

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

КОРПУСУ 43.42.61.028.20.14.001

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
Бакалаврська кваліфікаційна робота
Напрямок підготовки – 6.050502 «Інженерна механіка»
(Технології машинобудування)

Студент

А. В. Крапивний

Керівник

С. С. Ємельяненко

Нормоконтроль

Ю. О. Денисенко

РЕФЕРАТ

Записка: 60 с., 6 рисунків, 8 таблиць, 12 джерел.

Об'єкт розробки: корпус 43.42.61.028.20.14.001 установки компресорної ВВ-50/8 УЗ.

Мета роботи: вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу 43.42.61.028.20.14.001.

В роботі виконано аналіз вхідних даних для проектування технологічного процесу виготовлення корпусу 43.42.61.028.20.14.001. При цьому, зокрема, виконаний аналіз службового призначення установки компресорної, вузла «регулятора температури», і власне деталі «корпус», аналіз технічних вимог, що пред'являють до конструкції деталі. Розрахунково-аналітичним методом визначено тип виробництва, виробничу партію, обрано форму організації робіт. Виконано якісний аналіз технологічності конструкції деталі. Обрано раціональний спосіб отримання вихідної заготовки.

Виконано аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі на прикладі токарної з ЧПК та комплексної на обробних центрах з ЧПК операцій. При цьому виконано обґрунтування вибору раціональних схем базування заготовки, моделей верстатів, технологічної оснастки, режимів різання та норм часу. Технологічний процес виготовлення деталі оформлений на картах КТП як комплект технологічної документації.

Спроектовано спеціальну конструкцію верстатного пристрою для базування та закріплення заготовки на операції комплексній на обробних центрах з ЧПК.

УСТАНОВКА КОМПРЕСОРНА, КОРПУС, ПОКОВКА, ТОЧІННЯ, СВЕРДЛІННЯ.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	5
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	10
3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт	14
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	19
5 Визначення способу отримання вихідної заготовки та розробка технічних вимог до неї.....	21
6 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі	24
6.1 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання	24
6.2 Аналіз схеми базування та закріплення заготовки.....	26
6.3 Обґрунтування вибору металорізального устаткування.....	32
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, ріжучого та контроль-вимірювального інструменту.....	35
6.5 Визначення режимів різання.....	38
6.6 Технічне нормування операції.....	47
7 Проектування верстатного пристрою	50
Висновки	58
Перелік джерел посилань	59
Додаток А Робоче креслення деталі «корпус 43.42.61.028.20.14.001»	61
Додаток Б Складальне креслення вузла «регулятор температури».....	63
Додаток В Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання	65
Додаток Г Пристрій верстатний спеціальний. Специфікація.....	66
Додаток Д Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	69

<i>ТМЗ 15190086-00.ПЗ</i>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		<i>Крапивний</i>		
Перевір.		<i>Ємельяненко</i>		
Н. контр.		<i>Денисенко</i>		
Затв.		<i>Залого</i>		
<i>Проектування технологічного процесу виготовлення корпусу 43.42.61.028.20.14.001</i>				
		Літ.	Аркуш	Аркушів
		3	60	60
<i>СумДУ</i>				

ВСТУП

Установка компресорна ВВ-50/8 УЗ з гвинтовим компресором і приводом від двигуна продуктивністю 50 м³/хв і кінцевим тиском 8 кгс/см² призначена для постачання стисненим повітрям пневматичних машин і механізмів в підземних виробках шахт, стовбурах і надшахтних будівлях.

Об'єкт розробки: корпус 43.42.61.028.20.14.001 установки компресорної ВВ-50/8 УЗ.

Мета роботи: вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу 43.42.61.028.20.14.001.

В роботі виконано аналіз вхідних даних для проектування технологічного процесу виготовлення корпусу 43.42.61.028.20.14.001. При цьому, зокрема, виконаний аналіз службового призначення установки компресорної, вузла «регулятора температури», і власне деталі «корпус», аналіз технічних вимог, що пред'являють до конструкції деталі. Розрахунково-аналітичним методом визначено тип виробництва, виробничу партію, обрано форму організації робіт. Виконано якісний аналіз технологічності конструкції деталі. Обрано раціональний спосіб отримання вихідної заготовки.

З метою вдосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення деталі планується виконати обґрунтування вибору раціональних схем базування заготовки, моделей верстатів, технологічної оснастки, режимів різання та норм часу для аналізованих операцій.

Для підвищення ефективності технологічної операції планується спроектувати спеціальну конструкцію верстатного пристрою для базування та закріплення заготовки.

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

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

Опис і робота. Установа компресорна ВВ-50/8 УЗ з гвинтовим компресором і приводом від двигуна продуктивністю 50 м³/хв і кінцевим тиском 8 кгс/см² призначена для постачання стисненим повітрям пневматичних машин і механізмів в підземних виробках шахт, стовбурах і надшахтних будівлях.

Вид кліматичного виконання – «УЗ» згідно з ГОСТ 15150-69, для роботи при:

- температурі навколишнього повітря від +10°C до +40°C;
- атмосферному тиску не менше 650 мм. рт. ст.;
- запиленості навколишнього середовища не більше 10 мг/м³;
- відносній вологості повітря до 98% при +25 °С.

Основні технічні характеристики установки ВВ-50/8 УЗ наведені у таблиці 1.1.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристик установки компресорної ВВ-50/8 УЗ

Найменування характеристик	Величина
Стислий газ	атмосферне повітря
Об'ємна продуктивність, приведена початкових умов всмоктування, м ³ /хв	50 – 3,5
Тиск початковий, номінальний, абсолютний, кгс/см ²	1,033
Тиск кінцевий, абсолютний, кгс/см ²	8,0
Температура повітря кінцева, °С	60
Витрата масла, г/год, не більше	50
Потужність споживана, кВт, не більше	300
Маса в об'ємі поставки, кг, не більше	10000
Габаритні розміри, мм:	
а) агрегату компресорного:	
- довжина	5200
- ширина	1100
- висота	2000

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

Продовження таблиці 1.1

Найменування характеристик	Величина
б) блока охолодження масла й газу:	
- довжина	1500
- ширина	1800
- висота	1700
Охолодження масла й газу	повітряне
Режим роботи	цілодобовий
Регулювання продуктивності, м ³ /хв	від 30 до 50

Будова й робота.

Установка являє собою стаціонарну компресорну установку загального призначення, де в якості машини стиснення газу застосований гвинтовий маслозаповнений компресор В якості приводу компресора використовується асинхронний 3-х фазний електродвигун. Для відділення масла від повітря застосований масловіддільник, а для охолодження стисненого газу і масла застосовується блок охолодження.

Отримання стисненого газу на працюючій установці проводиться таким чином: атмосферне повітря, очищене у фільтрі очищення газу надходить до компресору, де стискається до заданих параметрів й одночасно змішується маслом, яке впорскується в компресор. Масло, змішуючись з повітрям, відбирає основне тепло, що виділяється при стисненні, ущільнює зазори між роторами і корпусом, змащує поверхні тертя гвинтів.

Стисла маслоповітряна суміш по нагнітальному патрубку через зворотний клапан надходить до масловіддільника, де відбувається основне (до 98%) відділення масла від повітря. Далі повітря проходить через фільтр, вбудований в масловіддільник, остаточно очищається від парів масла, і потім через клапан підтримки тиску надходить на блок охолодження масла і газу, охолоджується навколишнім повітрям, просасується вентилятором через модуль охолодження масла і газу й далі надходить до споживача.

Масло, відсепароване в масловіддільнику й очищене фільтрами

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

повертається в компресор через блок охолодження масла і газу, охолоджуючись навколишнім повітрям, просасується вентилятором через модуль охолоджувача масла.

Масло, що накопичилося у фільтруючому елементі масловіддільника, безперервно відводиться на лінію всмоктування компресора. З метою регулювання відведення масла на лінії вбудований жиклер.

Призначення деталі. Ескіз деталі представлений на рисунку 1.1 (креслення деталі наведено у додатку А цієї роботи).

Корпус регулятора температури призначений для установки в ньому деталей, які складають вузол. Робоче середовище – масло, при надлишковому тиску в 7 кгс/см^2 , при робочій температурі не більше $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Класифікація поверхонь деталі за функціональним призначенням. Ескіз деталі з позначенням поверхонь наведено на рисунку 1.1.

До основних конструкторських баз (ОКБ) відноситься поверхня 10. Ця поверхня визначає положення деталі у виробі, є установчою базою і позбавляє деталь 3-х ступенів свободи (поступального переміщення уздовж осі Z і обертань навколо осей X і Y). Крім того, в базуванні розглянутої деталі беруть участь різьбові отвори 9 (див. рисунок 1.1). Так, одне з 4-х отворів M16-7H визначає подвійну опорну базу і позбавляє деталь 2-х ступенів свободи – двох поступальних переміщень щодо осей X і Y. Отвір M16-7H, розташований по діагоналі до раніше зазначеного отвору, визначає опорну базу і позбавляє деталь останнього 6-го ступеня свободи – обертання щодо осі Z. Таким чином корпус у виробі позбавлений усіх 6-ти можливих ступенів свободи.

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

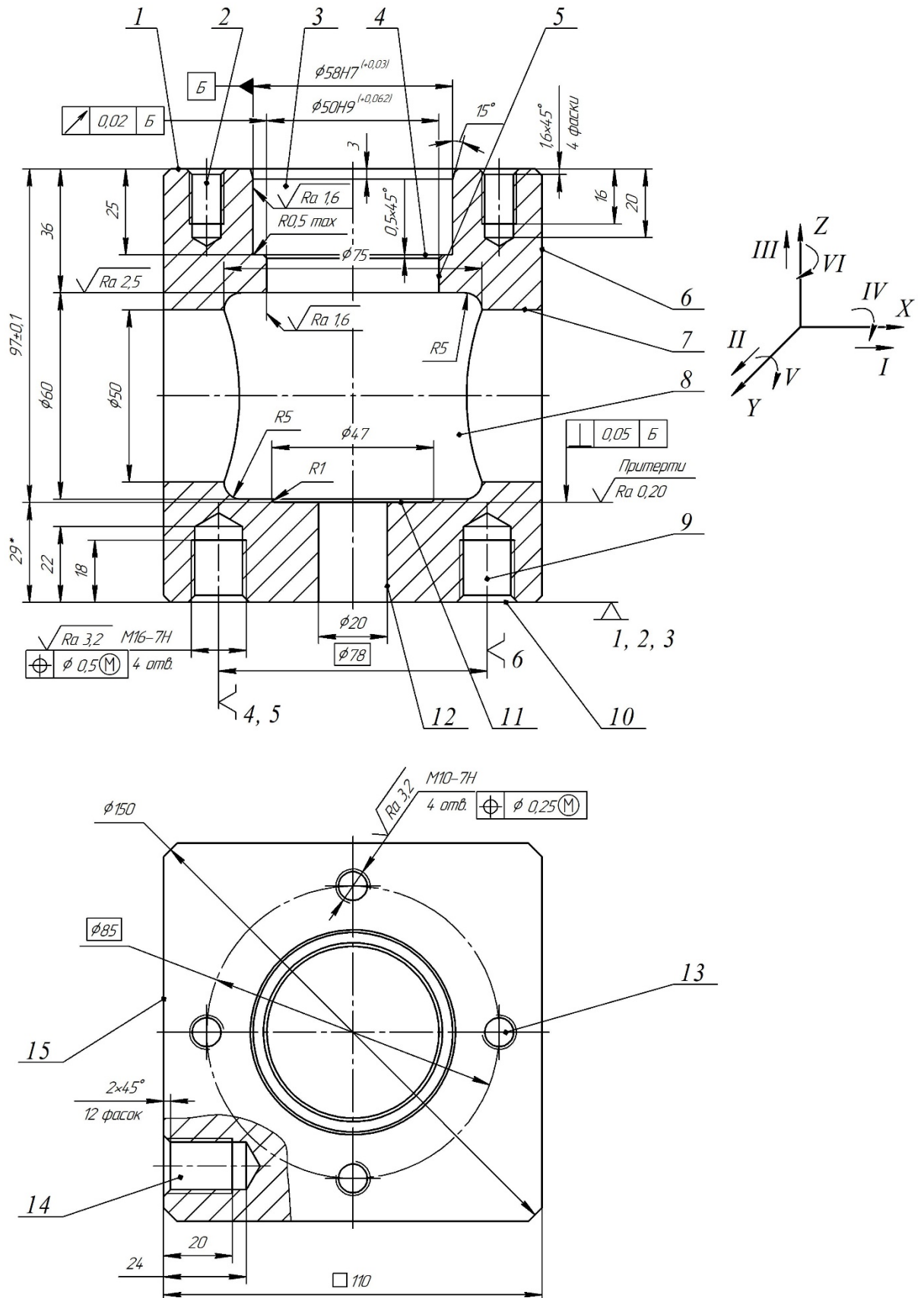


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі

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

До допоміжних конструкторських баз можна віднести поверхні 1, 2, 3 (базування кришки поз. 5, див. додаток Б цієї роботи: поверхня 1 – установча база (УБ), 2 – опорна база (ОБ), 3 – подвійна опорна база (ПОБ)); 4, 5 (базування стакана поз. 2: поверхня 4 – УБ, 5 – ДОБ), 6, 14 (базування приєднувального фланця «з масловіддільника»: поверхня 6 – УБ, 2 із 4-х отворів 14 по діагоналі справа (різьбовий отвір на рисунку 1.1 справа не показано) – ДОБ й ОБ); 15, 14 (базування приєднувального фланця «на охолоджувач»: поверхня 15 – УБ, 2 із 4-х отворів 14 по діагоналі – ДОБ й ОБ).

