

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.О. Залога

«_____» _____ 2020 р.

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ

ВАЛА 1022.01.00.012

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
Бакалаврська кваліфікаційна робота
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(Технології машинобудування)

Студент

М. О. Тарасенко

Керівник

В. О. Іванов

Нормоконтроль

Ю. О. Денисенко

РЕФЕРАТ

Записка: 80 с., 9 рис., 8 табл., 13 джерел.

Об'єкт роботи – «вал 1022.01.00.012» блока різального 1022.01.00.000.СК різальної машини СЧ-16.

Мета роботи – аналіз технологічного процесу виготовлення «вала 1022.01.00.012».

В роботі виконано аналіз службового призначення різальної машини СЧ-16 для розрізання магнітної стрічки, її вузла «блоку різального 1022.01.00.000» і деталі «вал 1022.01.00.012», визначені умови їх експлуатації, проведений аналіз технічних вимог, що пред'являються до досліджуваних конструкцій. Визначено тип виробництва і форма організації робіт, розрахований обсяг виробничої партії. За допомогою техніко-економічного обґрунтування обраний раціональний метод отримання заготовки. Табличним методом визначені припуски і допуски на розміри заготовки.

При аналізі базового технологічного процесу виготовлення «вала 1022.01.00.012» виконано детальний аналіз розточувальної з ЧПК та токарної з ЧПК операцій з обґрунтуванням вибору схеми базування і закріплення заготовки, обладнання та технологічної оснастки, розраховані режими різання і визначені технічно обґрунтовані норми часу на операції. У роботі також представлені висновки, додатки і технологічний процес механічної обробки «вала 1022.01.00.012» на бланках КТП з картами ескізів на аналізовані операції.

У графічній частині роботи представлені: креслення заготовки, креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі з операційними ескізами на досліджувані операції, налагодження на операцію токарну з ЧПК, складальне креслення верстатного пристрою.

РІЗАЛЬНА МАШИНА, БЛОК РІЗАЛЬНИЙ, ВАЛ, ПОКОВКА, ФРЕЗЕРУВАННЯ, ТОЧІННЯ.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	5
2 Аналіз технічних вимог, що пред'являються до конструкції деталі	12
3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт	16
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	20
5 Обґрунтування вибору способу отримання вихідної заготовки	24
6 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі	28
6.1 Визначення припусків та допусків на обробку поверхні обертання аналітичним методом.....	28
6.2 Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки	31
6.2 Обґрунтування вибору верстатного устаткування	45
6.4 Обґрунтування вибору технологічної оснастки	47
6.5 Визначення режимів різання.....	49
6.6 Технічне нормування операції.....	58
7 Проектування верстатного пристрою	65
Висновки	78
Перелік джерел посилань	79
Додаток А Робоче креслення деталі «вал 1022.01.00.012».....	81
Додаток Б Порівняльна характеристика типів виробництва.....	83
Додаток В Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання	84
Додаток Г Лещата самоцентруючі з гідравлічним приводом.	
Специфікація.....	85
Додаток Д причини і заходи захисту від ураження електричним струмом..	88

<i>ТМЗ 18090060-00.ПЗ</i>				
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		<i>Тарасенко</i>		
Перевір.		<i>Іванов</i>		
Н. контр.		<i>Денисенко</i>		
Затверд.		<i>Залога</i>		
<i>Проектування технологічного процесу виготовлення вала 1022.01.00.012</i>				
		Літ.	Аркуш	Аркушів
		3	80	
<i>СумДУ</i>				

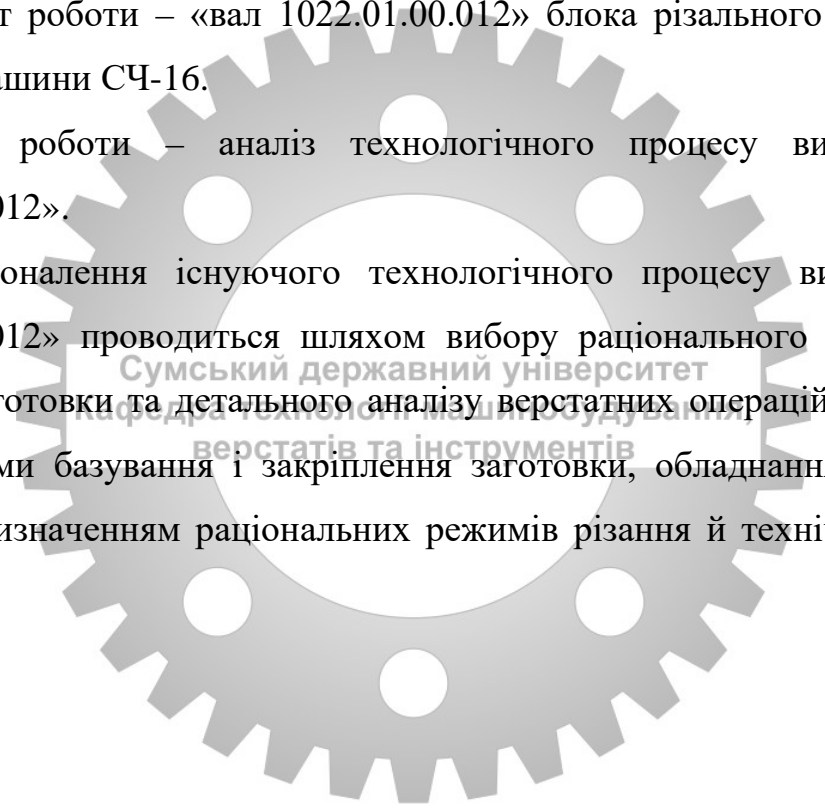
ВСТУП

Різальна машина СЧ-16 входить до складу завершальної частини технологічної лінії для виробництва магнітної стрічки і призначена для розрізання магнітної стрічки на смуги шириною 6,3 мм. Одним з основних вузлів різальної машини СЧ-16 є механізм різання 1022.00.00.000.СК, який складається з блоку різального та приводного пристрою. В свою чергу однією з основних деталей блоку різального 1022.01.00.000.СК є нижній «вал 1022.01.00.012», вдосконалення технологічного процесу виготовлення якого є актуальною задачею.

Об'єкт роботи – «вал 1022.01.00.012» блока різального 1022.01.00.000.СК різальної машини СЧ-16.

Мета роботи – аналіз технологічного процесу виготовлення «вала 1022.01.00.012».

Вдосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення «вала 1022.01.00.012» проводиться шляхом вибору раціонального методу отримання вихідної заготовки та детального аналізу верстатних операцій з обґрунтуванням вибору схеми базування і закріплення заготовки, обладнання та технологічної оснастки, визначенням раціональних режимів різання й технічно обґрунтованих норм часу.



									Арк.
									4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

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

Різальна машина СЧ-16 входить до складу завершальної частини технологічної лінії для виробництва магнітної стрічки і призначена для розрізання магнітної стрічки на смуги шириною 6,3 мм.

Основні технічні характеристики різальної машини СЧ-16 наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика різальної машини СЧ-16

Найменування характеристики	Величина
Ширина розрізаного рулону магнітної стрічки, мм	300±10
Швидкість різання, м/хв	100 макс.
Ширина розрізаних стрічок, мм	6,3 _{-0,01}
Розміри ножів, мм: верхніх	106×75×0,7 макс., 92×75×0,7 мін.;
нижніх	80×60×6,25
Величина заглиблення верхніх ножів, мм	0,4±0,1
Величина осевого зміщення від моменту зіткнення при підтисканні верхніх ножів до нижніх, мм	0,05±0,02
Кутове зміщення верхнього ножового вала відносно нижнього вала, град.	1°30' макс.

Одним з основних вузлів різальної машини СЧ-16 є механізм різання 1022.00.00.000.СК, який складається з блоку різального, приводного пристрою, що складається з двох ременів клинових, проміжного блоку шестерень, приводних зубчастих коліс, деталей кріплення і фіксації блоку різального.

						Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У свою чергу блок різальний складається з двох ножових валів (верхнього і нижнього), встановлених у корпусах підшипників і закріплених на платформі, оснащеної двома вузлами напрямних роликів.

Блок різальний поставляється у вигляді змінного вузла різальної машини СЧ-16, налагодження й переоснащення якого може проводитися окремо від машини, що забезпечує більш зручне обслуговування різальної машини в порівнянні з існуючими аналогами.

Блок різальний складається з платформи, по краях якої встановлені корпуси підшипників нижнього ножового вала, а на них через спеціальні проставки закріплюються корпуси підшипників верхнього ножового вала. На верхньому і нижньому валах за допомогою спеціальних втулок встановлені комплекти дискових ножів для розрізання магнітної стрічки. Верхній і нижній ножові вали приводяться в обертання від приводу різальної машини за допомогою зубчастих і ремінних передач. З цією метою, від приводного вала машини крутний момент передається клиновим ремнем на тягучий вал, розташований після механізму різання і на нижній ножовий вал через проміжний вал із зубчастою і клинопасовою передачами.

Для вирівнювання і регулювання випередження або запізнювання частот обертання на ножових валах по відношенню до швидкості руху магнітної стрічки, клинопасові шківів виконані роз'ємними. Регулювання шківів здійснюється шляхом установки або видалення дистанційних шайб між щоками шківів, в результаті чого клиновий ремінь піднімається або просідає на шківі, тобто змінюється діаметр контакту ремня зі шківом, що призводить до зміни частоти обертання валів.

Зачеплення зубчастої передачі між верхнім і нижнім ножовими валами здійснюється через проміжний блок шестерень і змінне колесо на верхньому валу, що дозволяє забезпечити нормальну роботу блоку різального після перезаточки ножів за рахунок регулювання частоти їх обертання.

Після кожної перезаточки діаметр верхніх ножів зменшується на 0,8 мм. Для збереження постійної величини заглиблення верхніх ножів в нижні передбачено

						Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосування проставок між нижніми і верхніми корпусами підшипників ножових валів, що дозволяє регулювати міжосьові відстані між ними.

З метою зменшення площі контакту зіткнення верхніх ножів з нижніми, для поліпшення розрізання полотна магнітної стрічки, вісь верхнього ножового вала може бути зміщена щодо нижнього валу в горизонтальній площині на кут до $1^{\circ}30'$. Для цього ліві верхній і нижній корпуси підшипників ножових валів з'єднані один з одним шпильками, між якими в коаксіально розташованих втулках встановлено циліндричний та ексцентриковий штифти. При обертанні навколо своєї осі ексцентрикового штифта відбувається зсув верхнього корпусу підшипника щодо нижнього корпусу, в результаті чого вісь верхнього вала і зміщується на кут $1^{\circ}30'$.

Зусилля підтискання верхніх ножів до нижніх передається через пружину і упорний підшипник, розміщені на правому кінці верхнього вала, і регулюється за допомогою гайки на лівому кінці верхнього вала. Контроль зусилля підтискання ножів здійснюється опосередковано за лінійною величиною зміщення стрілки індикатора, встановленого по втулці в лівому кінці верхнього вала. При цьому вимірювальна ніжка індикатора торкається до упору і фіксує при закручуванні раніше зазначеної гайки осьовий зсув верхнього вала щодо нижнього валу.

Напрямок руху магнітної стрічки на ножовий блок здійснюється по двох напрямних роликах. При налагодженні необхідно передбачати, щоб полотно стрічки, спрямоване під ножі, мало мінімальну площу контакту з нижніми ножами до потрапляння в точку різку.

Однією з основних деталей блоку різального 1022.01.00.000.СК є нижній «вал 1022.01.00.012», див. рисунок 1.1 (креслення деталі наведено у додатку А).

						Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

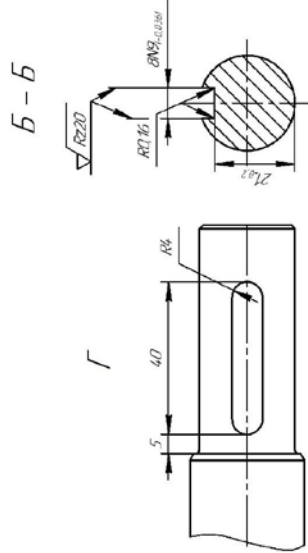
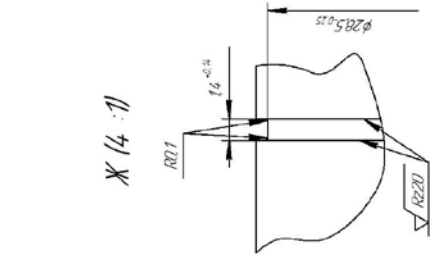
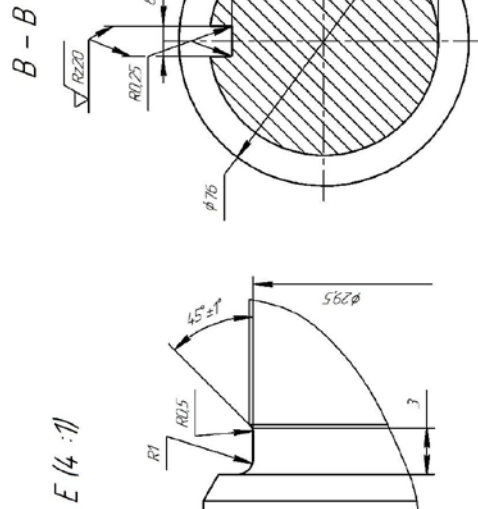
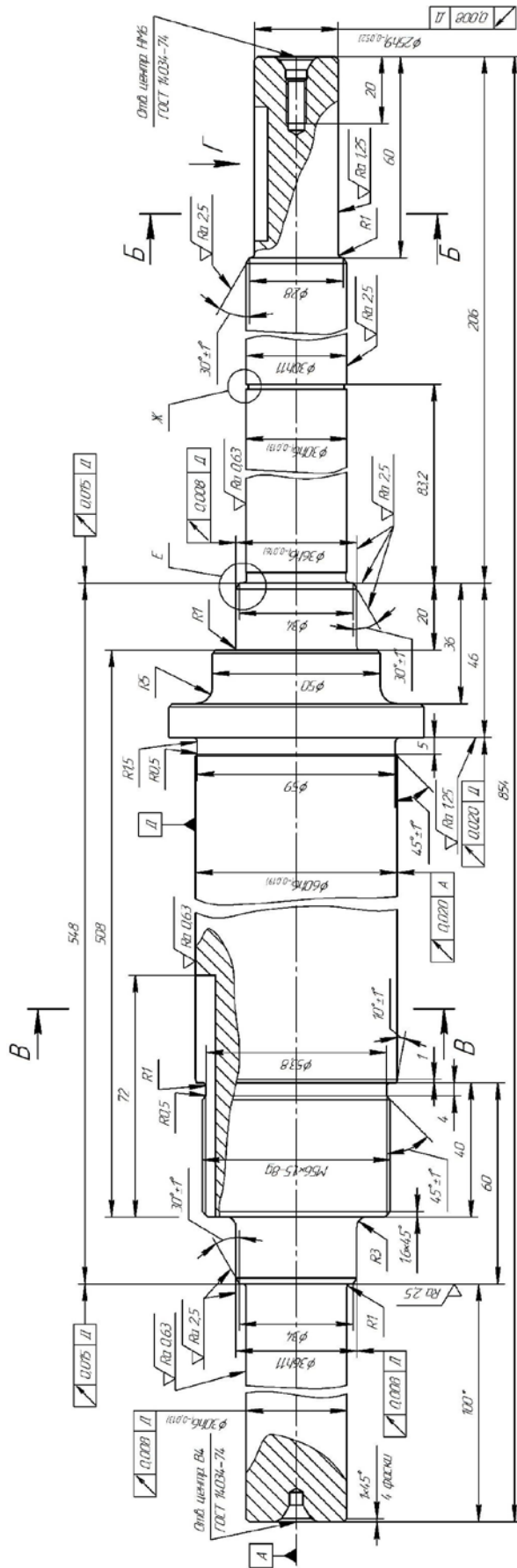


Рисунок 1.1 – Ескіз «вала 1022.01.00.012»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк.
					8

Розглянутий «вал» встановлено в нижніх корпусах підшипників за допомогою двох пар кулькових підшипників №36206 ГОСТ 831-75 по поверхнях $\varnothing 30h6$, які є основними конструкторськими базами, та виконують роль подвійної направляючої бази і позбавляє вал 4-х ступенів свободи: двох поступальних і двох обертальних переміщень уздовж і навколо осей Y і Z при горизонтальному розташуванні осі «валу» і осі X. У якості опорної бази, яка позбавляє вал ще одного ступеня свободи (п'ятого) – поздовжнього переміщення уздовж осі X, є торець ступені вала $\varnothing 36h6 / \varnothing 30h6$, див. рисунок 1.1. Вакантним залишається обертання «валу» навколо власної центральної осі (осі X).

Допоміжними конструкторськими базами «вала» є поверхні $\varnothing 36h11$, $\varnothing 36h6$, M56×1,5-8g, $\varnothing 60h6$, $\varnothing 25h9$, $\varnothing 30h11$. Зокрема, за $\varnothing 36h11$ з одного боку лівого корпусу підшипника і по $\varnothing 36h6$ з іншого боку правого корпусу підшипника встановлюються ущільнювальні манжети і кришки, що захищають від пилу кулькові підшипники. З інших сторін підшипникових корпусів також встановлені кришки з ущільнювальними манжетами по поверхнях $\varnothing 30h11$ і $\varnothing 30h6$.

У середній частині «валу» на поверхні $\varnothing 60h6$ встановлені дві дистанційні втулки, між якими розміщується комплект нижніх ножів для розрізання полотна магнітної стрічки. При цьому поверхня $\varnothing 60h6$ для втулок є подвійною направляючою базою, яка позбавляє деталь 4-х ступенів свободи, а для ножів ця ж поверхня є подвійною опорною базою, позбавляючи їх 2-х ступенів свободи. Осьовий зсув втулок уздовж поверхні $\varnothing 60h6$ обмежується торцем бурту $\varnothing 76 / \varnothing 59$, який служить опорною базою, позбавляючи втулки останнього 5-го ступеня свободи. Зазначений бурт через дистанційні втулки позбавляє осьових зсувів і ножі, проте для останніх він є установчою базою, позбавляючи їх 3-х ступенів свободи. Таким чином, і ножі в цілому позбавлені п'яти ступенів свободи. Фіксуються дистанційні втулки і ножі в осьовому напрямку за допомогою двох спеціальних гайок, установлених на діаметрі M56×1,5-8g. При цьому ліва дистанційна втулка позбавляється і останнього 6-го ступеня свободи – обертання навколо своєї осі, для

						Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чого в ній розміщують штифт 8п6×14 ГОСТ 3128-70, який входить в паз на валу шириною 8Н9.

На правому кінці «вала» Ø25h9 встановлюється блок з регульованого шківа клинопасової передачі і циліндричної шестерні приводу ножового вала. При цьому поверхня Ø25h9 є подвійною направляючою базою, яка позбавляє блок 4-х ступенів свободи. В якості опорної бази, яка позбавляє блок 5-го ступеня свободи, служить торець ступені вала Ø30h11 (Ø28) / Ø25h9. Останнього 6-го ступеня свободи блок позбавляється за рахунок шпонки, встановленої в пазу вала шириною 8Н9.

