

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

«_____» _____ 2022 р.

**ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ КАРТЕРА 43.42.22.023.01.01.001**

Кваліфікаційна робота (проект) бакалавра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

Дмитро КРИКУН

Керівник

Павло КУШНІРОВ

Нормоконтроль

Артем ЄВТУХОВ

РЕФЕРАТ

Записка: 65 с., 7 рис., 8 табл., 9 джерел посилань.

«Картер 43.42.22.023.01.01.001» входить до складу мембранного компресора агрегату компресорного 6,3 МОА-200/350-1500, призначеного для підвищення тиску газу в установках газостатичного пресування. Як відомо, установки газостатичного пресування знайшли широке розповсюдження в порошковій металургії.

Мета роботи: підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення «картера 43.42.22.023.01.01.001».

Об'єкт роботи: «картер 43.42.22.023.01.01.001», технологічний процес механічного оброблення його заготовки.

Предмет роботи: структура та параметри технологічного процесу механічного оброблення заготовки «картера 43.42.22.023.01.01.001».

В роботі виконаний аналіз службового призначення виробу, технічних вимог на його виготовлення, визначено тип виробництва, в умовах якого планується виготовлення виробу, виконаний аналіз технологічності конструкції виробу. Запропоновані технологічні рішення щодо раціонального способу одержання заготовки, вибору раціональних схем базування заготовки, моделей металорізального устаткування та оснастки, режимів різання та технічних норм часу. В конструкторській частині спроектовано верстатний пристрій для установлення заготовки під час її оброблення на багатоцільовій операції з ЧПК.

КАРТЕР, КОМПРЕСОР, ТЕХНОЛОГІЧНА ОПЕРАЦІЯ, ВИЛИВОК, ФРЕЗЕРУВАННЯ, СВЕРДЛІННЯ, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ.

ЗМІСТ

	с.
Вступ.....	4
1 Аналіз призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	5
2 Аналіз обґрунтованості технічних вимог, що висуваються до конструкції деталі.....	10
3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт	15
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	18
5 Вибір способу отримання заготовки.....	25
6 Аналіз технологічного процесу механічного оброблення заготовки «картера»	29
6.1 Визначення міжопераційних припусків та розмірів на оброблення поверхні обертання розрахунково-аналітичним способом.....	29
6.2 Вибір та обґрунтування схеми базування та закріплення заготовки.....	32
6.3 Обґрунтування вибору металорізального утстакування	41
6.4 Обґрунтування вибору технологічної оснастки	43
6.5 Визначення режимів різання.....	45
6.6 Технічне нормування операцій.....	51
7 Проектування верстатного пристрою для установлення заготовки	55
Висновки	64
Перелік джерел посилань	65

					<i>ТМЗ 18190071-00.ПЗ</i>					
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Проектування технологічного процесу виготовлення картера 43.42.22.023.01.01.001					
Розроб.	<i>Крикун</i>							Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	<i>Кушніров</i>									
Н. контр.	<i>Євтухов</i>							<i>СумДУ</i>		
Затверд.	<i>Іванов</i>									

ВСТУП

«Картер 43.42.22.023.01.01.001» входить до складу мембранного компресора агрегату компресорного 6,3 МОА-200/350-1500, призначеного для підвищення тиску газу в установках газостатичного пресування. Як відомо, установки газостатичного пресування знайшли широке розповсюдження в порошковій металургії. Методи порошкової металургії дають можливість одержання принципово нових матеріалів та виробів з них з особливими фізико-хімічними, механічними та технологічними властивостями, які неможливо отримати методами лиття та оброблення тиском. При цьому порошкова металургія дозволяє отримувати велику економію металу та значно знижувати собівартість виробів. Таким чином, удосконалення технології виготовлення «картера», як однієї з основних деталей мембранного компресора, що забезпечує необхідний рівень тиску газу в установках газостатичного пресування, можна вважати актуальним завданням.

Так, в цій роботі пропонуються комплексні рішення щодо удосконалення технологічного процесу механічного оброблення заготовки «картера» з урахуванням службового призначення виробу, технічних вимог на його виготовлення, характеристик типу виробництва, в умовах якого планується виробництво виробу тощо. Зокрема розглянуті пропозиції щодо вибору раціонального способу одержання заготовки, схем базування та закріплення заготовки під час її оброблення на верстатах, обґрунтовано вибір металорізального устаткування, оснастки, визначені раціональні режими різання та технічні норми часу для аналізованих операцій. Усі зазначені пропозиції та нововведення спрямовані на підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення «картера» через зменшення матеріалоємності, підвищення енергоефективності виробництва, підвищення продуктивності оброблення матеріалів за умови дотримання технічних вимог, регламентованих кресленням деталі.

						Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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

Агрегат компресорний 6,3 МОА-200/350-1500 призначений для підвищення тиску газу в установках газостатичного пресування. Агрегат складається з мембранного компресора, електродвигуна, маслопроводу, газопроводу, імпульсного трубопроводу, холодильників на всмоктування та нагнітання газу, змонтованих на загальній рамі. Агрегат компресорний виготовляється у кліматичному виконанні «У» для категорії розміщення 4 згідно з ГОСТ 15150-69 та застосування в стаціонарних умовах. На агрегаті встановлений мембранний компресор одноступінчастий, оппозитний двоблоковий з водяним охолодженням.

Мембранні компресори – машини об'ємної дії, в яких зміна об'єму здійснюється мембраною, що здійснює коливальний рух. Прогинаючись, мембрана призводить до всмоктування та нагнітання газу. Мембрана повністю ізолює газ, запобігаючи потраплянню в нього олії та води, тому компресори даного типу використовують у тих випадках, коли потрібне отримання газу високої чистоти. Вони мають широке розповсюдження у різних галузях промисловості України, зокрема, застосовуються для стискання кисню, фтору, хлору та інших газів, тобто там, де необхідна повна герметичність порожнини компресора.

У мембранних компресорах відбувається інтенсивне охолодження газу, що стискається, внаслідок великої поверхні мембрани (іноді для більш інтенсивного охолодження під диском додатково поміщають змійовик, що охолоджується водою) і малого мертвого простору, що забезпечує високий ступінь стиснення в одному ступені. Недоліками мембранних компресорів є мала частота обертання валу, великі габарити та маса, мала довговічність мембран.

						Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Мембранний компресор складається з таких основних вузлів: картера, колінчастого валу, шатунно-поршневої групи, мембранного блоку та масляного насоса.

Однією з основних деталей розглянутого агрегату є «картер 43.42.22.023.01.01.001». Останній є чавунним виливком коробчастої форми, див. рисунок 1.1, всередині якої встановлюються напрямні крейцкопфів і розміщується ємність для масла. У протилежних торцевих стінках кривошипної камери виконані припливи з співвісними розточками, в яких встановлені сферичні дворядні роликотідшипники з одно-шатунним колінчастим валом. Передній підшипник (з боку масляного насоса) встановлений у корпусі «картера» в отворі $\varnothing 215H7$, задній – (з боку шківів клинопасової передачі), запресовується в отвір $\varnothing 240H7$. Для осьової фіксації підшипника кочення в отворі $\varnothing 215H7$ виконана напрямна розточка $\varnothing 240H9$ під кришку, яка закріплюється на торці фланця за допомогою 8 отворів кріплення M12-7H. Аналогічна кришка встановлюється і на протилежному фланці «картера», закріплюючись за допомогою таких же 8 кріпильних отворів M12-7H. Зазначені кришки закривають із зовнішніх торців «картера» підшипникові вузли колінчастого валу, забезпечуючи його герметичність і оберігаючи їх від попадання пилу та бруду. Для підвищення міцності і жорсткості з'єднань, що розглядаються, до зазначених отворів ($\varnothing 240H7$ і $\varnothing 215H7$) підведені ребра жорсткості (по 6–7 штук) шириною до 18 мм і з радіусами заокруглень R9. До передньої торцевої стінки «картера» кріпиться корпус плунжерного масляного насоса, що служить для підживлення масляних порожнин мембранних блоків. На інших протилежних торцевих площинах «картера» виконані припливи з фланцями та отворами $\varnothing 230H7$ для кріплення ліхтарів крейцкопфів, до яких приєднані мембранні блоки. Останні кріпляться за допомогою восьми пар отворів кріплення M20-7H.

						Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

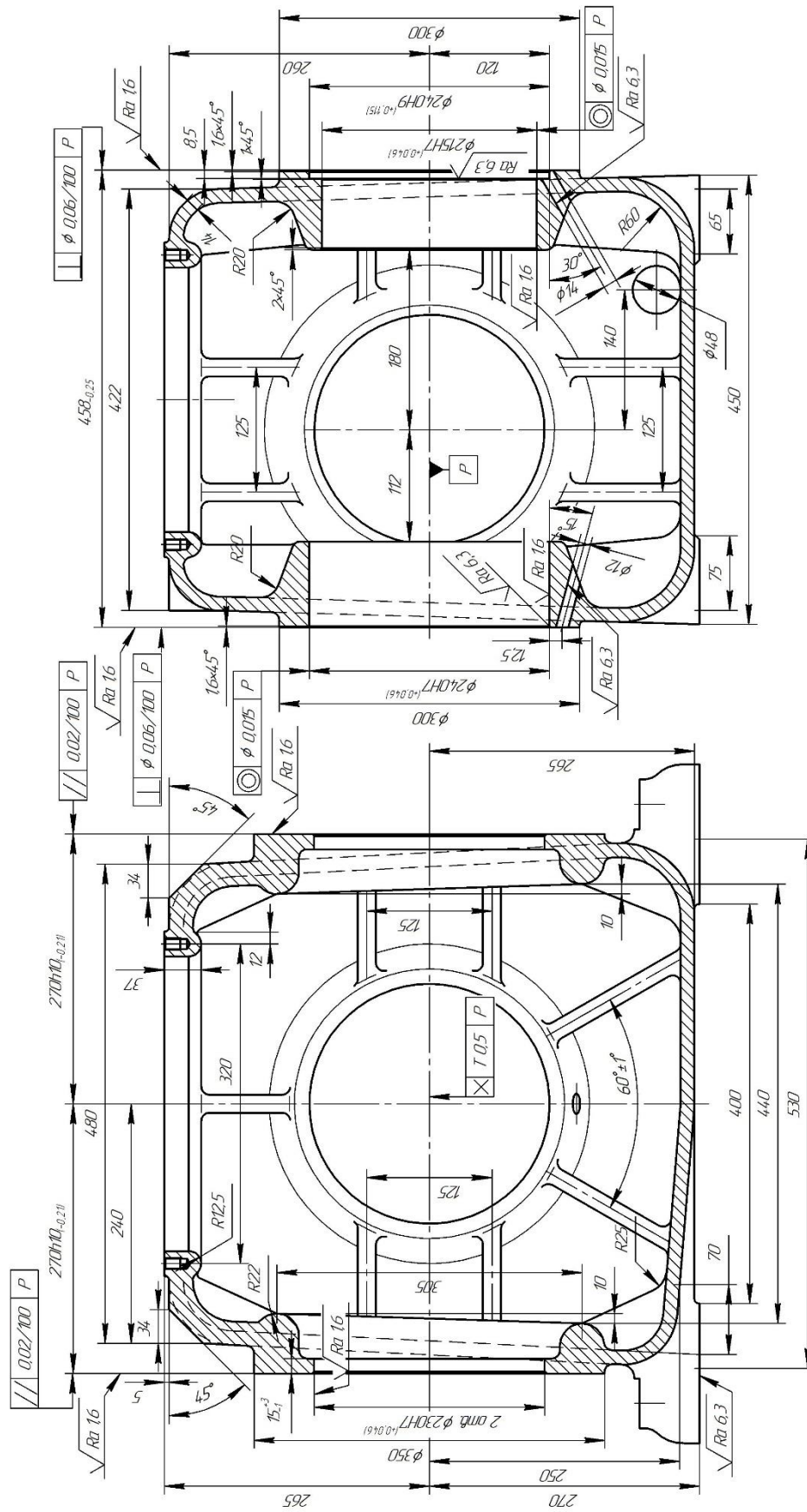


Рисунок 1.1 – Ескіз «картера»

					Арк.
					7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Колінчастий вал – однокривошипний. На задньому консольному кінці валу насаджений маховик-шків клинопасової передачі, на протилежному кінці встановлені ексцентрики приводу підкачувального (компенсаційного) масляного насоса. У тілі валу є осьові та радіальні свердління, якими масло надходить до шатунної шийки. На щоках валу за допомогою болтів закріплено противагу.

Шатунно-поршнева група включає поршень, крейцкопф, шатун. Поршень є чавунним виливком з хрестоподібною основою. Ущільнення поршня по дзеркалу циліндра здійснюється за допомогою чавунних поршневих кілець. Крейцкопф є чавунним виливком циліндричної форми. З'єднання шатуна з крейцкопфом здійснюється за допомогою пальця, встановленого в конічних розточках корпусу крейцкопфа. Шатун – сталевий, зі стрижнем круглого перерізу. Нижня роз'ємна головка шатуна стягується двома болтами. Вкладиші шатунних підшипників залиті бабітом. Як крейцкопфний підшипник використовується бронзова втулка, запресована у верхню нероз'ємну головку.

У верхній частині «картера» виконаний прямокутний фланець (з прямокутним вікном з розмірами 265×295 мм і з радіусними заокругленнями R25), на який встановлюється кришка із сапуном. У нижній бічній частині «картера» передбачено отвір Ø48 для зливу масла, який закривається прямокутною кришкою за допомогою чотирьох болтів, що встановлюються в різьбові отвори М8-7Н.

Розглянутий «картер 43.42.22.023.01.01.001» встановлюється та базується на рамі агрегату по нижній площині чотирьох припливів та кріпиться до останньої чотирма болтами через отвори Ø26 в опорних ділянках. Таким чином, зазначені припливи та отвори є основними конструкторськими базами аналізованого «картеру». При цьому, нижня площина припливів є установчою базою, що позбавляє «картер» трьох ступенів свободи: одного поступального переміщення вздовж осі Z (при вертикальному розташуванні осі Z) та двох обертальних переміщень навколо двох інших осей Y та X. Ще двох ступенів свободи «картер» позбавляє подвійна опорна база – один із чотирьох отворів Ø26. При цьому обмежується два поступальні переміщення вздовж двох осей Y і X. І останнього

						Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

шостого переміщення «картер» позбавляється за рахунок опорної бази – також одного з чотирьох отворів $\varnothing 26$. При цьому обмежується один обертальний рух навколо осі Z. Таким чином, «картер», що розглядається, фіксується на рамі агрегату нерухомо, позбавляючись усіх шести ступенів свободи.

Інші, раніше розглянуті поверхні (гладкі циліндричні та різьбові отвори, торцеві поверхні фланців та інші), є виконавчими поверхнями і в той же час допоміжними конструкторськими базами, оскільки за допомогою їх до «картеру», що розглядається, приєднуються інші деталі складального вузла. До виконавчих поверхонь «картера» слід віднести і внутрішню його порожнину, яка служить у виробі масляним резервуаром для мастила деталей кривошипно-шатунної групи.

«Картер» є основною базовою та найбільш відповідальною деталлю компресора. На ньому монтуються і координуються з необхідною точністю всі вузли та деталі компресора, встановлюється їхнє правильне взаємне розташування.

Під час роботи компресора на основні базові деталі діють великі згинальні та розтягувальні сили, значні за величиною та змінні у напрямку. Під впливом цих знакозмінних, циклічних сил, що діють, можуть виникнути вібрації, тому основна вимога до конструкції базових деталей – достатня жорсткість.

«Картер 43.42.22.023.01.01.001» відноситься до класу корпусних деталей призматичного (коробчастого) типу. Деталі цього класу характеризуються наявністю плоских поверхонь великих розмірів та основних точно оброблених отворів. Характерною особливістю конструкції «картера» є відсутність роз'ємів, наявність у ньому точних отворів під ліхтарі крейцкопфів та підшипники колінчастого валу.

						Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2 АНАЛІЗ ОБГРУНТОВАНOSTІ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ, ЩО ВИСУВАЮТЬСЯ ДО КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

«Картер 43.42.22.023.01.01.001» є основною деталлю мембранного компресора і до нього пред'являють досить жорсткі вимоги на виготовлення.

Робоче креслення «картера 43.42.22.023.01.01.001» дає повне уявлення про конфігурацію деталі, розміри всіх її поверхонь і точність їх виготовлення, шорсткість, точність взаємного розташування поверхонь.

Заготовка «картера» виконується з чавунного лиття СЧ20 ГОСТ 1412-85. Сірий чавун СЧ20 ГОСТ 1412-85 має межу міцності при розтягуванні (тимчасовий опір) – 196 МПа; межа міцності при згинанні – 392 МПа; твердість за Брінеллем (НВ) 1668–2364 МПа (170–241 кгс/мм²) [1]. Зазначений чавун знаходить широке застосування для виготовлення різних корпусів, блоків циліндрів, кронштейнів, зубчастих коліс та інших відповідальних деталей з мінімальною товщиною стінки до 10–15 мм, що працюють при температурах до 300° і потребують значної міцності.

По ГОСТ 26645-85 точність виливки 11-10-15-11. Шорсткість поверхонь – 100 мкм Ra. Інші вимоги на виливок за ГОСТ 3212-80 та ТУ 26-12-739-86. Дані вимоги задані обгрунтовано, оскільки розмірна точність по 11 класу та точність маси також по 11 класу при найбільшому габаритному розмірі деталі 680 мм відповідає литтю в піщано-глинисті форми із сумішей з вологістю до 3,5–4,5% та міцністю до від 60 кПа до 120 кПа. Обгрунтовано поставлено і вимогу для даної виливки – невказані ливарні радіуси 8 мм, що у місцях переходів конструктивних елементів деталі усуває концентратори напруги, а значить, підвищує жорсткість та міцність деталі, її експлуатаційну довговічність.

Розглянутий «картер» є порожнистим корпусом призматичної (коробчастої) форми з габаритними розмірами 680×458×535 мм і мінімальною товщиною стінки 14 мм, що забезпечує йому досить високу жорсткість. Маса деталі – 175 кг.

						Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Подальший аналіз технічних вимог показав, що внутрішні розточування $\varnothing 215H7$, $\varnothing 240H7$ і $\varnothing 230H7$, будучи виконавчими поверхнями, і в той же час допоміжними конструкторськими базами, виконуються за 7 квалітетом точності, що цілком обґрунтовано, так як по $\varnothing 215H7$ забезпечується стандартна посадка зовнішнього кільця підшипника кочення ($\varnothing 215H7/10$), а по $\varnothing 240H7$ встановлюється проміжний вкладиш також під підшипник, забезпечуючи високу герметичність з'єднання. По $\varnothing 230H7$ (два отвори) встановлюються напрямні ліхтарі під крейцкопфи і такої точності достатньо для їх надійного центрування у зазначених отворах. Відповідає зазначеній розмірній точності отворів і шорсткість їх поверхонь – 1,6 мкм Ra. Виходячи зі службового призначення зазначених деталей, обґрунтовано задано і вимогу на відхилення від співвісності отворів $\varnothing 215H7$ та $\varnothing 240H7$ щодо загальної осі Р з допуском 0,015 мм у діаметральному вираженні, що відповідає 4–5-му степеням точності з найближчими стандартними допусками 0,012 мм та 0,02 мм, відповідно, а також відхилення від круглості та циліндричності з допусками 0,02 мм, що відповідає 7-му ступеню точності [2]. Такі жорсткі вимоги задані цілком обґрунтовано, оскільки у зазначених отворах через підшипники кочення встановлюється колінчастий вал компресора, що дозволить отримати високий ступінь центрування та щільності посадки останнього, уникнути його перекоосу, а значить знизити інерційні навантаження та вібрації під час його обертання, що підвищить його експлуатаційну надійність та довговічність.

