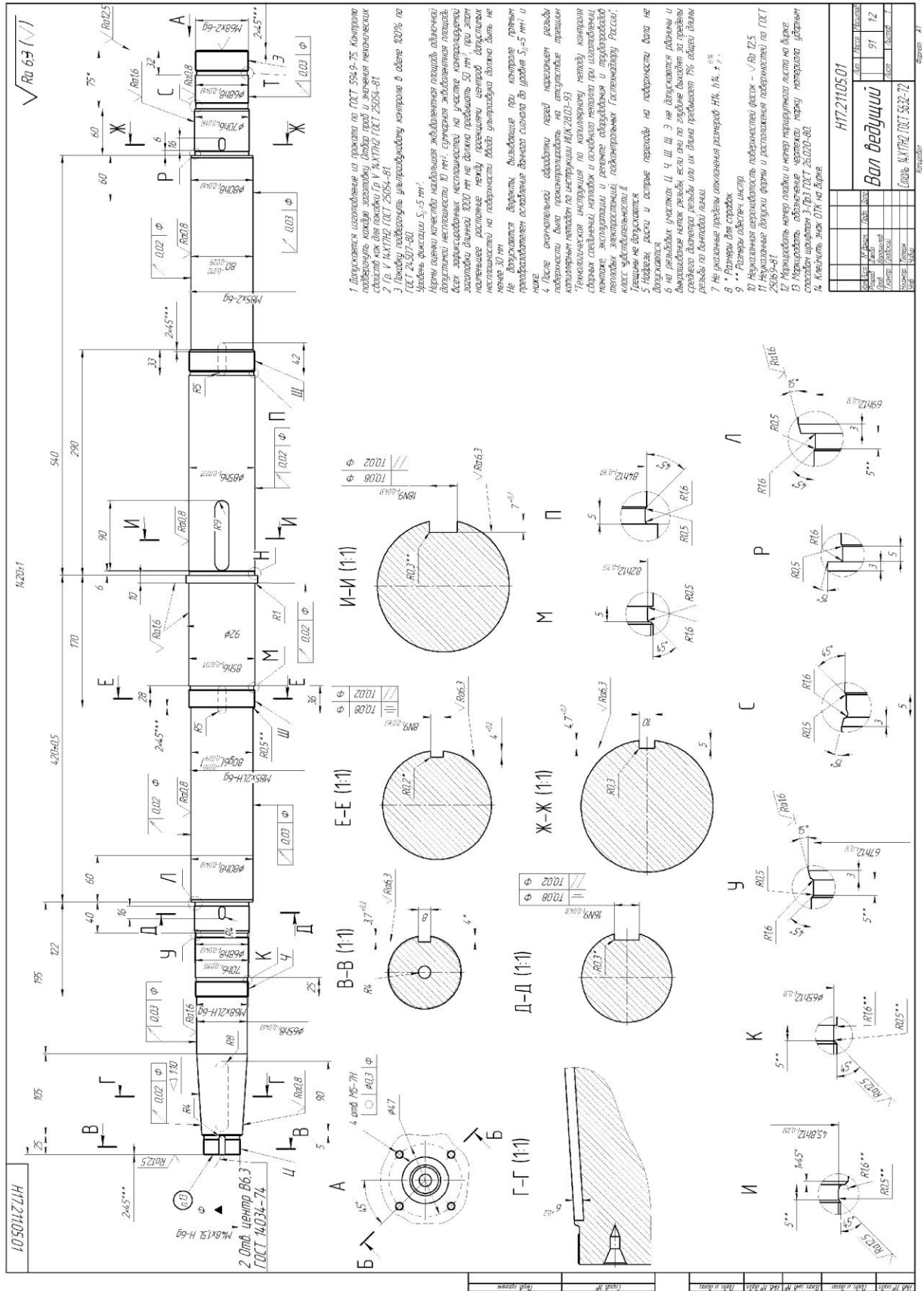
18. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. Расчеты и конструкции [Текст] : М. А. Ансеров. – М: Машиностроение, 1964. – 428 с.

19. Бабаков А. А. Нержавеющие стали. Свойства, обрабатываемость и химическая стойкость в различных агрессивных средах [Текст] : А. А. Бабаков. – М: Госхимиздат, 1956. – 328 с.

20. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» денної та заочної форм навчання / укладач В. Г. Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 44 с.