Крім розглянутих поверхонь «вала», на останньому є ряд канавок: Ø29,5×3; Ø28,5×1,4; Ø59×5; Ø53,8×4, які служать для виходу ріжучого інструменту при нарізанні різьби і шліфуванні шийок «валу». На всіх краях ступенів «валу» знімаються фаски: 1×45° (4 штуки); 1×30°±1° (3 штуки); 1,6×45°; 1,1×45°±1°; 0,5×45°±1°; 1×10°±1°; 0,25×45°±1° й між ступенями виконують радіусні переходи з: R5; R3; R1,5; R1; R0,5; R0,1, а в шпонкових пазах дно останніх переходить у бокові стінки з R0,16 и R0,25. У торцях «валу» передбачені технологічні бази: центрові отвори В4 і НМ6 ГОСТ 14034-74. У правому центровому отворі встановлюється по різьбі М6 гвинт, що фіксує блок шестерень від осьових зсувів при обертанні «валу» в процесі експлуатації.

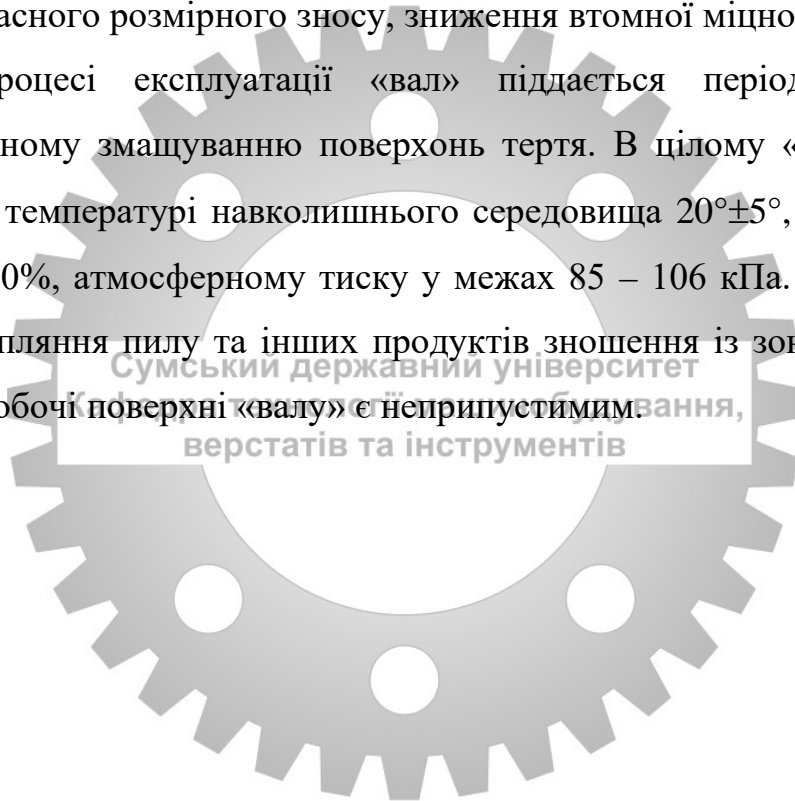
До вільних поверхонь «вала», що формують його конфігурацію, відноситься лише одна поверхня – Ø50, розташована в середній частині «вала» між ступенями Ø76 і Ø36h6.

Нижній ножовий «вал 1022.01.00.012» працює в умовах знакозмінних, циклічних навантажень з частотою обертання 400 об/хв, забезпечуючи швидкість різання при діаметрі ножів 80 мм у межах 100 м/хв. З огляду на велику тривалість безперервної роботи при розрізанні магнітної смуги на багатокілометрові стрічки шириною 6,3 мм, до ножового вала висувають досить жорсткі вимоги щодо радіальної і осьової вібрацій, недотримання яких може з одного боку привести до зміни ширини магнітних стрічок, що є неприпустимим, а, з іншого боку, до

						Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевищення осьового напруження на ножах (особливо тонкостінних верхніх ножах), що призведе до поломки останніх. Тому осьовий зсув від моменту зіткнення при підтисканні верхніх ножів до нижніх не повинен перевищувати $0,05 \pm 0,02$ мм.

З вимог до експлуатаційної надійності роботи блоку різального до нижнього «вала 1022.01.00.012» пред'являють високі вимоги щодо його зносостійкості, тому що при проходженні багатокілометрових смуг магнітної стрічки, що має абразивні частинки, утворюються значні обсяги продуктів зношення, що потрапляють на робочі поверхні «вала», до зони розташування кулькових підшипників, приводячи їх до передчасного розмірного зносу, зниження втомної міцності і навіть поломки. Тому в процесі експлуатації «вал» піддається періодичним оглядам і профілактичному змащуванню поверхонь тертя. В цілому «вал 1022.01.00.012» працює при температурі навколишнього середовища $20^\circ \pm 5^\circ$, відносній вологості повітря до 80%, атмосферному тиску у межах 85 – 106 кПа. Як вже зазначалося вище, потрапляння пилу та інших продуктів зношення із зони різання магнітної стрічки на робочі поверхні «валу» є неприпустимим.



						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ, ЩО ПРЕД'ЯВЛЯЮТЬСЯ ДО КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

«Вал 1022.01.00.012» за своєю формою є тілом обертання та відноситься до деталей типу «вал». Максимальний діаметр «вала» по буртику в середній його частині $\varnothing 76$, а мінімальний – на його кінцях: $\varnothing 30h6$ і $\varnothing 25h9$. Довжина валу 854 мм, що при середніх ступенях вала в межах від $\varnothing 36h6$ до $\varnothing 60h6$ говорить про його недостатню жорсткість, тому що відношення $l / d = (14 - 24)$, див. рисунок 1.1.

Основні, робочі поверхні деталі «вал», що несуть функціональне навантаження, виконуються по IT6, IT9 й IT11. Зокрема, поверхні, за якими «вал» встановлюється в кулькові підшипники, виконують з точністю по 6-му квалітету: $\varnothing 30h6$ (допуск $T_{\varnothing 30h6} = 13$ мкм), що цілком обґрунтовано і відповідає точності виготовлення поверхонь під внутрішнє кільце кулькового підшипника. З високою точністю по IT6 виготовляється і поверхня $\varnothing 60h6$, за якою на «вал» встановлюється комплект різальних ножів. Допуск на дану поверхню $T_{\varnothing 60h6} = 19$ мкм, що цілком обґрунтовано, з огляду на високу точність процесу різання магнітної смуги на стрічки шириною $6,3_{-0,01}$. Поверхні «вала» під ущільнювальні манжети, що закривають підшипники від потрапляння в них пилу і продуктів зношення із зони різання магнітної стрічки, виконуються з різною точністю. Під ліві корпуси підшипників – $\varnothing 36h11$, а під праві – $\varnothing 36h6$, що є нелогічним, тому що обидві ущільнювальні манжети працюють в однакових умовах і тут, з огляду на невелику частоту обертання «валу» ($n = 400$ об/хв) допустимо було б виготовити шийки вала під ущільнювальні манжети по IT11. Аналогічно задані вимоги і під протилежні поверхні вала для установки манжет ущільнювачів з інших сторін корпусів підшипників $\varnothing 30h6$ і $\varnothing 30h11$. Однак в цьому випадку поверхня з $\varnothing 30h6$ є продовженням посадкової поверхні під підшипник і така ж точність її виготовлення тут обґрунтовано. Обґрунтовано задана і ступінь шорсткості розглянутих раніше поверхонь. Під підшипники і ножі на $\varnothing 30h6$ і $\varnothing 60h6$ ступінь шорсткості: $0,63$ мкм R_a , а під ущільнювальні манжети – $2,5$ мкм R_a . Однак ця шорсткість не відповідає

						Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переважному ряду рівнів шорсткостей за критерієм Ra, згідно з яким вона повинна бути: 0,4 мкм і 1,6 мкм, відповідно.

Посадкова поверхня під блок шестерень на кінці «вала» виготовляється за IT9: $\varnothing 25h9$ з допуском $T_{\varnothing 25h9} = 52$ мкм, що, на наш погляд, є дещо заниженим і може привести до похибок в сполученні зубчастих коліс, що призведе до неприпустимих вібрацій вала і порушення точності розрізання магнітної стрічки. Тут доречно підвищити точність виготовлення поверхні до IT7: $\varnothing 25h7$. У той же час шорсткість поверхні – 1,25 мкм Ra є навіть заниженою і не відповідає точності IT9. Тут досить було б обробляти поверхню з шорсткістю: 2,5 мкм Ra (1,6 мкм Ra).

Точність шпонкових пазів вала по їх ширині 8N9 і 8H9 відповідає точності виготовлення пазів під призматичні шпонки і цілком обґрунтована.

Окремо слід обумовити точність виготовлення лінійних розмірів деталі, які всі виконуються по 14 квалітету точності, що не зовсім обґрунтовано, з огляду на високу точність осевого позиціонування нижнього ножового «валу» в збираному вузлі блоку різального 1022.01.00.000.СК. Така низька точність, особливо за розміром 548 мм між лівим і правим краями корпусів шарикопідшипників, призведе до додаткових труднощів при складанні розглянутого вузла, що виражатиметься у додаткових витратах з підгонки розмірів деталей вузла. Аналогічним чином виготовляються по IT14 і лінійні розміри поверхонь під кулькові підшипники всередині кожного з корпусів, що потребують підгонки дистанційних втулок, які встановлюються між підшипниками. В іншому випадку крайній правий підшипник може перекрити канавку під стопорне кільце $\varnothing 28,5_{-0,25}$, або, навпаки, не «дійти» до стопорної канавки, що призведе до утворення зазору між ними і відповідно виникнення неприпустимих осевих переміщень «валу» в процесі роботи.

У той же час до торцевих поверхонь ряду ступенів «валу» пред'являються обґрунтовано жорсткі вимоги щодо торцевого биття. Зокрема, до ступенів вала $\varnothing 36h6/\varnothing 30h6$ і $\varnothing 36h11/\varnothing 30h6$ задається торцеве биття в межах 0,015 мм щодо установчої поверхні D ($\varnothing 60h6$) під ножі. Це не узгоджується з точністю лінійного

						Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розміру 548 мм, але цілком обґрунтовано службовим призначенням зазначених поверхонь, тому що вони є опорними базами під кулькові підшипники і повинні регламентувати осьове биття «валу», забезпечуючи точність по ширині магнітної стрічки, яку розрізають. Таку ж жорстку вимогу пред'являють і до торцевого биття буртика $\varnothing 76/\varnothing 59$, по торцю якого базуються різальні ножі, що цілком обґрунтовано їх службовим призначенням.

Високі вимоги пред'являються щодо радіального биття посадочних шийок «вала» під підшипники: $T_{\uparrow\varnothing 30h6} = 8$ мкм щодо робочої поверхні валу D, див. рисунок 1.1. Радіальне биття самої поверхні D ($\varnothing 60h6$) задано в межах 20 мкм щодо лінії центрів, що обґрунтовано її службовим призначенням. Звідси зрозумілим є й більш жорстка вимога щодо радіального биття поверхонь під підшипники, що дозволить в процесі експлуатації витримати в межах 20 мкм радіальне биття поверхні $\varnothing 60h6$.

Обґрунтовано задано радіальне биття 8 мкм поверхні під блок шестерень приводу нижнього «вала» $\varnothing 25h9$, що має підвищити плавність і точність роботи зубчастого зачеплення, знизити вібрації «вала» в процесі експлуатації й підвищити якість розрізання магнітної стрічки. Однак же цій вимозі не відповідає занижена точність виготовлення розміру поверхні по IT9.

Кілька занижено вимогу щодо точності виготовлення різі M56×1,5-8g. Для даних умов експлуатації більше підходить точність по 6g.

На кресленні деталі «вал 1022.01.00.012» не обумовлено точність форми посадкової поверхні $\varnothing 60h6$ під ножі, що є необґрунтованим і може призвести до зміщення ножів один щодо одного в межах одного встановлюваного комплекту ножів. Тут доречно домовитися про вимоги щодо відхилення від циліндричності поверхні $\varnothing 60h6$ в межах допуску 0,01 мм.

Решта вільних поверхонь «вала» виконують по H14; h14; $\pm IT14 / 2$, що цілком відповідає їхньому службовому призначенню. Цілком обґрунтована і шорсткість цих поверхонь – Rz40. Однак бажано вказувати шорсткість за критерієм Ra, наприклад – 6,3 мкм Ra.

						Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«Вал 1022.01.00.012» виготовляють зі сталі Х12М ГОСТ 5950-73. Це інструментальна, штампована сталь зі змістом (1,45 – 1,7)% вуглецю, (11 – 12,5)% хрому, (0,4 – 0,6)% молібдену і (0,15 – 0,3)% ванадію. Зазначена сталь має високу міцність і зносостійкість, твердість після гартування HRC_E (62 – 64). Однак для підвищення в'язкості сталі при гартуванні знижують її твердість до HRC_E (48 – 52). Високий вміст вуглецю і хрому в цих сталях призводить до утворення великої кількості хромистих карбідів (Cr_7C_3), що підвищує зносостійкість сталі. Сталь Х12М мало деформується при гартуванні, а при застосуванні термічного викінчення деформацію можна звести практично до нуля. Виходячи з умов експлуатації розглянутої деталі, можна вважати, що її матеріал обраний обґрунтовано.

Обґрунтовано технічну вимогу до деталі, згідно з якою її поверхні піддаються покриттю – «хімічне окисне», яке застосовується для захисту від корозії в умовах експлуатації в промислових будівлях.

Оформлення креслення деталі «вал 1022.01.00.012» в цілому відповідає діючим стандартам. Види, розрізи, місцеві види вказані в кількості цілком достатній для розуміння загальної конфігурації деталі та її конструктивних елементів.

Вже згадана деталь виконує одну з основних функцій в роботі вузла «блоку різального», а, значить, і всієї машини різальної СЧ-16, і тому такі порівняно жорсткі, раніше перераховані вимоги щодо точності розмірів і взаємного розташування поверхонь, їх шорсткості і твердості цілком можна вважати цілком обґрунтованими та такими, що відповідають рівню сучасного виробництва.

						Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ

Згідно з ГОСТ 3.1108-74 «тип виробництва 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».

На перших етапах проектування з достатнім ступенем точності тип виробництва було визначено табличним методом [1]. Так, з урахуванням річного обсягу випуску деталей 500 шт. при масі деталі 14,5 кг було визначено дрібносерійний тип виробництва [1].

На даному етапі проектування уточнимо тип виробництва з використанням аналітичного методу, через розрахунок коефіцієнту закріплення операцій $K_{з.о}$ [2].

Вихідні дані для розрахунку $K_{з.о}$:

- річний обсяг випуску деталей – $N_p = 500$ шт.;
- дійсний річний фонд часу роботи обладнання $F_d = 4029$ год. [2];
- штучний час $T_{шт}$ на виконання верстатних операцій, див. таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок коефіцієнту закріплення операцій

№ з/п	Операція	$T_{шт}$, хв.	m_p , шт.	P, осіб	$\eta_{з.ф}$	O
1	Фрезерно-свердлильна	7,73	0,02	1	0,02	40
2	Токарна	24,59	0,064	1	0,064	13
3	Токарна	17,5	0,045	1	0,045	18
4	Фрезерна	8,81	0,023	1	0,023	35
5	Токарна	4,92	0,013	1	0,013	62
6	Круглошліфувальна	20,45	0,053	1	0,053	15
7	Круглошліфувальна	18,59	0,048	1	0,048	17
				$\Sigma P=7$		$\Sigma O=200$

Визначимо потрібну кількість верстатного устаткування за формулою [2]:

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

де $\eta_{з.н} = 0,8$ – нормативний коефіцієнт завантаження устаткування [2];

Як приклад, визначимо кількість потрібного устаткування для першої, фрезерно-свердлильної, операції (див. таблицю 3.1):

$$m_p = \frac{500 \cdot 7,73}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,02.$$

Розраховуємо кількість устаткування для кожної операції, результати розрахунків заносимо до таблиці 3.1.

Кількість робочих на кожній операції становитиме: я,
верстатів та інструментів

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = P_8 = P_9 = 1 \text{ особа.}$$

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця визначимо за формулою:

$$\eta_{з.ф} = \frac{m_p}{P}. \quad (3.2)$$

Як приклад, визначимо фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця для першої операції:

$$\eta_{з.ф} = \frac{0,02}{1} = 0,02.$$

							Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			17

Результати розрахунків для інших операцій також заносимо до таблиці 3.1.

Кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці визначимо за формулою:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} \quad (3.3)$$

Для першої операції маємо:

$$O = \frac{0,8}{0,02} \approx 40.$$

Результати розрахунків для інших операцій заносимо до таблиці 3.1.

Величину коефіцієнту закріплення операцій визначимо за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{200}{7} \approx 28,6.$$

Як відомо [2, 3], величина $K_{з.о} = 28,6$ відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Відомі одиничний, серійний і масовий типи виробництва, які перш за все характеризуються різними річними обсягами випуску виробів і широтою номенклатури виробів [1, 2]. Серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним і масовим. Однією з основних характеристик серійного виробництва при цьому є «виробнича серія» або «виробнича партія запуску». Так, серійне виробництво реалізується за допомогою виготовлення періодично повторюваних партій, що дозволяє підвищити ефективність виробництва, використавши частково переваги одиничного і масового виробництва. Детальне порівняння характеристик типів виробництва [4] наведено у додатку Б.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Характерною для дрібносерійного типу виробництва є групова форма організації робіт, яка передбачає формування «предметно-замкнутої» ділянки, орієнтованої на оброблення групи деталей, що є близькими за своєю конфігурацією і технологічними ознаками. При формуванні предметно-замкнутої ділянки, тобто ділянки, орієнтованого на випуск певного об'єкта виробництва (виробу), підбирається відповідний перелік верстатного обладнання, технологічної оснастки, робочих з певною кваліфікацією і навичками.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску визначимо спрощеним способом за формулою [2]:

$$N_n = \frac{N_p \cdot a}{254}, \quad (3.4)$$

де a – періодичність запуску деталей у днях (з урахуванням відповідної кількості робочих днів на місяць). Беремо $a = 11$ днів (2 рази на місяць) [2];

254 – кількість робочих днів на рік.

$$N_n = \frac{500 \cdot 11}{254} \approx 21,65.$$

Беремо $N_n = 22$ шт.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Аналіз конструкцій деталі на технологічність перш за все спрямований на підвищення продуктивності праці, зниження витрат і скорочення часу на проектування, більш ефективну технологічну підготовку виробництва, виготовлення, технічне обслуговування та ремонт виробу за умови забезпечення необхідної якості виробу [3].

Матеріал деталі повинен мати високу міцність, гарну оброблюваність різанням, малу чутливість до концентрації напружень, можливість піддаватися термічній обробці для забезпечення підвищеної зносостійкості. З огляду на це, а також виходячи з умов, що деталь під час експлуатації працюватиме в порівняно важких умовах знакозмінних, циклічних навантажень, з можливістю потрапляння абразивного пилю (при різанні магнітної стрічки), використання інструментальної, штампової сталі Х12М ГОСТ 5950-73 є цілком обґрунтованим рішенням. Однак, з точки зору оброблюваності її різанням необхідно відзначити, що ця марка сталі є порівняно важко оброблюваною, особливо для лезового інструменту. З огляду на наявність великої кількості хромистих карбідів (Cr_7C_3) для підвищення однорідності їх структури, даний матеріал необхідно обов'язково піддавати обробці тиском з наступним термічним обробленням для зняття внутрішніх напружень.

При механічній обробці сталі Х12М лезовим інструментом, оснащеним твердосплавними пластинами типу Т15К6, Т30К4, шорсткість поверхонь після чистових методів обробки знаходиться в межах (3,2 – 1,6) мкм Ra, що є цілком прийнятним для проектованої технології виготовлення деталі «вал 1022.01.00.012».