Крім цього, до торцевих поверхонь (площин) зазначених отворів пред'являється і вимога щодо відхилення від перпендикулярності щодо осі Р з допуском 0,06 мм на 100 мм довжини, що відповідає 9-му ступеню точності [2]. Це також встановлено обґрунтовано, так як до задньої торцевої стінки «картера» кріпиться корпус плунжерного масляного насоса, що служить для підживлення масляних порожнин мембранних блоків. Перекіс посадкових поверхонь масляного насоса щодо осі колінчастого валу неприпустимий, так як на кінці

						Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

останнього встановлені ексцентрики приводу насоса та їх зношування великою мірою залежить від точності позиціонування робочих елементів насоса.

Висока точність забезпечується і за відхиленням від паралельності посадкових фланців отворів $\varnothing 230H7$ для кріплення ліхтарів крейцкопфів, до яких приєднуються мембранні блоки. Допуск на відхилення від паралельності – 0,02 мм на 100 мм довжини щодо осі Р (осі колінчастого валу) відповідає 7-му ступеню точності [2]. Така висока точність задана обґрунтовано, тому що дозволяє уникнути перекосів при встановленні напрямних ліхтарів крейцкопфів, а, значить, усуне згинальні напруги в них і підвищить їх експлуатаційну надійність. При цьому знизяться вібрації і в мембранних блоках, що дуже важливо, оскільки вони є найслабшою ланкою в компресорі. Точність лінійних розмірів (відстаней) торцевих поверхонь фланців щодо осі Р – 270h10 задано по 10 квалітету, чого також цілком достатньо. Відповідає зазначеній розмірній точності та точності взаємного розташування поверхонь фланців та їх шорсткість – 1,6 мкм Ra.

До виконавчих поверхонь «картер» слід віднести і внутрішню його порожнину, яка служить у виробі масляним резервуаром для мастила деталей кривошипно-шатунної групи, тому вони обґрунтовано не обробляються, а лише піддаються покриттю емаллю, про що буде сказано нижче.

Дещо нижче розмірна точність отвору $\varnothing 240H9$ під напрямний елемент захисної кришки підшипника, проте це задано цілком обґрунтовано і забезпечує достатню герметичність з'єднання для захисту підшипникового вузла від попадання пилу і бруду. Відповідає зазначеній розмірній точності отвору його шорсткість – 1,6 мкм Ra.

Відповідно до службового призначення, обґрунтовано задано і допуск на відхилення від площинності основної конструкторської бази – площини основи припливів. Допуск на відхилення від площинності – 0,1 мм, що відповідає 9-му ступеню точності [2]. Цього середнього ступеня точності цілком достатньо для щільного та нерухомого їх з'єднання, без видимих перекосів, та до того ж установка «картера» на раму компресорного агрегату не впливає на точність

						Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

взаємного розташування основних вузлів та елементів мембранного компресора, а значить і не вплине на його експлуатаційну надійність та довговічність. Відповідає зазначеній точності та шорсткості поверхні – 6,3 мкм Ra. З цих міркувань невисоку точність задано і на міжцентрові відстані 4-х посадкових отворів Ø26, допуск яких дорівнює 1,6 мм, що відповідає IT(14–15).

Кріпильні отвори «картера» M8-7H, M12-7H і M207H виконуються по 7-му ступеню точності з шорсткістю 3,2 мкм Ra, що цілком прийнятно для різблення, що забезпечують нерухоме з'єднання. При цьому всі отвори кріплення виконуються з позиційним залежним допуском в 0,4–0,5 мм і відхиленням від перпендикулярності їх осей щодо базових фланців (площин) з допуском 0,8 мм на 100 мм довжини, що відповідає 10 ступеню точності.

Як уже зазначалося вище, розглянута деталь виготовляється з сірого чавуну литтям у піщано-глинисті форми, тому вимога – вилівок піддати штучному старінню, наприклад, дробоструминній обробці, – задано цілком обґрунтовано і дозволяє уникнути перерозподілу внутрішніх напружень, як після механічної обробки заготовки, так у процесі її подальшої експлуатації. Недотримання даної вимоги для корпусної деталі може викликати виникнення короблення її основних поверхонь, що може призвести до перекосу її посадкових поверхонь (основних і допоміжних конструкторських баз), а значить, порушить орієнтацію деталей, що складаються в «картері», і знизить їх експлуатаційну надійність у роботі. У той же час на поверхнях заготовки допускаються без виправлень деякі дефекти лиття.

Зокрема, допускається на необроблених поверхнях наявність раковин з найбільшим розміром до 4 мм та глибиною до 2 мм загальною кількістю не більше 10 штук на поверхні та на оброблених поверхнях – раковин з найбільшим розміром до 3 мм та глибиною до 2 мм загальною кількістю не більше 4 штук на поверхні. Це задано цілком обґрунтовано, тому що такі дефекти на необроблених поверхнях при мінімальній товщині стінки заготовки в 14 мм – незначні і не зменшать міцність та жорсткість останньої. Аналогічним чином, не знизить експлуатаційну надійність і зазначені дефекти на оброблених поверхнях заготовки, оскільки їхня

						Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

довжина повністю перекриває зазначені розміри раковин і не порушить щільності з'єднань елементів мембранного компресора. Виходячи з цих міркувань, допускаються з виправленням на необроблених поверхнях, крім ребер, раковини з найбільшим розміром до 6 мм і глибиною до 4 мм загальною кількістю не більше 10 штук на поверхні. А ось у різьбових отворах раковини не допускаються, оскільки їх наявність при незначних розмірах кроку та висоти різьблення можуть різко знизити міцність зазначених сполучень. В результаті, це призведе в процесі експлуатації компресорного агрегату до збільшення вібрацій його окремих вузлів, розбивки посадкових поверхонь і виходу з експлуатації всього компресора. Обґрунтовано задано і вимогу щодо покриття внутрішніх необроблених поверхонь «картеру» емаллю НЦ 5123 червоно-коричневого кольору за ГОСТ 7462-73 та зовнішніх поверхонь – емаллю ПФ 115 темно-сірого кольору за ГОСТ 6465-76, оскільки внутрішня порожнина «картера» є масляним резервуаром для змащування основних елементів кривошипно-шатунної групи компресора, а зовнішнє фарбування надає виробу сучасного дизайну та відповідного естетичного вигляду.

Інші поверхні деталі є вільними і формують лише зовнішню конфігурацію та габаритні розміри «картера», тому й вимоги щодо виконання їх розмірів за H14, h14, ±IT14/2 – задані цілком обґрунтовано.

Таким чином, загалом технічні вимоги до конструкції «картера 43.42.22.023.01.01.001» задані цілком обґрунтовано та відповідають сучасному рівню компресоробудування.

						Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ

Під час проектування оптимального (раціонального) технологічного процесу механічного оброблення заготовки необхідно обов'язково враховувати тип виробництва виробів. Згідно з ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва характеризують коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о}$, який визначає відношення всіх різних операцій, виконуваних підрозділом протягом місяця, до кількості робочих місць. На перших етапах проектування з достатньою мірою точності тип виробництва можна визначити табличним методом, з наступним уточненням за коефіцієнтом закріплення операцій. Виходячи з цього, раніше в курсовій роботі було визначено тип виробництва дрібносерійний – за масою деталі 175 кг і річною програмою їх випуску $N_p = 150$ штук. Тепер уточнимо його розрахунком $K_{з.о}$ згідно з аналітичною методикою, наведеною в [3]. Усі розрахунки зведемо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок коефіцієнту закріплення операцій

№ з/п	Операція	$T_{шт.к},$ хв.	$m_p,$ шт.	$P,$ осіб	$\eta_{з.ф.}$	O
1	Розточувальна	107,0	0,083	1	0,083	10
2	Розточувальна	75,0	0,058	1	0,058	14
3	Свердлильна	23,0	0,018	1	0,018	44
				$\Sigma P = 3$		$\Sigma O = 68$

Розрахункову кількість устаткування визначають за формулою

$$m_p = (N_p \cdot T_{шт.к}) / (60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}),$$

де $F_d = 4015$ год. – дійсний річний фонд часу роботи устаткування [3];

$\eta_{з.н} = 0,8$ – нормативний коефіцієнт завантаження устаткування для умов дрібносерійного виробництва [3];

						Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$T_{шт.к}$ – штучно-калькуляційний час оброблення заготовки на операції.

Розраховуємо кількість обладнання з кожної операції, а результати розрахунків заносимо до таблиці 3.1:

$$m_{p1} = (150 \cdot 107,0)/(60 \cdot 4015 \cdot 0,8) = 0,083,$$

$$m_{p2} = (150 \cdot 75,0)/(60 \cdot 4015 \cdot 0,8) = 0,058,$$

$$m_{p3} = (150 \cdot 23,0)/(60 \cdot 4015 \cdot 0,8) = 0,018.$$

Кількість робітників по операціях:

$$P_1 = P_2 = P_3 = 1 \text{ осіб.}$$

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця визначають за формулою

$$\eta_{з.ф} = m_p / P.$$

Результати розрахунків для кожної операції заносимо до таблиці 3.1.