До виконавчих поверхонь відносяться: порожнина 8 і циліндричні поверхні 7, 12, які слугують для забезпечення проходження масла. Крім того до виконавчих можна віднести поверхню 11, яка слугує опорою для п'яти 4 клапана.

Решта поверхонь не мають будь-якого функціонального призначення і є вільними.



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

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Робоче креслення деталі містить усі проєкції і розрізи, необхідні для однозначного і повного опису всіх її конструктивних елементів. Усі поверхні мають свої розміри.

Матеріал деталі – сталь 20 ГОСТ 1050-88, що є цілком обґрунтованим, досить поширеним і дешевим матеріалом. Замінниками сталі 20 можуть бути такі якісні сталі, як сталь 30, сталь 40 згідно з ГОСТ 1050-88. Основні технологічні та фізико-механічні властивості, хімічний склад сталі 20 наведені у таблиці 2.1.

До конструкції деталі пред'явлені такі технічні вимоги:

1. * Розмір для довідок. Пояснення – розмір, позначений символом * після числового значення, є розміром для довідок.

2. H14, h14, ±IT14/2. Пояснення: розміри з незазначеними граничними відхиленнями виконуються за 14 квалітетом точності. Зазвичай ця технічна вимога регламентує точність вільних поверхонь деталі, які не несуть суттєвого функціонального призначення, тож технічні вимоги щодо їх точності є досить низькими.

3. Провести гідравлічні випробування тиском 10 кгс/см² впродовж 10 хв. Утіки й потіння недопустимі. Пояснення: необхідно провести гідравлічні випробування деталі під тиском 10 кгс/см² впродовж 10 хв. При цьому не повинно виникати протікання рідини або потіння. Ця технічна вимога безпосередньо пов'язана зі службовим призначенням деталі. Корпус слугує не тільки для забезпечення відповідного взаємного розміщення інших деталей вузла, його внутрішня порожнина є частиною гідравлічної арматури, через яку проходить масло. Для підтримання внутрішнього тиску в системі витік масла є неприпустимим.

4. Покриття зовнішніх поверхонь крім приєднувальних – ґрунтовка ГФ-0119 червоно-коричнева ГОСТ 23343-78 У1. Пояснення: необхідно виконати малярське покриття зовнішніх поверхонь деталі зазначеним ґрунтом, крім приєднувальних

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

поверхонь. Ця технічна вимога забезпечуватиме захист деталі від корозії.

Усі вільні поверхні деталі, окрім необроблюваних, виконуються з полем допуску H14, h14, $\pm IT14/2$, шорсткість поверхонь – Ra = 6,3 мкм, що цілком відповідає їх службовому призначенню.

Таблиця 2.1 – Фізико-механічні й технологічні властивості, хімічний склад сталі 20 ГОСТ 1050-88

Найменування	Величина	Од. вим.	Контекст
Модуль зсуву	78000	МПа	
Модуль пружності нормальний	212000	МПа	
Відносне звуження	40	%	цементация 950 гр.С + гартування 820 гр.С (вода) + відгартування 190 гр.С (повітря)
Відносне звуження	50	%	нормалізована
Відносне подовження після розриву	20	%	нормалізована
Відносне подовження після розриву	16	%	цементация 950 гр.С + гартування 820 гр.С (вода) + відгартування 190 гр.С (повітря)
Густина	7859	кг/куб. м	
Межа міцності при розтягуванні	420	МПа	нормалізована
Межа міцності при розтягуванні	490	МПа	цементация 950 гр.С + гартування 820 гр.С (вода) + відгартування 190 гр.С (повітря)
Межа міцності при зрізанні	360	МПа	
Межа текучості	295	МПа	цементация 950 гр.С + гартування 820 гр.С (вода) + відгартування 190 гр.С (повітря)
Межа текучості	250	МПа	нормалізована
Зварюваність	Зварюється без обмежень		
Схильність до охрупчування відгартування	не схильна		
Вміст азоту (N)	0..0,008	%	
Вміст кремнію (Si)	0,17..0,37	%	
Вміст марганцю (Mn)	0,35..0,65	%	
Вміст міді (Cu)	0..0,3	%	
Вміст нікелю (Ni)	0..0,3	%	
Вміст сірки (S)	0..0,04	%	
Вміст вуглецю (C)	0,17..0,24	%	
Вміст фосфору (P)	0..0,035	%	
Вміст хрому (Cr)	0..0,25	%	
Твердість за Брінелем	156	НВ	нормалізована
Твердість за Роквелом	60	HRC	цементация 950 гр.С + гартування 820 гр.С (вода) + відгартування 190 гр.С (повітря)
Температура кування	1280..750	град.С	

Продовження таблиці 2.1

Найменування	Величина	Од. вим.	Контекст
Температурний коефіцієнт лінійного розширення	0,000111	1/град.С	20-100 град.С
Температурний коефіцієнт лінійного розширення	0,000121	1/град.С	20-200 град.С
Теплопровідність	49	Вт/м·град.С	200 град.С
Теплопровідність	51	Вт/м·град.С	100 град.С
Питома теплоємність	469	Дж/кг·град.С	100 град.С
Питома теплоємність	481	Дж/кг·град.С	200 град.С
Флокеночутливість	не чутлива		

Найбільш точними поверхнями деталі є 2 циліндричні розточення: $\varnothing 58H7$ (поверхня 3, див. рисунок 1.1) і $\varnothing 50H9$ (поверхня 5), що також повністю відповідає службовому призначенню зазначених поверхонь, яке полягає у базуванні приєднаних до розглянутого корпусу кришки 5 і склянки 2 (див. додаток А). Так, для забезпечення гарантованого і при цьому мінімально можливого зазору в посадці $\varnothing 58H7/g6$ (на кресленні вузла не показано, див. додаток А) між зовнішньою циліндричною поверхнею кришки 5 і отвором в корпусі вказаний отвір виконано за 7-м квалітетом розмірної точності з шорсткістю $Ra = 1,6$ мкм. Аналогічно, для забезпечення посадки з зазором $\varnothing 50H9/d9$ (на кресленні вузла не показано, див. додаток Б цієї роботи) між зовнішньою циліндричною поверхнею стакану 2 і отвором в корпусі розглянутий отвір виконується за 9-м квалітетом точності з шорсткістю $Ra = 1,6$ мкм, що в цілому є обґрунтованим, хоча розмірній точності за IT9 більше підходить шорсткість поверхні $Ra = 3,2$ мкм.

Аналіз креслення «регулятора температури» (див. додаток А) дозволив виявити необхідність у співвісному розташуванні кришки 5 і стакану 2, які встановлюють у відповідні співвісні отвори корпусу 1, а також стакану 3, який в свою чергу встановлюється за відповідними співвісними отворами у зазначених деталях. Таким чином, для забезпечення складання виробу та виконання ним свого службового призначення необхідно забезпечити співвісність центральних осей всіх перерахованих деталей. Ця вимога в необхідній мірі реалізується зазначенням для поверхні 5 корпусу (див. рисунок 1.1) допуску на радіальне биття $T_r = 20$ мкм

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

відносно бази Б (поверхня 3).

Поверхня 11 має вимогу щодо шорсткості $R_a = 0,2$ мкм із зазначенням способу досягнення шорсткості «притиранням». Ця вимога є обґрунтованою, тому що контакт клапана 4 з корпусом в цьому місці повинен забезпечити герметичність і повністю перекривати лінію «на перепуск» (отвір $\varnothing 25$). До цієї ж поверхні пред'явлений допуск перпендикулярності $T_{\perp} = 0,05$ мм відносно бази Б (поверхня 3). Цей допуск є обґрунтованим, тому що стакан 3, за яким пересувається клапан 4, базується за допомогою кришки 5 по базі Б, а, отже, дозволяє уникнути перекосу в приляганні клапана до цієї поверхні.

Різьбові отвори М10-7Н мають шорсткість $R_a = 3,2$ мкм, що для різьблення середнього класу точності є цілком обґрунтованою вимогою. До отворів пред'явлений залежний позиційний допуск 0,25 мм щодо розміру $\varnothing 85$, на якому вони розташовані. Ця вимога також є обґрунтованою, тому що забезпечує складання вузла при приєднанні до корпусу кришки 5.

Різьбові отвори М16-7Н мають шорсткість $R_a = 3,2$ мкм, що для різьблення середнього класу точності є обґрунтованою вимогою. І також пов'язані залежним позиційним допуском 0,5 мм щодо розміру $\varnothing 110$, на якому вони розташовані. Ця вимога також є обґрунтованою, тому що забезпечує складання вузла при приєднанні до корпусу фланців відповідних труб.

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

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ

Тип виробництва – це комплексна характеристика технологічних, організаційних та економічних особливостей машинобудівного виробництва, обумовлена його спеціалізацією, обсягом і сталістю номенклатури виготовлюваних виробів, а також формою руху виробів по робочих місцях [1, 2]. Для визначення типу виробництва скористаємося методикою, запропонованою в [3]. Ця методика передбачає визначення типу виробництва через розрахунок коефіцієнта закріплення операцій $K_{з.о}$, який, як відомо є кількісною характеристикою типу виробництва. Згідно з ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о}$, який показує відношення всіх різних операцій, виконуваних підрозділом продовж місяця, до числа робочих місць.

Відповідно до методики [3] визначимо необхідну кількість обладнання:

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

де $N_p = 500$ шт. – річний обсяг випуску виробів згідно з завданням;
 $T_{ум}$ – штучний час на виконання технологічної операції, хв;
 $F_{\delta} = 4029$ год. – дійсний річний фонд часу роботи устаткування;
 $\eta_{з.н} = 0,75$ – нормативний коефіцієнт завантаження устаткування (для дрібносерійного виробництва).

Існуючий технологічний процес виготовлення деталі передбачає 5 механічних операцій. Наведемо в таблиці 3.1 найменування цих операцій і відповідні їм норми штучного часу $T_{ум}$.

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

Таблиця 3.1 – Розрахунок $K_{з.о}$

№ операції	Найменування операції	$T_{шт, хв}$	m_p	P	$\eta_{з.ф}$	O
1	Поздовжньо-фрезерна	28,20	0,0778	1	0,0778	9,64
2	Пило-відрізна	12,20	0,0336	1	0,0336	22,29
3	Токарно-гвинторізна	16,40	0,0452	1	0,0452	16,58
4	Токарна з ЧПК	9,06	0,0250	1	0,0250	30,02
5	Горизонтально-розточувальна	48,20	0,1329	1	0,1329	5,64
Сума:				5		84,18

Визначимо кількість потрібного устаткування по операціях за формулою (3.1). Так, для першої (поздовжньо-фрезерної) операції маємо:

$$m_{p1} = \frac{500 \cdot 28,2}{60 \cdot 4029 \cdot 0,75} \approx 0,0778.$$

Округлюємо отриману величину у більший бік – P = 1 верстат (робоче місце).

Аналогічним чином розраховуємо кількість устаткування для інших операцій:

$$m_{p2} = \frac{500 \cdot 12,2}{60 \cdot 4029 \cdot 0,75} \approx 0,0336.$$

$$m_{p3} = \frac{500 \cdot 16,4}{60 \cdot 4029 \cdot 0,75} \approx 0,0452.$$

$$m_{p4} = \frac{500 \cdot 9,06}{60 \cdot 4029 \cdot 0,75} \approx 0,0250.$$

$$m_{p5} = \frac{500 \cdot 48,2}{60 \cdot 4029 \cdot 0,75} \approx 0,1329.$$

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

Як бачимо, для всіх технологічних операцій кількість потрібного устаткування не перевищує одиниці, тож кількість робочих місць для кожної з п'яти операцій дорівнюватиме одиниці.

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця для кожної операції існуючого технологічного процесу визначимо за формулою:

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

Для першої операції маємо:

$$\eta_{з.ф1} = \frac{0,0778}{1} = 0,0778.$$

Аналогічним чином розраховуємо фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця для інших операцій.

Кількість операцій, виконуваних на робочому місці визначимо за формулою:

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

Для першої операції маємо:

$$O_1 = \frac{0,75}{0,0778} = 9,64.$$

Аналогічним чином розраховуємо Кількість операцій, виконуваних на робочому місці для інших операцій.

Результати усіх розрахунків наведемо у таблиці 3.1.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Коефіцієнт закріплення операцій визначимо за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{84,18}{5} = 16,84.$$

Відповідно до [2] для коефіцієнта закріплення операцій, величина якого знаходиться у межах від 10 до 20 одиниць маємо середньосерійний тип виробництва.

Серійне виробництво є проміжним між одиничним і масовим типами виробництва. При серійному виробництві деталі виготовляють партіями, що складаються з однойменних, однотипних за конструкцією й однакових за розмірами виробів, що запускають у виробництво одночасно, та повторюються через певні відрізки часу [3]. Основним принципом цього типу виробництва є виготовлення всієї партії (серії) цілком як в обробленні деталей на верстатах, так і при складанні.