											Лист
											68
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата							

# Додаток А. Заводське креслення деталі



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ТМ 17510053-00.ПЗ

Лист

69

## Додаток Б. Розрахунок припусків

### РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ДИАМЕТРАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

Программа - 'prip' ver.7.1

СумГУ. Вычислительный центр факультета ТЕСЕТ

23.05.2021

Расчет выполнен для Великодний В. группа - ТМ-71

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

обрабатываемая поверхность - наружная цилиндрическая  $\phi$  85 0  
-0.022

Наименование перехода или операции маршрута обработки поверхности	Обозначение точности	Пределные отклонения, мм	Элементы припуска, мкм				
			шероховатость Rz (i-1)	дефект слой h (i-1)	простр отклон p (i-1)	погрешность базир ЕБ (i)	закр. Ез (i)
Поковка ковкой	ГОСТ 7062-90	+0.400 -1.700	-	-	-	-	-
Chernovay	квалитет 14 0 -0.870	0 -0.870	250	1000	2119	500	500
Polychistovay	квалитет 11 0 -0.220	0 -0.220	125	240	127	200	100
Chistovay	квалитет 8 0 -0.054	0 -0.054	20	125	105	0	0
Shlifovanie	квалитет 6 0 -0.022	0 -0.022	10	25	25	0	0

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА :

Расчетные значения			Принятые значения, мм							
припуск, мкм		расчетный размер, мм	расчетный размер	номинальный размер с предельными отклонениями	предельный размер		припуск, мкм			
мини	расч.				мини-мальный	макси-мальный	миним	расч.	макс.	
-	-	97.84	100	100	+0.400 -1.700	98.3	100.4	-	-	-
968	1968	86.925	87	87	0 -0.870	86.13	87	1400	1340	1430
145	1875	85.62	85.7	85.7	0 -0.220	85.48	85.7	270	900	1055
150	855	85.16	85.2	85.2	0 -0.054	27.857	27.957	145	170	373
106	655	85	85	85	0 -0.022	84.978	85.0	106	128	182

К О Н Е Ц   Р А С Ч Е Т А

**Додаток В. Специфікації на верстатний пристрій**

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
Перв. примен.	A1		TM 17510053-07-00.00. СБ	Складальне креслення. Сборочный чертеж		
	<i>Сборочные единицы</i>					
Справ. №	Б/4	1	TM 17510053-07-01.00	Пневмоприхват	2	
	<i>Детали</i>					
Подп. и дата	Б/4	2	TM 17510053-07-00.02	Кутник	2	
	Б/4	3	TM 17510053-07-00.03	Основа	1	
	Б/4	4	TM 17510053-07-00.04	Кільце	2	
	Б/4	5	TM 17510053-07-00.05	Хомутик	8	
	Б/4	6	TM 17510053-07-00.06	Штуцер	1	
	Б/4	7	TM 17510053-07-00.07	Плита	1	
	<i>Стандартные изделия</i>					
Подп. и дата	Б/4	8		Шпонка 20 x 12 x 63 ГОСТ 23360-78	2	
	Б/4	9		Пневморозподільник 08-11 ГОСТ 18467-75	2	
<b>TM 17510053-07-00.00.</b>						
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
	Разраб.	Великодний				Лист
	Пров.	Колесник				Лист
	Реценз.					Листов
	Нконтр.	Денисенко				1
Утв.	Іванов				2	
Пристрій фрезерно-центрувальний Складальне креслення						СумДУ, зр.ТМ-71
Копировав						Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Б/Ч		10		Гвинт М5х30 ГОСТ 1491-80	1	
Б/Ч		11		Гайка М3 ГОСТ 5927-70	8	
Б/Ч		12		Шайба 3 ГОСТ 11371-78	8	
Б/Ч		13		Гвинт М3х10 ГОСТ 1491-80	8	
Б/Ч		14		Гвинт М16х80 ГОСТ 1491-80	4	
Б/Ч		15		Призма 7033-0040 ГОСТ 12195-66	2	
Б/Ч		16		Штифт 12х80 ГОСТ 3128-70	4	
Б/Ч		17		Болт 7002-0771 ГОСТ 9048-69	2	
Б/Ч		18		Рим-болт М16.19 ГОСТ 4751-73	2	
				<i>Прочие изделия</i>		
Б/Ч		19		Рукав 6х12-10ТЧ38.105.1049-76	2	

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ТМ 17510053-07-00.00.	Лист
						2

Копировал

Формат А4

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ТМ 17510053-00.ПЗ

Лист

72



## Додаток Г. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Тема розділу: «Характеристика, дія на організм людини, нормування та захист від електромагнітних полів».