Число операцій, що виконують на робочому місці визначають за формулою:

$$O = \eta_{з.н} / \eta_{з.ф},$$

Результати розрахунків для кожної операції заносимо до таблиці 3.1.

Коефіцієнт закріплення операцій визначають за формулою

$$K_{з.о} = \Sigma O / \Sigma P = 68/3 = 22,67.$$

									Арк.
									16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

Розраховане значення коефіцієнта закріплення операцій – 22,67 відповідає дрібносерійному типу виробництва [3, 4].

При дрібносерійному типі виробництва вироби виготовляються партіями або серіями, що складаються з однойменних, однотипних за конструкцією та типорозмірів виробів, що запускаються у виробництво одночасно.

Застосовується різноманітне технологічне обладнання та оснащення: верстати універсальні та з ЧПК, оснастка універсальна, стандартизована з механізованим та ручним приводом. Оброблення заготовок проводиться партіями із послідовним виконанням операцій. Устаткування розташовується, переважно, за групами верстатів. Середня кваліфікація основних виробничих робітників при цьому вища, ніж у масовому виробництві, але нижча, ніж у одиничному та становить 3, 4 та 5 розряди. Для допоміжних робітників – це також розряди 3–5. Серійне виробництво є значно економічнішим, ніж одиничне, оскільки краще використання спеціального обладнання та оснащення (за рахунок великих партій оброблюваних деталей) дозволяє зменшити собівартість продукції.

Приймаємо форму організації робіт у дрібносерійному виробництві – групову, що передбачає формування предметно-замкненої ділянки для оброблення заготовок деталей подібних за своїми конструктивно-технологічними ознаками.

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

$$n = (N_p \cdot a) / 260,$$

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

$$n = (150 \cdot 24) / 260 = 13,3 \text{ шт.}$$

Беремо $n = 14$ шт.

						Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Виконаємо аналіз технологічності конструкції деталі «картер», який спрямований на підвищення продуктивності праці, зниження витрат та скорочення часу на проєктування, технологічну підготовку виробництва, виготовлення, технічне обслуговування та ремонт виробу при забезпеченні необхідної його якості, дотриманні безпечних умов праці та екології виробництва. Чим простіше конструкція виробу, чим менша трудомісткість і собівартість його виготовлення, тим більше воно технологічне.

Аналіз матеріалу заготовки «картер 43.42.22.023.01.01.001» показує, що використання для її виготовлення сірого чавуну СЧ20 ГОСТ 1412-85 цілком обґрунтовано і пояснюється високими вимогами міцності, що пред'являють до поверхонь деталі в процесі її експлуатації. Хімічний склад сірого чавуну СЧ20, його структура та фізико-механічні властивості (див. розділ 2 цієї пояснювальної записки) продиктовані умовами експлуатації «картера», що працює в умовах складнонапруженого стану циклічних, знакозмінних навантажень, що піддаються динамічним впливам, вібраціям. Деталь працює в навантаженому стані, слугуючи опорою для колінчастого валу компресора, що обертається всередині нього з частотою до 750 об/хв. У цих умовах необхідно мати матеріал з високим тимчасовим опором розриву (до 196 МПа) і досить високою межею міцності при згинанні (до 392 МПа), що дозволяє працювати «картеру» на розтягування-стиснення з можливим крученням. Такий чавун має хорошу оброблюваність різанням, у зв'язку з чим він досить технологічний при механічній обробці лезовим інструментом. При використанні однокорбідних твердих сплавів типу ВК (ВК8; ВК6; ВК4) можна отримати необхідну точність у межах ІТ(7–8) та необхідну шорсткість поверхонь у межах (1,6–3,2) мкм Ra.

До заготовки пред'являють порівняно невисокі вимоги щодо точності виготовлення вилівка: 11-10-15-11 ГОСТ 26645-85, що є цілком прийнятним для

						Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

великогабаритних виливків піщано-глинисті форми і є досить технологічним методом отримання заготовок.

Заготовка «картера» являє собою виливок коробчастої форми з центральними отворами в бокових припливах у взаємно перпендикулярних напрямках, верхнім прямокутним вікном і габаритними розмірами в межах 680×458×535 мм, при мінімальній товщині стінки в 14 мм, що говорить про її високу жорсткість. З цієї точки зору заготовка технологічна і дозволяє проводити оброблення різанням із застосуванням багатоінструментальних налагоджень і підвищених режимів різання, що дозволяє підвищити продуктивність оброблення і знизити собівартість її виготовлення.

Деталь за своєю конфігурацією порівняно проста і є корпусною конструкцією коробчастої форми з наскрізними посадочними отворами у всіх чотирьох бокових стінках і прямокутним вікном у верхній площині. У нижній частині деталі на її основі виконані чотири посадочні припливи, в яких виконуються посадкові отвори $\varnothing 26$.

Переважна більшість внутрішніх та зовнішніх поверхонь заготовки – не обробляється, за винятком розточок посадкових отворів $\varnothing 215H7$, $\varnothing 240H7$ та $\varnothing 230H7$ з підрізуванням торців їх фланців, а також розточування $\varnothing 240H9$ у посадковому отворі $\varnothing 215H7$. Усі центральні розточки $\varnothing 215H7$, $\varnothing 240H7$ та $\varnothing 230H7$, за винятком $\varnothing 240H9$, виконуються напрохід, і з цього погляду є досить технологічними в обробленні. У той же час, забезпечення розмірної точності по IT7 та шорсткості 1,6 мкм Ra підвищує трудомісткість виготовлення деталі та знижує її технологічність, оскільки вимагатиме при їх обробленні не менше трьох етапів: чорнового, півчистового та чистового розточування. При цьому, оброблення отворів $\varnothing 215H7$ та $\varnothing 240H7$, які розташовуються на одній осі, досить технологічна, оскільки можливе їх розточування напрохід з одного боку заготовки. А ось обробка двох отворів $\varnothing 230H7$, що не лежать на одній осі (їх осі розташовані в одній площині, але на відстанях $198\pm 0,1$ та $265\pm 0,1$ від площини

						Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

фланця $\varnothing 300$ з посадковим отвором $\varnothing 240H7$) вимагатиме їх розточування з двох установок заготовки, що знижує точність оброблення та підвищує трудомісткість і собівартість виготовлення деталі. Не технологічним слід вважати й одержання на такій високоточній циліндричній поверхні як $\varnothing 215H7$ внутрішньої зворотної фаски, що вимагатиме для її виготовлення застосування спеціального розточувального блоку або фаскового різця, а, отже, підвищить трудомісткість та собівартість механічної обробки заготовки. З цих міркувань складна й обробка внутрішньої розточування $\varnothing 240H9$, коли крім забезпечення високої розмірної точності та низької шорсткості циліндричного ступеня ($1,6 \text{ мкм Ra}$), потрібна ще й «глухе» підрізання торця розміром $8,5 \text{ мм}$.

Нетехнологічними елементами конструкції «картера» слід вважати і свердління двох отворів $\varnothing 12$ і $\varnothing 14$ під кутами в 15° і 30° до площин фланців, відповідно. Пов'язано це не тільки зі складністю оброблення отворів під кутом до площини свердління, що призводить до відведення осі отвору та зниження точності його обробки, але й збільшує кількість переустановок заготовки, що також підвищує трудомісткість і знижує продуктивність обробки, збільшуючи її собівартість.

Знижує технологічність конструкції деталі й необхідність механічної обробки кількох фланців (площин) та припливів з різних боків заготовки. Зокрема, необхідно фрезерувати основи чотирьох посадочних лап «картера» та їх верхні протилежні площини припливів у розмір 60 мм з подальшим свердлінням у них чотирьох посадкових отворів $\varnothing 26$, а потім проводиться обробка верхньої площини прямокутного вікна у розмірі $345 \times 315 \text{ мм}$. Потім проводиться фрезерування з чотирьох сторін чотирьох фланцевих площин у розмірі $270h10$ і $455_{-0,25}$ з наступними розточуваннями в них раніше зазначених отворів $\varnothing 215H7$, $\varnothing 240H7$, $\varnothing 230H7$ та фрезерування нижнього квадратного припливу під зливний отвір $\varnothing 48$. Оброблення зазначених площин і припливів вимагатиме використання численних переустановок заготовки, застосування складної дорогої оснастки з ділильними

						Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

пристроями, що не сприяє підвищенню продуктивності обробки та зниження її собівартості. Крім цього, на всіх площинах, за винятком останнього припливу під зливний отвір і верхній площині «картера», повинна забезпечуватися низька шорсткість – 1,6 мкм Ra, що потребує додаткових етапів оброблення і також знижує технологічність конструкції деталі.

Підвищує трудомісткість механічної обробки заготовки і високі вимоги щодо точності взаємного розташування ряду поверхонь «картера», зокрема, вимоги щодо відхилення від співвісності циліндричних отворів $\varnothing 215H7$ та $\varnothing 240H7$ з допуском 0,015 мм у діаметральному виразі відносно їх загальної осі Р, див. рисунок 1.1, що відповідає 4–5-му ступеням точності з найближчими стандартними допусками у 0,012 мм та 0,02 мм, відповідно, а також відхилення від круглості та циліндричності з допусками у 0,02 мм, що відповідає 7-му ступеню точності [2]. Крім цього, до торцевих поверхонь (площин) зазначених отворів пред'являється і вимога щодо відхилення від перпендикулярності щодо осі Р з допуском 0,06 мм на 100 мм довжини, що відповідає 9-му ступеню точності [2]. Висока точність забезпечується і за відхиленням від паралельності посадкових фланців отворів $\varnothing 230H7$ для кріплення ліхтарів крейцкопфів, до яких приєднуються мембранні блоки. Допуск на відхилення від паралельності – 0,02 мм на 100 мм довжини щодо осі Р відповідає 7-му ступеню точності [2]. Для забезпечення зазначених вимог під час механічного оброблення необхідно використовувати додаткові чистові етапи, що вимагає застосування точнішого обладнання, технологічного оснащення, а в результаті зростають трудовитрати, час оброблення, що знижує продуктивність обробки та підвищує її собівартість.