У серійному виробництві залежно від кількості виробів у серії, їх характеру і трудомісткості, частоти повторюваності серії продовж року розрізняють виробництво дрібносерійне, середньосерійне й великосерійне.

Номенклатура та обсяг випуску: незначна, з поступовим зменшенням номенклатури та збільшенням обсягу [4].

Устаткування: універсальне, верстати з ЧПК з поступовим підвищенням рівня автоматизації до півавтоматів.

Пристрої: універсальні, УСП, переналагоджувальні, та спеціальні.

Різальний інструмент: універсальний, спеціалізований.

Вимірювальний інструмент: універсальний, шкальний, граничні калібри.

Види вихідних заготовок: сортовий прокат, кування, литво.

Методи досягнення точності при механічній обробленні заготовок: метод автоматичного досягнення точності з використанням жорстких упорів, лімбів, верстатів з ЧПК, автоматів та ін.

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

Рівень кваліфікації основних робітників: вимоги поступово знижуються, але зростає вимога до кваліфікації робітників, що налагоджують обладнання (додаткові робітники).

Форма організації робіт – групова (з формуванням дільниці для виготовлення деталей, подібних за своїми конструктивно-технологічними ознаками).

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом за формулою [3]:

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

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

$$N_n = \frac{500 \cdot 24}{259} \approx 46,33.$$

Беремо $N_n = 47$ шт.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

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

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Чим більш технологічною є конструкція виробу, тим меншою є трудомісткість і собівартість його виготовлення.

Згідно з завданням виконаємо оцінку «корпусу» на предмет наявності нетехнологічних конструктивних елементів за якісними ознаками.

Перш за все слід зазначити компактність і жорсткість конструкції деталі. Дійсно, «корпус» має форму паралелепіпеда з двома перпендикулярними наскрізними ступінчастими отворами. Виступаючих частин деталь не має. Габарити деталі: 126 × 110 × 110 мм. Зазначені ознаки є технологічними.

Матеріал деталі – сталь 20 ГОСТ 1050-88 є досить поширеним і відносно дешевим. Має гарну оброблюваність різанням і пластичним деформуванням.

До нетехнологічних конструктивних елементів деталі можна віднести:

- ступінчастий отвір $\varnothing 58H7/\varnothing 50H9$ – пояснюється тим, що обробка такого отвору напрохід неможлива, що знижує продуктивність обробки деталі;
- досить висока розмірна точність отвору $\varnothing 50H7$ – вимагає застосування декількох етапів обробки (чорнове, півчистове, чистове розточування), що підвищує собівартість виготовлення деталі;
- наявність кишені $\varnothing 75$ в центральній частині деталі нетехнологічним, тому що її оброблення потребує застосування розточувального інструменту з досить великим вильотом державки, в даному випадку обробка поверхонь може супроводжуватися небажаними вібраціями;
- різні за діаметром різьбові отвори: 12 отворів M16-7H, 4 отвори M10-7H. Обробка різних за діаметром різьбових отворів потребує наявності різних за діаметром інструментів (свердла, зенківки, мітчики), їх зміна в процесі обробки деталі потребує додаткового допоміжного часу, що також знижує продуктивність обробки заготовки й підвищує її собівартість;
- розташування різьбових отворів регламентує позиційний допуск, забезпечення якого потребує застосування малопродуктивної операції


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

розмічування або спеціального оснащення у вигляді кондуктора. Вимогу щодо дотримання позиційного допуску також можна забезпечити використанням верстата з ЧПК з відповідною точністю позиціонування робочих органів. Всі перераховані заходи підвищують собівартість виготовлення деталі, тож є нетехнологічними ознаками;

- наявність наскрізного отвору $\varnothing 50$ розташованого перпендикулярно до центральної осі деталі також є нетехнологічним, тому що базування деталі в процесі обробки отвору потребують спеціальної наладки пристосування або додаткових заходів у вигляді вивіряння положення заготовки тощо;

- основу розточення $\varnothing 47$ необхідно притерти – процес притирання є малопродуктивним та нетехнологічним.

На підставі вищесказаного можна зробити висновок: конструкція деталі в цілому є технологічною. Обробка її поверхонь в умовах серійного виробництва не викликає особливих труднощів.



Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

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

5 ВИЗНАЧЕННЯ СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Відповідно до існуючого технологічного процесу заготовку «корпусу» отримують шляхом розрізання прокату дисковою пилкою. Прокат дозволяє з найменшими питомими витратами виготовляти вироби які або повністю відтворюють передбачений конструктором поперечний перетин деталі, або максимально наближаються до нього. Прокат має більш високі техніко-економічні показниками порівняно з іншими способами обробки металів з високою продуктивністю, низькою собівартістю і високим коефіцієнтом використання металу. Заготовки з прокату використовують при безпосередньому виготовленні з них деталей на металорізальних верстатах і для отримання поковок.

Для «корпусу» прокат є найбільш технологічним і дешевим способом виготовлення заготовки. Це обумовлюється тим, що конфігурація заготовки є досить простою (квадрат), що дає можливість підібрати прокат відповідного розміру, а також тим, що прокат – найбільш дешевий спосіб отримання заготовок.

Визначимо припуски на поверхні деталі.

Так як поверхня в розмір 110 мм має вимогу щодо шорсткості $Ra = 6,3$ мкм і підлягає обробці, то беремо для виготовлення заготовки прокат зі стороною квадрата 115 мм по ГОСТ 2591-88.

Для торців (розмір 126 мм), з огляду на можливий перекося при відрізанні, призначимо припуск на сторону, що дорівнює 2 мм.

На підтвердження раціональності вибору заготовки з прокату виконаємо порівняння собівартості заготовок за варіантами. Перший варіант – заготовка – квадратний прокат, другий варіант – заготовка – поковка, отримана штампуванням на кривошипно-горячештампувальному пресі (КГШП).

Розрахунок собівартості заготовок за варіантами виконаємо за методикою, наведеною у [3].

Так, собівартість поковки штампованої відповідно до [3] визначимо за

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

формулою

$$S_{\text{пок}} = \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} - (Q - g) \cdot \frac{S_{\text{вдх}}}{1000},$$

де C_i – базова собівартість 1 т заготовок, грн. Беремо $C_i = 18400$ грн/т;

Q – маса поковки. За попередніми розрахунками маса поковки становитиме 11,5 кг;

g – маса деталі. Згідно з кресленням деталі маса деталі становить 7,9 кг.

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$ – коефіцієнти, які залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу й об'єму виробництва заготовок. Беремо [3]: $k_T = 1,0, k_M = 1,0, k_C = 0,75, k_B = 0,8, k_{II} = 1,0$;

$S_{\text{вдх}}$ – ціна 1 т відходів. Беремо $S_{\text{вдх}} = 2400$ грн.

В результаті маємо:

$$S_{\text{пок}} = \frac{21400}{1000} \cdot 11,5 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 - (11,5 - 7,9) \cdot \frac{2400}{1000} = 139,02 \text{ грн.}$$

Собівартість заготовки з прокату визначимо за формулою

$$S_{\text{пр}} = M + \sum C_{\text{о.з}},$$

де M – витрати на матеріал заготовки, грн.;

$\sum C_{\text{о.з}}$ – технологічна собівартість операцій правки, калібрування прутків, розрізання їх на штучні заготовки, грн.

Витрати на матеріал визначають за масою прокату, що вимагається на виготовлення деталі, і масою відходів (стружки). При цьому слід враховувати стандартну довжину прутків і відходи в результаті неkratності довжини заготовок щодо стандартної довжині прокату:

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

$$M = QS - (Q - q) \frac{S_{\text{вдх}}}{1000},$$

де Q – маса заготовки, кг;
 S – ціна 1 кг заготовки, грн.;
 q – маса готової деталі, кг;
 $S_{\text{вдх}}$ – ціна 1 т відходів, грн.

Маса штучної заготовки 13,4 кг, стандартна довжина прокату – 6 м, ширина пропилю – 12 мм (при розпилюванні прокату на пиловідрізному верстаті), кількість штучних заготовок – 42 шт. (із розрахунку довжина штучної заготовки $126+2+2 = 130$ мм на 6 м прокату).

Прокат довжиною 6 м перетином 115×115 мм при густині матеріалу $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$ складає $Q = 618,93$ кг. Маса відходів з урахуванням стружки від штучної заготовки, стружки від розпилювання й залишку від прутка складає 286,704 кг. При $S = 9,6$ грн., $S_{\text{вдх}} = 2400$ грн. маємо:

$$M = 618,93 \cdot 9,6 - 286,704 \frac{2400}{1000} = 5254 \text{ грн.}$$

Поділивши суму 5254 грн на 42 отримуємо вартість штучної заготовки прокату – 125,087 грн.

З урахуванням вартості розпилювання прокату – 1,64 грн й вартості додаткової обробки прокату порівняно з поковкою штампованою – 8,84 грн, маємо вартість штучної заготовки з прокату – 135,57 грн, що є меншим за собівартість поковки: $135,57 \text{ грн} < 139,02 \text{ грн}$.

Обираємо спосіб отримання заготовки – прокат гарячекатаний.

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

6 АНАЛІЗ БАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

6.1 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання

Згідно з завданням виконаємо розрахунок міжопераційних припусків, допусків й розмірів на оброблення циліндричного отвору діаметром 58H7 за розрахунково-аналітичною методикою проф. В. М. Кована [3].

В основі цієї методики, як відомо, знаходиться поняття мінімального припуску, величину якого можна розрахувати за формулою

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

де $R_{z_{i-1}}$ – шорсткість поверхні, утворена на попередньому переході;
 H_{i-1} – величина дефектного шару, утвореного на попередньому переході;
 ε_{y_i} – похибка установки заготовки на поточному переході;
 ρ_{i-1} – величина просторових відхилень, утворених на попередньому переході.

Отвір діаметром 58H7 оброблюють на 4-х переходах:

- свердління (розсвердлювання);
- чорнове розточування;
- півчистове розточування;
- чистове розточування.

Переходи свердління й чорнове розточування, а також півчистове й чистове розточування виконують попарно за один установ заготовки на одній операції.

Величини складових рівняння (6.1) для зазначених переходів оброблення отвору визначимо згідно з [3]. Так, свердління характеризується параметрами: $R_z = 40$ мкм, $H = 60$ мкм. Щодо просторових відхилень свердління характеризується зміщенням свердла в розмірі $\rho = C_o = 25$ мкм [3]. Похибка базування заготовки в радіальному напрямку при установці в самоцентруючому

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

патроні дорівнює нулю, похибка закріплення заготовки в радіальному напрямку при установці заготовки за попередньо обробленими поверхнями становить 120 мкм [3].

Чорнове розточування: $R_z = 50$ мкм, $H = 50$ мкм. Величину просторових відхилень визначимо за формулою

$$\rho = 0,06 \cdot \rho_{вих},$$

де 0,06 – коефіцієнт уточнення (для чорнового оброблення);

$$\rho_{вих} = C_o = 25 \text{ мкм.}$$

Маємо

$$\rho = 0,06 \cdot 25 = 1,5 \text{ мкм.}$$

Похибки базування та закріплення заготовки становитимуть $E_\delta = 0$, $E_z = 0$.

Півчистове розточування: $R_z = 30$ мкм, $H = 30$ мкм. Просторові відхилення:

$$\rho = 0,05 \cdot \rho_{вих} = 1,25 \text{ мкм.}$$

Похибки базування та закріплення заготовки становитимуть $E_\delta = 0$, $E_z = 120$ мкм.

Чистове розточування: $E_\delta = 0$, $E_z = 0$.

Розрахунок міжопераційних припусків, допусків та розмірів виконаємо на ЕОМ в програмі «Припуск», розробленої співробітниками кафедри ТМВІ СумДУ. Результати розрахунку наведені в додатку В цієї роботи.

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

6.2 Аналіз схеми базування та закріплення заготовки

Для аналізу згідно з завданням виберемо операцію токарно-гвинторізну існуючого технологічного процесу виготовлення «корпусу». На цій операції здійснюється півчистове та чистове розточування ступінчастого центрального отвору $\varnothing 58H7$, $\varnothing 50H9$ з підрізанням правого торця заготовки в розмір $126h12$.

На цій операції заготовку можна базувати декількома способами, але найбільш прийнятними є два. Перший варіант схеми базування заготовки наведемо на рисунку 6.1.