Заготовка «вала» в заводських умовах виходить з прокату, що є не зовсім економічним і веде до перевитрат порівняно вартісного матеріалу, яким є сталь Х12М. При цьому коефіцієнт використання матеріалу є дуже низьким:

$$K_{в.м} = 14,5 / 34,5 = 0,42.$$

						Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Деталь за своєю конфігурацією є порівняно простою і являє собою багатоступінчастий вал з відношенням довжини до діаметра: $l/d = (14 - 24)$, що говорить про її недостатню жорсткість (при механічній обробці небажано використання багатоінструментальних налагоджень з одночасною роботою декількох інструментів). В цьому плані обмеження накладаються і в зв'язку з важкою оброблюваністю матеріалу деталі, що викликає в процесі різання великі сили різання, що у свою чергу призведе до зниження глибини різання, подачі або швидкості різання, а значить знизить продуктивність обробки. У зв'язку з вищесказаним, а також з огляду на дрібносерійний тип виробництва в проєктованому процесі механічної обробки заготовки планується використання універсального обладнання, можливе використання верстатів з ЧПК.

За своєю конфігурацією деталь в цілому є технологічною і труднощів при її механічній обробці, за винятком важкооброблюваності матеріалу, не передбачається. Збільшення діаметрів вала є поступовим, без великих перепадів діаметрів, від кінців вала до його середини. Якісна оцінка технологічності деталі поряд з раніше перерахованими вимогами повинна враховувати і можливість її обробки на верстатах з ЧПК. З цією метою до конструкції деталі пред'являються такі вимоги:

- уніфікація зовнішніх радіусів на переходах ступенів вала; ця вимога виконується і всі заокруглення можна отримати ріжучим інструментом з такими ж радіусами при вершині різця, проте з 13 радіусних переходів майже половина (шість) мають різні розміри: R5; R1; R3; R0,5; R1,5; R0,1, що різко знижує типізацію ріжучого інструменту, збільшивши його кількість;

- уніфікація елементів форм деталі та її розмірів. Розглянутий вал являє собою, як уже зазначалося вище, деталь простої, ступінчастої конфігурації з геометричними формами середньої складності виготовлення;

- уніфікація форм канавок між шийками вала, їх розмірів, що дозволило б використовувати мінімальну кількість спеціально виготовлених інструментів. Однак, як й у випадку з радіусними переходами, за цим показником деталь

									Арк.
									21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

відрізняється низьким ступенем уніфікації, тому що з 4-х канавок всі мають різну ширину: 5; 4; 3; 1,4 мм і різну конфігурацію, що підвищить трудомісткість їх виготовлення;

- можливість вільного доступу інструмента до зони різання при обробці всіх поверхонь деталі. З цієї точки зору всі елементи деталі є технологічними. Деяку незручність представляє нарізання різі в правому центровому отворі, що потребує додаткового переходу і не дасть можливості одночасного завершення обробки відразу двох центрових отворів.

До нетехнологічних конструктивних елементів деталі слід віднести обробку «закритого» паза шириною 8N9 на довжині 40 мм, а також обробку паза шириною 8N9 на довжині 72 мм, фрезерованого по різьбовій поверхні діаметром M56×1,5-8g, що призведе до спотворення різі й необхідності її додаткової обробки (калібрування). Нетехнологічна в обробці і сама різь M56×1,5-8g, для нарізання якої необхідно використовувати низькопродуктивний метод обробки: багатопрохідне нарізання різі різьбовим різцем. Немає уніфікації, а значить не технологічні у виготовленні й фаски, які знімаються на шийках вала. З 12 фасок більше половини (сім) мають різні розміри і кути нахилу: $1 \times 45^\circ$; $1 \times 30^\circ \pm 1^\circ$; $1,6 \times 45^\circ$; $1,1 \times 45^\circ \pm 1^\circ$; $0,5 \times 45^\circ \pm 1^\circ$; $1 \times 10^\circ \pm 1^\circ$; $0,25 \times 45^\circ \pm 1^\circ$. Нетехнологічним з точки зору отримання заготовки і подальшої механічної обробки є виготовлення бурту $\varnothing 76$ на довжині 10 мм в центрі заготовки, що призведе до завищення припусків і зниження коефіцієнта використання матеріалу.

Висока розмірна точність обробки шийок вала по IT6: $\varnothing 30h6$; $\varnothing 36h6$; $\varnothing 60h6$, жорсткі вимоги щодо точності взаємного розташування поверхонь: радіальне биття шийок вала в межах (0,008 – 0,02) мм і торцеве биття в межах 0,015 мм, забезпечення низької шорсткості поверхонь в межах (1,6 – 0,4) мкм Ra, що пред'являються до основних і допоміжних конструкторських баз вала, все це вимагає при їх виготовленні додаткових трудовитрат і значить є менш технологічним, ніж забезпечення нормальної точності і шорсткості оброблюваних поверхонь (по IT9 – IT12; (6,3 – 3,2) мкм Ra).

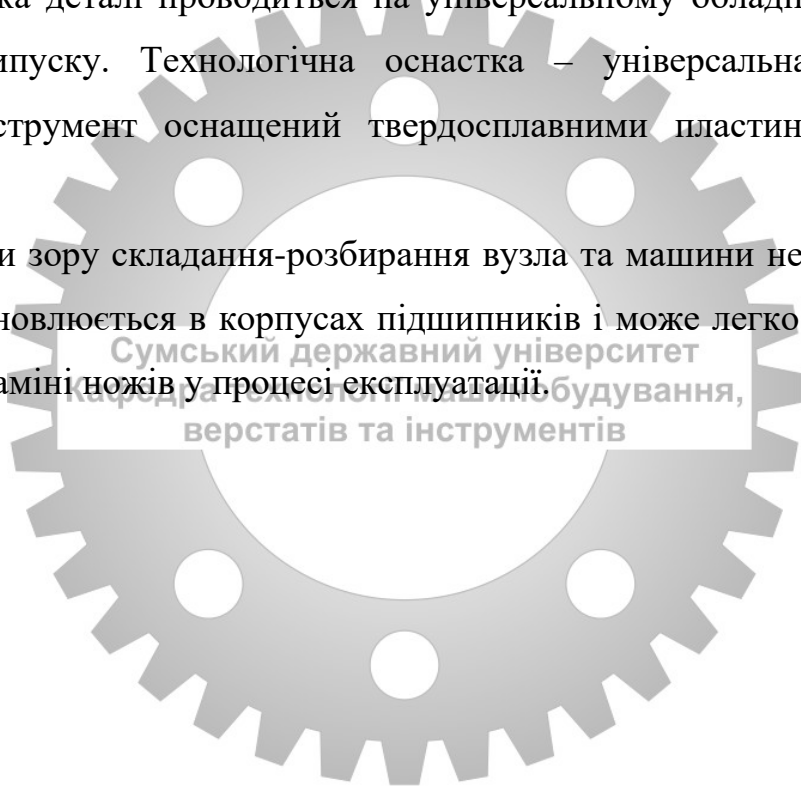
									Арк.
									22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

З точки зору можливості забезпечення термооброблення деталі особливих труднощів не передбачається. Відповідно до технічних вимог необхідно забезпечити твердість поверхонь вала в межах 48 – 52 одиниць HRC_E. Для сталі X12M це навіть низька твердість після термооброблення, що забезпечує в'язку структуру металу, тому що максимально можлива твердість для неї – (60 – 64) одиниці HRC_E.

Таким чином за якісними ознаками технологічності розглянута деталь в цілому є технологічною й в процесі її механічної обробки особливих труднощів не передбачається.

Обробка деталі проводиться на універсальному обладнанні, що відповідає програмі випуску. Технологічна оснастка – універсальна, стандартизована. Ріжучий інструмент оснащений твердосплавними пластинками типу T15K6, T30K4.

З точки зору складання-розбирання вузла та машини необхідно відзначити, що вал встановлюється в корпусах підшипників і може легко зніматися при його ремонтах і заміні ножів у процесі експлуатації.



						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

5 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ

В одиничному, дрібносерійному виробництві найбільш прийнятними методами отримання заготовок зі сталі для деталей типу «валів» є поковки вільним куванням на молотах і прокат. Вибір методу отримання заготовки багато в чому є одним з найважливіших етапів проектування процесу виготовлення деталі.

Для вибору раціонального способу отримання заготовки необхідно провести техніко-економічне обґрунтування. З цією метою можна порівняти два вищевказаних методи отримання заготовок, визначивши собівартості їх виготовлення.

Спочатку визначимо собівартість отримання заготовки за базовим (заводським) варіантом, тобто з прокату. Її вартість визначимо за формулою [2]:

$$S_{\text{заг}} = M + \Sigma C_{\text{о.з}},$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

де M – витрати на матеріал заготовки, грн;

$\Sigma C_{\text{о.з}}$ – технологічна собівартість операцій правки й розрізання їх на штучні заготовки.

У свою чергу:

$$M = Q \cdot S - (Q - g) \cdot \frac{S_{\text{вдх}}}{1000},$$

де Q – маса заготовки, кг; $Q_{\text{пр}} = 34,5$ кг;

S – ціна 1 т матеріалу заготовки, грн. Беремо $S = 18450$ грн/т;

g – маса готової деталі, кг. Беремо $g = 14,5$ кг;

$S_{\text{вдх}}$ – ціна 1 т відходів грн/т. Беремо $S_{\text{вдх}} = 2800$ грн.

В результаті отримаємо:

						Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M = 34,5 \cdot 18,45 - (34,5 - 14,5) \cdot \frac{2800}{1000} = 580,52 \text{ грн.}$$

Витрати, пов'язані з технологічною собівартістю операцій правки й розрізання прокату на штучні заготовки за попередніми розрахунками складають $C_{o.з} = 58,24$ грн. Таким чином вартість заготовки з прокату складатиме

$$S_{пр} = 580,52 + 58,24 = 638,77 \text{ грн.}$$

Собівартість поковки розраховуємо за формулою [2]:

$$S_{пок} = \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} - (Q - g) \cdot \frac{S_{60x}}{1000},$$

де C_i – базова собівартість 1 т заготовок, грн. Беремо $C_i = 24170$ грн/т;

$K_T, K_C, K_B, K_M, K_{II}$ – коефіцієнти, які залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу й об'єму виробництва заготовок. Беремо: $K_T = 1,0$ – для нормальної точності поковок; $K_M = 1,21$ – для сталі X12M; $K_C = 0,78$ – для 1-ї групи складності; $K_B = 0,74$ – для маси поковки 29,7 кг; $K_{II} = 1,0$ – для об'єму виробництва заготовок менше 2000 шт/год.

В результаті маємо:

$$S_{пок} = \frac{24170}{1000} \cdot 29,7 \cdot 1,0 \cdot 1,21 \cdot 0,78 \cdot 0,74 \cdot 1,0 - (29,7 - 14,5) \cdot \frac{2800}{1000} = 458,79 \text{ грн.}$$

При цьому Q – маса заготовки, отримуваної вільним куванням на молотах. $Q = 29,7$ кг.

Таким чином, отримання заготовок у вигляді поковок вільним куванням на молотах за вартістю й металоємністю є меншим, ніж з прокату, що дозволяє

						Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отримати певний економічний ефект: в якості способу отримання вихідної заготовки при виготовленні «вала» вибираємо поковку вільним куванням на молотах.

Припуски і допуски на поковку, що виготовляють вільним куванням на молотах, визначаються згідно з ГОСТ 7829-70 [5].

Згідно зазначеному стандарту тип поковки – ступінчастий вал з $L > 1,5D$ й $l \leq 0,3D$. Для зазначених поковок з урахуванням основного (найбільшого) перетину деталі на зовнішні діаметри останніх призначаються основний і додатковий припуски, а також перевіряється можливість виконання ступенів вала, виїмок, фланців і буртів. Всі розрахунки розмірів заготовки зводимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок розмірів поковки, у міліметрах

Розміри деталі	Основний припуск й допуск	Додатковий припуск	Розрахунок розмірів заготовки	Кінцевий розмір заготовки
Ø30h6	8±2	3	30 + 8 + 3 = 41	47±2
Ø36h11	8±2	3	36 + 8 + 3 = 47	
M56×1,5-8g	9±3	3	56 + 9 + 3 = 68	69±3
Ø60h6	9±3	3	60 + 9 = 69	
Ø76	10±3	3	76 + 10 + 3 = 89	89±3
Ø50	8±2	3	50 + 8 + 3 = 61	
Ø36h6	8±2	3	36 + 8 + 3 = 47	47±2
Ø30h6	8±2	3	30 + 8 + 3 = 41	
Ø25h9	8±2	3	25 + 8 + 3 = 36	
854	2,5(9±3)	-	854 + 2,5·9 = 876,5	877±7,5
226	1,25(9±3) -0,75	-	226 + 1,25·9 - 0,75·9 = 230,5	230±6
26	1,5(9±3)	-	26 + 1,5·9 = 39,5	40±4,5
508	1,5(9±3)	-	508 + 1,5·9 = 521,5	522±4,5

Як видно з таблиці 5.1 ряд виступів заготовки, таких як Ø30h6; Ø50; Ø25h9; M56×1,5-8g не можна виконати згідно з вимогами ГОСТ 7829-70. Ескіз заготовки покажемо на рисунку 5.1.

						Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

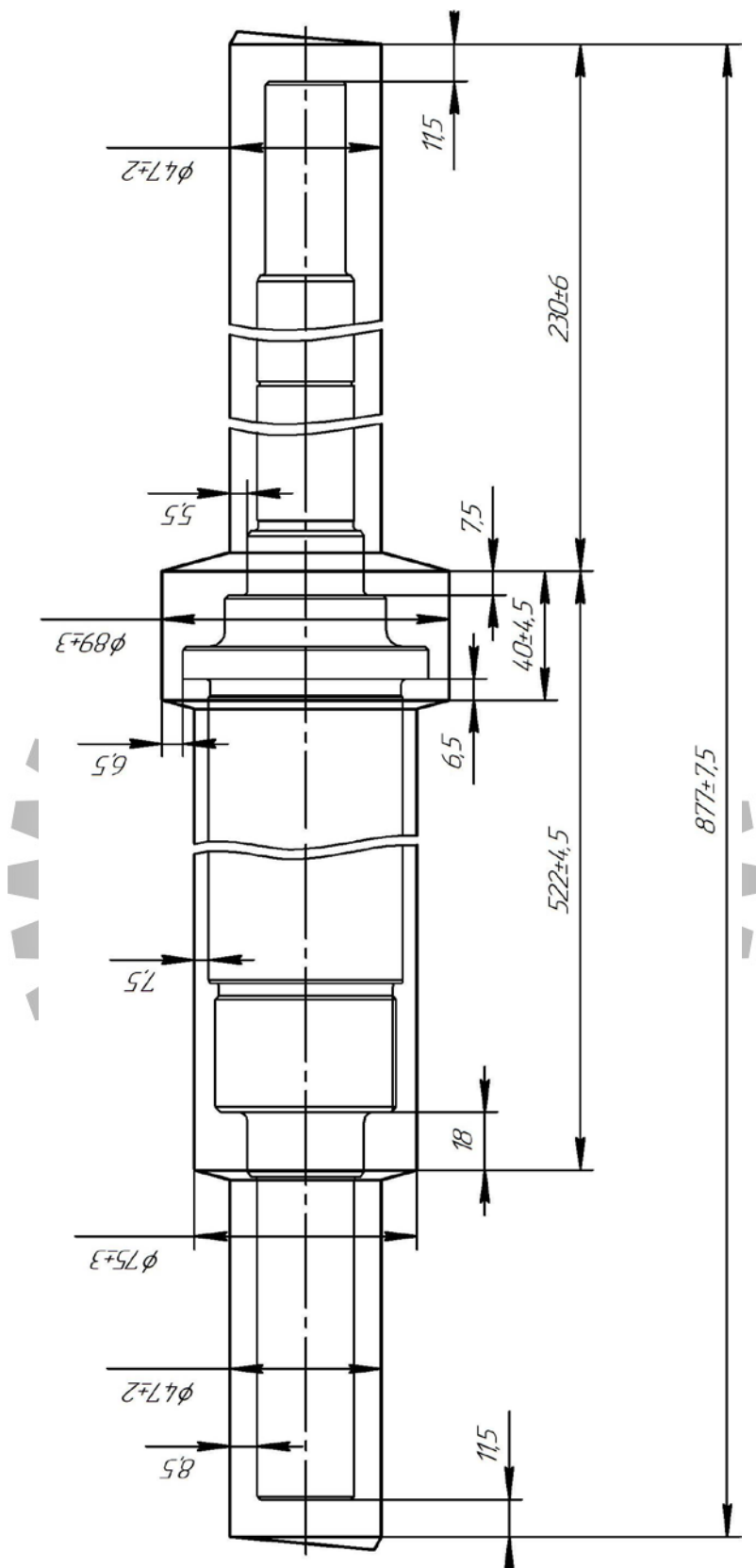


Рисунок 5.1 – Ескіз поковки

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	27

6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

6.1 Визначення припусків та допусків на обробку поверхні обертання аналітичним методом

Для зовнішньої циліндричної поверхні діаметром 60h6 припуски, допуски й операційні розміри уточнимо розрахунково-аналітичним методом проф. В. М. Кована. В основі розрахунково-аналітичної методики проф. В. М. Кована знаходиться розрахунок величини мінімального припуску на операцію (перехід), величину якого можна визначити за формулою [2]:

$$2Z_{\min i} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right), \quad (6.1)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – шорсткість поверхні, що формується на попередньому переході;
 H_{i-1} – величина дефектного шару поверхні, що формується на попередньому переході;
 ε_{yi} – похибка установки заготовки, яка формується на даному переході;
 ρ_{i-1} – величина просторових відхилень поверхні заготовки, що формується на попередньому переході.

Згідно з технологічним процесом механічної обробки заготовки, зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 60h6$ оброблюють у чотири етапи: чорнове і чистове точіння, чорнове і чистове шліфування. Усі необхідні для розрахунку припусків дані визначимо згідно з [2, 6]:

- для поковки: $R_{z_{i-1}} + H_{i-1} = 2000$ мкм;
- після чорнового точіння: $R_{z_{i-1}} = 250$ мкм; $H_{i-1} = 240$ мкм;
- після чистового точіння: $R_{z_{i-1}} = 40$ мкм; $H_{i-1} = 40$ мкм;
- після чорнового шліфування: $R_{z_{i-1}} = 15$ мкм; $H_{i-1} = 15$ мкм.

						Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величини просторових відхилень заготовки ρ_{i-1} визначимо за формулою [2]:

$$\rho_{пок} = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{ц}^2 + \rho_{кор}^2}, \quad (6.2)$$

де $\rho_{зм}$ – величина зміщення ступенів поковки, мкм.;

$\rho_{ц}$ – похибка центрування поковки, мм;

$\rho_{кор}$ – величина короблення поверхонь поковки, мкм.

Беремо $\rho_{зм} = 1,2$ мм [5].

Похибку центрування торців поковки визначимо за формулою [2]:


$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{T_3}{2}\right)^2 + 0,25^2}, \quad (6.3)$$

де $T_3 = 4$ мм – допуск на розмір поверхні, яка є базовою під час центрування заготовки;

$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{4}{2}\right)^2 + 0,25^2} \approx 2,016 \text{ мм.}$$

Величину короблення поверхні поковки визначимо за формулою [2]:

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l = 1,5 \cdot 231 = 347 \text{ мкм,}$$

де $\Delta_k = 1,5$ мм – питома величина короблення заготовки, мкм/мм;

l – довжина заготовки від точки закріплення до середини відповідного перетину при $l = 462/2 = 231$ мм.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

В результаті маємо:

$$\rho_{\text{пок}} = \sqrt{1,2^2 + 2,016^2 + 0,347^2} \approx 2,372 \text{ мм.}$$

Залишкові значення величин просторових відхилень визначаємо з урахуванням коефіцієнта уточнення K_y за формулою:

$$\rho_{\text{загі}} = \rho_{\text{пок}} \cdot K_{y_i}, \quad (6.4)$$

де $K_{y1} = 0,06$ – для чорнового точіння;
 $K_{y2} = 0,05$ – для чистового точіння;
 $K_{y3} = 0,04$ – для чорнового шліфування.