Електромагнітне поле - це особлива форма матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія між зарядженими частинками. Воно являє собою взаємопов'язані змінні електричне поле і магнітне поле. Взаємний зв'язок електричного  $E$  і магнітного  $H$  полів полягає в тому, що всяка зміна одного з них призводить до появи іншого: змінне електричне поле, що породжується прискорено рухомими зарядами (джерелом), збуджує в суміжних областях простору змінне магнітне поле, яке, в свою чергу, збуджує в прилеглих до нього областях простору змінне електричне поле, і т. д.

Таким чином, електромагнітне поле поширюється від точки до точки простору в вигляді електромагнітних хвиль, що біжать від джерела. Завдяки кінцевій швидкості поширення електромагнітне поле може існувати автономно від породившого його джерела і не зникає з усуненням джерела (наприклад, радіохвилі не зникають з припиненням струму в випромінюючій їх антені).

Електромагнітне поле в вакуумі описується напруженістю електричного поля  $E$  і магнітної індукції  $B$ . Електромагнітне поле в середовищі характеризується додатково двома допоміжними величинами: напруженістю магнітного поля  $H$  і електричною індукцією  $D$ . Зв'язок компонентів електромагнітного поля з зарядами і струмами описується рівняннями Максвелла.

Поширюючись в середовищах, електромагнітні хвилі, як і всякі інші хвилі, можуть відчувати заломлення і віддзеркалення на кордоні розділу середовищ, дисперсію, поглинання, інтерференцію; при поширенні в неоднорідних середовищах спостерігаються дифракція хвиль, розсіювання хвиль і інші явища.

Електромагнітні хвилі різних діапазонів довжин хвиль характеризуються різними способами збудження і реєстрації, по різному взаємодіють з речовиною. Процеси випромінювання і поглинання електромагнітних хвиль від найдовших до

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		73

інфрачервоного випромінювання досить повно описуються співвідношеннями класичної електродинаміки.

У діапазонах коротших довжин хвиль, особливо в діапазонах рентгенівських і  $\gamma$ -променів, домінують процеси, що мають квантову природу, і можуть бути описані тільки в рамках квантової електродинаміки на основі уявлення про дискретності цих процесів.

Формування електромагнітних полів.

Для характеристики електромагнітної обстановки застосовують терміни "електричне поле", "магнітне поле", "електромагнітне поле". Всі вони тісно пов'язані між собою. Електричне поле формується зарядами. Магнітне поле виникає в процесі руху електричних зарядів по провіднику.

Властивості електромагнітних полів.

Електромагнітні хвилі в першу чергу характеризуються довжиною хвилі. Джерело випромінювання, що формує електромагнітні коливання, характеризується частотою коливань. Важлива властивість електромагнітних полів - це розділ поля на так звані "ближню" і "дальню" зони.

В "ближній" зоні, інакше зоні індукції, електромагнітне поле можна вважати квазістатичним. У цій зоні воно швидко зменшується з відстанню, електромагнітні хвилі, які ще не сформовані. Характеристику електричного і магнітного поля в цій зоні дають окремо.

"Дальня" зона характеризується вже цілком сформованою електромагнітною хвилею. У цій зоні інтенсивність поля закономірно зменшується обернено пропорційно відстані від його джерела. Тут існує закономірний зв'язок між електричним і магнітним полем, тому можна вимірювати тільки електричне поле, а потім розраховувати магнітне. При частотах вище 300 МГц вимірюють також щільність потоку електромагнітної енергії, інакше вектор Пойтинга. Він характеризує кількість енергії, яку переносить електромагнітна хвиля за одиницю часу через одиницю площини, перпендикулярної руху хвилі.

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		74

За частотам електромагнітні хвилі поділяють на 12 категорій, починаючи від вкрай низьких (діапазон від 3 до 30 Гц) до гіпервисоких (300-3000 Гц).

Джерела електромагнітних полів.