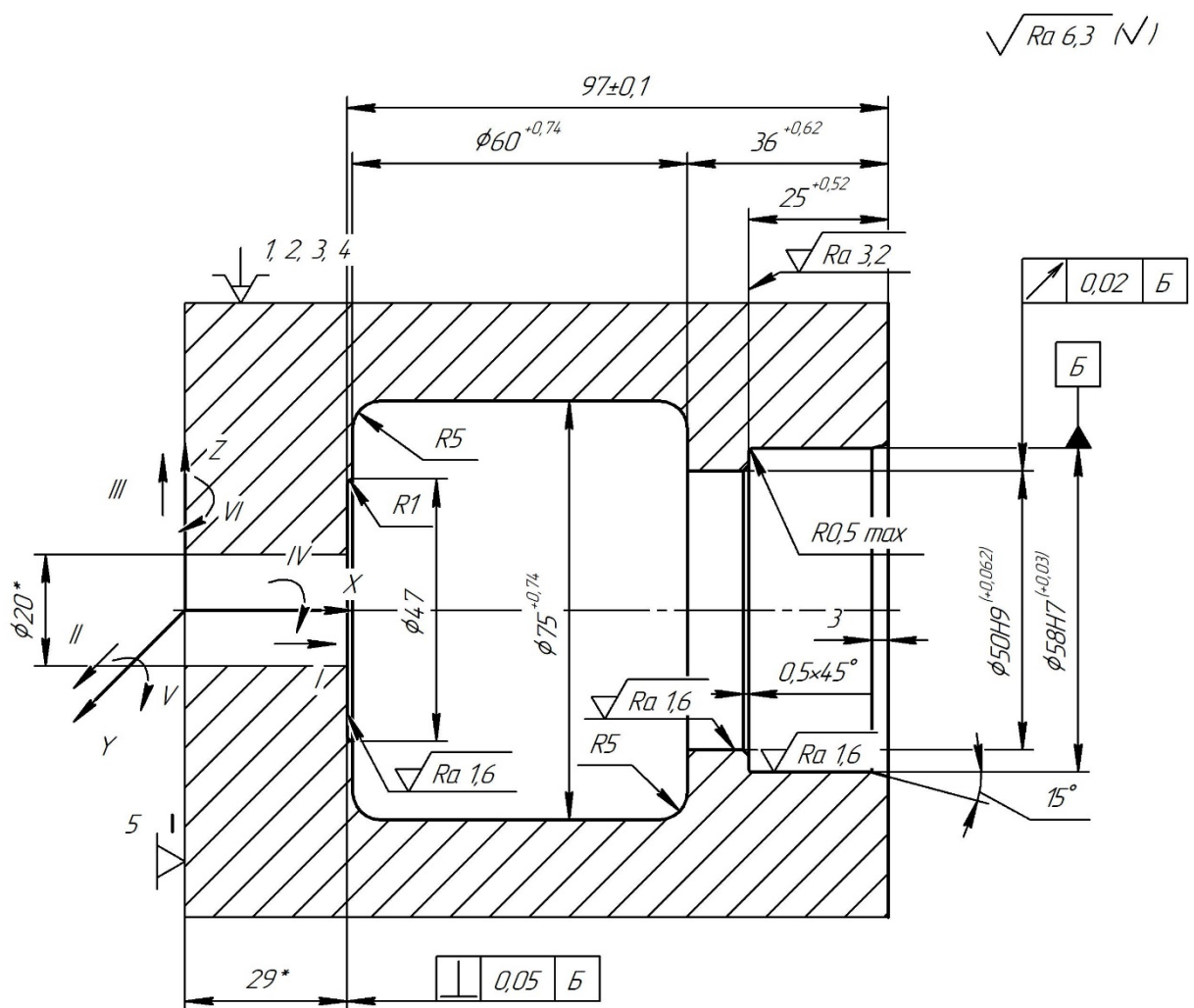


Рисунок 6.1 – Схема базування й закріплення заготовки на операції 030 токарно-гвинторізній

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

При використанні даного способу базування заготовку закріплюють в 2-х кулачковому патроні з довгими призматичними кулачками. При цьому реалізуються 2 технологічні бази: подвійна напрямна й опорна. Подвійна напрямна база виникає по гранях заготовки й позбавляє її чотирьох ступенів вільності (двох поступальних переміщень щодо осей Z, Y і двох обертальних переміщень щодо осей Z, Y). Опорна база має місце на лівому торці деталі і позбавляє її одного ступеня вільності – поступального переміщення щодо осі X. Таким чином, заготовку позбавлено п'яти ступенів вільності. Вакантною залишається остання 6-та ступінь вільності – обертання навколо осі X.

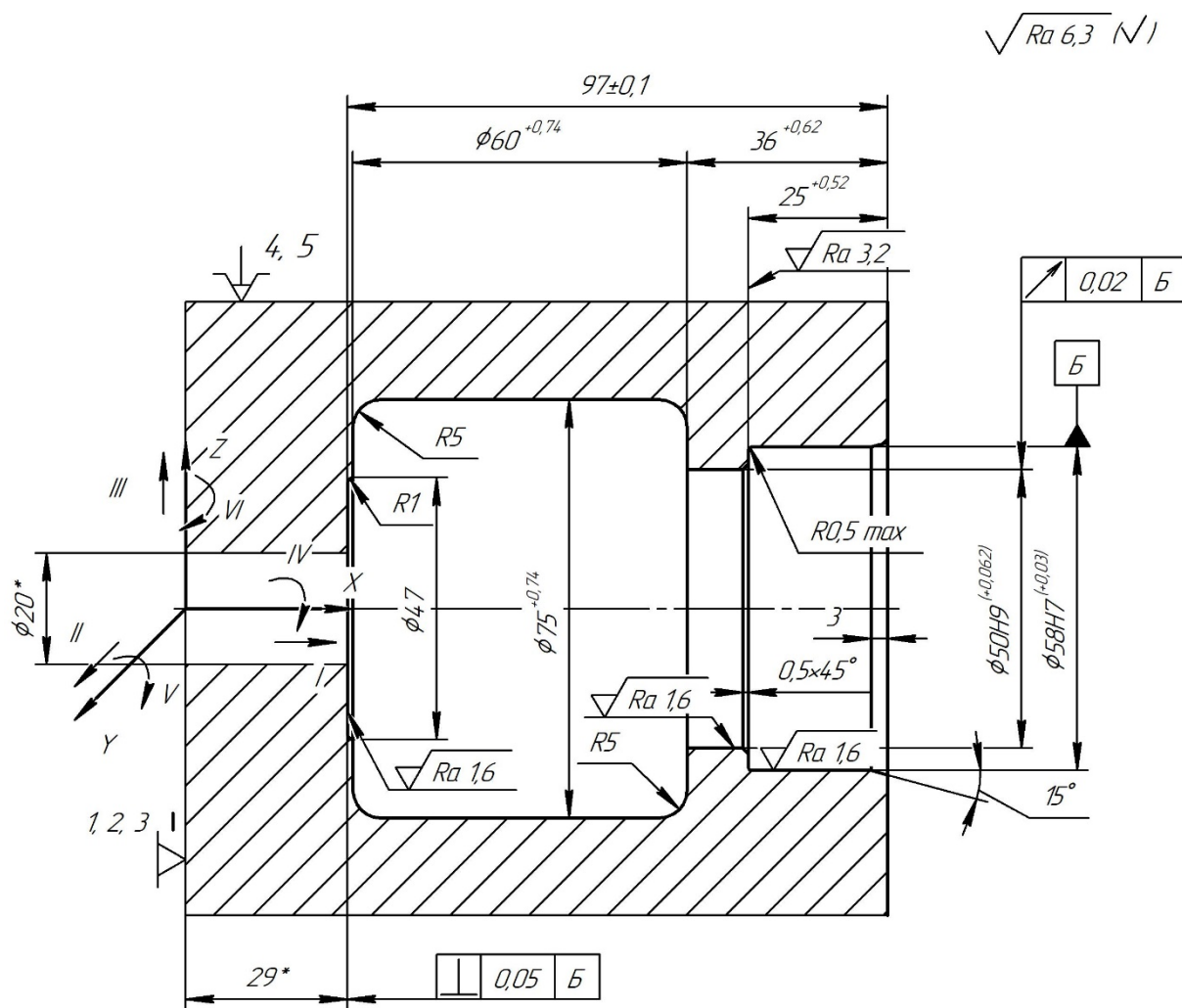


Рисунок 6.2 – Альтернативна схема базування й закріплення заготовки на операції 030 токарно-гвинторізній

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

Альтернативний варіант схеми базування заготовки зображений на рисунку 6.2. При використанні даного способу базування деталей закріплюють в 2-х кулачковому патроні з короткими призматичними кулачками. При цьому мають місце 2 технологічні бази: установча й подвійна опорна. Установча база має місце на лівому торці заготовки й позбавляє її трьох ступенів вільності (поступального переміщення щодо осі X і двох обертальних переміщень щодо осей Z і Y). Подвійна опорна база позбавляє заготовку двох ступенів вільності – поступальних переміщень щодо осей Z і Y. Таким чином, заготовку позбавлено п'яти ступенів вільності. За аналогією до раніше розглянутої схеми базування вакантною залишається остання 6-та ступінь вільності – обертання навколо осі X.

При реалізації обох схем базування в якості технологічних баз використовуються одні й ті ж поверхні. Для всіх розмірів похибка базування в обох випадках дорівнює нулю, тому що вимірювальна і технологічна бази збігаються.

Перша схема базування заготовки (див. рисунок 6.1) є більш прийнятною, тому що при її реалізації дотримуються принципи постійності баз (на попередній токарній операції 020 використовується подібна схема базування, при цьому витримується співвісність просвердленого раніше отвору з оброблюваними на даній операції внутрішніми циліндричними поверхнями).

На операції 040 горизонтально-розточувальній виконують обробку отвору $\varnothing 50$, розташованого перпендикулярно до центральної осі деталі. Відповідно до креслення деталі отвір $\varnothing 50$ виконують за 14 квалітетом точності. Однак, у зв'язку з тим, що даний отвір передбачається використовувати в якості технологічної бази на наступній технологічній операції для обробки різьбових отворів M10-7H і M16-7H, пропонується підвищити його розмірну точність до 10 квалітету ($\varnothing 50H10$).

При обробці отвору $\varnothing 50H10$ пропонується використовувати горизонтальний розточувальний верстат, тобто заготовка буде розташована в пристосуванні на поворотному столі вертикально, а вісь оброблюваного отвору буде розташована горизонтально. Таке розташування заготовки дозволить вести обробку отвору на 2-х позиціях з поворотом столу на 180° . В якості технологічних баз при обробці

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

отвору $\varnothing 50H10$ слід використовувати ступінчастий отвір $\varnothing 58H7/\varnothing 50H9$ й прилеглий до нього торець заготовки (див. рисунок 6.3). Дані поверхні оброблені остаточно, є досить розвиненими і точними. При такій схемі базування торець заготовки позбавляє її 3-х ступенів вільності (установча база), «короткий отвір» – 2-х ступенів вільності (подвійна опорна база). Для позбавлення заготовки 6-го ступеня вільності – обертання навколо центральної осі деталі, скористаємося упором в поверхню квадрата, на яку виходить оброблюваний отвір.

Як видно з рисунка 6.3 при обробці отвору $\varnothing 50H10$ має місце похибка базування для розміру 60 мм. Дійсно, технологічна (нижній торець заготовки) та вимірювальна (верхній торець заготовки) бази для розміру 60 мм не збігаються. Тоді похибка базування $E_{60} = T_{126}$. Відповідно до креслення деталі розміри 60 мм й 126 мм виконують за 14 квалітетом. Тоді $T_{60js14} = 0,74$ мм, $T_{126h14} = 1,0$ мм.

Тож $E_{60} = 1,0$ мм $>$ $T_{60js14} = 0,74$ мм, що є неприйнятним.

Прийнято рішення посилити точність для розміру 126 мм до 12 квалітету. Дане рішення легко здійснити, тому що торці заготовки, що визначають розмір 126 мм планується підрізати на токарному верстаті з ЧПК. Точність позиціонування робочих органів таких верстатів становить не більше 0,02 мм і є переважаючим фактором, що визначає точність одержуваних розмірів, тобто вимогу розмірної точності за 12 квалітетом буде виконано з достатнім запасом.

Тож $E_{60} = T_{126h12} = 0,4$ мм $<$ $T_{60js14} = 0,74$ мм, що є прийнятним.

При установці заготовки по отвору на циліндричний палець з зазором також має місце похибка базування – центральна вісь деталі може зміщуватися щодо осі пальця, відповідно вісь оброблюваного отвору також буде зміщена на деяку величину.