В результаті маємо:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$\rho_1 = 2372 \cdot 0,06 = 142 \text{ мкм,}$$

$$\rho_2 = 2372 \cdot 0,05 = 119 \text{ мкм,}$$

$$\rho_3 = 2372 \cdot 0,04 = 95 \text{ мкм.}$$

Похибку установки заготовки (в радіальному напрямку) ε_y за умови базування заготовки у центрах беремо такою, що дорівнює нулю ($\varepsilon_{y_i} = 0$).

Розрахунок усіх операційних припусків й допусків на обробку поверхні $\varnothing 60h6$ виконаємо на ЕОМ, з використанням програми Pripusk. Вихідні дані та результати розрахунку наведено у додатку В цієї роботи.

						Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2 Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки

Однією з причин, що викликають похибки виконуваних розмірів і відхилення взаємного розташування поверхонь оброблюваної заготовки, є похибки її установки на верстаті.

Під час оброблення заготовок на верстатах останні повинні бути правильно орієнтовані щодо механізмів та вузлів верстатів, що визначають траєкторії руху подачі обробних інструментів (напрямних супортів, різцевих головок, упорів, копіювальних пристроїв тощо). Похибки форми і розмірів оброблених заготовок визначаються відхиленнями положень різальних кромek інструментів і заготовок від траєкторії заданого формоутворюючого руху. У підсумку, завдання взаємної орієнтації заготовок на верстатах при виготовленні деталей вирішуються їх базуванням [3].

У загальному випадку, базуванням називається надання заготовці або виробу необхідного положення щодо обраної системи координат (ГОСТ 21495-76). При механічній обробці заготовок на верстатах базуванням прийнято вважати надання заготовці необхідного положення щодо елементів верстата, що визначають траєкторії руху подачі обробного інструменту [4].

Вибір схеми базування і закріплення заготовки робить істотний вплив не тільки на точність і якість оброблюваних поверхонь, але і на подальше обґрунтування вибору верстатного устаткування, засобів технологічного оснащення. Обрана схема базування повинна передбачати як принцип постійності, так і принцип єдності технологічної, конструкторської та вимірювальної баз, забезпечувати можливість простого і зручного закріплення заготовки, багатоінструментальної обробки поверхонь тощо [3].

Обґрунтування вибору схеми базування і закріплення заготовки на фрезерно-центрувальній операції 015.

У базовому технологічному процесі при обробці поверхонь заготовки на операції 015 використовується фрезерно-центрувальний півавтомат, відповідно

									Арк.
									31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

операція має назву «фрезерно-центрувальна». Оскільки обробку заготовки на фрезерно-центрувальній операції 015 в пропонуваному технологічному процесі виготовлення деталі передбачається виконувати з використанням горизонтального розточувального верстата з ЧПК (див. обґрунтування вибору верстатного устаткування у п. 6.3 цієї роботи), в подальшому будемо називати операцію як «розточувальна з ЧПК».

На розглянутій операції проводиться обробка заготовки з двох установів. При цьому, на установі А спочатку на першому переході фрезерується напрохід торець вала в розмір $223,85_{-1,06}$, потім, на другому переході свердляться отвори діаметрами 6,4 мм, 10,0 мм і 13,3 мм під центровий отвір НМ6 ГОСТ 14034-74, на третьому переході свердлиться отвір діаметром 4,95 мм і на четвертому переході нарізається різь в центровому отворі – М6. На установі Б на першому переході фрезерується напрохід протилежний торець вала в розмір $854_{-1,96}$, потім, на другому переході свердляться отвори діаметрами 8,5 мм і 12,5 мм під центровий отвір В4 ГОСТ 14034-74.

На рисунку 6.1 представлено схему базування заготовки «вала» на комплексній на обробних центрах з ЧПК операції 015. При цьому, заготовка встановлюється на двох циліндричних поверхнях у призмах з упором в торець центральної ступені. У підсумку, через базування на циліндричних поверхнях реалізується подвійна напрямна база, що позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи: двох поступальних рухів вздовж осі Y і Z й двох обертальних рухів навколо тих же осей, при горизонтальному розташуванні центральної осі заготовки (осі X). Останнього п'ятого ступеня свободи заготовка позбавляється через опорну базу – по правому торцю центральної ступені заготовки. При цьому, обмежується поступальне переміщення заготовки уздовж осі X. В результаті вакантним залишається обертання навколо осі X.

									Арк.
									32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

На рисунку 6.2 розглядається альтернативна схема базування заготовки. Як і в попередньому випадку, заготовка позбавляється п'яти ступенів свободи за рахунок подвійної направляючої бази і опорної бази. Однак, в останній схемі опорна база реалізується на різних установах по протилежних (габаритних) торцях заготовки.

При таких схемах базування, під час свердління центрових отворів можлива поява похибки базування в радіальному напрямку в зв'язку з розбіжністю осей оброблюваних отворів з віссю зовнішньої циліндричної (базової) поверхні «вала» (ексцентриситет). Величину похибки базування заготовки під час її установки у призмах можна визначити за формулою [6]:

$$E_{\sigma} = \frac{T_d}{2 \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)},$$

де T_d – допуск на діаметр зовнішньої циліндричної поверхні вала, по якій він базується у призмі, мм;

α – кут призми, град., $\alpha = 90^{\circ}$.

$$E_{\sigma} = \frac{4,0}{2 \cdot \sin 45^{\circ}} = 2,8 \text{ мм.}$$

Зазначена похибка базування є однаковою для обох варіантів схем базування. Однак, якщо для базування використовувати самоцентруючі призми, розгорнуті до того ж на 90° , то зазначеними похибками базування можна знехтувати. А ось на лінійні розміри заготовки при схемах базування, зображених на рисунках 6.1 і 6.2 похибки базування відрізняються.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$\sqrt{Ra\ 6,3}$ (\checkmark)

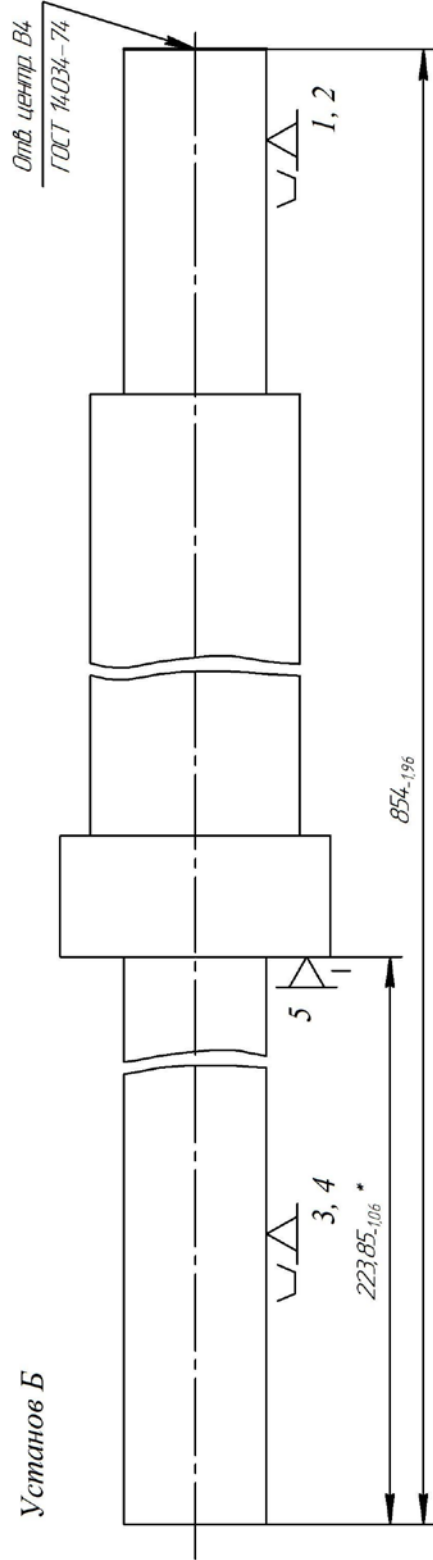
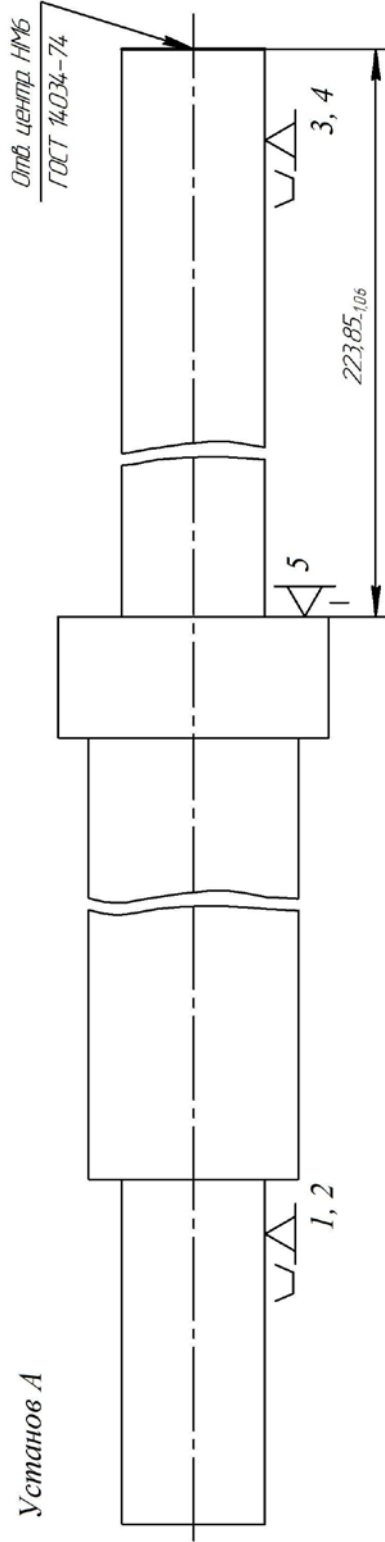


Рисунок 6.1 – Схема базування заготовки на операції 015

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

34

$\sqrt{Ra\ 6,3}$ (✓)

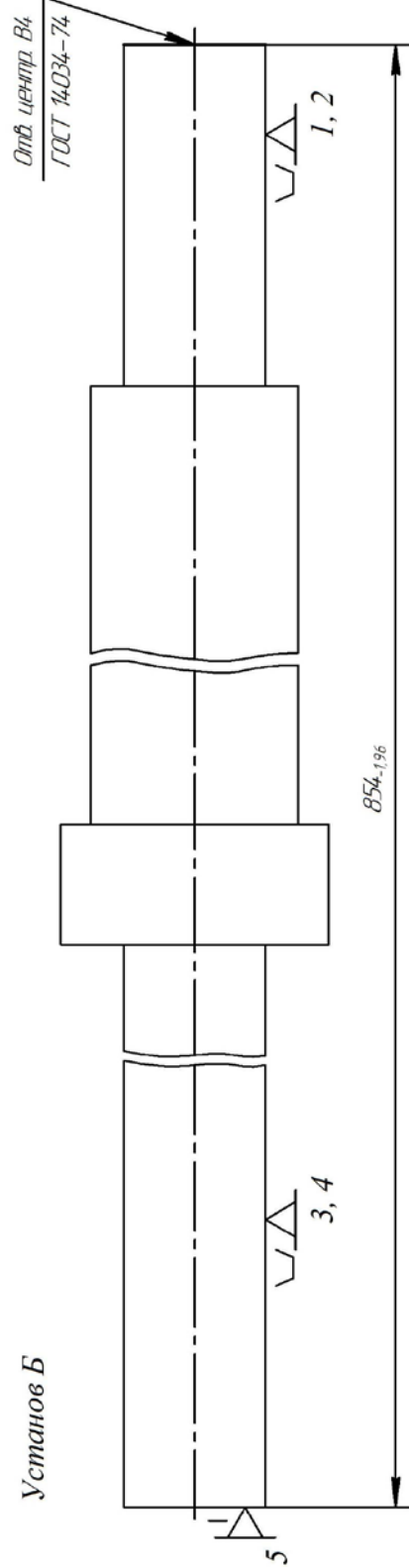
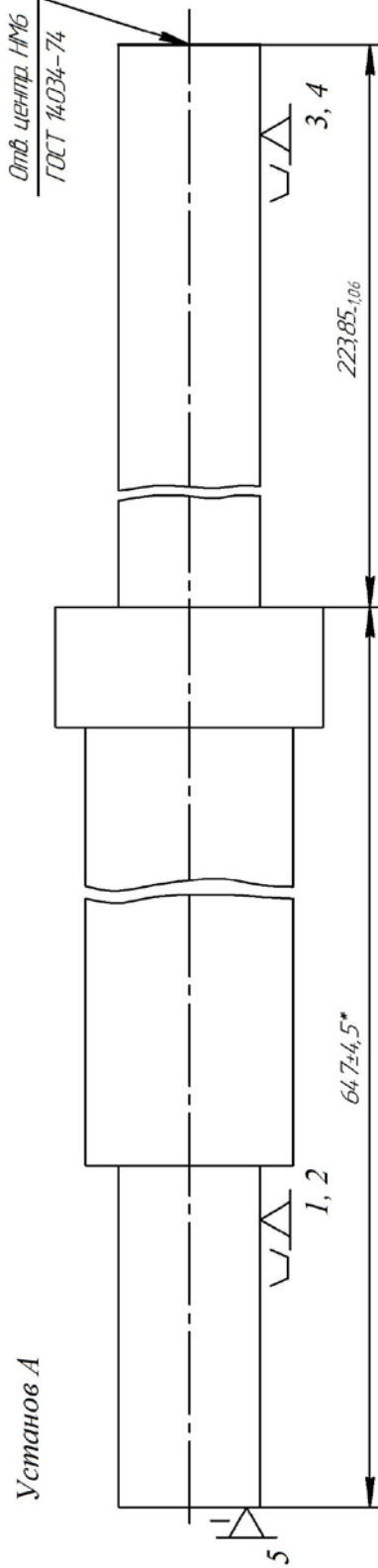


Рисунок 6.2 – Альтернативна схема базування заготовки на операції 015

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк.
					35

Зокрема, при схемі базування зображеній на рисунку 6.1 на установі Б при дотриманні розміру 854 мм виникає похибка базування, так як для нього не збігаються вимірювальна і технологічна бази. В цьому випадку похибка базування дорівнює допуску на розмір, який з'єднує технологічну і вимірювальну бази, тобто:

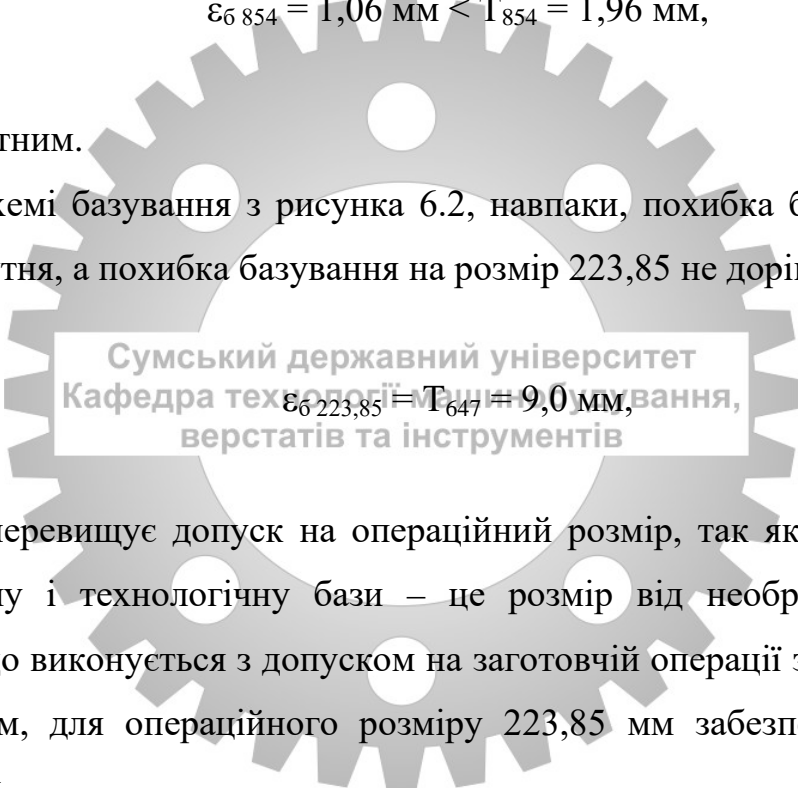
$$\varepsilon_{6\ 854} = T_{223,85} = 1,06 \text{ мм},$$

що є меншим за відповідний допуск на операційний розмір:

$$\varepsilon_{6\ 854} = 1,06 \text{ мм} < T_{854} = 1,96 \text{ мм},$$

що є прийнятним.

При схемі базування з рисунка 6.2, навпаки, похибка базування на розмір 854 мм відсутня, а похибка базування на розмір 223,85 не дорівнює нулю:


$$\varepsilon_{6\ 223,85} = T_{647} = 9,0 \text{ мм},$$

що значно перевищує допуск на операційний розмір, так як розмір, що з'єднує вимірювальну і технологічну бази – це розмір від необроблених поверхонь заготовки, що виконується з допуском на заготовчій операції з величиною 9,0 мм. Таким чином, для операційного розміру 223,85 мм забезпечення точності не гарантується.

З урахуванням сказаного перевагу віддаємо схемі базування, зображеній на рисунку 6.1.

Виконаємо обґрунтування вибору схеми базування й закріплення заготовки на токарній операції 025.

						Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На цій операції виконується чистове токарне оброблення ряду зовнішніх циліндричних поверхонь заготовки з прорізанням канавок, зняттям фасок і нарізанням різі.

Виходячи з аналізу зазначеної операції, остання виконується за два установа, з наступним розподіленням механічної обробки за переходами операції, див. рисунки 6.3 і 6.4.

Установ А.

1-й перехід: точити шийки вала начисто з підрізанням торців й зняттям фасок, дотримуючись розмірів: $1 \times 45^\circ$; $\varnothing 25,35_{-0,084}$, $60 \pm 0,23$; $\angle 30^\circ$, $\varnothing 28_{-0,52}$; $\varnothing 30,3_{-0,16}$, $83,2 \pm 0,27$; $\varnothing 30,55_{-0,1}$, $206 \pm 0,575$; $\angle 30^\circ$, $\varnothing 34_{-0,62}$; $\varnothing 36,55_{-0,1}$, $20 \pm 0,26$; $1 \times 45^\circ$; $1 \times 45^\circ$.

2-й перехід: точити канавку, дотримуючись розмірів: $83,2 \pm 0,27$, $1,4^{+0,14}$, $\varnothing 28,5_{-0,21}$, $R0,1$.

Установ Б.

1-й перехід: точити шийки вала начисто з підрізанням торців й зняттям фасок, дотримуючись розмірів: $1 \times 45^\circ$; $\varnothing 30,55_{-0,1}$, $21 \pm 0,26$; $\angle 30^\circ$, $\varnothing 34_{-0,62}$; $\varnothing 36,35_{-0,16}$, $733_{-0,32}$; $1,6 \times 45^\circ$; $\varnothing 56_{-0,12}$, $40 \pm 0,195$; $1 \times 10^\circ$; $\varnothing 60,82_{-0,12}$, $252,07_{-0,21}$.