Підвищує трудомісткість обробки заготовки і вимоги забезпечення при свердлінні всіх кріпильних отворів М8-7Н, М12-7Н та М20-7Н позиційного залежного допуску в 0,4–0,5 мм та відхилення від перпендикулярності їх осей щодо базових фланців з допуском 0,8 мм на 100 мм довжини, що відповідає 10-му ступеню точності [2]. Їх обробка вимагатиме або додаткової малопродуктивної

						Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

операції ручного розмічування, як у заводському варіанті технологічного процесу, або застосування спеціальних кондукторів, або верстатів з ЧПК.

Знижує технологічність конструкції «картера» і невисокий ступінь уніфікації конструктивних елементів деталі, що часто повторюються, таких як обробка зовнішніх і внутрішніх фасок циліндричних щаблів у розміри: $1 \times 45^\circ$, $1,6 \times 45^\circ$ і $2 \times 45^\circ$, а також і відмінність фасок у кріпильних отворах: $1,6 \times 45^\circ$, $2,5 \times 45^\circ$.

На кресленні деталі використовується комбінований метод проставлення розмірів, що забезпечує зручність вимірювання розмірів під час механічного оброблення поверхонь. У загальному випадку розмірні ланцюги забезпечують однозначне визначення всіх конструктивних елементів деталі. На кресленні «картера 43.42.22.023.01.01.001» представлено достатньо видів, проєкцій, розрізів та виносков для чіткого розуміння конструкції деталі. Разом з тим деякі розміри деталі вказані з допусками, що не відповідають стандартним. Зокрема, $372 \pm 0,8$ з допуском 1,6 мм, що знаходиться в межах IT(11–12), $198 \pm 0,1$ з допуском 0,2 мм, що знаходиться в межах IT(10–11), $265 \pm 0,1$ з допуском 0,2 мм, що знаходиться в межах IT(9–10), $600 \pm 0,8$ з допуском 1,6 мм, що знаходиться в межах IT(13–14), $15^{+1,5}$ та $23^{+1,5}$ з допусками 1,5 мм, що знаходиться в межах IT(16–17), 35^{+2} з допуском 2,0 мм, що знаходиться в межах IT(16–17), а допуски на розміри 25^{+5} , $16^{+3,5}$ та 10^{+3} – взагалі перевищують стандартні значення за IT18. Не відповідає стандартним значенням і допуск в 0,015 мм у діаметральному вираженні за відхиленням від співвісності циліндричних отворів $\varnothing 215H7$ та $\varnothing 240H7$ щодо їхньої загальної осі Р, що відповідає 4–5-му ступеням точності [2].

Враховуючи високу розмірну точність деяких поверхонь, що оброблюються, високу точність взаємного розташування при їх механічній обробці слід максимально дотримуватися принципів єдності і сталості баз, а також намагатися обробляти максимально можливу кількість поверхонь з однієї установки.

						Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

В іншому, за конфігурацією деталь технологічна і труднощів під час її механічного оброблення не передбачається.

З точки зору складання необхідно відзначити, що деталь «картер» знаходиться у вузлі «мембранний компресор» компресорного агрегату, який є самостійною складальною одиницею, і може легко зніматися і встановлюватися в процесі його експлуатації (ремонту).

Загалом, деталь «картер» має високий рівень уніфікації проектних рішень.

Отже, у результаті проведеного аналізу можна констатувати таке.

До основних поверхонь аналізованого «картеру» відносяться площини чотирьох опорних ділянок; отвори $\varnothing 215H7$ та $\varnothing 240H7$ під корпуси підшипників колінчастого валу, загальна вісь яких є головною віссю картера, а також два отвори під ліхтарі крейцкопфів – $\varnothing 230H7$. Розміри перерахованих отворів уніфіковані для компресорів даного типу. Це дає можливість вести обробку всіх типорозмірів «картерів» за допомогою тих самих розточувальних блоків. Зменшується кількість ріжучого та налагоджувального інструменту. Розміри численних різьбових отворів, призначених для кріплення кришок та фланців, або уніфіковані, або нормалізовані. Це також скорочує номенклатуру свердлів і мітчиків і дає можливість використовувати стандартний інструмент, який набагато дешевше спеціального.

Технологічність деталі оцінюється комплексно: отримання вихідної заготовки, механічна обробка та складання. Заготовка «картера» надходить як вилівок. Це найбільш раціональний спосіб отримання заготовки такого роду корпусних деталей, так як максимально дозволяє досягти економії металу за рахунок мінімального припуску під обробку.

З погляду механічної обробки деталь має такі можливості підвищення технологічності виготовлення. Конструкція деталі дозволяє проводити обробку поверхонь на потокових лініях з використанням агрегатних верстатів. Але це доцільно при великосерійному та масовому виробництвах. У нашому випадку для умов дрібносерійного виробництва як засоби автоматизації можна

						Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

використовувати верстати з ЧПК. Деталь має зручну технологічну базу у вигляді лап з чотирма отворами $\varnothing 26$ мм, два з яких можна виконати з підвищеною точністю для зручності базування та забезпечення необхідної орієнтації на верстаті при можливості обробки її з чотирьох сторін та забезпечення вільного підведення інструменту до оброблюваних поверхонь.

Зовнішні поверхні деталі мають відкриту форму, що забезпечує їх обробку на прохід у напрямку подачі. Отвори $\varnothing 230$ та $\varnothing 240$ виконані наскрізними та без переходів, що полегшує їх розточування. Отвір $\varnothing 215H7$ має співвісний ступінь $\varnothing 240$ із зовнішнього боку деталі, що дозволяє проводити оброблення за допомогою спеціального дворізцевого розточувального блоку. Уніфіковані отвори кріплення є можливість виконати по кондуктору або на верстаті з ЧПК, що не потребує попередньої малопродуктивного, ручного розмічування.

Таким чином, в результаті проведеного аналізу можна зробити висновок, що в цілому деталь «картер 43.42.22.023.01.01.001» – досить технологічна, як при виготовленні заготовки, так і при подальшому механічному обробленні та складанні.

						Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

5 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ

Від способу отримання заготовки великою мірою залежить подальший обсяг і трудомісткість механічної обробки «картера» і в кінцевому підсумку собівартість його виготовлення в цілому. У зв'язку з цим вибір оптимального способу отримання заготовки є одним з найважливіших етапів виготовлення деталі, що розглядається.

У заводських умовах «картер» отримують, як уже було зазначено вище, литтям у піщано-глинисті форми, забезпечуючи досить високий коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м} = 175 / 207 = 0,85.$$

Цей метод є цілком прийнятним для умов дрібносерійного виробництва, враховує коробчасту конфігурацію аналізованої деталі, її матеріал. Це найбільш універсальний метод, проте виготовлення форм потребує великих витрат часу. Так, набивання 1 м³ формувальної суміші вручну займає 1,5–2 години. Застосування пісcomedета скорочує час набивання до 6 хвилин. Струшуючі машини прискорюють набивання порівняно з ручною в 15 разів, а пресування – в 20 разів.

Однак для обґрунтування оптимального способу отримання заготовки слід зробити відповідні техніко-економічні розрахунки, визначивши собівартість отримання заготовки в заводському варіанті та альтернативному варіанті, зокрема, при литті в оболонкові форми.

Собівартість заготовок, одержуваних литтям, можна визначити за формулою [3]:

$$S_{заг} = (C_i / 1000) \cdot Q \cdot K_T \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_{п} - (Q - q) \cdot S_{вдх} / 1000,$$

де C_i – базова вартість 1 т заготовок, грн;

						Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

K_T – коефіцієнт, що залежить від класу точності виливка;

K_C – коефіцієнт, що залежить від групи складності виливка;

K_B – коефіцієнт, що залежить від маси виливка;

K_M – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу виливка;

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовок;

Q – маса виливка, кг;

q – маса готової деталі, кг;

$S_{вдх}$ – вартість 1 т відходів, грн.

Для лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням вище перераховані коефіцієнти мають такі значення:

$K_T = 1,0$ – для 11 ступеня точності згідно з ГОСТ 26645-85;

$K_C = 1,2$ – для 4-ї групи складності виливків з чавуну;

$K_B = 0,67$ – для чавунних виливків масою (200–500) кг;

$K_M = 1,04$ – для виливків із сірого чавуну СЧ20 ГОСТ 1412-85;

$K_{II} = 1,0$ – для 3-ї групи серійності при річній програмі випуску 150 штук.

Вартість 1 т чавунного лиття в піщано-глинисті форми: $C_1 = 38400$ грн; вартість відходів із сірого чавуну: $S_{вдх} = 3800$ грн; маса заготовки: $Q_1 = 207$ кг; маса готової деталі: $q = 175$ кг. В цьому випадку собівартість одержання заготовки в піщано-глинисті форми дорівнює:

$$S_{заг1} = \frac{38400}{1000} \cdot 207 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,67 \cdot 1,04 \cdot 1,0 - (207 - 175) \cdot 3800/1000 = 6525 \text{ грн.}$$

Для лиття в оболонкові форми вищезгадані коефіцієнти мають такі значення:

$K_T = 1,1$ – для 9т ступеня точності виливка по ГОСТ 26645-85;

$K_C = 1,2$ – для 4-й групи складності виливок із чавуну;

$K_B = 0,74$ – для чавунних виливок масою до 50–200 кг;

$K_M = 1,04$ – для виливків із чавуну СЧ20 ГОСТ 1412-85;

									Арк.
									26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

$K_n = 1,0$ – для 3-й групи серійності при річній програмі випуску – 150 штук.