Основні джерела електромагнітних полів наступні: Транспорт, який працює на основі електродвигунів. Лінії електропередач. Внутрішня і зовнішня електропроводка. Побутові електричні прилади. Працюючі теле- і радіостанції (тобто фактично діючі антени). Об'єкти супутникового і стільникового зв'язку. Радари, комп'ютери та інша подібна до них техніка (ноутбуки, планшети і т.д.), особливо в разі їх підключення до мережі інтернет.

Інтенсивність електромагнітних полів, що генеруються техногенними джерелами, дуже мінлива. Навантаження самих цих джерел може неодноразово змінюватися протягом доби, а також сезонно, в залежності від специфіки їх роботи. Від цього залежить (поряд з величиною протікає через джерело електричного струму) дальність поширення електромагнітного поля.

Основними параметрами електромагнітних полів є довжина хвилі ( $\lambda$ ) і частота ( $f$ ), яка пов'язана з довжиною хвилі зворотною залежністю (для умов поширення хвилі в повітрі):

$$f = c / \lambda, \quad (Г.1)$$

де  $c$  - швидкість світла. Частоти коливань вимірюються в Герцах (Гц): 1 кілогерц (кГц) =  $10^3$  Гц, 1 мегагерц (МГц) =  $10^6$  Гц, 1 гігагерц (ГГц) =  $10^9$  Гц.

Вплив електромагнітних полів (ЕМП) на здоров'я людини і способи захисту від їх шкідливого впливу.

Природа подарувала людству чисте, прозоре повітря, водойми та природний електромагнітний фон, що випромінюється як планетою і навколишнім космосом, так і тваринним і рослинним світом. Однак, з розвитком цивілізації, природний геомагнітний фон посилюється техногенним впливом. Людина за допомогою

					ТМ 17510053-00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		75

радіотехнічних і радіоелектронних приладів створив невидиму електромагнітну павутиння, в якій ми всі знаходимося. Потужні лінії електропередачі високої і надвисокої напруги, численні радіо- і телепередаючі станції, космічні станції супутникового зв'язку викликають електромагнітне забруднення середовища проживання людини. Вплив ЕМП відбувається вдома, на роботі і навіть під час відпочинку на природі. Електропобутові прилади, призначені полегшити наше життя, стіни будинків і квартир, пронизані електричними проводами, поширюють ЕМП не безпечні для здоров'я людини.

#### Біологічна дія ЕМП.

Дані як вітчизняних, так і зарубіжних дослідників свідчать про високу біологічну активність ЕМП в усіх частотних діапазонах. ЕМП високої частоти призводять до нагрівання тканин організму.

Численні дослідження в області біологічної дії ЕМП визначили найбільш чутливі системи організму: нервову, імунну, ендокринну, статеву. Біологічний ефект ЕМП в умовах багаторічного впливу накопичується, внаслідок чого можливий розвиток віддалених наслідків дегенеративних процесів в центральній нервовій системі, новоутворень, гормональних захворювань. До електромагнітних полів особливо чутливі діти, вагітні, люди з порушеннями в серцево-судинної, гормональної, нервової, імунної системах.

#### Вплив на нервову систему.

Порушується передача нервових імпульсів. В результаті з'являються вегетативні дисфункції (неврастенічний і астенічний синдром), скарги на слабкість, дратівливість, швидку стомлюваність, порушення сну порушується вища нервова діяльність - ослаблення пам'яті, схильність до розвитку стресових реакцій.

#### Вплив на серцево-судинну систему.

Порушення діяльності цієї системи проявляються, як правило, лабільністю пульсу і артеріального тиску, схильністю до гіпотонії, болями в області серця. У крові відзначається помірним зниженням кількості лейкоцитів і еритроцитів.

						<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>			76

Вплив на імунну та ендокринну системи.

Установлено, що при впливі ЕМП порушується іммуногенез, частіше в бік гноблення. У тваринних організмів, опромінених ЕМП, обтяжується перебіг інфекційного процесу. Вплив електромагнітних полів високої інтенсивності проявляється в подавляю чому ефекті на Т-систему клітинного імунітету. Під дією ЕМП збільшується вироблення адреналіну, активізується згортання крові, знижується активність гіпофіза.

Вплив на статеву систему.

Багато вчених відносять електромагнітні поля до тератогенним чинникам. Найбільш уразливими періодами є зазвичай ранні стадії розвитку зародка. Наявність контакту жінки з електромагнітним випромінюванням може привести до передчасних пологів, вплинути на розвиток плода і, нарешті, збільшити ризик вроджених вад.