2-й перехід: точити канавки, дотримуючись розмірів: $40 \pm 0,195$, $4^{+0,3}$, $\varnothing 53,8_{-0,74}$, $\angle 45^\circ \pm 1^\circ$, $R1$, $R0,5$; $252,07_{-0,21}$, $5^{+0,3}$, $\varnothing 59_{-0,74}$, $\angle 45^\circ \pm 1^\circ$, $R1,5$, $R0,5$; $206 \pm 0,575$, $3^{+0,25}$, $\varnothing 29,5_{-0,52}$, $R1$, $R0,5$.

3-й перехід: нарізати різь, дотримуючись розмірів: $M56 \times 1,5-8g$, на довжині $36 \pm 0,31$.

При цьому забезпечується шорсткість оброблених поверхонь в межах $3,2 \mu\text{км Ra}$ і $1,6 \mu\text{км Ra}$.

Виконаємо аналіз схем базування, представлених на рисунках 6.3 і 6.4. Тут в якості баз використовуються центрові отвори і лівий торець заготовки. Таким чином, в якості головної базової поверхні приймаємо лівий і правий центрові отвори, які реалізують подвійну напрямну базу, позбавляючи заготовку чотирьох ступенів свободи: двох поступальних і двох обертальних переміщень уздовж і

									Арк.
									37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

навколо осей Y і Z (при горизонтальному розташуванні центральної заготовки і осі X). Ліва площина торця «валу» виконує роль опорної бази, яка позбавляє заготовку ще одного ступеня свободи – поступального переміщення уздовж осі X. Таким чином, заготовка позбавляється п'яти ступенів свободи, і вакантним залишається обертання навколо своєї центральної осі (осі X).

При такій схемі базування поєднуються технологічні та вимірювальні бази, що усуває похибки базування для розмірів, заданих у радіальному напрямку і забезпечує необхідну точність діаметральних розмірів заготовки по IT10 – IT11. Однак, на лінійні розміри заготовки, особливо на установі А, не всі похибки базування дорівнюють нулю. В даному випадку похибки базування дорівнюють допуску на розмір заготовки, що з'єднує вимірювальну і технологічну бази. Наприклад, на установі А, див. рисунок 6.3:

$$\varepsilon_{\phi 60} = \varepsilon_{\phi 206} = T_{854} = 1,96 \text{ мм.}$$

Таким чином, для розмірів 60 мм та 206 мм похибка базування перевищує їх допуски, що є неприпустимим:

$$\varepsilon_{\phi 60} = 1,96 \text{ мм} > T_{60} = 0,46 \text{ мм,}$$

$$\varepsilon_{\phi 206} = 1,96 \text{ мм} > T_{206} = 1,15 \text{ мм.}$$

Для лінійних розмірів 20 мм та 83,2 мм похибка базування буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{\phi 20} = \varepsilon_{\phi 83,2} = T_{854} + T_{206} = 1,96 + 1,15 = 3,11 \text{ мм.}$$

Однак, саме для цих двох розмірів похибкою базування можна знехтувати, тому що розміри 20 мм та 83,2 мм формуються за один установ з розміром 206 мм.

									Арк.
									38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

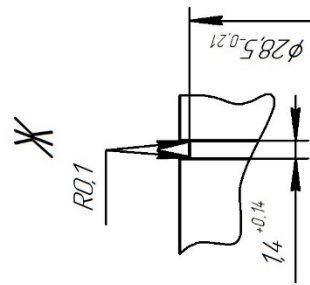
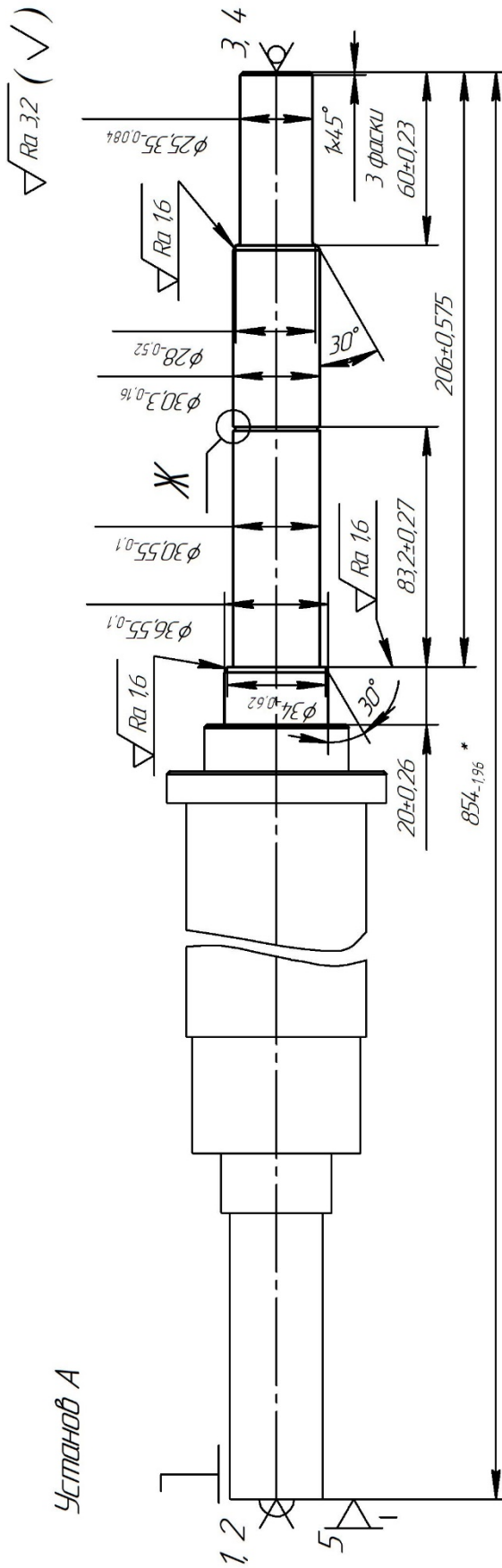


Рисунок 6.3 – Схема базування заготовки на операції токарній з ЧПК 025, установ А

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Установ Б

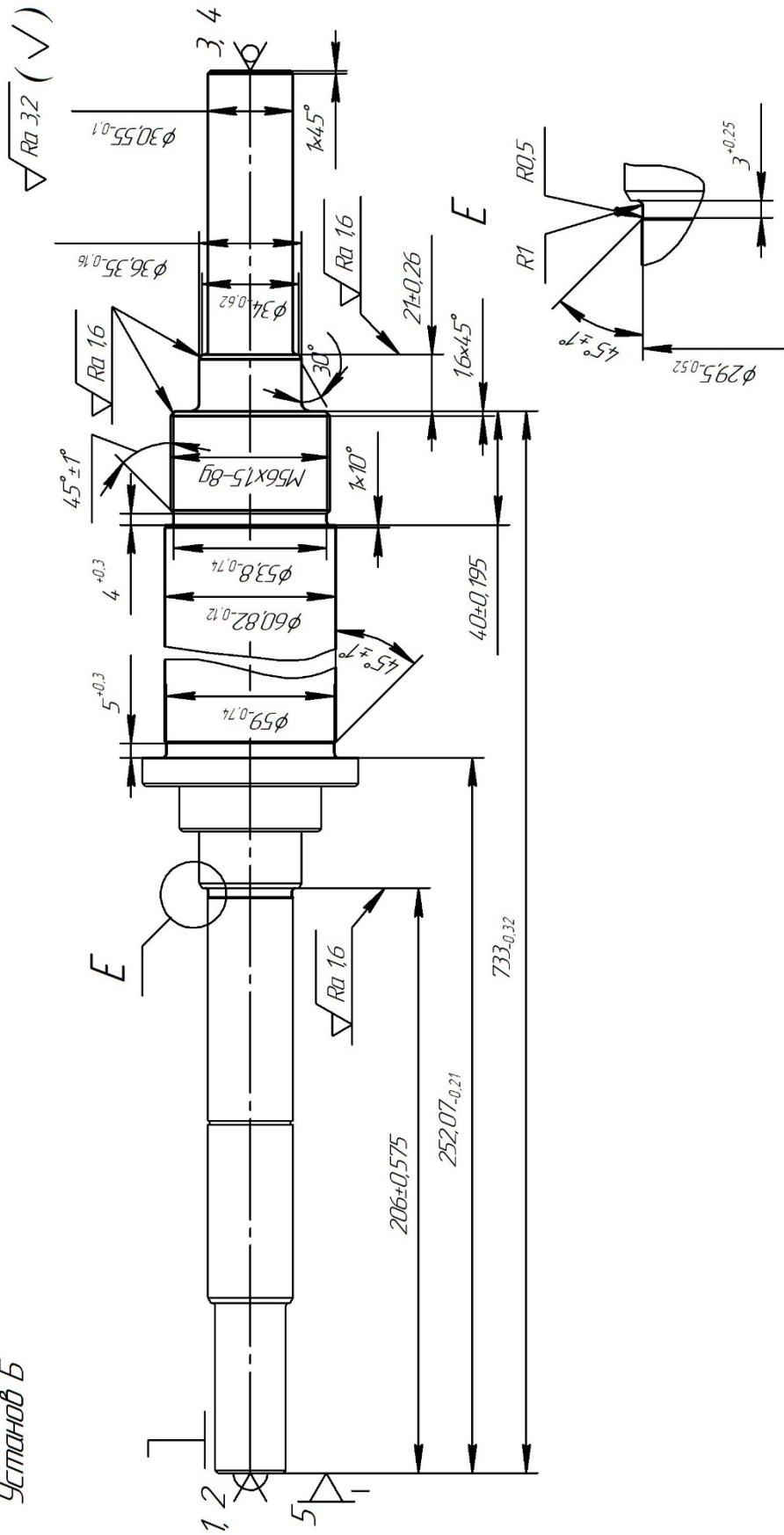


Рисунок 6.4 – Схема базування заготовки на операції токарній з ЧП,К 025, установ Б

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк.
					40

Враховуючи, що оброблення поверхонь заготовки планується здійснювати на токарному верстаті з ЧПК, існує можливість установки «нуля» заготовки за правим її торцем. При цьому похибка базування, яка визначається допуском на розмір 854 мм нівелюється, тобто:

$$\varepsilon_{6\ 60} = \varepsilon_{6\ 206} = 0,$$

що дозволяє забезпечити вимоги щодо точності операційних розмірів.

На установі Б, див. рисунок 6.4, для деяких операційних розмірів технологічна та вимірювальна бази співпадають:

$$\varepsilon_{6\ 206} = \varepsilon_{6\ 252,07} = \varepsilon_{6\ 733} = 0.$$

При цьому «нуль» заготовки має бути розміщений за її лівим торцем.

Похибкою базування для розмірів, які формуються за один установ з раніше означеними розмірами можна знехтувати.

$$\varepsilon_{6\ 21} = \varepsilon_{6\ 40} = 0 \text{ мм.}$$

Таким чином, вимоги щодо точності операційних розмірів, що формуються на установі Б також забезпечуються.

На рисунках 6.5. й 6.6 наведено альтернативні схеми базування заготовки. Тут в якості базування використовуються по черзі на різних установках зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 32,2_{-0,25}$ (після оброблення на установі Б – $\varnothing 30,55_{-0,1}$), $\varnothing 25,35_{-0,084}$, а також правий центровий отвір і упор в лівий торець заготовки. Таким чином, і тут реалізується подвійна напрямна база, що позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи: двох поступальних і двох обертальних переміщень уздовж і навколо осей Y і Z, а упор в лівий торець є опорною базою, яка позбавляє заготовку ще одного ступеня свободи – поступального переміщення уздовж осі X.

									Арк.
									41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

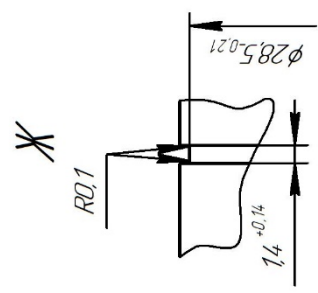
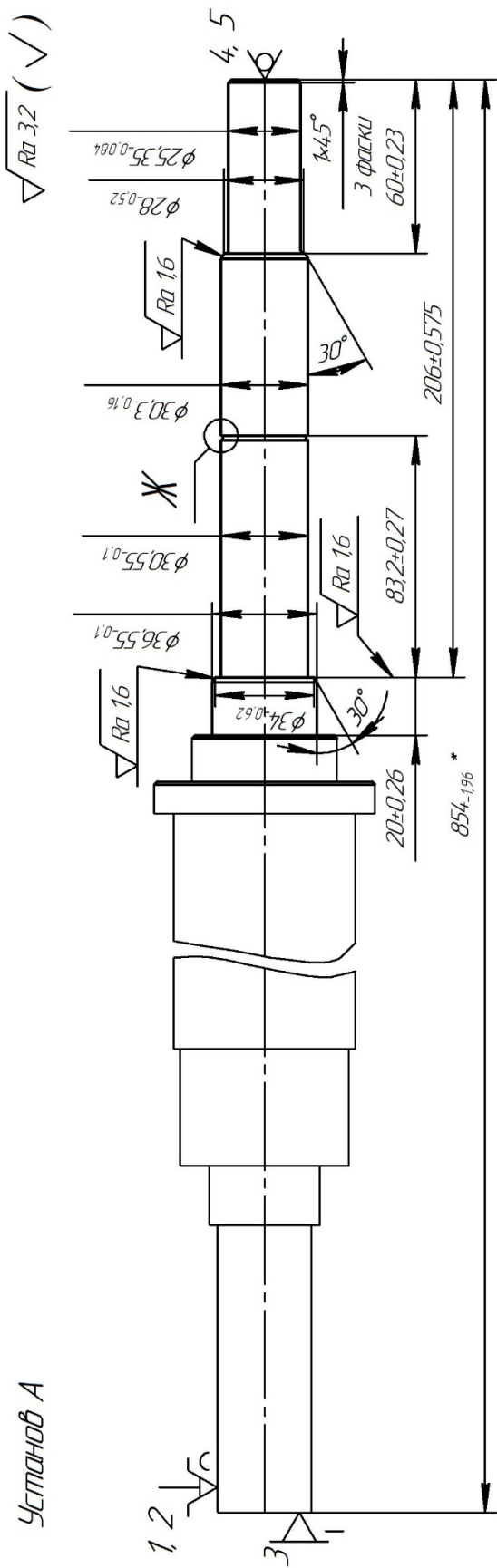


Рисунок 6.5 – Альтернативна схема базування заготовки на операції токарній з ЧПК 025, установ А

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						42

Установ Б

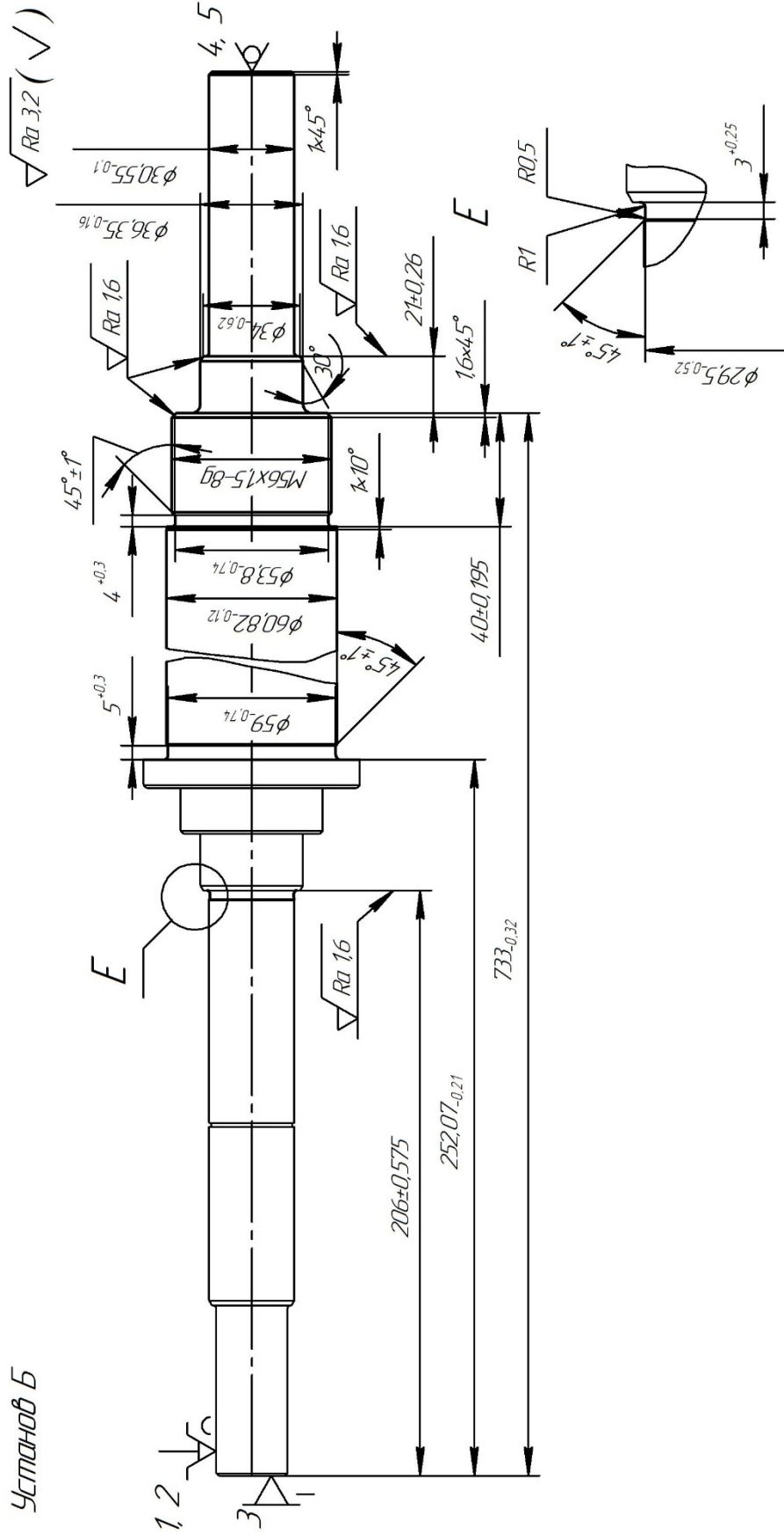


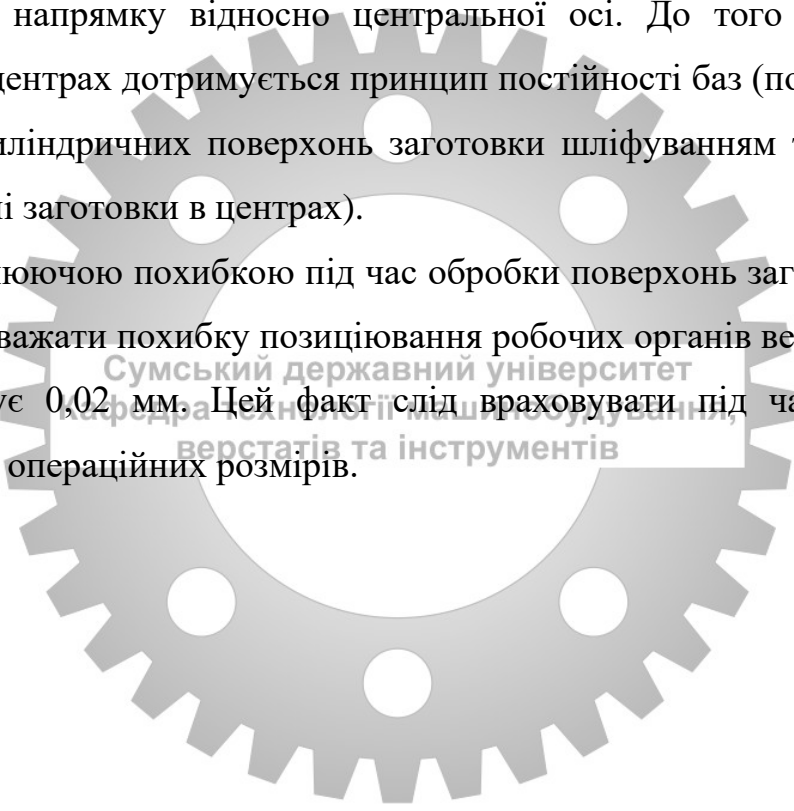
Рисунок 6.6 – Альтернативна схема базування заготовки на операції токарній з ЧПК 025, установ Б

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

В результаті, знову ж таки, заготовка позбавляється п'яти ступенів свободи, і вакантним залишається обертання навколо власної центральної осі (осі X). Як і в попередньому випадку, при використанні трикулачного самоцентруючого патрона, похибками базування для розмірів заданих у радіальному напрямку можна знехтувати, а на лінійні розміри вони будуть визначені за аналогією до раніше розглянутих схем базування.