Вартість 1 т чавунного лиття в оболонковій формі дорівнює: $C_2 = 42800$ грн.;
 маса заготовки: $Q_2 = 197$ кг. У результаті отримаємо собівартість вилівка в оболонковій формі:

$$S_{\text{заг2}} = \frac{42800}{1000} \cdot 197 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 0,74 \cdot 1,04 \cdot 1,0 - (197 - 175) \cdot 3800/1000 = 8482 \text{ грн.}$$

Як бачимо, вартість лиття в піщано-глинистій формі менша від вартості лиття в оболонковій формі.

Тепер розрахуємо припуски, допуски на основні розміри заготовки, що отримується литтям у піщано-глинистій формі.

На початку встановлюємо точність вилівка 11-10-15-11 ГОСТ 26645-85. При цьому ряд припусків 7-й, шорсткість поверхонь вилівка 50 мкм Ra.

Розрахунки основних розмірів заготовки представлені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Визначення розмірів заготовки, в міліметрах

Розміри оброблюваних поверхонь деталі	Основний допуск	Допуск форми вилівка	Загальний допуск	Кількість етапів оброблення поверхні	Припуск на оброблення поверхонь	Розрахунок розмірів заготовки	Розміри заготовки з допусками
1	2	3	4	5	6	7	8
265	6,4	2,4	7,0	2	4,0	$265+4,0 = 269$	$269\pm 3,5$
270	6,4	2,4	7,0	2	4,0	$270+4,0 = 274$	$274\pm 3,5$
458-0,25	7,0	4,0	9,0	3/3	5,8/5,8	$458+5,8+5,8 = 469,6$	$470\pm 4,5$
60	4,0	1,0	4,0	2/1	4,0/2,0	$60+4,0+2,0 = 66$	$66\pm 2,0$
270h10	6,4	2,4	7,0	3	4,6	$270+4,6 = 274,6$	$275\pm 3,5$
Ø240H7	5,6	2,0	7,0	3	4,6×2	$240-4,6 \cdot 2 = 230,8$	$\text{Ø}230\pm 3,5$
Ø230H7	5,6	2,0	7,0	3	4,6×2	$230-4,6 \cdot 2 = 220,8$	$\text{Ø}220\pm 3,5$
Ø215H7	5,6	2,0	7,0	3	4,6×2	$215-4,6 \cdot 2 = 205,8$	$\text{Ø}205\pm 3,5$

						Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Остаточні розміри заготовки уточнимо після розрахунку припусків, допусків та міжопераційних розмірів на діаметральний розмір деталі Ø230H7 розрахунково-аналітичним методом проф. Кована В.М. за допомогою ЕОМ.

На вилівок призначаємо такі технічні вимоги:

1. Точність вилівка 11-10-15-11 ГОСТ 26645-85.
2. Вилівок виконати згідно з ГОСТ 26358-84, ТУ 3212-80 й ТУ 26-12-739-86.
3. Допускається без виправлень на необроблених поверхнях вилівка наявність раковин із найбільшим розміром до 4 мм та глибиною до 2 мм загальною кількістю не більше 10 штук на поверхні.
4. Допускаються із виправленням на необроблених поверхнях, крім ребер, раковини з найбільшим розміром до 6 мм та глибиною до 4 мм загальною кількістю не більше 10 штук на поверхні.
5. Вилівок піддати штучному старінню.
6. Невказані ливарні ухили до 5°.
7. Невказані радіуси 8 мм.
8. Відхилення, що перевищують за характером, розмірами, кількістю, розташуванням норми, встановлені за «Інструкцією 0610.25090.00027 на виправлення дефектів чавунного лиття заварюванням» не допускаються.
9. Для оброблюваних поверхонь вилівоків встановлено симетричне розташування полів допусків, для необроблюваних поверхонь допускається симетричне та несиметричне (частково або повністю) розташування полів допусків розмірів, форми та розташування.

						Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

6 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ «КАРТЕРА»

6.1 Визначення міжопераційних припусків та розмірів на оброблення поверхні обертання розрахунково-аналітичним способом

Відповідно до завдання необхідно з використанням розрахунково-аналітичного методу проф. Кована В. М. визначити міжопераційні припуски та розміри на оброблення поверхні циліндричного отвору діаметром 230Н7.

Як відомо розрахунково-аналітична методика проф. Кована В.М. ґрунтується на визначенні величини мінімального припуску на i перехід (операцію) за формулою [3]:

$$2Z \min_i = 2(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\epsilon y_i^2 + \rho_{i-1}^2}), \quad (6.1)$$

де Rz_{i-1} – шорсткість поверхні, що утворюється на попередньому ($i-1$) переході;
 H_{i-1} – глибина дефектного шару, що утворюється на попередньому ($i-1$) переході;

ϵy_i – похибка установки заготовки на поточному (i) переході;

ρ_{i-1} – величина просторових відхилень, що утворюється на попередньому ($i-1$) переході.

Виходячи з пропонованого маршруту механічного оброблення поверхні отвору, що розглядається, останню обробляємо в три етапи: чорнове, півчистове і чистове розточування. Усі необхідні дані щодо складників величини мінімального припуску (Rz_{i-1} та H_{i-1} , ϵy_i) визначимо згідно з рекомендаціями [3, 5], а величини просторових відхилень ρ_{i-1} обчислимо за формулою [3]:

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

						Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де $\rho_{зм}$ – величина зміщення ступенів заготовки;

$\rho_{кор}$ – величина короблення заготовки.

Величину зміщення ступенів заготовки визначимо за формулою

$$\rho_{зм} = \frac{S_1}{\cos(\beta)} = \frac{0,5}{\cos(10^\circ)} \approx 0,508 \text{ мм},$$

де S_1 – величина розміру знака виливка, мм;

β – кут нахилу знака виливка, град.

Величину короблення заготовки визначимо за формулою

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l,$$

де $\Delta_k = 1,0$ мкм – питома величина короблення на 1 мм довжини заготовки;

$l = 230$ мм – довжина поверхні заготовки;

В результаті маємо

$$\rho_{заг} = \sqrt{508^2 + 230^2} \approx 558 \text{ мкм}.$$

Залишкові значення величин просторових відхилень визначимо з урахуванням коефіцієнтів уточнення K_y за формулою

$$\rho_{зал} = \rho_{заг} \cdot K_y,$$

де $K_y = 0,06$ – для чорнового розточування;

$K_y = 0,05$ – для півчистового розточування;

$K_y = 0,04$ – для чистового розточування.

В результаті маємо

						Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\rho_{\text{чорн}} = \rho_{\text{заг}} \cdot 0,06 = 558 \cdot 0,06 = 34 \text{ мкм},$$

$$\rho_{\text{п/чист}} = \rho_{\text{заг}} \cdot 0,05 = 558 \cdot 0,05 = 28 \text{ мкм},$$

$$\rho_{\text{чист}} = \rho_{\text{заг}} \cdot 0,04 = 558 \cdot 0,04 = 22 \text{ мкм}.$$