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

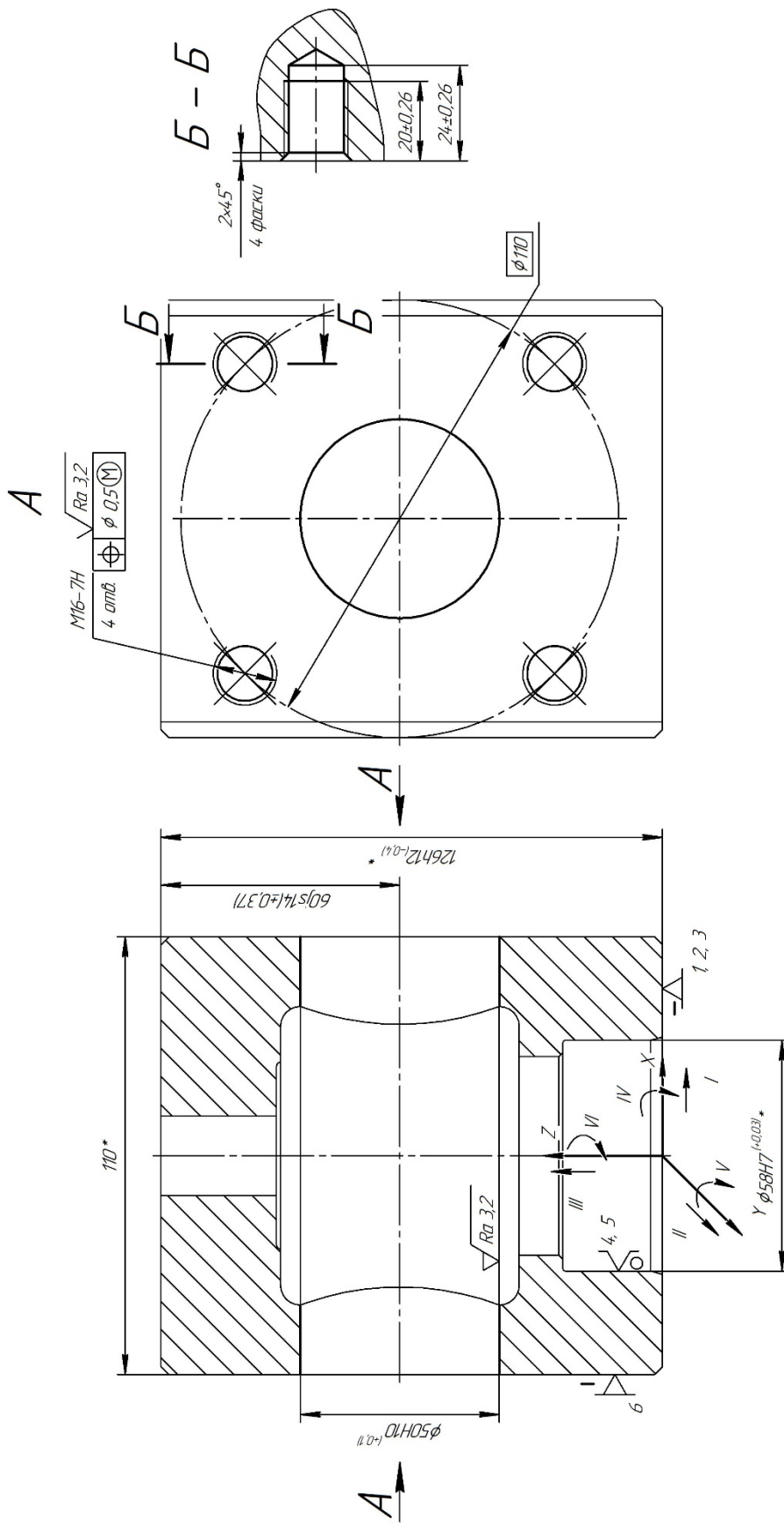


Рисунок 6.3 – Схема базування й закріплення заготовки на операції 040

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

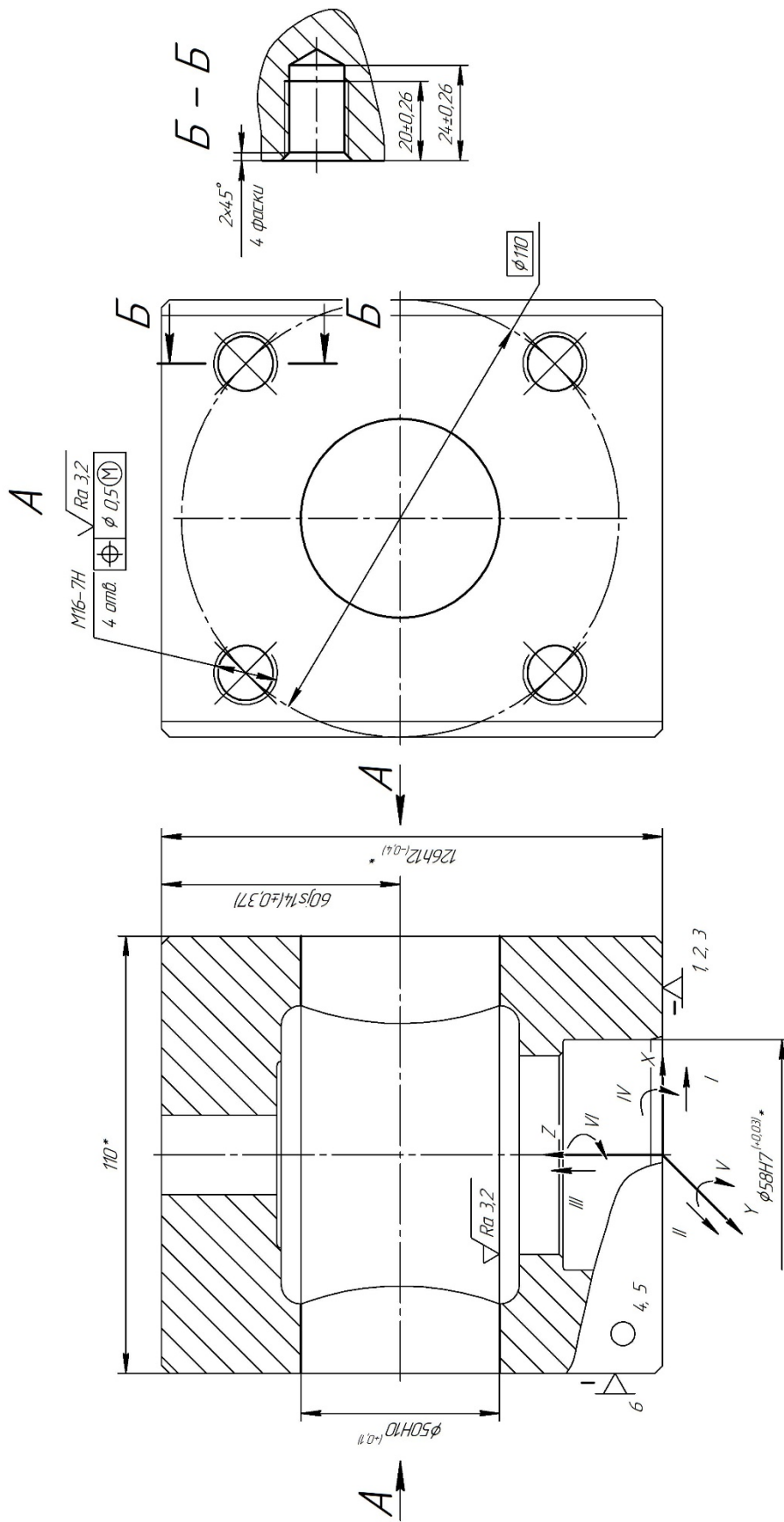


Рисунок 6.4 – Альтернативна схема базування й закріплення заготовки на операції 040

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

Похибка базування заготовки по отвору на палець установчий циліндричний з зазором можна визначити за формулою [5]:

$$E_6 = \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta,$$

де δ_1 – допуск на діаметр отвору ($T_{\varnothing 58H7} = 0,030$ мм);

δ_2 – допуск на діаметр пальця ($T_{\varnothing 58g6} = 0,019$ мм);

Δ – мінімальний радіальний зазор для посадки $\varnothing 58H7/g6$ складає 0,010 мм.

$$E_6 = 0,030 + 0,019 + 2 \cdot 0,010 = 0,069 \text{ мм} < T_{55js12} = 0,3 \text{ мм.}$$

В якості альтернативної схеми базування можна запропонувати базування по 3-х площинах, див. рисунок 6.4.

Реалізація даної схеми базування на практиці є більш складною у порівнянні зі схемою на рисунку 6.3 і не дозволяє уникнути раніше зазначених похибок базування. Тому перевагу віддаємо саме першій схемі базування.

6.3 Обґрунтування вибору металорізального устаткування

При виготовленні деталі на операції 030 оброблюють велику кількість поверхонь заготовки на одному установі, при цьому використовується велика кількість різального інструменту. Конфігурація оброблюваних поверхонь має досить складну форму. Такі міркування з урахуванням серійного типу виробництва доводять обґрунтованість використання верстатів з ЧПК для даної операції. Аналіз існуючого обладнання дозволив прийти до висновку про доцільність застосування на даній операції токарного верстата з ЧПК моделі DMTG SKE6136Z замість універсального токарно-гвинторізного верстата моделі 16K20, який використовувався в базовому технологічному процесі. Верстат дозволяє обробляти

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

над супортом деталі діаметром до 180 мм, що є цілком прийнятним з точки зору співвідношення габаритів робочого простору верстата та габаритів заготовки.

Основні технічні характеристики верстата DMTG SKE6136Z наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Основні технічні характеристики токарного верстата з ЧПК моделі DMTG SKE6136Z

Найменування характеристики	Величина
Максимальний діаметр встановлюваного виробу, мм	360
Відстань між центрами, мм	1000
Діаметр виробу над супортом, мм	180
Поперечні переміщення, мм	205
Поздовжні переміщення, мм	870
Діаметр отвору шпинделя, мм	52
Діапазон швидкостей шпинделя, об/хв	75 – 2000
Потужність двигуна приводу головного руху, кВт	5,5
Точність позиціонування револьверної головки, мм	0,008
Час зміни інструмента – горизонтальна 6-ти позиційна револьверна головка, с	2
Габарити верстата, мм	2550×1480×1520

Верстат DMTG SKE6136Z призначений для токарної обробки в один або кілька проходів в автоматичному циклі зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей типу тіл обертання зі ступінчастим і криволінійним профілем, різної складності, нарізання різі. Можна проводити токарну обробку в патроні: обточування, розточування, обробку конічних і фасонних поверхонь, підрізання торців, проточку канавок, нарізання різі різцем, обробку деталей типу кришок, фланців, втулок, валиків, коротких осей, дрібних корпусів, стаканів, півмуфт, обробку внутрішніх поверхонь центровим інструментом.

На операції 040 виконується обробка наскрізного отвору $\varnothing 50H10$, яка передбачає свердління отвору $\varnothing 20H14$, розсвердлювання отвору до $\varnothing 30H14$, чорнове розточування отвору до $\varnothing 49H12$ з 2-х позицій і чистове розточування отвору до $\varnothing 50H10$ напрохід, а також обробка 8 отворів M16-7H, що включає свердління, зенкування фаски і 2-х кратне нарізання різі. Таким чином, при обробці отворів $\varnothing 50H10$ і M16-7H будуть використані 8 інструментів. Для підвищення продуктивності обробки заготовки слід використовувати верстат з системою автоматичної зміни інструменту. Інструментальний магазин повинен бути розрахований на 8 і більше інструментів.

Заготовка має габарити 110×110×126 мм. При виборі верстата слід враховувати габарити заготовки разом з верстатним пристроєм.

З огляду на те що виготовлення деталі здійснюється в умовах середньосерійного типу виробництва при виборі верстата перевагу слід віддавати верстатам з ЧПК та навіть верстатам типу обробний центр.

З огляду на обрану схему базування заготовки при виборі верстата перевагу слід віддавати верстатам з горизонтальним розташуванням шпинделя.

Всім зазначеним вимогам відповідає горизонтальний свердлильно-фрезерно-розточувальний верстат з ЧПК моделі PN500 (NIGATA), основні технічні характеристики якого наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Основні технічні характеристики верстата з ЧПК моделі PN500

Найменування характеристики	Величина
Переміщення, мм:	
за віссю X (каретка)	800
за віссю Y (шпиндельна головка)	750
за віссю Z (стіл)	800
Стіл:	
Розміри робочої поверхні, мм	500×500
Крок столу, град.	1 (0,001)

Продовження таблиці 6.2

Найменування характеристики	Величина
Шпиндель:	
Швидкість шпинделя, об/хв	10000
Конус шпинделя	№40
Подача:	
Прискорені переміщення за осями X, Y, Z, м/хв	61
Автоматичний замінник інструментів:	
Місткість магазину інструментів, шт.	40

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, ріжучого та контрольованого вимірювального інструменту

Операція 030 – токарна з ЧПК.

Верстатний пристрій – патрон самоцентруючий двокулачковий ГОСТ 14903-69. Використовуються спеціальні довгі кулачки призматичної форми. При закріпленні в даному патроні заготовка самоцентрується.

Ріжучий інструмент.

PI 1 – Різець MWLNR2525M10 TУ2-035-892-82, T5K10 – слугує для обробки зовнішніх циліндричних поверхонь і підрізання торця. Матеріал ріжучої частини – твердий сплав T5K10, спосіб кріплення пластини – механічний, державка має поперечний перетин 25×25 мм, що дозволяє проводити обробку з досить жорсткими режимами різання.

PI 2 – Різець K01.4982.000-06 TУ 2-035-1040-86, T5K10 – слугує для обробки циліндричних отворів. Різець має механічне кріплення пластини з твердого сплаву T5K10, що дозволяє вести обробку на досить жорстких режимах різання. Різець має круглий поперечний перетин державки з діаметром 20 мм – максимально допустимий умовами обробки, тому що попередньо просвердлений отвір має діаметр 25 мм.

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

РІ 3 – Різець спеціальний прорізний Т5К10 – використовується для розточування камери. Різець має круглий поперечний перетин державки діаметром 36 мм, що дозволяє уникнути негативних коливань при обробці поверхонь з великим вильотом державки.

РІ 4 – Різець К01.4983.000-06 ТУ 2-035-1040-86 Т15К6 – використовується для остаточної обробки отворів і внутрішніх торців.

Контрольно-вимірювальний інструмент.

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89. Використовується для контролю діаметральних розмірів отворів, а також їх глибини за допомогою щупа. Має ціну поділки – 0,1 мм.

Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89. Використовується для контролю лінійних і діаметральні розмірів зовнішніх поверхонь. Має ціну поділки – 0,05 мм, достатню для контролю всіх контрольованих розмірів.

Калібр-пробка 50Н9 ПР/НЕ 8133-XXXX ГОСТ 14810-69 – призначений для контролю розміру D50Н9.

Калібр-пробка 58Н7 ПР/НЕ 8133-XXXX ГОСТ 14810-69 – призначений для контролю розміру D58Н7.

Набір шаблонів для контролю фасок й галтелей спеціальний. Використовується для контролю фасок 3×15 , $0,5 \times 45^\circ$, галтелей R5, R1, R0,5.

Для контролю шорсткості поверхонь скористаймося зразками шорсткості ГОСТ 9378-75.

Операція 040 – комплексна на обробних центрах з ЧПК.

Верстатний пристрій. З огляду на тип і умови виробництва, а також прийняту схему базування заготовки, приймаємо спеціальний верстатний пристрій з механізованим приводом. Установчі елементи: горизонтальна плоска плита, вертикальний циліндричний палець і регульований упор. В якості приводу використовуємо пневмокамеру односторонньої дії.

Ріжучий інструмент використовуваний на операції 040 наведемо у таблиці 6.3 [6].

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

Таблиця 6.3

Номер позиції, переходу, зміст переходу	Найменування ріжучого інструмента	Найменування допоміжного інструменту	Найменування контрольно- вимірювального інструменту
1	2	3	4
I.1. Свердли́ти отвір Ø20H14 напра́хид	1. Свердло 035-2301-1060 ОСТ 2И20-2-80, P6M5	Втулка перехідна 191831062 ТУ 2-035-978-85	-
II.1. Свердли́ти отвір Ø20H14 напра́хид	1. Свердло 035-2301-1060 ОСТ 2И20-2-80, P6M5	Втулка перехідна 191831062 ТУ 2-035-978-85	-
II.2. Свердли́ти отвір Ø30H14 напра́хид	2. Свердло 035-2301-1100 ОСТ 2И20-2-80, P6M5	Втулка перехідна 191831063 ТУ 2-035-978-85	-
I.2. Свердли́ти отвір Ø30H14 напра́хид	2. Свердло 035-2301-1100 ОСТ 2И20-2-80, P6M5	Втулка перехідна 191831063 ТУ 2-035-978-85	-
I.3. Розточити отвір Ø49H12 напра́хид	3. К.01.4981.000-06 ТУ 2-035-1040-86, T5K10	-	-
II.3. Розточити отвір Ø49H12 напра́хид	3. К.01.4981.000-06 ТУ 2-035-1040-86, T5K10	-	-
II.4. Розточити отвір Ø50H10 напра́хид	4. К.01.4981.000-06 ТУ 2-035-1040-86, T15K6	-	Калібр-пробка 50H10 ПР/НЕ 8133-XXXX ГОСТ 14810-69
II.5. Свердли́ти 4 отв. Ø14H12 на глибину 24js14	5. Свердло 035-2301-1033 ОСТ 2И20-2-80, P6M5	Втулка перехідна 191831432, втулка перехідна 191831063 ТУ 2-035-978-85	-
II.6. Зенкувати 4 фаски 2×45°	6. Зенківка 2353-0122 ГОСТ 14953-80, P6M5	Втулка перехідна 191831062 ТУ 2-035-978-85	-
II.7. Нарізати різь М16-7Н (4 отв.) на глибину 20js14 начорно	7. Мітчик 035-2620-0547 ОСТ 2И52-1-74, P6M5	Патрон 191221030А ТУ 2-035-975-85,	-
II.8. Нарізати різь М16-7Н (4 отв.) на глибину 20js14 начисто	8. Мітчик 035-2620-0548 ОСТ 2И52-1-74, P6M5	державка 191112051 ТУ2-035-763-80	Калібр-пробка різьб. М16-7Н ПР/НЕ ГОСТ 17756-72
I.4. Розточити отвір Ø50H10 напра́хид	4. К.01.4981.000-06 ТУ 2-035-1040-86, T15K6	-	Калібр-пробка 50H10 ПР/НЕ 8133-XXXX ГОСТ 14810-69
I.5. Свердли́ти 4 отв. Ø14H12 на глибину 24js14	5. Свердло 035-2301-1033 ОСТ 2И20-2-80, P6M5	Втулка перехідна 191831432, втулка перехідна 191831063 ТУ 2-035-978-85	-

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

Продовження таблиці 6.3

1	23	3	4
I.6. Зенкувати 4 фаски 2×45°	6. Зенківка 2353-0122 ГОСТ 14953-80, P6M5	Втулка перехідна 191831062 ТУ 2-035-978-85	-
I.7. Нарізати різь М16-7Н (4 отв.) на глибину 20js14 начорно	7. Мітчик 035-2620-0547 ОСТ 2И52-1-74, P6M5	Патрон 191221030А ТУ 2-035-975-85, державка 191112051 ТУ2-035-763-80	-
I.8. Нарізати різь М16-7Н (4 отв.) на глибину 20js14 начисто	8. Мітчик 035-2620-0548 ОСТ 2И52-1-74, P6M5		Калібр-пробка різьб. М16-7Н ПР/НЕ ГОСТ 17756-72

6.5 Визначення режимів різання

Згідно з завданням визначимо режими різання розрахунково-аналітичним методом [7] для переходу чистового розточування отвору D58H7.

Вихідні дані:

- діаметр заготовки – 57 мм;
- діаметр розточування – 58 мм;
- глибина розточування – 25 мм;
- кінцева шорсткість поверхні – 1,6 мкм Ra;
- матеріал заготовки – сталь 20 ГОСТ 1050-88 ($\sigma_s = 420$ МПа в нормалізованому стані);
- ріжучий інструмент – різець K01.4983.000-06 ТУ 2-035-1040-86 T15K6 ($\varphi_l = 5^\circ$, $r = 0,8$ мм);
- верстат – токарний з ЧПК моделі DMTG СКЕ6136Z.

1. Розрахунок глибини різання:

$$t = \frac{D_{\text{дет}} - D_{\text{заг}}}{2} = \frac{58 - 57}{2} = 0,5 \text{ мм.}$$

2. Вибір поздовжньої подачі [7].

Табличну величину чистової подачі вибираємо залежно від радіуса при

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

вершині різця ($r = 0,8$ мм) й потрібної шорсткості обробленої поверхні ($Ra = 1,6$ мкм) – $S_{oT} = 0,2$ мм/об.

З урахуванням поправочного коефіцієнту на міцність оброблюваного матеріалу маємо $S_o = 0,13 \cdot 0,45 \approx 0,06$ мм/об.

3. Розрахунок швидкості різання, допустимої умовами різання, викнаємо за формулою

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

де $C_V = 420$ – коефіцієнт, який враховує умови оброблення;

$$m = 0,20,$$

$$x = 0,15,$$

$$y = 0,35,$$

$T = 40$ хв. – стійкість інструмента [7];

$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}$ – поправочний коефіцієнт, який враховує матеріал заготовки K_{MV} , стан оброблюваної поверхні K_{PV} , матеріал ріжучої частини інструмента K_{IV} .

Відповідно до [7] маємо

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_6} \right)^{nv} = 1,0 \left(\frac{750}{420} \right)^1 = 1,758.$$

На розглянутому переході здійснюється оброблення раніше обробленої поверхні – $K_{PV} = 1,0$.

Для матеріалу ріжучої частини Т15К6 маємо – $K_{IV} = 1,0$.

Також враховуємо поправочний коефіцієнт, який визначає різницю між умовами обточування та розточування – 0,9, тоді маємо:

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

$$V = \frac{420}{40^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,06^{0,35}} \cdot 1,758 \cdot 0,9 = 943,844 \text{ м/хв.}$$

4. Визначимо частоту обертання заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{дет}}} = \frac{1000 \cdot 943,844}{\pi \cdot 58} = 5180 \text{ об/хв.}$$

У зв'язку з наявністю обмеження частоти обертання шпинделя для обраного верстата $n_{\phi} = 2000$ об/хв визначимо фактичну швидкість різання за формулою

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{\pi \cdot 58 \cdot 2000}{1000} = 364,425 \text{ м/хв.}$$

5. Тангенціальну складову сили різання визначимо за формулою

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^{0,75} \cdot S_0^y \cdot V^n \cdot K_P,$$

де $C_P = 300,$
 $x = 1,0,$
 $y = 0,75,$
 $n = -0,15,$

$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$ – поправочний коефіцієнт, який враховує фактичні умови різання.

Тоді маємо:

$$K_P = \left(\frac{420}{750} \right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,536,$$

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

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^1 \cdot 0,06^{0,75} \cdot 364,425^{-0,15} \cdot 0,536 = 40,237 \text{ Н.}$$

6. Потужність різання визначимо за формулою

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{40,237 \cdot 364,425}{1020 \cdot 60} = 0,24 \text{ кВт.}$$

При встановленій для обраного верстата потужності привода головного руху 5,5 кВт потужність на шпинделі верстата з урахуванням ККД 0,85 становитиме $N_{ун} = 5,5 \cdot 0,85 = 4,675$ кВт. Виконується умова $N_{ун} > N$, тож розраховані режими різання можуть бути реалізовані на обраному верстаті.

7. Визначимо основний час на перехід за формулою

$$T_o = L \cdot i / S_o \cdot n,$$

де

$$L = l + l_{вр} + l_{пер},$$

$l = 25$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

$l_{вр} = 1,5$ мм – довжина врізання;

$l_{пер} = 0$ мм – довжина перебігу за умови розточування «до упору»;

i – кількість проходів.

Для розточування $\varnothing 58\text{H7}$ маємо

$$T_o = (25 + 1,5) / (0,06 \cdot 2000) = 0,22 \text{ хв.}$$

На інші переходи операції режими різання вибрані за нормативами [8] й наведені в таблиці 6.4.

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

Таблиця 6.4 – Режими різання на операцію 030

№ пер-ду	Зміст переходу	D, мм	L, мм	t, мм	i	So, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	To, хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Підрізати торець в розмір 126 _{-0,4}	150/46	54	1,0	1	0,2	435/1419	205	0,39
2	Розточити отвір Ø49H12 на глибину 96 ^{+0,87} , отвір Ø57H12 на глибину 25,5 ^{+0,21} , фаски 3×15° й 0,5×45°	49	97,5	1,5	1	0,2	1332	205	0,37
		57	27	1,5	2	0,2	1145	205	0,24
				1,0	1	0,25	1061	190	0,10
		58	4	0,5	1	0,25	1070	195	0,01
		50	1	1,0	1	0,25	1210	190	0,01
3	Розточити карман Ø75H12, дотримуючись розмірів 36 ^{+0,62} й 60 ^{+0,74}	49/73	12	4,0	15	0,06	1039/679	160	3,9
		75	99	1,0	1	0,25	806	190	0,49
4	Розточити отвір Ø58H7 на глибину 25 ^{+0,52} , галтель R0,5max, підрізати торець в розмір 25 ^{+0,52} , розточити отвір Ø50H9 напрохід й Ø47H12 на глибину 97±0,1	58	26,5		1			364	0,22
		58/50	3,5		1			364/31	0,03
		50	12	0,5	1	0,06	2000	4	0,10
		18/47	14,5		2			314	0,24
									113/29
							5		
ТоΣ									6,1

За попередніми розрахунками з урахуванням допоміжних переходів (переміщення інструменту на прискореній подачі і час на зміну інструменту з урахуванням часу на фіксацію револьверної головки і час на перехід до сусідньої позиції) маємо час автоматичного циклу для операції 030 – $T_{ца} = 6,44$ хв.

Для операції 040 виконаємо розрахунок режимів різання на перехід свердління отвору діаметром 20H14.

1. Глибина різання.

При свердлінні глибина різання дорівнює половині діаметру свердління, тобто $t = 0,5 \cdot D$. Таким чином, для діаметра свердління 20 мм глибина різання

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

становитиме $t = 10$ мм.

2. Подача.

При свердлінні отворів без обмежувальних факторів беремо максимально допустиму за міцністю свердла подачу. Для діаметра свердла 20 мм й твердості сталі 20 (НВ 160...240) беремо подачу $S_o = 0,35$ мм/об [7].

3. Швидкість різання.

Допустиму умовами свердління швидкість різання визначимо за формулою

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v,$$

де $C_v = 9,8$, $q = 0,40$, $y = 0,50$, $m = 0,20$ – коефіцієнти та показники степенів, які враховують умови оброблення;

$T = 45$ хв. – стійкість ріжучого інструменту;

$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{LV}$ – загальний поправочний коефіцієнт, який враховує властивості оброблюваного матеріалу, інструментальний матеріал й глибину свердління.

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot (750/\sigma_B)^{nV} = 1,0 \cdot (750/420)^{-0,9} = 0,6.$$

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

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

$$K_v = 0,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,6.$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 20^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,35^{0,4}} \cdot 0,6 = 15,54 \text{ м/хв.}$$

4. Частота обертання шпинделя.

Частоту обертання шпинделя визначимо за формулою

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

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 15,54}{\pi \cdot 20} = 247,4 \text{ об/хв.}$$

Беремо $n = 250$ об/хв. Тоді фактична швидкість різання складатиме – 15,7 м/хв.