Подальший аналіз таких схем базування віддає перевагу першим схемам, наведеним на рисунках 6.3 та 6.4. На їх користь говорить той факт, що заготовку встановлюють у центрах, що забезпечує більш точну установку заготовки у радіальному напрямку відносно центральної осі. До того ж при обробленні заготовки в центрах дотримується принцип постійності баз (подальше оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь заготовки шліфуванням також здійснюється при базуванні заготовки в центрах).

Превалюючою похибкою під час обробки поверхонь заготовки на верстатах з ЧПК слід вважати похибку позиціонування робочих органів верстата, яка зазвичай не перевищує 0,02 мм. Цей факт слід враховувати під час аналізу точності виконуваних операційних розмірів.



									Арк.
									44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

6.2 Обґрунтування вибору верстатного устаткування

Операція 015 фрезерно-центрувальна (розточувальна з ЧПК).

В існуючому технологічному процесі на аналізованій операції 015 механічної обробки «вала» використовується півавтоматичний фрезерно-центрувальний верстат мод. МР-76М.

Слід зазначити, що застосовуваний для обробки торців заготовки, а також центрових отворів фрезерно-центрувальний півавтомат моделі МР-76М не відповідає дрібносерійному типу виробництва за своїм рівнем універсальності (гнучкості). Не дивлячись на відповідність використовуваних методів обробки, габаритів робочого простору верстата, потужності приводів, в умовах дрібносерійного виробництва використання півавтоматичного фрезерно-центрувального верстата моделі МР-76М не є раціональним. До того ж на даному верстаті недостатньо позицій, щоб виконати обробку центрального отвору НМ6 ГОСТ 14034-74, через що оброблення зазначеного центрального отвору і нарізання в ньому різі М6 відбувається на наступних операціях механічної обробки заготовки.

Кваліфікація робочого при цьому є досить високою – фрезерувальник п'ятого розряду.

У зв'язку з цим, на основі аналізу застосовуваних методів обробки поверхонь, а також з огляду на потужність електродвигуна, габарити робочого простору і тип виробництва, як металорізальне устаткування на операції 015 пропонуємо використовувати горизонтальний розточувальний верстат з ЧПК моделі Knuth BO 110, основні технічні характеристики якого наведені у таблиці 6.1.

						Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 – Основні технічні характеристики верстата моделі Knuth BO 110

Найменування характеристики	Величина
Розміри столу, мм	1320×1010
Відстань вісь шпинделя/стіл, мм	5 – 905
T-подібні пази, кількість	7
T-подібні пази, ширина, мм	22
T-подібні пази, відстань, мм	125
Діапазон частоти обертання, об/хв	12 – 1100
Діаметр шпинделя, мм	110
Швидкість подачі за віссю Z, мм/хв	0,5 – 1100
Точність позиціонування, вісь X, мм	0,04
Точність позиціонування, вісь Y, мм	0,05
Точність позиціонування, вісь W, мм	0,06
Потужність двигуна головного приводу, кВт	11

Операція 025 токарно-гвинторізна (токарна з ЧПК).

В існуючому технологічному процесі на аналізованій операції 025 механічної обробки «вала» використовується універсальний токарно-гвинторізний верстат мод. 16K20. На зважаючи на те, що технічні характеристики верстата повністю відповідають габаритам оброблюваної заготовки, використовуваним методам оброблення поверхонь, типу виробництва, модель 16K20 можна вважати морально застарілою та такою, що не відповідає сучасним вимогам щодо верстатного устаткування. Так, впровадження сучасного верстата з ЧПК дозволить підвищити продуктивність праці, покращити умови праці робочого, підвищити стабільність щодо забезпечення точності оброблюваних поверхонь тощо. В зв'язку з цим, для обробки заготовки на токарній операції, пропоную використовувати токарний верстат з ЧПК моделі DMTG SKE 6150Z, основні технічні характеристики якого наведені у таблиці 6.2.

						Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2 – Основні технічні характеристики верстата моделі DMTG SKE 6150Z (500×1000)

Найменування характеристики	Величина
Діаметр обробки на станиною, мм	500
Відстань між центрами, мм	1000
Діаметр обробки над супортом, мм	280
Діаметр отвору в шпинделі, мм	82
Переміщення за віссю X, мм	280
Переміщення за віссю Z, мм	930
Діапазон швидкостей шпинделя, об/хв	7 – 2200
Точність позиціонування за віссю X/Y, мм	0,02
Час зміни інструмента, с	2
Потужність двигуна головного приводу, кВт	7,5

Пропоноване металорізальне обладнання призначене для обробки заготовок в серійному виробництві, дозволяє вести високопродуктивну обробку заданих поверхонь на попередньо налаштованих верстатах методом автоматичного отримання необхідної точності розмірів, незалежно від кваліфікації робітників. При цьому враховані рекомендації [7, 8] з використання в умовах дрібносерійного виробництва верстатів з ЧПК, що є основними засобами автоматизації серійного виробництва. В результаті відпадає необхідність у використанні низькопродуктивної ручної праці з управління верстатом, підвищується продуктивність праці, скорочується тривалість механічного оброблення поверхонь заготовок, знижується собівартість оброблення заготовок.

6.4 Обґрунтування вибору технологічної оснастки

В умовах реалізації дрібносерійного типу виробництва в проектованому технологічному процесі на операціях 015 та 025 для базування й закріплення

						Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заготовки раціональним є використання універсальних безналагоджувальних верстатних пристроїв (УБП), див. таблицю 6.3.

Таблиця 6.3 – Технологічна оснастка

Найменування операції	Верстатний пристрій	Ріжучий інструмент	Контрольно-вимірювальний інструмент
1	2	3	4
Розточувальна з ЧПК 015	Лещата гвинтові самоцентруючі з призматичними губками 7200-0252 ГОСТ 21168-75	Фреза 2214-0331 ГОСТ 1092-80 Т5К10; свердло 2317-0119 ГОСТ 14952-75 Р6М5; свердло 2317-0022 ГОСТ 14952-75 Р6М5; свердло 2301-0006 ГОСТ 10903-77 Р6М5; мітчик 2620-0517 ГОСТ 3266-81 Р6М5	Штангенциркулі: ШЦ-III-1000-0,1, ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89; Штангенглибиномір ШГ-160 ГОСТ 162-80, калібр-пробка різьбова ПР/НЕ М6-7Н ГОСТ 16093-70; шаблон для контролю центр. отв. В4 ГОСТ 21401-75, зразки шорсткості ГОСТ 9378-75
Токарна з ЧПК 025	Патрон токарний поводковий 7108-0021 ГОСТ 2571-71	Різець PDINR2525M15 T15K6 ТУ 2-035-892-82; різець 035-2126-1183 T15K6 ГОСТ 2И10-7-84; різець 035-2159-0543 T15K6 ОСТ 2И10-9-84	Штангенциркулі: ШЦ-I-125-0,1, ШЦ-III-320-0,1, ШЦ-III-1000-0,1 ГОСТ 166-89; мікрометри: МК-50, МК-75 ГОСТ 6507-90; калібр різьбовий: ПР/НЕ М56×1,5 ГОСТ 17756-72, шаблони канавкові спеціальні, зразки шорсткості ГОСТ 9378-75

При виборі ріжучих інструментів враховувалися методи обробки поверхонь: фрезерування, свердління, нарізання різі, розміри оброблюваних поверхонь і відстані до них, габаритні й посадочні розміри верстатного устаткування, а також властивості матеріалу заготовки.

						Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За конструктивним параметрам вибиралися універсальні стандартизовані ріжучі інструменти для верстатів з ЧПУ [7, 8]. При цьому для закріплення фрези в якості допоміжного інструменту використовуємо оправку 6222-0117 ГОСТ 26538-85, для закріплення свердел з циліндричними хвостовиками – патрон цанговий 191113050 ТУ 2-035-986-85 з цангами 191113050.002-03 і 191113050.002-07 ТУ 2-035-986-85, а для закріплення свердла з конічним хвостовиком – втулку перехідну 191831062 ТУ 2-035-978-85. Для закріплення мітчика застосовуємо патрон різьбонарізний 191221029А ТУ 2-035-975-85.

В умовах дрібносерійного виробництва при виборі контрольних вимірювальних інструментів перевага віддавалася універсальним («шкальні») інструментів, зокрема, штангенциркулем і мікрометрів, див. таблицю 6.3, графу 4.

6.5 Визначення режимів різання

Виконаємо розрахунок режимів різання на найбільш навантажений перехід операції 015 розточувальної з ЧПК: фрезерування торця заготовки діаметром $\varnothing 47 \pm 2,0$.

Вихідні дані.

Оброблювана поверхня: торець циліндричної ступені заготовки діаметром $47 \pm 2,0$ мм. Оброблення здійснюється напрохід з дотриманням розміру $223,85_{-1,06}$, припуск $z = 8,53$ мм. Шорсткість поверхні – $Ra = 6,3$ мкм.

Матеріал заготовки – сталь Х12М ГОСТ 5950-73.

Устаткування: горизонтальний розточувальний верстат з ЧПК моделі Knuth VO 110.

Верстатний пристрій: лещата верстатні гвинтові самоцентруючі з призматичними губками 7200-0252 ГОСТ 21168-75, див. таблицю 6.3.

									Арк.
									49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Ріжучий інструмент: фреза 2214-0331 ГОСТ 1092-80 Т5К10 ГОСТ 3882-74.
Діаметр фрези $D_{\text{фр}} = 100$ мм, кількість зубців $z = 10$, посадочний діаметр під оправку $d = 32$ мм.

Режими різання на перехід розраховуємо з використанням типової методики [7].

1. Визначимо глибину різання:

$$t = Z / i = 8,53 / 2 = 4,27 \text{ мм},$$

де i – кількість проходів. Враховуючи високу міцність та твердість оброблюваного матеріалу заготовки (HB270), беремо $i = 2$.

2. Визначимо подачу на зуб фрези. Таблична величина подачі становить

$$S_z = 0,12 - 0,18 \text{ мм/зуб.}$$

Беремо $S_z = 0,12$ мм/зуб, в такому разі подача за один оберт фрези становитиме

$$S = S_z \cdot z = 0,12 \cdot 10 = 1,2 \text{ мм/об.}$$

3. Швидкість різання допустиму умовами фрезерування визначимо за формулою:

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

де $C_V = 332$ – для торцевих фрез;

$D = 100$ мм – діаметр фрез;

$q = 0,2$;

						Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T = 180$ хв – період стійкості фрези;

$m = 0,2$;

$t = 5$ мм – глибина різання;

$x = 0,1$;

$y = 0,4$;

$B = 47$ – ширина фрезерування;

$u = 0,2$;

$p = 0$;

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PIV} \cdot K_{IIV}.$$

$K_{MV} = K_G (750/\sigma_B)^n$ – поправочний коефіцієнт, який враховує міцність оброблюваного матеріалу;

$K_G = 0,9$ – для інструментальних сталей;

$n = 1,0$;

$K_{PIV} = 0,8$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки: оброблення по корці;

$K_{IIV} = 0,65$ – коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу: Т5К10.

$$K_{MV} = 0,9 \cdot (750/883)^{1,0} = 0,76,$$

$$K_V = 0,76 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,4.$$

Тож маємо:

$$V = \frac{332 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 4,27^{0,1} \cdot 0,12^{0,4} \cdot 47^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 0,4 = 109,3 \text{ м/хв.}$$

В цьому випадку частота обертання шпинделя верстата дорівнює:

									Арк.
									51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 109,3}{\pi \cdot 100} = 348,1 \text{ об/хв.}$$

Беремо частоту обертання шпинделя верстата $n_n = 350$ об/хв.

Тоді фактична швидкість різання складатиме $V_\phi = 109,9$ м/хв.

4. Визначимо силу різання за формулою:

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

де $C_P = 825$ – для торцевих фрез;

$$x = 1,0;$$

$$y = 0,75;$$

$$u = 1,1;$$

$$q = 1,3$$

$$w = 0,2;$$

$K_{MP} = (\sigma_B/750)^n = (883/750)^{0,3} = 1,05$ – коефіцієнт, який враховує міцність оброблюваного матеріалу;

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 4,27^{1,0} \cdot 0,12^{0,75} \cdot 47^{1,1} \cdot 10}{100^{1,3} \cdot 350^{0,2}} \cdot 1,05 = 3975,4 \text{ Н.}$$

5. Крутний момент на шпинделі верстата визначимо за формулою:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{3975,4 \cdot 100}{2 \cdot 100} = 1987,7 \text{ Н·м.}$$

6. Визначимо потужність різання:

						Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} = \frac{3975,4 \cdot 109,9}{60 \cdot 1020} = 7,1 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$N_g = N_{ог} \cdot \eta = 11 \cdot 0,85 = 9,35 \text{ кВт} > N_p = 7,1 \text{ кВт}.$$

Тож визначені різання можуть бути реалізовані на обраному верстаті.

7. Визначимо основний час на перехід:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S_m},$$

де $L = l_g + l + l_{пер},$

L – довжина оброблення, мм;

$l_g + l_{пер} = 75$ мм – довжина врізання та перебігу фрези;

$l = 47$ мм – довжина оброблюваної поверхні деталі;

$S_{хв}$ – хвилинна подача фрези;

$i = 2$ – кількість проходів фрези;

$$S_{хв} = S_z \cdot z \cdot n = 0,12 \cdot 10 \cdot 350 = 420 \text{ мм/хв}.$$

$$L = 47 + 75 = 122 \text{ мм},$$

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S_{хв}} = \frac{122 \cdot 2}{420} = 0,58 \text{ хв}.$$

В результаті розрахунків отримані такі режими різання на перехід:

$$t = 4,27 \text{ мм}; S_{хв} = 420 \text{ мм/хв}; V = 109,9 \text{ м/хв}; n = 350 \text{ об/хв}; T_o = 0,58 \text{ хв}.$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Визначимо режими різання на операцію токарну з ЧПК 025.

Виконаємо розрахунок режимів різання на найбільш навантажений перехід токарної операції: точіння заготовки на максимальному діаметрі обробки $\varnothing 60,82_{-0,12}$.

Вихідні дані для розрахунку:

Зміст переходу: Установ Б: 1-й перехід: точити шийки вала начисто з підрізанням торців й зняттям фасок, дотримуючись розмірів: $1 \times 45^\circ$; $\varnothing 30,55_{-0,1}$, $21 \pm 0,26$; $\angle 30^\circ$, $\varnothing 34_{-0,62}$; $\varnothing 36,35_{-0,16}$, $733_{-0,32}$; $1,6 \times 45^\circ$; $\varnothing 56_{-0,12}$, $40 \pm 0,195$; $1 \times 10^\circ$; $\varnothing 60,82_{-0,12}$, $252,07_{-0,21}$.

Розрахунковий діаметр шийки вала після обробки: $d = 60,82$ мм.

Діаметр шийки до оброблення: 62,4 мм.

Довжина оброблення: 17 мм.

Шорсткість поверхні: 3,2 мкм Ra.

Устаткування: токарний верстат з ЧПК моделі DMTG CKE 6150Z (500×1000).

Верстатний пристрій: патрон повідковий 7108-0021 ГОСТ 2571-71.

Ріжучий інструмент: PDINR2525M15;

Матеріал ріжучої частини: T15K6 ГОСТ 3882-74.

Геометричні параметри ріжучої частини інструмента: $\varphi = 95^\circ$; $\varphi_1 = 30^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $r = 0,5$ мм. Матеріал державки – сталь 45 ГОСТ 1050-75, перетин – 25×25 мм.

Розрахунок режимів різання виконуємо за методикою [7].

1. Визначимо глибину різання.

Припуск на оброблення:

$$Z = (D_3 - D_d)/2 = (62,4 - 60,82)/2 = 0,79 \text{ мм,}$$

де D_3 , D_d – відповідно діаметри заготовки до й після оброблення, мм.

Тож глибина різання становитиме:

					Арк.
					54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$t = Z/i = 0,79/1 = 0,79 \text{ мм},$$

де i – кількість проходів.

2. Визначимо швидкість подачі за умови чистового точіння.

Табличне значення подачі різця за умови чистового точіння з формуванням шорсткості поверхні 3,2 мкм Ra при радіусі різця $r = 0,5$ мм [7]: $S_T = 0,25$ мм/об.

Беремо величину подачі: $S_{\Pi} = 0,25$ мм/об (за умови безступінчастого регулювання подачі).

3. Швидкість різання, допустиму умовами точіння визначимо за формулою:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

де $C_V = 420$ – для зовнішнього поздовжнього точіння твердосплавними різцями з подачами $S < 0,3$ мм/об [7];

$T = 60$ хв – період стійкості різця;

$m = 0,2$;

$x = 0,15$;

$y = 0,2$;

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PIV} \cdot K_{IIV} \cdot K_{\phi V} \cdot K_{\phi 1},$$

$K_{MV} = K_2(750/\sigma_b)^n$ – поправочний коефіцієнт, який враховує міцність оброблюваного матеріалу;

$K_2 = 0,9$;

$n = 1,0$;

$K_{PIV} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки – оброблення без корки;

$K_{IIV} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу;

					Арк.
					55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$K_{\phi V} = 0,7$ – коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані;

$K_{\phi 1} = 0,91$ – коефіцієнт, який враховує вплив допоміжного кута в плані;

$$K_{MV} = 0,9 \cdot (750/883)^{1,0} = 0,76,$$

$$K_V = 0,76 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,91 = 0,48.$$

Тож маємо:

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,79^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,48 = 120,5 \text{ м/хв.}$$

В такому разі частота обертання шпинделя становитиме:

$$n = (1000 \cdot V) / (\pi \cdot D) = (1000 \cdot 120,5) / (\pi \cdot 60,82) = 631 \text{ об/хв.}$$

Беремо частоту обертання шпинделя верстата 630 об/хв.