Основні джерела ЕМП і способи захисту від їх впливу.

Джерелами електромагнітних полів є атмосферна електрика, геомагнітні поля, промислові установки, радіолокація, радіонавігація, засоби теле- та радіомовлення, побутові прилади, внутрішні електричні мережі в будинках. Випромінюване ними поле різниться в залежності від конкретних моделей - чим вище потужність приладу, тим більше що створюється їм магнітне поле.

Досить актуальним є питання біологічної безпеки стільникового зв'язку. Однозначної відповіді на нього вчені до цих пір не дали. Можна відзначити лише одне: за весь час існування стільникового зв'язку жодна людина не отримала явного збитку здоров'ю через її використання. Виходячи з технологічних вимог побудови системи стільникового зв'язку, основна енергія випромінювання (більш 90%) зосереджена в досить вузькому промені, який завжди спрямований у бік і вище прилеглих будівель. В режимі розмови випромінювання стільникового телефону набагато вище, ніж в режимі очікування. Поле, що виникає навколо його антени, посилюється в метро, під час розмови в автомобілі, підсилює його дію металева оправа окулярів.

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		77

Персональні комп'ютери давно перетворилися в одну з найважливіших речей в будинку середньостатистичного жителя будь-якої з розвинених країн світу. Дуже часто доводиться користуватися комп'ютером за місцем роботи. За статистикою, близько 30% населення більшу частину робочого часу проводять за комп'ютером, крім того, значна частина користувачів має контакт з ПК вдома.

У зв'язку з цим у багатьох виникає питання про шкідливі фактори, що впливають на людину при роботі на комп'ютері і способах захисту від них. Вважається, що найбільш небезпечно випромінювання монітора, що є джерелом електромагнітного, рентгенівського, інфрачервоного, ультрафіолетового випромінювання. Однак, небезпечними в цьому плані можуть виявитися тільки досить старі, випущені 5-7 років тому монітори. Вони є джерелами ЕМВ наднизької частоти, але не більше, ніж інші електроприлади. Рівень рентгенівського випромінювання монітора набагато менше, ніж природний радіаційний фон. А рівні інфрачервоного і ультрафіолетового випромінювань монітора незначні в порівнянні з електричними лампами. Але навіть в цьому випадку можна окремо придбати захисний екран. Сучасні рідкокристалічні (плоскі) екрани і переносні комп'ютери-ноутбуки взагалі не випромінюють - у них інший принцип дії.

Для виключення або зменшення рівнів впливу ЕМП на організм людини важливо виконувати ряд простих рекомендацій:

- виключення тривалого перебування в місцях з підвищеним рівнем магнітного поля промислової частоти
- грамотне розташування меблів для відпочинку, що забезпечують відстань 2-3 метри до електророзподільних щитів, силових кабелів, електроприладів
- при придбанні побутової техніки звертайте увагу на інформацію про відповідність приладу вимогам санітарних норм
- використання приладів меншої потужності
- не користуватися стільниковим телефоном без необхідності, не розмовляти безперервно більше 3-4 хвилин

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		78

- використовувати в автомобілі комплект hands-free, розміщуючи його антену в геометричному центрі даху.

Люди вже не можуть відмовитися від електростанцій, залізниць, літаків, автомобілів, від інших завоювань цивілізації, навіть якщо йдеться про власне здоров'я. Завдання полягає в тому, щоб мінімізувати шкідливі техногенні впливи на навколишнє середовище і ознайомити суспільство з конкретною екологічною небезпекою і виробити механізм захисту.

До джерел електромагнітних випромінювань відносяться: підстанції та повітряні лінії електропередачі, установки індукційного нагріву, пристрої радіолокації, зв'язку, телебачення і ін.

Спектр електромагнітних полів розділений на частотні діапазони:

- постійні електростатичні поля, обумовлені утворенням електричних зарядів;
- електромагнітні поля промислової частоти 50 Гц (герц);
- електромагнітні поля в діапазоні частот 10 - 30 кГц (кіло-герц);
- електромагнітні поля в діапазоні частот 30 кГц - 300 ГГц (гігагерц).