5. Крутний момент й осьова сила свердління.

Крутний момент при свердлінні визначимо за формулою

$$M = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P,$$

де $C_M = 0,0345, q = 2,0, y = 0,8,$

$$K_P = K_{MP} = (\sigma_B/750)^{np} = (420/750)^{0,75} = 0,659.$$

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 20^{2,0} \cdot 0,35^{0,8} \cdot 0,659 = 39,259 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Осьову силу свердління визначимо за формулою

$$P_o = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P,$$

де $C_P = 68, q = 1,0, y = 0,7,$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 20^{1,0} \cdot 0,35^{0,7} \cdot 0,659 = 4,297 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

6. Потужність різання.

Потужність різання визначимо за формулою

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

$$N_p = \frac{M \cdot n}{9750} = \frac{39,26 \cdot 250}{9750} = 1,0 \text{ кВт.}$$

Враховуючи, що потужність шпинделя обраного верстата з урахуванням ККД становить $N_{\text{шп}} = 31,45 \text{ кВт}$, тобто виконується умова $N_{\text{шп}} > N_p$: визначені режими різання можуть бути реалізовані на обраному верстаті.

7. Основний час на перехід.

Визначимо основний час, що витрачається на свердління одного отвору за формулою

$$T_o = L \cdot i / S_o \cdot n,$$

де $L = l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}}$,

$l = 17,5 \text{ мм}$ – довжина оброблюваної поверхні;

$l_{\text{вр}} = 2 \text{ мм}$ – довжина врізання;

$l_{\text{пер}} = 2 \text{ мм}$ – довжина перебігу;

$i = 4$ – кількість проходів.

Тоді маємо

$$T_o = [(17,5 + 2 + 2) \cdot 1] / [0,35 \cdot 250] = 0,25 \text{ хв.}$$

Режими різання на інші переходи операції визначимо відповідно до [8] й наведемо в таблиці 6.5.

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

Таблиця 6.5 – Режими різання на операцію 040

Номер позиції, переходу, зміст переходу	D, мм	L, мм	t, мм	i	S _o , мм/об	n, об/хв	V, м/хв	T _o , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I.1. Свердлити отвір Ø20H14 напрохід	20	21,5	10	1	0,35	250	15,7	0,25
II.1. Свердлити отвір Ø20H14 напрохід	20	21,5	10	1	0,35	250	15,7	0,25
II.2. Свердлити отвір Ø30H14 напрохід	30	23,5	5	1	0,70	180	16,9	0,19
I.2. Свердлити отвір Ø30H14 напрохід	30	23,5	5	1	0,70	180	16,9	0,19
I.3. Розточити отвір Ø49H12 напрохід	49	22	3,2	3	0,30	1200	184,7	0,19
II.3. Розточити отвір Ø49H12 напрохід	49	22	3,2	3	0,30	1200	184,7	0,19
II.4. Розточити отвір Ø50H9 напрохід	50	22	0,5	1	0,24	1600	251,3	0,06
II.5. Свердлити 4 отв. Ø14H12 на глибину 24js14	14	26	7	4	0,1	460	20,2	2,26
II.6. Зенкувати 4 фаски 2×45°	17,8	4	2	4	0,07	250	13,9	0,92
II.7. Нарізати різь M16-7H (4 отв.) на глибину 20js14 начорно	16	24	-	4	2,0	230	11,6	0,21
II.8. Нарізати різь M16-7H (4 отв.) на глибину 20js14 начисто	16	24	-	4	2,0	230	11,6	0,21
I.4. Розточити отвір Ø50H9 напрохід	50	22	0,5	1	0,24	1600	251,3	0,06
I.5. Свердлити 4 отв. Ø14H12 на глибину 24js14	14	26	7	4	0,1	460	20,2	2,26
I.6. Зенкувати 4 фаски 2×45°	17,8	4	2	4	0,07	250	13,9	0,92
I.7. Нарізати різь M16-7H (4 отв.) на глибину 20js14 начорно	16	24	-	4	2,0	230	11,6	0,21
I.8. Нарізати різь M16-7H (4 отв.) на глибину 20js14 начисто	16	24	-	4	2,0	230	11,6	0,21
Сума:								8,58

Таким чином, сумарний основний час на операцію становитиме $T_{o\Sigma} = 8,58$ хв.

З урахуванням машинно-допоміжного часу на прискорене підведення-відведення інструменту, зміну інструменту, зміну позиції столу $T_{м.д\Sigma} = 8,24$ хв маємо час автоматичного циклу $T_{ц.а} = T_{o\Sigma} + T_{м.д\Sigma} = 8,58 + 8,24 = 16,82$ хв.

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

6.6 Технічне нормування операції

Норма часу на виконання операцій з використанням верстатів із ЧПК при роботі на одному верстаті ($H_{\text{ч}}$) складається з норми підготовчо-завершального часу ($T_{\text{п.з}}$) й норми штучного часу ($T_{\text{шт}}$) [9]:

$$H_{\text{ч}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{п.з}} / n, \quad (6.2)$$

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{ц.а}} + T_{\text{д}} \cdot K_{\text{тд}}) \cdot (1 + [a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{вдп}}] / 100), \quad (6.3)$$

де $T_{\text{ц.а}}$ – час циклу автоматичної роботи верстата за програмою, хв;

$$T_{\text{ц.а}} = T_{\text{о}} + T_{\text{м.д}}, \quad (6.4)$$

де $T_{\text{о}}$ – основний час на обробку однієї деталі, хв;

$T_{\text{м.д}}$ – машинно-допоміжний час за програмою (на підведення деталі ібо інструмента від вихідних точок до зони обробки й відведення; установку інструмента на розмір, зміну інструмента, зміну величини й напрямку подачі, час технологічних пауз тощо), хв;

$$T_{\text{д}} = T_{\text{д.у}} + T_{\text{д.оп}} + T_{\text{д.вим}}, \quad (6.5)$$

$T_{\text{д.у}}$ – час на установку та зняття деталі вручну або за допомогою підйомного механізму, хв;

$T_{\text{д.оп}}$ – допоміжний час зв'язаний з операцією (такий, що не увійшов до програми), хв;

$T_{\text{д.вим}}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання (такий, що не перекивається основним часом), хв;

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

K_{t_d} – поправочний коефіцієнт на час виконання ручної допоміжної праці залежно від партії оброблюваних деталей;

$a_{\text{тех}}$, $a_{\text{орг}}$, $a_{\text{вдп}}$ – час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця, на відпочинок й особисті потреби при одноверстатному обслуговуванні, % оперативного часу.

Нормування операції 030 токарної з ЧПК.

З п. 6.5 маємо $T_{\text{ц.а}} = 6,44$ хв.

Відповідно до [9] маємо $T_{\text{д.у}} = 0,46$ хв., $T_{\text{д.оп}} = 0,06$ хв., $T_{\text{д.вим}} = 1,35$ хв. За формулою (6.5) допоміжний час на операцію становить $T_d = 1,87$ хв.

Час на організаційно-технічне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби робочого складає 9% від оперативного часу [9], тоді за формулою (6.3) маємо:

$$T_{\text{шт}} = (6,44 + 1,87) \cdot 1,09 = 9,06 \text{ хв.}$$

При підготовчо-завершальному часі на операцію, $T_{\text{п.з}} = 25,15$ хв [9] за формулою (6.2) маємо:

$$H_{\text{ч}} = 9,06 + 25,15 / 47 = 9,6 \text{ хв.}$$

Для операції 040 комплексної на обробних центрах з ЧПК технічне нормування проводимо за аналогією та з урахуванням визначеного в п. 6.5 цієї роботи часу автоматичного циклу $T_{\text{ц.а}} = 13,6$ хв.

Відповідно до [9] маємо: $T_{\text{д.у}} = 0,25$ хв, $T_{\text{д.оп}} = 2,46$ хв, $T_{\text{д.вим}} = 2,86$ хв. Допоміжний час на операцію визначимо за формулою (6.5): $T_d = 5,57$ хв.

Час на організаційно-технічне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби робочого складає 14% від оперативного часу [9], тоді за формулою (6.3) маємо:

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

$$T_{шт} = (16,82+5,57) \cdot 1,14 \approx 25,52 \text{ хв.}$$

При підготовчо-завершальному часі на операцію $T_{п.з} = 59,85 \text{ хв}$ [9] за формулою (6.2) маємо:

$$H_{ч} = 25,52 + 59,85/47 \approx 26,79 \text{ хв.}$$



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

7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Згідно з завданням необхідно спроектувати верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки під час оброблення її поверхонь на операції 040 комплексної на обробних центрах з ЧПК. Детальний зміст операції наведено у п. 6.2 – 6.6, в яких виконано обґрунтування вибору схеми базування заготовки, раціональної моделі верстатного устаткування, оснастки, режимів різання та технічних норм часу.

Короткий зміст операції: оброблення центрального отвору $\varnothing 50H10$ розточуванням та 4-х отворів M16-7H з двох позицій.

Металорізальний верстат: горизонтальний свердлильно-фрезерно-розточувальний верстат з ЧПК типу обробний центр моделі PN500, основні технічні характеристики якого наведені у таблиці 6.2 цієї роботи.

Згідно з завданням планується спроектувати верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки, який дозволить вести оброблення заготовки відповідно до обраної схеми базування заготовки (див. рисунок 6.3) з використанням двох позицій. Перша та друга обробні позиції будуть реалізовані шляхом повороту столу верстата разом із заготовкою та верстатним пристроєм без її переустановки, що сприятиме підвищенню продуктивності обробки та підвищенню точності оброблюваних поверхонь. Верстатний пристрій має бути оснащений механізованим приводом, наприклад, пневмокамерою односторонньої дії, яка, як відомо, має значний ресурс роботи та низьку вартість. Використання налаштованих під конкретну заготовку установчих елементів також дозволить підвищити продуктивність та точність обробки заготовки. В результаті, впровадження такого верстатного пристрою дозволить скоротити час на реалізацію операції, підвищити точність обробки поверхонь заготовки, покращити умови праці робітника, знизити розряд робітника. Все це сприятиме зниженню собівартості виготовлення деталі, що є позитивним фактором.

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

В п. 6.2 цієї роботи обрано раціональну схему базування заготовки (див. рисунок 6.3), згідно з якою заготовка базується з використанням трьох базових поверхонь. Вісь оброблюваного отвору $\varnothing 50H10$ при цьому розташовується горизонтально. Базування за пласкою поверхнею реалізує установчу базу, яка позбавляє заготовку трьох ступенів вільності. Базування за вертикально розташованим отвором $\varnothing 58H7$ на пальці з зазором реалізує подвійну опорну базу, яка позбавляє заготовку 2-х ступенів вільності. Останнього, шостого ступеня вільності заготовку позбавляє базування за площиною з використанням жорсткого упору. Так, заготовку побавлено усіх шести ступенів вільності. При цьому обрана схема базування гарантує виконання операційних розмірів відповідно до технічних вимог, регламентованих кресленням деталі.

Слід зазначити, що обрана схема базування є енерговитратною з точки зору закріплення заготовки, тому що більшість складових сил різання, які мають місце під час оброблення поверхонь заготовки, не можуть бути компенсовані реакціями опор. Наприклад, складові сил різання, спрямовані вниз, компенсуються установчою базою, спрямовані вгору – не мають компенсатора (опора зверху відсутня). Складові сил різання, що намагаються повернути заготовку навколо установчого жорсткого пальця під час обертання заготовки проти годинникової стрілки компенсуються реакцією опори з боку жорсткого упору, але під час обертання заготовки за годинниковою стрілкою реакція опори відсутня. Компенсувати відсутність реакції опори можуть сили тертя, які виникають при притисканні заготовки до установчих елементів пристрою, але для цього мають бути створені достатні сили закріплення.

Для визначення необхідної сили закріплення розглянемо схему дії сил різання та сил закріплення, які діють на заготовку, див. рисунок 7.1.

Попередній аналіз показав, що найбільш несприятливим у силовому плані є дія осьової сили різання P_o під час свердління отворів діаметром 14 мм подальше нарізання різі M16-7H. Оброблювані отвори розташовані на боковій поверхні заготовки (див. рисунок 7.1).