В такому разі фактична швидкість різання становитиме:

$$V_{\phi} = (\pi \cdot D \cdot n) / 1000 = (\pi \cdot 60,82 \cdot 630) / 1000 = 120,3 \text{ м/хв.}$$

4. Силу різання (тангенціальну складову) визначимо за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P,$$

де $C_P = 300$ – для зовнішнього поздовжнього точіння твердосплавними різцями;

$$x = 1,0;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP},$$

де $K_{MP} = (\sigma_6/750)^n = (883/750)^{0,75} = 1,13$ – коефіцієнт, який враховує міцність оброблюваного матеріалу;

$K_{\varphi P} = 0,89$ – коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані ($\varphi = 95^\circ$);

$K_{\gamma P} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута різця ($\gamma = 10^\circ$);

$K_{\lambda P} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу головної ріжучої кромки різця ($\lambda = 0^\circ$);

$K_{rP} = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує радіус при вершині різця.

Маємо:

$$K_P = 1,13 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,01.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,79^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 120,3^{-0,15} \cdot 1,01 = 414,7 \text{ Н.}$$

5. Визначимо потужність різання:

$$N_p = (P_z \cdot V)/(60 \cdot 1020) = (414,7 \cdot 120,3)/(60 \cdot 1020) = 0,82 \text{ кВт.}$$

$$N_e = N_{об} \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,85 = 6,375 \text{ кВт} > N_p.$$

Тож визначені різання можуть бути реалізовані на обраному верстаті.

Тепер визначимо основний час оброблення на 1-му переході установка Б. Тут ми проточувати за один прохід ступені заготовки з підрізанням торців і зняттям фасок. На цьому переході обробка циліндричних ступенів вала розбита на дві ділянки зі змінною частотою обертання ($n_1 = 900$ об/хв і $n_2 = 630$ об / хв) через значні

						Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перепади в діаметрах оброблюваних поверхонь. У цьому випадку основний час становитиме:

$$t_{0Б.1} = \sum [L_i \cdot i / (S_i \cdot n_i)],$$

де $L_i = (l_g + l + l_{пер})$ – загальна довжина обробки циліндричних ступенів заготовки з урахуванням величин врізання та перебігу інструмента.

$$L_1 = [1,5 + 120 + 0] = 121,5 \text{ мм},$$

де $l_g = 1,5$ мм – довжина врізання;

$l_{пер} = 0$ мм – довжина перебігу;

$i = 1$ – кількість проходів.

$$L_2 = [0 + 480 + 2] = 482 \text{ мм}.$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

В результаті маємо:

$$t_{0Б.1} = 121,5 \cdot 1 / (0,25 \cdot 900) + 482 \cdot 1 / (0,25 \cdot 630) = 3,64 \text{ хв.}$$

6.6 Технічне нормування операції

У серійному виробництві при технічному нормуванні операцій розраховують норми штучно-калькуляційного часу [9]. Останню можна визначити за формулою:

$$t_{шт.к} = t_{шт} + t_{н.з} / n, \quad (6.5)$$

де $t_{шт}$ – норма штучного часу, хв.;

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$t_{n.з}$ – підготовчо-завершальний час, хв.;

n – кількість деталей у партії запуску, шт.

У свою чергу, штучний час можна розрахувати за формулою:

$$t_{шт} = t_o + t_\delta + t_{обс} + t_{вдн}, \quad (6.6)$$

де t_o – основний час на операцію, хв.;

t_δ – допоміжний час на операцію, хв.;

$t_{обс}$ – час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця, хв.;

$t_{вдн}$ – час на відпочинок та особисті потреби робочого, хв.

Допоміжний час на операцію визначають за формулою [9]:

$$t_\delta = t_{уст} + t_{пр} + t_{вим}, \quad (6.7)$$

де $t_{уст}$ – час на установку, закріплення й зняття заготовки, хв.;

$t_{пр}$ – час на управління верстатом, хв.;

$t_{вим}$ – час на контрольні вимірювання, хв.

Час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби робочого визначають за формулою:

$$t_{обс} + t_{вдн} = (t_o + t_\delta) \cdot \frac{\alpha + \beta}{100}, \quad (6.8)$$

де α , β – відповідно, норми часу на обслуговування робочого місця та відпочинок робочого у % от оперативного часу [9].

В п. 6.5 визначений основний час на перший перехід установка А розточувальної з ЧПК операції 015: $t_{o1} = 0,58$ хв.

					Арк.
					59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Основний час на інших переходах розточувальної операції визначаємо з урахуванням наступних режимів різання, які визначені табличним методом згідно з [10] й наведені у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Режими різання на операції 015 розточувальній з ЧПК

№ пере-ходу	Зміст переходу	Елементи режимів різання						
		$D_{обр}$, мм	L , мм	t , мм	i	S_n , мм/об (мм/хв)	n , об/хв	V , м/хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A.2	Свердлити центровий отвір М6	6,4	6,8	3,2	1	0,06	710	14,3
A.3	Свердлити отвір $\varnothing 4,95^{+0,26}$ на глибину 25 мм	4,95	25,0	2,475	1	0,04	710	11,0
A.4	Нарізати різь М6	6,0	20,0	0,87	1	1,0	125	2,4
Б.1	Фрезерувати лівий торець заготовки напрахід	100	47,0	4,26	4	420,0	350	109,9
Б.2	Свердлити центровий отвір В4	4,0	13,1	2,0	1	0,06	710	8,9

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
Верстатів та Інструментів

Для зазначених режимів різання маємо такі величини основного часу t_o :

$$t_{oA.2} = (6,8+5,0+0)/(0,06 \cdot 710) = 0,28 \text{ хв};$$

$$t_{oA.3} = (25,0+5,0+0)/(0,04 \cdot 710) = 1,06 \text{ хв};$$

$$t_{oA.4} = (20,0+5,0+0)/(1,0 \cdot 125) = 0,2 \text{ хв};$$

$$t_{oB.1} = (47,0+75,0) \cdot 4/420 = 1,17 \text{ хв};$$

$$t_{oB.2} = (13,1+5,0+0)/(0,06 \cdot 710) = 0,43 \text{ хв};$$

									Арк.
									60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Основний час на операцію визначимо як суму основних часів по переходах з урахуванням їх послідовного виконання:

$$t_{o\Sigma} = \sum_{i=1}^n t_{oi}, \quad (6.9)$$

де n – кількість переходів на операції.

В результаті, основний час на операцію становитиме:

$$t_o = 0,58+0,28+1,06+0,2+1,17+0,43 = 3,72 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію становитиме [9]:

$$t_d = 1,29+0,42+1,06 = 2,77 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок робочого:

$$t_{обс}+t_{вдн} = (3,27 + 2,77) \cdot \frac{4+4}{100} = 0,54 \text{ хв.}$$

Штучний час:

$$t_{ум} = 3,72+2,77+0,54 = 7,03 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час [9]:

$$t_{n.з} = 14+7 = 21 \text{ хв.}$$

						Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Штучно-калькуляційний час га операцію визначимо з урахуванням величини партії запуску, визначеної у розділі 3 цієї роботи ($N_n = 22$ шт.):

$$t_{ум.к} = 7,03 + 21/22 = 7,98 \text{ хв.}$$

Технічне нормування токарної операції з ЧПК 025.

В п. 6.5 цієї роботи визначено основний час на 1-й перехід установка Б токарної з ЧПК операції 025: $t_{об.1} = 3,64$ хв.

Основний час на інших переходах токарної операції визначаємо з урахуванням режимів різання, які визначені табличним методом [10] й наведені у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Режими різання на операції 025 токарній з ЧПК

№ пере-ходу	Зміст переходу	Елементи режимів різання						
		$D_{обр},$ мм	$L,$ мм	$t,$ мм	i	$S_n,$ мм/об	$n,$ об/хв	$V,$ м/хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A.1	Точити шийки вала начисто з підрізанням торців й зняттям фасок, дотримуючись розмірів: $1 \times 45^\circ; \varnothing 25,35_{-0,084}, 60 \pm 0,23; \angle 30^\circ, \varnothing 28_{-0,52}; \varnothing 30,3_{-0,16}, 83,2 \pm 0,27; \varnothing 30,55_{-0,1}, 206 \pm 0,575; \angle 30^\circ, \varnothing 34_{-0,62}; \varnothing 36,55_{-0,1}, 20 \pm 0,26; 1 \times 45^\circ; 1 \times 45^\circ;$	36,55	245	0,825	1	0,25	900	103,3
A.2	Точити канавку, дотримуючись розмірів: $83,2 \pm 0,27, 1,4^{+0,14}, \varnothing 28,5_{-0,21}, R0,1$	30,55	1,1	1,4	1	0,06	630	60,4

Продовження таблиці 6.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Б.2	Точити канавки, дотримуючись розмірів: 40±0,195, 4 ^{+0,3} , Ø53,8-0,74, ∠45°±1°, R1, R0,5; 252,07- 0,21, 5 ^{+0,3} , Ø59-0,74, ∠45°±1°, R1,5, R0,5; 206±0,575, 3 ^{+0,25} , Ø29,5-0,52, R1, R0,5	60,82	3,51; 0,91; 0,53	4; 5; 3	1	0,06	355	67,8
Б.3	Нарізати різь, дотримуючись розмірів: M56×1,5-8g, на довжині 36±0,31	56	36	-	6	1,5	315	55,4

Основний час на інші переходи операції t_{oi} :

$$t_{oA.1} = (3 + 245 + 0)/(0,25 \cdot 900) = 1,1 \text{ хв};$$

$$t_{oA.2} = (3 + 1,1 + 0)/(0,06 \cdot 630) = 0,11 \text{ хв};$$

$$t_{oB.2} = (3 + 3,51 + 0 + 3 + 0,91 + 0 + 3 + 0,53 + 0)/(0,06 \cdot 355) = 0,66 \text{ хв};$$

$$t_{oB.3} = (5 + 36 + 3) \times 6 / (1,5 \cdot 315) = 0,56 \text{ хв}.$$

Основний час на операцію визначимо за формулою (6.9):

$$t_o = 1,1 + 0,11 + 3,64 + 0,66 + 0,56 = 6,07 \text{ хв}.$$

Допоміжний час на операцію визначимо за формулою (6.7):

$$t_d = 3,11 + 3,11 \cdot 0,8 + 0,86 + 2,44 + 0,25 = 9,15 \text{ хв}.$$

								Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				63

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок робочого визначимо за формулою (6.8):

$$t_{обс+t_{вон}} = (6,07 + 9,15) \cdot \frac{3,5 + 4}{100} = 1,14 \text{ хв.}$$

Штучний час на операцію визначимо за формулою (6.6):

$$t_{шт} = 6,07 + 9,15 + 1,14 = 16,36 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час на операцію становитиме:

$$t_{п.з} = 24 + 10 = 34 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію визначимо за формулою (6.5):

$$t_{шт.к} = 16,36 + 34/22 = 17,95 \text{ хв.}$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

						Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Згідно з завданням необхідно спроектувати верстатний пристрій для обробки заготовки «вала 1.022.01.00.012» на операції розточувальній з ЧПК 015. На розглянутій операції проводиться послідовне фрезерування торців заготовки і свердління в них центрових отворів В4 й НМ6, див. рисунок 1.1.

У базовому технологічному процесі на аналізованій операції механічної обробки «вала» використовують півавтоматичний фрезерно-центрувальний верстат моделі МР-76М. Однак, обґрунтування вибору верстаного устаткування віддало перевагу горизонтальному розточувальному верстату з ЧПК моделі Knuth ВО 110 (див. п. 6.3 цієї роботи). Використання зазначеної моделі верстата з ЧПК дозволить знизити розряд робочого з 5-го до 4-го, уникнути використання низькопродуктивної ручної праці з управління верстатом, підвищити продуктивність праці, скоротити тривалість механічного оброблення поверхонь заготовок, знизити собівартість оброблення заготовок.

Річна програма випуску деталей «вал» – 500 штук (згідно з завданням). При заданому періоді виробництва 5 років пристрій повинен здійснити 2500 циклів.

Обробка заготовки здійснюється з використанням таких інструментів: фреза 2214-0331 ГОСТ 1092-80 Т5К10; свердло 2317-0119 ГОСТ 14952-75 Р6М5; свердло 2317-0022 ГОСТ 14952-75 Р6М5; свердло 2301-0006 ГОСТ 10903-77 Р6М5; мітчик 2620-0517 ГОСТ 3266-81 Р6М5.

На розглянутій операції, як уже зазначалося вище, проводиться обробка заготовки з двох установів. При цьому, на установі А спочатку на першому переході фрезерують напрохід торець вала в розмір $223,85_{-1,06}$, потім на другому переході свердлять отвори діаметрами 6,4 мм, 10,0 мм й 13,3 мм під центровий отвір НМ6 ГОСТ 14034-74, на третьому переході свердлять отвір діаметром 4,95 мм і на четвертому переході нарізають різь в центровому отворі М6. На установі Б на першому переході фрезерують напрохід протилежний торець вала в

						Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розмір 854_{1,96}, потім на другому переході свердлять отвори діаметрами 8,5 мм й 12,5 мм під центровий отвір В4 ГОСТ 14034-74.

Точність діаметральних розмірів оброблюваних отворів забезпечується згідно з ІТ12: $T_{\varnothing 4,95} = 0,12$ мм, $T_{\varnothing 6,4} = 0,15$ мм, $T_{\varnothing 10} = 0,15$ мм, $T_{\varnothing 13,3} = 0,18$ мм; $T_{\varnothing 8,5} = 0,15$ мм, $T_{\varnothing 12,5} = 0,18$ мм. Лінійні розміри виконують згідно з ІТ13 – ІТ14 з допусками $T_{223,85} = 1,06$ мм й $T_{854} = 1,96$ мм.

Точність форми і взаємного розташування оброблюваних поверхонь на кресленні деталі та операційному ескізі не вказано і ми беремо її у межах відповідних допусків на оброблювані розміри.

Зокрема, за точністю форми обговорюємо відхилення від циліндричності отворів, допуск якої для нормальної відносної геометричної точності А [2] дорівнює 30% від допуску на діаметр отворів, тобто:

$$T_{O \varnothing 4,95} = 0,3 \cdot 120 = 36 \text{ мкм,}$$

$$T_{O \varnothing 6,4} = 0,3 \cdot 150 = 45 \text{ мкм,}$$

$$T_{O \varnothing 8,5} = 0,3 \cdot 150 = 45 \text{ мкм,}$$

$$T_{O \varnothing 10} = 0,3 \cdot 150 = 45 \text{ мкм,}$$

$$T_{O \varnothing 12,5} = 0,3 \cdot 180 = 54 \text{ мкм,}$$

$$T_{O \varnothing 13,3} = 0,3 \cdot 180 = 54 \text{ мкм,}$$

що відповідає 10 і 11 ступеням точності з найближчими меншими стандартними допусками в 25 мкм, 40 мкм і 50 мкм згідно з [6] відповідно.

Для торцевих поверхонь по точності форми обговорюємо відхилення від площинності. Тут для нормальної відносної геометричної точності «А» допуск площинності складатиме 60% від допуску на відповідний розмір:

$$T_{\square 223,85} = 0,6 \cdot T_{223,85} = 0,6 \cdot 1060 = 636 \text{ мкм,}$$

$$T_{\square 854} = 0,6 \cdot T_{854} = 0,6 \cdot 1960 = 1176 \text{ мкм,}$$

									Арк.
									66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

що відповідає найближчим меншим стандартним допускам в 500 мкм за останнім 16-м ступенем точності [6].

За точністю взаємного розташування поверхонь отворів обговорюємо відхилення від співвісності осей отворів щодо зовнішніх діаметральні розмірів. Виходячи з нормальної відносної геометричної точності А [6] беремо допуск на відхилення співвісності в межах 60% від допуску на діаметр отворів:

$$T_{\odot \varnothing 4,95} = 0,6 \cdot 120 = 72 \text{ мкм},$$

$$T_{\odot \varnothing 6,4} = 0,6 \cdot 150 = 90 \text{ мкм},$$

$$T_{\odot \varnothing 8,5} = 0,6 \cdot 150 = 90 \text{ мкм},$$

$$T_{\odot \varnothing 10} = 0,6 \cdot 150 = 90 \text{ мкм},$$

$$T_{\odot \varnothing 12,5} = 0,6 \cdot 180 = 108 \text{ мкм},$$

$$T_{\odot \varnothing 13,3} = 0,6 \cdot 180 = 108 \text{ мкм},$$

що відповідає 10 ступеню точності з найближчими меншими стандартними допусками в 60 мкм і 80 мкм згідно з [6], відповідно.

Для торцевих поверхонь вала обговорюємо відхилення від перпендикулярності їх поверхонь щодо осі заготовки. Виходячи з нормальної відносної геометричної точності А [6] беремо допуск на відхилення від перпендикулярності в межах 60% від допуску на лінійний розмір торців:

$$T_{\perp 223,85} = 0,6 \cdot T_{223,85} = 0,6 \cdot 1060 = 636 \text{ мкм},$$

$$T_{\perp 854} = 0,6 \cdot T_{854} = 0,6 \cdot 1960 = 1176 \text{ мкм},$$

що відповідає найближчим меншим стандартним допускам в 500 мкм і 800 мкм за останніми 15 і 16-й ступенями точності, відповідно [6].

Рівень шорсткості поверхонь отвору – 3,2 – 1,6 мкм Ra, а торцевих поверхонь – 6,3 мкм Ra.

									Арк.
									67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

На дану операцію заготовка надходить після заготовчої операції. Маса заготовки до даного моменту – 29,7 кг.

В цілому, у деталі є досить розвинені поверхні, які можна використовувати в якості базових поверхонь. При цьому, необхідно врахувати, що базування заготовки на даній операції буде здійснюватися по «чорним», ще не обробленим базовим поверхням. До таких поверхонь можна віднести зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 47 \pm 2$, а також внутрішній торець ступеня $\varnothing 89 \pm 3 / \varnothing 47 \pm 2$, виконуваного в лінійний розмір 230 ± 6 .

Уточнимо точності параметри поверхонь, які можуть бути базовими.

До даної операції, зазначені поверхні ще не є обробленими. Циліндричні поверхні виконані з допуском $T_{\varnothing 47} = 4,0$ мм, а лінійний розмір виконаний з допуском $T_{230} = 12,0$ мм.

Точність форми і взаємного розташування зазначених поверхонь після заготівельної операції не регламентовано, оскільки при таких великих допусках на діаметральні й лінійні розміри це не має сенсу.

Рівень шорсткості поверхонь заготовки становить 50 мкм Ra.

Попередній аналіз можливих схем базування заготовки на розточувальній операції (див. п. 6.2 цієї роботи) віддав перевагу схемам базування, наведеним на рисунках 6.1 (установ А) та 6.2 (установ Б). Тож для базування заготовки раціональним є використання в ролі технологічних баз двох зовнішніх циліндричних поверхонь $\varnothing 47 \pm 2$ й торця $\varnothing 89 \pm 3 / \varnothing 47 \pm 2$, виконано в лінійний розмір 230 ± 6 мм.

В результаті, за циліндричними поверхнями реалізується подвійна напрямна база, яка позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи: двох поступальних переміщень вздовж осі Y й Z і двох обертальних рухів навколо тих же осей, при горизонтальному розташуванні центральної осі заготовки (осі X). Останнього п'ятого ступеня свободи заготовка позбавляється по опорній базі – правому торцю центральної ступені. При цьому, обмежується поступальне переміщення заготовки

						Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

уздовж її центральної осі (осі X). В результаті вакантним залишається обертання заготовки навколо осі X.

При такій схемі базування, під час свердління центрових отворів можлива поява похибки базування у радіальному напрямку у зв'язку з розбіжністю їх осей з віссю зовнішньої (базової) поверхні «вала» (ексцентриситет). Величина цієї похибки за попередніми розрахунками (див. п. 6.2 цієї роботи) становить 2,8 мм.

Зазначена похибка базування впливає на нерівномірне розподілення припусків, заданих у радіальному напрямку. Однак, якщо для базування використовувати самоцентруючі призми, повернуті до того ж на 90°, то зазначеними похибками базування можна знехтувати.