Вплив електромагнітних випромінювань на організм людини призводить до порушення нервової і серцево-судинної систем, до змін у складі крові. Ступінь впливу залежить від діапазону частот, інтенсивності, тривалості випромінювання. Інтенсивні надчастотних випромінювання (вище 300 МГц) викликають патологію різних органів.

Критерієм безпеки для людини, що знаходиться в електромагнітному полі, прийняті допустимі напруженість електричного поля  $E$  в кіловольт на метр (кВ / м) і напруженість магнітного поля  $H$  в милі- або мікротесел (мТл, мкТл) і амперах або кілоампер на метр (А / м , кА / м).

Електростатичні поля характерні для багатьох виробничих процесів. Накопичення електростатичних зарядів відбувається на різних поверхнях, в тому числі на одязі працівників, що створює поле високої напруженості, що обумовлює електричні розряди. У вибухонебезпечних виробництвах, пов'язаних із застосуванням горючих газів, легкозаймистих і горючих рідин, іскрові розряди

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		79

статичної електрики можуть викликати вибух і пожежа. При певних умовах розряди статичної електрики є причиною травм обслуговуючого персоналу.

Відповідно до санітарно-епідеміологічних правил і нормативів СНіП 2.2.4.1191-03 « Електромагнітні поля у виробничих умовах». Допустимі рівні на робочих місцях і вимоги до проведення контролю (далі - ГОСТ 12.1.045-84) гранично допустимий рівень напруженості електростатичного поля (ЕСП) на робочих місцях обслуговуючого персоналу при впливі 1 година за зміну встановлюється рівним 60 кВ / м. При впливі понад однієї години величина визначається розрахунковим методом.

Електромагнітні поля промислової частоти є частиною наднизькочастотного діапазону радіочастотного спектру, найбільш поширеною як у виробничих умовах, так і в побуті. Діапазон промислової частоти представлений в Україні частотою 50-60 Гц.

Гранично допустимі рівні електричних полів регламентуються СНіП 2.2.4.1191-03 і ГОСТ 12.1.002-84. У відповідності до вимог цих нормативних документів гранично допустимі рівні електричних полів для повного робочого дня становить 5 кВ / м. При напруженостях в інтервалі більше 5 до 20 кВ / м включно допустимий час перебування визначається за формулою:

$$T = 50/(E - 2), \quad (8.2)$$

де Т - допустимий час перебування в електричному полі при відповідному рівні напруженості, год;

Е - напруженість електричного поля в контрольованій зоні, кВ / м.

Допустимий час перебування в електричному полі може бути реалізовано одноразово або частково протягом робочої зміни. В інший робочий час напруженість електричного поля не повинна перевищувати 5 кВ / м.

Гранично допустимі рівні магнітних полів промислової частоти встановлюють в залежності від тривалості перебування персоналу для умов



загального (на все тіло) і локального (на кінцівки) впливу. При необхідності перебування персоналу в зонах з різною напруженістю магнітних полів загальний час виконання робіт в цих зонах не повинно перевищувати гранично допустимий для зони з максимальною напруженістю.

Захист від впливу статичної електрики.

Одним з поширених засобів захисту від впливу статичної електрики є зменшення генерації електростатичних зарядів або їх відведення з наелектризованого матеріалу, що досягається шляхом заземлення металевих електропровідних елементів обладнання, збільшення поверхонь і об'ємної провідності діелектриків, установки нейтралізаторів статичної електрики (індукційних, високовольтних, рідких і ін.).

Ефективним засобом захисту є збільшення відносної вологості повітря до 65-75%, коли це можливо за умовами технологічного процесу.

Як засоби індивідуального захисту застосовують антистатичне взуття, антистатичний халат, заземлюючі браслети.

Захист від впливу електромагнітних полів промислової частоти

Для захисту людей від впливу електромагнітних полів промислової частоти передбачаються санітарно-захисні зони. При проектуванні повітряних ліній електропередачі напругою 750-1110 кВ повинно передбачатися їх віддалення від меж населених пунктів не менше ніж 250-300 м відповідно.

До засобів колективного захисту обслуговуючого персоналу відносяться стаціонарні екрани (різні заземлені металеві конструкції - щитки, козирки, навіси суцільні або сітчасті, системи тросів) і знімні екрани.

Як засоби індивідуального захисту від електромагнітних полів промислової частоти служать індивідуальні екрануючі комплекти.

					<i>ТМ 17510053-00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		81