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

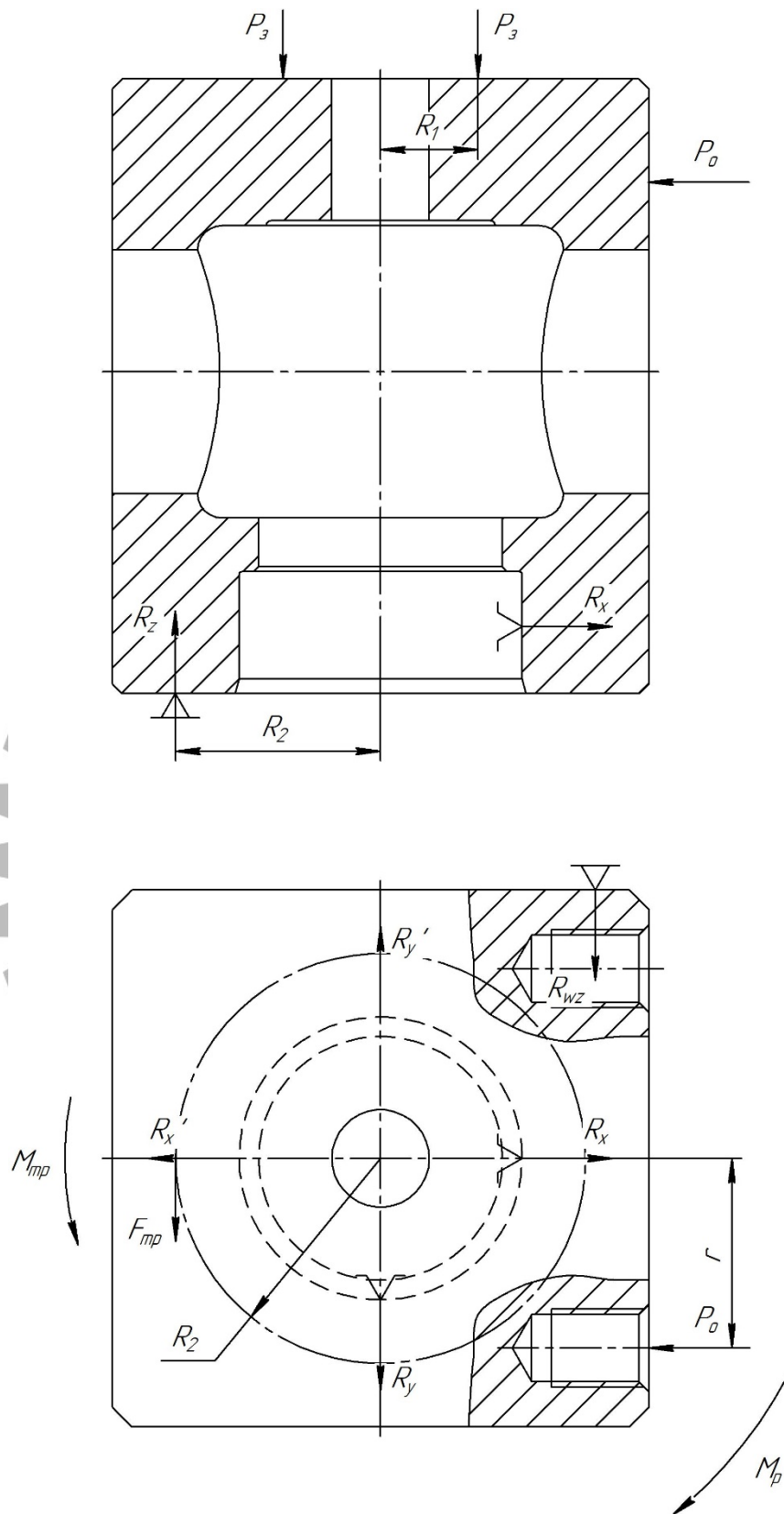


Рисунок 7.1 – Схема дії сил різання та сил закріплення на заготовку

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

Осьова сила свердління P_o , утворюючи момент різання M_p на плечі r , намагається повернути заготовку навколо її центральної осі, розташованої вертикально, за годинниковою стрілкою.

Під дією сил закріплення P_3 заготовка притискається до нижньої установчої поверхні. При цьому між затискним елементом та заготовкою на верхній поверхні заготовки утворюється сила тертя $F_{тр1}$, яка на плечі R_1 утворює момент тертя $M_{тр1}$, який діє проти годинникової стрілки. Між заготовкою та установчим елементом пристрою на нижній поверхні заготовки утворюється сила тертя $F_{тр2}$, яка на плечі R_2 утворює момент тертя $M_{тр2}$, який також діє проти годинникової стрілки.

Тож, моменту різання M_p протидіють два моменти тертя $M_{тр1}$, $M_{тр2}$.

Як відомо, для визначення достатньої сили закріплення заготовки необхідно розглянути рівняння рівноваги сил (моментів) різання та сил (моментів) закріплення. В нашому випадку рівняння рівноваги матиме такий вигляд:

$$M_p \cdot k_{зап} = M_{тр1} + M_{тр2},$$

де $k_{зап}$ – коефіцієнт запасу, який необхідно враховувати для надійного закріплення заготовки. За попередніми розрахунками коефіцієнт запасу становить $k_{зап} = 2,5$ [7].

Момент різання визначається, як добуток сили різання P_o на плече r :

$$M_p = P_o \cdot r.$$

Відповідно моменти тертя можна визначити за виразами:

$$M_{тр1} = F_{тр1} \cdot R_1,$$

$$M_{тр2} = F_{тр2} \cdot R_2.$$

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

Сила тертя визначається як добуток нормальної складової сили притискання заготовки до установчих елементів пристрою, тобто сили закріплення заготовки P_3 , на коефіцієнт тертя f , величина якого для чисто оброблених контактуючих поверхонь зазвичай складає 0,16 – 0,2:

$$F_{тр1} = P_3 \cdot f_1,$$

$$F_{тр2} = P_3 \cdot f_2.$$

З урахуванням зазначених виразів маємо:

$$P_o \cdot r \cdot k_{зап} = P_3 \cdot f_1 \cdot R_1 + P_3 \cdot f_2 \cdot R_2.$$

Якщо прийняти, що $f_1 = f_2 = f$, то:

$$P_o \cdot r \cdot k_{зап} = P_3 \cdot f \cdot R_1 + P_3 \cdot f \cdot R_2 = P_3 \cdot f \cdot (R_1 + R_2).$$

Тож вираз для розрахунку сили закріплення матиме такий вигляд:

$$P_3 = \frac{P_o \cdot r \cdot k_{зап}}{f \cdot (R_1 + R_2)}.$$

За попередніми розрахунками $P_o = 1100$ Н. З конструктивних міркувань маємо: $r = 39$ мм, $R_1 = 18,5$ мм, $R_2 = 42$ мм. Беремо коефіцієнт тертя $f = 0,2$. В такому випадку маємо:

$$P_3 = \frac{1100 \cdot 39 \cdot 2,5}{0,2 \cdot (18,5 + 42)} = 8863 \text{ Н.}$$

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

В проектуваному пристрої не передбачається використання передаточних пристроїв, тож сила Q на штоку механізованого привода (пневмокамери односторонньої дії) має дорівнювати визначеній силі закріплення P_3 . При цьому слід враховувати силу $Q_{п}$, яку розвиває зворотна пружина, що використовується у приводі односторонньої дії для повернення його виконавчих елементів у початковий стан, тобто має виконуватися умова:

$$Q \geq P_3 + Q_{п}.$$

Якщо взяти $Q_{п} = 120$ Н, то виконанню цієї умови відповідатиме пневмокамера діаметром 200 мм. Згідно з [7] пневмокамера діаметром 200 мм з резинотканинною мембраною у робочому положенні, близькому до початкового, розвиває зусилля $Q = 9000$ Н, що відповідає нашим потребам:

$$9000 \text{ Н} > (8863 \text{ Н} + 120 \text{ Н} = 8983 \text{ Н}).$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Виконаємо розрахунки проектуваного пристрою на точність згідно з методикою [10].

До розрахункових параметрів, які в більшій мірі вплинуть на досягнення заданих допусків оброблюваної заготовки, буде відхилення від паралельності торцевої поверхні установчого пальця відносно установчої поверхні корпусу верстатного пристрою (поверхні корпусу, якою він торкається столу верстата). Цей параметр є однорідним з похибкою, яка характеризує взаємне розташування поверхонь деталі, а саме – допуск неперпендикулярності оброблюваних отворів відносно осі отвору $\varnothing 58H7$ (база «Б», див. рисунок 1.1). Зазначений допуск беремо у розмірі 0,06 мм, як частину (60%) допуску (0,1 мм) на оброблюваний отвір діаметром 50H10. Тоді допустиму похибку пристосування визначимо за формулою [10]:

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

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

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

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

E_{δ} – похибка базування. Беремо $E_{\delta} = 0$ мм;

E_3 – похибка закріплення заготовки. Беремо $E_3 = 0$ мм;

E_y – похибка установки пристрою на столі верстата. Беремо $E_y = 0$ мкм;

E_{zn} – похибка, спричинена зношенням установчих елементів пристрою.

Беремо $E_{zn} = 0,01$ мм;

E_n – похибка установки й прекоосу ріжучого інструмента на верстаті. Беремо $E_n = 0,01$ мм;

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

ω – середня економічна точність оброблення поверхонь заготовки. Беремо $\omega = 0,02$ мкм.

В результаті маємо:

$$E_{np} = 0,06 - 1,2 \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + (0,6 \cdot 0,02)^2} \approx 0,038 \text{ мкм.}$$

Беремо допуск на відхилення від паралельності установчої поверхні пальця відносно установчої поверхні корпусу пристрою 30 мкм [11].

Опис будови пристрою й принципу його дії.

Базовим елементом пристрою є корпус 3, в центральній верхній частині якого запресований палець 7, який має пласку та циліндричну установчі поверхні. Поряд з пальцем 7 розташовано жорсткий упор 2, який базується на корпусі 3 з використанням штифтів 18 та фіксується гвинтом 12. В центральній нижній частині корпусу 3 розміщено пневмокамеру односторонньої дії, яка утворена

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

порожнинною, розташованою у корпусі та герметично закритою резинотканинною мембраною 1. Мембрану 1 виконано як складальний елемент, до складу якого входять безпосередньо мембрана, верхній та нижній диски, заклепки, шток. Мембрана фіксується відносно корпусу 3 кришкою 4 та гвинтами 12. Між мембраною та кришкою розміщено зворотну пружину 8. Шток мембрани 1 ущільнено манжетою 6, яка притискається до корпусу 3 кришкою 5, яка у свою чергу фіксується гвинтами 10. На кінці штока розташовані півсферичні шайби 14, 15, швидкоз'ємна шайба 16 та гайки 9. Для базування верстатного пристрою на столі верстата за його центральним пазом, в нижній частині корпусу 3 пристрою, в пазу розміщено дві призматичні шпонки 17, які фіксуються відносно корпусу 3 гвинтами 11. Для транспортування верстатного пристрою на верхній поверхні корпусу 3 розміщено два рим-болти 13.

Заготовку встановлюють за центральним отвором діаметром 58H7 на установчий палець 7 діаметром 58g6 притискаючи її до пласкої установчої поверхні пальця. При цьому шток пристрою має пройти скрізь центральний отвір заготовки. Заготовку розвертають до контакту між її боковою поверхнею та жорстким упором 2. На верхній кінець штоку встановлюють півсферичні шайби, гайки та швидкоз'ємну шайбу 16, яка виконує функцію прихвата. До штокової порожнини пневмокамери подають повітря під тиском 0,4 МПа. Мембрана, деформуючись, тягне шток вниз. При цьому шайба 16 притискає заготовку до пласкої поверхні пальця 7 – здійснюється закріплення заготовки. Після оброблення заготовки подачу повітря до пневмокамери припиняють. Зворотна пружина 8 повертає шток з гайками та шайбами у початковий стан. Після зняття півсферичних шайб, гайок та шайби 16 знімають заготовку.

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

ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи можна зробити такі висновки:

1. Виконано аналіз службового призначення компресорної установки ВВ-50/8 УЗ, вузла – «регулятора температурного» й деталі – «корпусу 43.42.61.028.20.14.001», аналіз технічних вимог, що пред'являють до конструкції деталі.
2. Визначено тип виробництва – середньосерійний, визначено форму організації робіт – групову, розраховано партію запуску.
3. Виконано аналіз технологічності конструкції деталі за якісними ознаками. Конструкція деталі є технологічною.
4. Обґрунтовано вибір раціонального способу отримання заготовки – прокату.
5. Виконано аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі на прикладі двох механічних операцій: токарної з ЧПК та комплексної на обробних центрах з ЧПК. При цьому виконано обґрунтування вибору раціональних схем базування заготовки, моделей верстатів, технологічної оснастки, режимів різання та норм часу. Технологічний процес виготовлення деталі оформлений на картах КТП як комплект технологічної документації.
6. Спроектовано спеціальну конструкцію верстатного пристрою для базування та закріплення заготовки на операції комплексній на обробних центрах з ЧПК.
7. В додатку Д цієї роботи розглянуто питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

						Арк.
						58
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. Маталин, А. А. Технология машиностроения: учебник / А. А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
3. Горбачев, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пос. / А. Ф. Горбачев, В. А. Шкред. – 5-е изд., стереотип. Перепечатка с 4-го издания 1983 г. – М.: Альянс, 2007. – 256 с.
4. Захаркін, О. У. Технологічні основи машинобудування: навч. посіб. / О. У. Захаркін. – Суми: СумДУ, 2004. – 98 с.
5. 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.
6. 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.
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. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на унив. и многоцел. станках с ЧПУ. Ч. 2: Нормативы режимов резания. – М. : Экономика, 1990. – 465 с.
9. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на унив. и многоцел. станках с ЧПУ. Ч.1: Нормативы времени. – М: Экономика, 1990. – 206 с.
10. Кушніров, П. В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технологічна оснастка»: для студ. за напрямом підготовки 6.050502 – «Інженерна

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

механіка» денної та заочної форм навчання. Ч. 1 / П. В. Кушніров. – Суми : СумДУ, 2009. – 52 с.

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

12. Пістун, І. П. Охорона праці в галузі машинобудування: навч. посіб. / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. – Суми : Університет. кн., 2012. – 557 с.



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