На лінійні розміри заготовки похибка базування дорівнюють допуску на розмір, який з'єднує технологічну і вимірювальну бази, тобто:

$$\varepsilon_{6854} = T_{223,85} = 1,06 \text{ мм},$$

що є припустимим (див. п. 6.2 цієї роботи). Для розміру 223,85 мм похибка базування взагалі відсутня ($\varepsilon_{6223,85} = 0$).

В результаті можна зазначити, що параметри точності базових поверхонь, визначені вище, можна вважати співставними з параметрами точності оброблюваних поверхонь.

Як показує аналіз обраної схеми базування заготовки, на неї накладено 9 односторонніх зв'язків. Щоб система стала врівноваженою під час обробки, заготовку необхідно позбавити можливості переміщатися за координатами x' , ω_x , ω'_x [11].

Для визначення взаємного впливу поля сил «збурення» і поля сил «врівноваження» побудуємо графічну модель їх дії згідно з прийнятою схемою базування, див. рисунок 7.1.

									Арк.
									69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

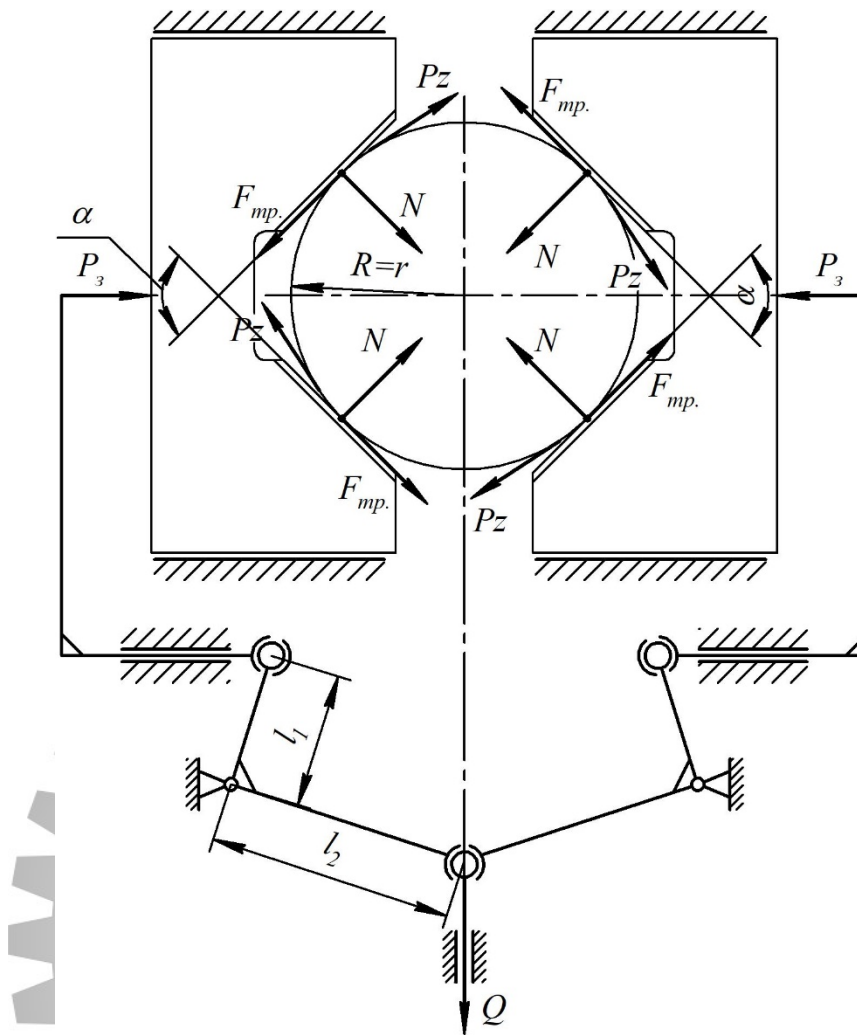


Рисунок 7.1 – Схема дії сил різання та сил закріплення

Величину зусилля закріплення визначимо з умови непровороту заготовки на опорних поверхнях призм від тангенціальної складової сили різання, яка визначається при фрезеруванні торців заготовки. При цьому повинна виконуватися умова:

$$M_{\text{тр}} \geq M_{\text{різ}},$$

або

$$M_{\text{тр}} = K_{\text{зап}} \cdot M_{\text{різ}},$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

де $M_{тр}$ – момент тертя, спричинений силами закріплення;

$M_{різ}$ – момент різання від сил різання;

$K_{зап}$ – коефіцієнт запасу.

Як видно з рисунка 7.1, недоліком прийнятого способу врівноваження є високий рівень енергетичних витрат на закріплення. Однак конструктивні особливості деталі є такими, що до даної операції у неї ще немає елементів, здатних компенсувати момент різання через дію відповідної реакції опори тощо. Тож додаток сил закріплення створює три відсутні до комплекту (12) зв'язки – z , ω_z , ω'_z .

Недоліком такої схеми є значний енергетичний рівень, оскільки урівноваження здійснюється непрямим методом – силами тертя. Однак цей недолік компенсується простотою силоутворюючого механізму – самоцентруючих призм з гідравлічним приводом.

Момент тертя визначається за формулою:

$$M_{тр} = F_{тр} \cdot r,$$

де $F_{тр}$ – сила тертя від сил закріплення;

r – радіус прикладення сил закріплення.

У свою чергу силу тертя можна визначити за формулою:

$$F_{тр} = N \cdot f,$$

де N – нормальна складова сили закріплення;

f – коефіцієнт тертя;

$$N = P_3 \cdot \sin(\alpha/2),$$

де P_3 – сила закріплення;

α – кут призми.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

В результаті момент тертя дорівнюватиме:

$$M_{\text{тр}} = P_z \cdot r \cdot f \cdot \sin(\alpha/2).$$

З іншого боку момент різання дорівнюватиме:

$$M_{\text{різ}} = P_z \cdot R,$$

де P_z – тангенціальна складова сили різання при фрезеруванні торців заготовки;
 R – радіус прикладення сили різання, мм.

Виходячи з цього рівняння для визначення сили закріплення матиме такий вираз:

$$P_z = \frac{K_{\text{зап}} \cdot P_z \cdot R}{r \cdot f \cdot \sin(\alpha / 2)}$$

Коефіцієнт запасу визначимо за формулою [7]:

$$K_{\text{зап}} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

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

$K_1 = 1,6$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання за наявності випадкових нерівностей на оброблюваній поверхні (для чорнового етапу оброблення);

$K_2 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при затупленні ріжучого інструмента;

$K_3 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує переривчастість процесу різання (для торцевого фрезерування);

									Арк.
									72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує постійність сил закріплення за умови використання ручного механізму закріплення;

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує зручність використання ручних механізмів закріплення;

$K_6 = 1,5$ – коефіцієнт, що враховує моменти, які намагаються повернути заготовку на постійних опорах.

В результаті маємо:

$$K_{\text{зап}} = 1,5 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 5,2.$$

За попередніми розрахунками тангенціальна складова сили фрезерування становить $P_z = 3975,4$ Н.

Радіуси прикладення сил закріплення (тертя) та різання становлять: $r = R = 23,5$ мм (див. рисунки 1.1 й 7.1). Коефіцієнт тертя $f = 0,3$ [7]. Кіт призми $\alpha = 90^\circ$.

В результаті сила закріплення становить:

$$P_3 = \frac{5,2 \cdot 3975,4 \cdot 23,5}{23,5 \cdot 0,3 \cdot \sin(90^\circ / 2)} = 97052 \text{ Н.}$$

Сумарне зусилля на штоках гідроциліндрів (в пристрої передбачено два гідроциліндри) визначаємо з рівняння, див. рисунок 7.1:

$$Q_\Sigma = P_3 \cdot l_1 / l_2,$$

де l_1, l_2 – плечі важеля передаточного пристрою лещат.

Якщо $l_1 = l_2 = 40$ мм, маємо:

$$Q_\Sigma = 97052 \cdot 40/40 = 97052 \text{ Н.}$$

									Арк.
									73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

У свою чергу сила на штоку одного гідроциліндра становитиме:

$$Q = Q_{\Sigma} / 2 = 97052 / 2 = 48526 \text{ Н.}$$

Визначимо діаметр гідроциліндра приводу за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot \left(\frac{Q}{\eta} + n \cdot T_k \right)}{\pi \cdot p} + d^2},$$

де T_k – сила тертя ущільнювальної манжети поршня або штока. Беремо $T_k = 1,5$ кгс [12];

η – коефіцієнт корисної дії гідроприводу. Беремо $\eta = 0,8$;

n – кількість ущільнювальних манжет на поршні й штоку. Беремо $n = 3$;

p – тиск в гідросистемі. Беремо $p = 150$ кгс/см² (15 МПа);

d – діаметр штока гідроциліндра. Беремо $d = 3$ см.

В результаті маємо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot \left(\frac{4852,6}{0,8} + 3 \cdot 1,5 \right)}{\pi \cdot 150} + 3^2} = 7,78 \text{ см.}$$

Беремо найближчий більший діаметр гідравлічного циліндра зі стандартного ряду: $D = 80$ мм [7]. У цьому випадку зусилля на штоку гідроциліндра дорівнює: $Q^* = 51774$ Н.

Тепер виконаємо розрахунки пристосування на точність.

До розрахункових параметрів, які в більшій мірі вплинуть на досягнення заданих допусків оброблюваної заготовки, буде відхилення від співвісності розташування осей призм. Цей параметр є однорідним з похибкою, обумовленою в

						Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деталі на взаємне розташування поверхонь, а саме – допуском на відхилення від співвісності осей центрових отворів щодо зовнішніх циліндричних поверхонь заготовки. Зазначений найбільш жорсткий (менший) допуск дорівнює $T_{\odot} = 60$ мкм. Тоді допустиму похибку пристосування визначимо за формулою [11]:

$$E_{np} = T - K \sqrt{(K_1 \cdot E_{\delta})^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_{zn}^2 + E_n^2 + (K_2 \cdot \omega)^2},$$

де $K = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує можливі відхилення від закону нормального розподілу окремих елементів рівняння;

$K_1 = 0,8$ – для випадків, коли $E_{\delta} \neq 0$;

E_{δ} – похибка базування, за умови базування заготовки в самоцентруючих призматичних губках $E_{\delta} = 0$;

E_3 – похибка закріплення заготовки, в нашому випадку $E_3 = 0$;

E_y – похибка установки лещат на столі верстата, беремо $E_y = 10$ мкм;

E_{zn} – похибка від зношення установчих елементів пристрою. За умови рівномірного зношення установчих елементів пристрою беремо $E_{zn} = 0$;

E_n – похибка установки й прекосу ріжучого інструмента на верстаті. Беремо $E_n = 0$;

$K_2 = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує ймовірність виникнення похибки оброблення;

ω – середня економічна точність обробки поверхонь заготовки. Беремо $\omega = 50$ мкм.

В результаті маємо:

$$E_{np} = 60 - 1,2 \sqrt{0^2 + 0^2 + 10^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 50)^2} \approx 22 \text{ мкм.}$$

З урахуванням отриманих даних приймаємо загальний допуск на відхилення від співвісності осей призм у межах 20 мкм.

						Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опис пристрою і принципу його дії.

Спроекований пристрій складається з основи 10, по краях якої з протилежних сторін закріплено два корпуси 8 гідравлічних лещат. У свою чергу, основу 12 базуються в Т-подібних пазах на столі горизонтального розточувального верстата за допомогою двох призматичних шпонок 29, закріплених гвинтами 24. У верхній частині корпусів 8 встановлені направляючі планки 14, за якими назустріч один одному переміщаються губки 7 із закріпленими на них за допомогою штифтів 30 і гвинтів 26 призмами 15. В середині основи 12 по центрам закріплених корпусів 8 виконані два розточення під гідроциліндри пристосування, закриті знизу кришками 10. У гідроциліндрах на $\varnothing 80$ встановлені поршні 1 з штоками, які, в свою чергу, з'єднані з рухомими важелями 17 і 18 приводу лещат, що гойдаються на осях 13. Верхні (протилежні) вилко-подібні кінці кутових важелів 17 і 18 входять в кільцеві пази регулювальних (приводних) гвинтів 3 і 4 пристосування. Ці гвинти 3 і 4 розташовуються у верхній частині корпусів 8 навпроти один одного з лівою і правою різьми, забезпечуючи в процесі роботи синхронне розведення (самоцентрування) губок 7 з призмами 15. Гвинти 3 і 4 закриті з торців корпусів 8 кришками 11. У свою чергу, на гвинтах 3 і 4 встановлені гайки 6, з'єднані з рухомими губками 7 пристосування. На вільних кінцях гвинтів 3 і 4, що виходять за межі корпусів 8, виконані «квадрати» під ключ для попереднього регулювання («розведення-зведення») призм 15 при установці в пристосування різних за розмірами заготовок. У конструкції пристосування використовуються гідроциліндри двосторонньої дії.

Пристосування працює наступним чином.

Перед закріпленням заготовок пристосування попередньо вручну налаштовується за діаметральними розмірами базових поверхонь заготовок шляхом переміщення в необхідну бік гайок 6 з губками 7 і призмами 15 за рахунок обертання ключем гвинтів 3 і 4. Після цього в призми 15 з упором в один з її торців укладається оброблювана заготовка і включається подача масла до верхньої порожнини гідроциліндрів. Під впливом робочого середовища поршні 1 зі штоками

						Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переміщуються вниз, захоплюючи за собою важелі 17 і 18, які, повертаючись навколо осей 13, своїми верхніми кінцями зводять до центру корпусів 8 гвинти 3 і 4 з гайками 6, рухливими губками 7 і призмами 15. В наслідок цього відбувається закріплення оброблюваної заготовки.

Після обробки заготовки в зворотній послідовності відбувається її розкріплення. При цьому, краном управління (на кресленні пристосування не показаний) подача робочого середовища переадресується в нижню порожнину гідроциліндра, в результаті чого поршень 1 зі штоком і важелями 17 і 18 переміщуються вгору, розводячи своїми вилко-подібними частинами плечей гвинти 3 і 4 з гайками 6, губками 7 і призмами 15, звільняючи заготовку від закріплення.

Спроектвані лецата представляють собою універсальний безналагоджувальний верстатний пристрій, що дозволяє здійснювати закріплення заготовок з різними діаметрами циліндричних базових поверхонь.



									Арк.
									77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ВИСНОВКИ

На основі виконаної роботи можна зробити такі висновки.

1. Виконаний аналіз службового призначення машини, вузла, деталі «вал 1022.01.00.012», виконаний аналіз технічних вимог, що пред'являються до конструкції деталі.
2. Визначено тип виробництва – дрібносерійний, обрана організаційна форма робіт – групова.
3. Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі: в цілому конструкція деталі є технологічною.
4. За допомогою техніко-економічного обґрунтування визначено раціональний метод отримання заготовки: поковка вільним куванням на молотах. Табличним методом згідно з ГОСТ 7829-70 визначені припуски, допуски і розміри заготовки. Припуски і допуски на оброблення циліндричної поверхні деталі діаметром 60h6 уточнені шляхом розрахунку за методом проф. В. М. Кована.
5. Виконаний аналіз базового технологічного процесу механічної обробки «вала 1022.01.00.012» з детальним аналізом розточувальної з ЧПК та токарної з ЧПК операцій (виконаний аналіз пропонованих схем базування і закріплення заготовки, вибір обладнання та технологічної оснастки, режимів різання та технічних норм часу).
6. В конструкторській частині спроектовано спеціальний верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки на операції розточувальній з ЧПК: лещата з гідравлічним приводом.
7. На картах КТП виконано маршрутно-операційний опис технологічного процесу механічної обробки деталі «вал 1022.01.00.012» з ескізами на аналізовані операції.
8. В додатку Д цієї роботи розглянуто питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

						Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Андерс, А. А. Проектирование заводов и механосборочных цехов в автотракторной промышленности: учеб. пос. / А. А. Андерс, Н. М. Потапов, А. В. Шулешкин. – М.: Машиностроение, 1982. – 271 с.
2. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пос. / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – 5-е изд., стереотип. Перепечатка с 4-го издания 1983 г. – М.: Альянс, 2007. – 256 с.
3. Маталин, А. А. Технология машиностроения: учебник / А. А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
4. Захаркін, О. У. Технологічні основи машинобудування: навч. посіб. / О. У. Захаркін. – Суми: СумДУ, 2004. – 98 с.
5. ГОСТ 7829-70 Поковки из углеродистой и легированной стали, изготовляемые ковкой на молотах. Припуски и допуски. – М.: ИПК Из-во стандартов, 1998. – 28 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя: справочник. В 2-х т. Т. 1 / Под ред.: А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя: справочник. В 2-х т. Т. 2 / Под ред.: А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
8. Кузнецов, Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ: справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
9. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 421с.

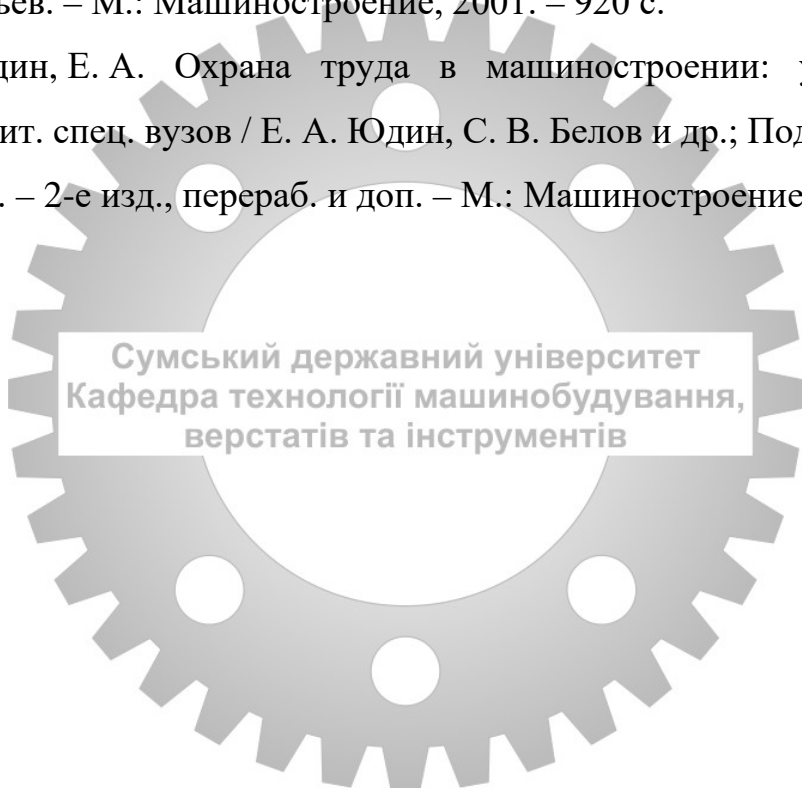
						Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – М.: Машиностроение, 1974. – Ч. 1, Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, долбежные и фрезерные станки. – 416 с.

11. Кушніров, П. В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технологічна оснастка»: для студ. за напрямом підготовки 6.050502 – «Інженерна механіка» денної та заочної форм навчання. Ч. 1 / П. В. Кушніров. – Суми : СумДУ, 2009. – 52 с.

12. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т. 1 / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.

13. Юдин, Е. А. Охрана труда в машиностроении: учебник для студ. машиностроит. спец. вузов / Е. А. Юдин, С. В. Белов и др.; Под ред. Е. А. Юдина и С. В. Белова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 438 с.



								Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				80