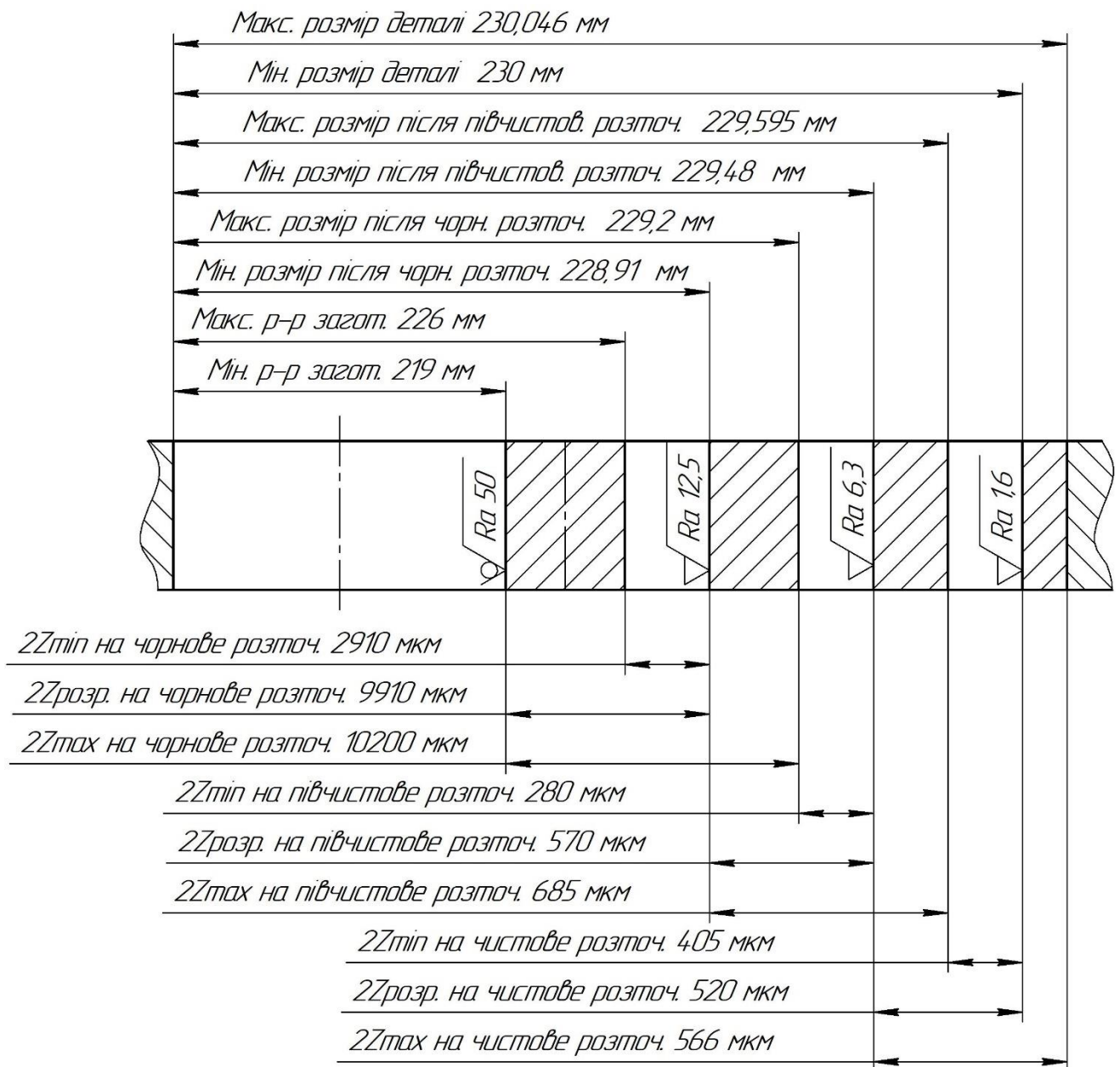


Рисунок 6.1 – Схема розміщення полів припусків і допусків на оброблення
 циліндричного отвору діаметром 230H7

					Арк.
					31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Усі величини складників мінімального припуску наведені в таблиці Б.1 додатку Б. Розрахунки міжопераційних припусків та розмірів виконаємо з використанням програми Pripusk на ЕОМ. Результати розрахунків наведені в таблиці Б.2 додатку Б. Схему розміщення полів припусків і допусків наведено на рисунку 6.1.

6.2 Вибір та обґрунтування схеми базування та закріплення заготовки

Під час оброблення заготовок на точність і якість оброблюваних поверхонь істотно впливає вибір схем базування і закріплення заготовки. Останні впливають і на подальше обґрунтування вибору верстатного устаткування, засобів технологічного оснащення. Вибрана схема базування повинна передбачати як принцип сталості, так і принцип єдності технологічної, конструкторської та вимірювальної баз, забезпечувати можливість простого та зручного закріплення заготовки, багатоінструментальної оброблення поверхонь тощо.

Фрезерно-свердлильна операція з ЧПК 015.

Розглянемо вибір схеми базування та закріплення заготовки на фрезерно-свердлильну операцію з ЧПК 015 технологічного процесу механічного оброблення «картера 43.42.22.023.01.01.001».

На даній операції виконується послідовне чорнове та чистове фрезерування основи площин 4-х лап, одноразове фрезерування верху площин 4-х лап у розмір 60 мм, свердління та розсвердлювання 4-х отворів $\varnothing 26$, розгортання 2-х отворів у розмір $\varnothing 26$, див. рисунок 6.2. При цьому основа площин 4-х лап підрізається після чистового фрезерування розміром $539_{-0,7}$, а розмір $60_{-0,74}$ виконується з допуском IT14. Чотири отвори $\varnothing 26$ спочатку всі свердляться напрохід у розмір $\varnothing 18^{+0,18}$, а потім два отвори розсвердлюють у розмір $\varnothing 26^{+0,21}$, а два отвори, що залишилися, – у діаметр $\varnothing 25,5^{+0,13}$ з подальшим їх розгортанням у $\varnothing 26H8$.

						Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Виходячи з цього, на рисунку 6.2 представлена така схема базування. Це перша механічна операція і заготовка ще не має оброблених поверхонь. Тому заготовка встановлюється на верхню площину «картера» (з прямокутним вікном), як на найбільш розвинену поверхню. У підсумку, це головна базова поверхня, яка є установчою технологічною базою, що позбавляє заготовку трьох ступенів свободи: поступального переміщення вздовж осі Z (при вертикальному розташуванні осі заготовки та осі Z) і двох обертальних переміщень навколо осей X та Y . Як напрямну базу використовуємо торцеву поверхню фланця заготовки $\varnothing 300$, яка позбавляє заготовку ще двох переміщень: поступального руху вздовж осі Y та обертального переміщення навколо осі Z . Останнього шостого переміщення заготовка позбавляється за рахунок опорної бази, за яку приймаємо торцеву площину фланця $\varnothing 350$. Тут обмежується останнє поступальне переміщення заготовки вздовж осі X . Для реалізації такої схеми базування необхідно використовувати спеціальний верстатний пристрій.

На рисунку 6.3 наведено альтернативну схему базування. Тут, як і в попередньому випадку, як головна базова поверхня приймається верхня площина «картера» (з прямокутним вікном). В результаті, ця поверхня є установчою технологічною базою, що позбавляє заготовку трьох ступенів свободи: поступального переміщення вздовж осі Z (при вертикальному розташуванні осі заготовки та осі Z) і двох обертальних переміщень навколо осей X і Y . Як напрямну базу використовуємо ту ж торцеву поверхню фланця заготовки $\varnothing 300$, яка позбавляє заготовку ще двох переміщень: поступального руху вздовж осі Y та обертального переміщення навколо осі Z . Останнього шостого переміщення заготовка позбавляється за рахунок опорної бази, за яку приймаємо циліндричну поверхню отвору $\varnothing 240$. Тут знову ж таки обмежується останнє поступальне переміщення заготовки вздовж осі X . Для реалізації такої схеми базування необхідно знову проектувати спеціальний верстатний пристрій.

						Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

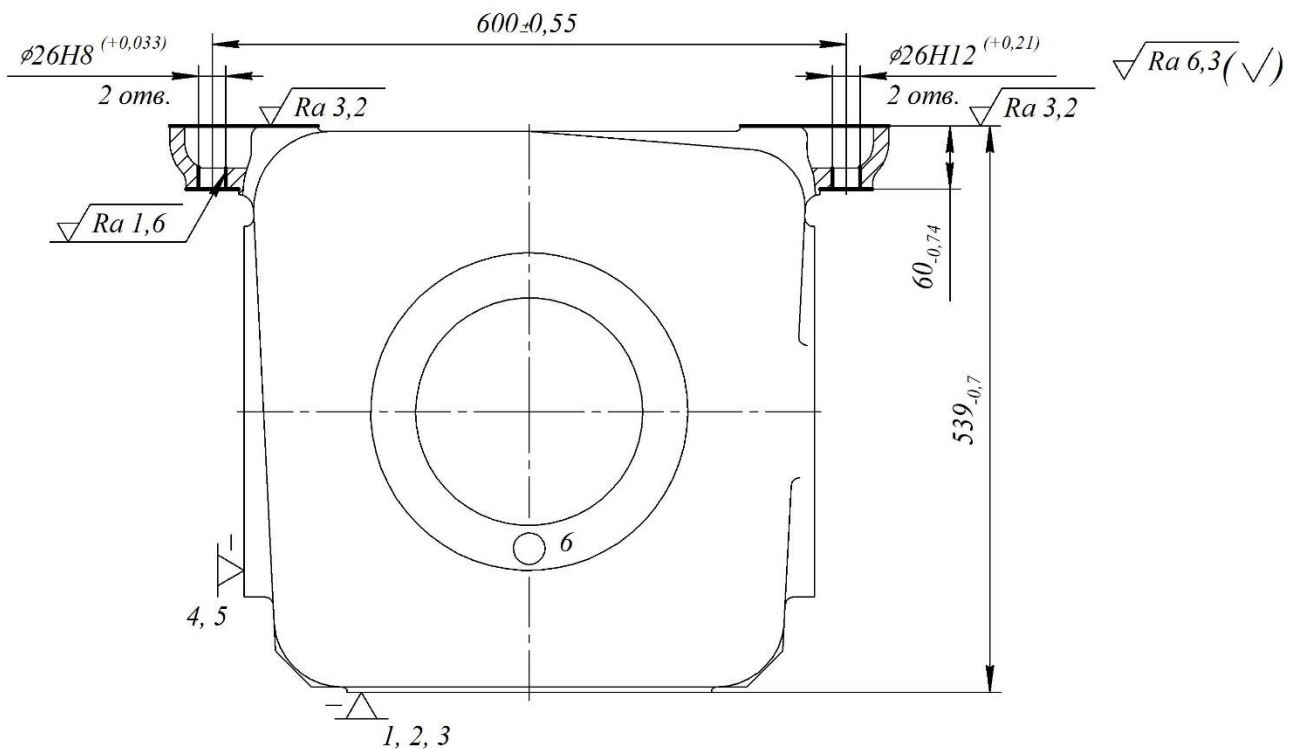


Рисунок 6.2 – Схема базування заготовки на фрезерно-свердильній операції 015

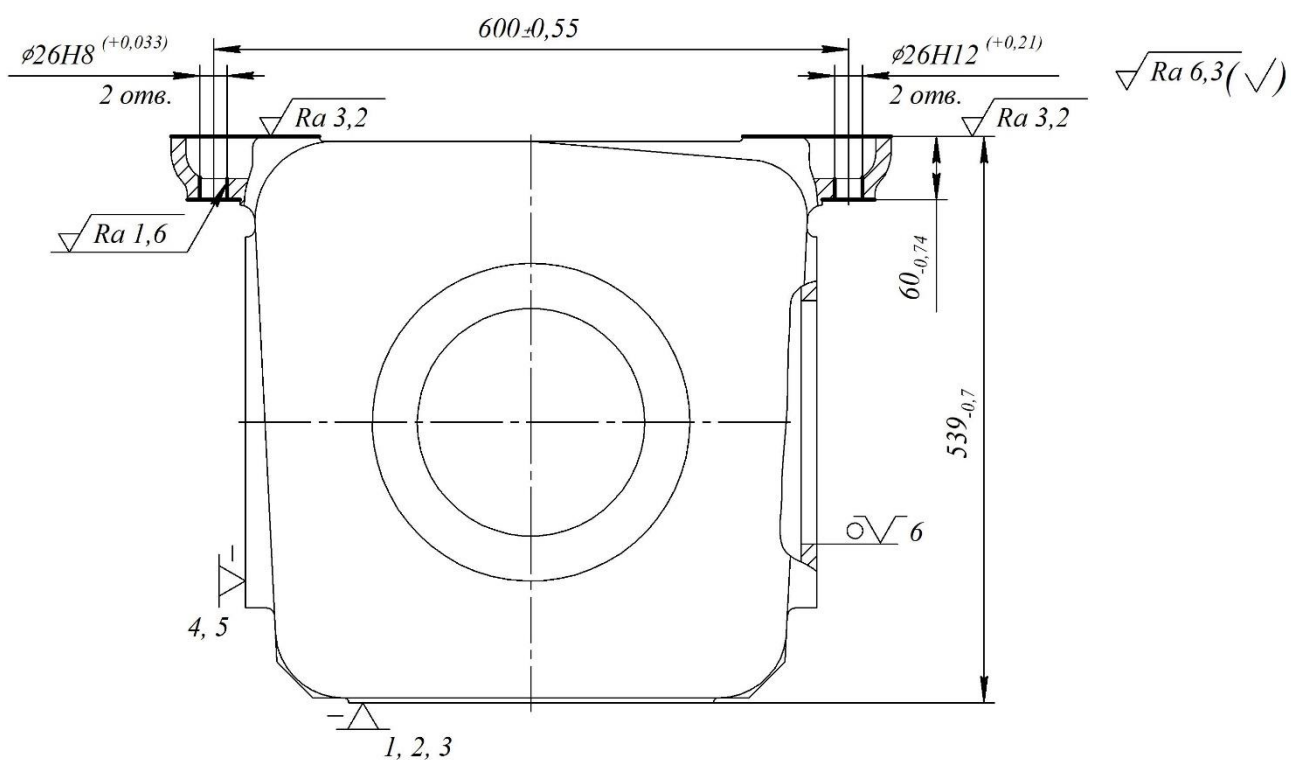


Рисунок 6.3 – Альтернативна схема базування заготовки на фрезерно-свердильній операції 015

					Арк.
					34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

При таких схемах базування технологічні бази поєднуються з вимірювальними базами, що усуває похибки базування на деякі розміри, що витримуються, зокрема: $\varepsilon_{6\ 539} = 0$ мм. А ось для розміру $60_{-0,74}$ вимірювальна і технологічна бази не збігаються і значить похибка базування не дорівнює нулю:

$$\varepsilon_{6\ 60} = T_{539} = 0,7 \text{ мм.}$$

Таким чином, для розміру, що розглядається, похибка базування не перевищує допуск на одержуваний розмір:

$$\varepsilon_{6\ 60} = 0,7 \text{ мм} < T_{60} = 0,74 \text{ мм,}$$

і це є цілком прийнятним.

Однакова при обох схемах базування і точність оброблення чотирьох отворів $\varnothing 26$, так як вона залежить від точності виготовлення та ступеня зношення мірних інструментів: свердел та розгортки.

Подальший аналіз представлених на рисунках 6.2 і 6.3 схем базування віддає перевагу першій схемі. Так, при проектуванні спеціального верстатного пристрою його простіше буде виготовити.

Фрезерно-свердлильно-розточувальна операція з ЧПК 020.

Тепер розглянемо вибір схеми базування та закріплення заготовки на фрезерно-свердлильно-розточувальну операцію з ЧПК 020 технологічного процесу механічної обробки «картера 43.42.22.023.01.01.001». На даній операції проводиться обробка заготовки з чотирьох сторін на чотирьох позиціях при фіксованому повороті столу багатоцільового горизонтального фрезерно-свердлильно-розточувального верстата з ЧПК моделі 2206ВМФ4.

Розподіл механічної обробки по позиціях поворотного столу верстата:

									Арк.
									35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

- позиція I: послідовне чорнове й півчистове фрезерування торця фланця $\varnothing 350$ напрохід в розмір $270,5_{-0,32}$, фрезерування приливу 72×72 мм в розмір $270 \pm 0,26$, чорнове й півчистове розточування отвору напрохід в $\varnothing 229,48^{+0,115}$. Свердління 4-х отворів під різь М8-7Н, зенкування в них фасок $1,6 \times 45^\circ$ й нарізання різей М8-7Н;

- позиція II: послідовне чорнове та півчистове фрезерування протилежного торця фланця $\varnothing 350$ напрохід в розмір $270,5_{-0,32}$, чорнове й півчистове розточування другого отвору напрохід в $\varnothing 229,48^{+0,115}$;

- позиція III: послідовне чорнове та півчистове фрезерування торця фланця $\varnothing 300$ напрохід в розмір $464,6_{-0,4}$, чорнове й півчистове розточування двох отворів напрохід в $\varnothing 239,5^{+0,115}$ и $\varnothing 214,5^{+0,115}$;

- позиція IV: послідовне чорнове й півчистове фрезерування протилежного торця фланця $\varnothing 300$ напрохід в розмір $459,2_{-0,4}$, чорнове й чистове розточування ступеня отвору з дотриманням розмірів $\varnothing 240H9$ и $9,1 \pm 0,045$.

У зв'язку з вищевикладеним, на рисунках 6.4 і 6.5 пропонуються альтернативні схеми базування заготовки на операції 020.

Як видно з рисунку 6.4, заготовка позбавляється всіх шести ступенів свободи. При цьому позбавлення заготовки ступенів свободи розподіляється в такий спосіб. По торцю (площині основи) чотирьох лап «картера» реалізується установча база, що позбавляє заготовку трьох ступенів свободи – поступального переміщення вздовж осі Z (вертикальне розташування осі Z та осі заготовки) та двох обертальних переміщень навколо осей X та Y. По одному з отворів $\varnothing 26H8$ реалізується подвійна опорна база, що позбавляє заготовку ще двох ступенів свободи – двох поступальних переміщень вздовж осей X і Y. І останнього шостого ступеня свободи заготовка позбавляється за рахунок опорної бази по другому з отворів $\varnothing 26H8$ – обертання навколо власної осі Z. Аналіз наведеної схеми базування показує, що торцева поверхня основи чотирьох лап, як і два отвори $\varnothing 26H8$, оброблені остаточно з точністю за IT11 та IT8 відповідно. При цьому

						Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

зазначені поверхні є основними конструкторськими базами «картера» при його складанні у виробі. Таким чином, пропонована схема базування поєднує конструкторські та технологічні бази, що дозволяє підвищити точність оброблюваних розмірів. При цьому всі площини фланців і отворів, що розточуються, виконуються напрохід, що усуває похибки базування по довжині їх обробки. По висоті міжосьова відстань всіх отворів, що розточуються, визначається розміром $270 \pm 0,65$. Для зазначеного розміру вимірювальна та технологічна бази збігаються і похибка базування також відсутня ($\epsilon_{6\ 270} = 0$ мм).

По ширині деталі міжосьові відстані ($270h10$, $265 \pm 0,1$ та $198 \pm 0,1$) витримуються симетрично боковим поверхням фланців «картера», а оскільки посадкові отвори $\varnothing 26$ розташовуються симетрично до вказаних бокових поверхонь деталі, то й похибка базування визначається залежно від максимального зазору при посадці отвору на палець пристосування – $\varnothing 26H8/f7$:

$$\epsilon_{6\ 270h10} = \epsilon_{6\ 265} = \epsilon_{6\ 198} = \frac{1}{2} \cdot S_{\max} = \frac{1}{2} \cdot 74 = 37 \text{ мкм.}$$

Таким чином, для операційних розмірів похибки базування, що розглядаються, не перевищують допуски на одержувані розміри:

$$\epsilon_{6\ 270h10} = 0,037 \text{ мм} < T_{270h10} = 0,21 \text{ мм,}$$

$$\epsilon_{6\ 265} = 0,037 \text{ мм} < T_{265} = 0,2 \text{ мм,}$$

$$\epsilon_{6\ 198} = 0,037 \text{ мм} < T_{198} = 0,2 \text{ мм,}$$

що є цілком прийнятним.

						Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Аналогічно – симетрично щодо посадкових отворів $\varnothing 26$ витримуються і розміри фрезерування бокових площин (торців) фланців деталі: $270,5_{-0,32}$, $464,6_{-0,4}$ та $459,2_{-0,4}$, а похибки базування на них визначаються також:

$$\varepsilon_{\delta 270,5} = \varepsilon_{\delta 464,6} = \varepsilon_{\delta 459,2} = \frac{1}{2} \cdot S_{\max} = \frac{1}{2} \cdot 74 = 37 \text{ мкм.}$$

Таким чином, для операційних розмірів похибки базування, що розглядаються, і тут не перевищують допуски на одержувані розміри:

$$\varepsilon_{\delta 270,5} = 0,037 \text{ мм} < T_{270,5} = 0,32 \text{ мм,}$$

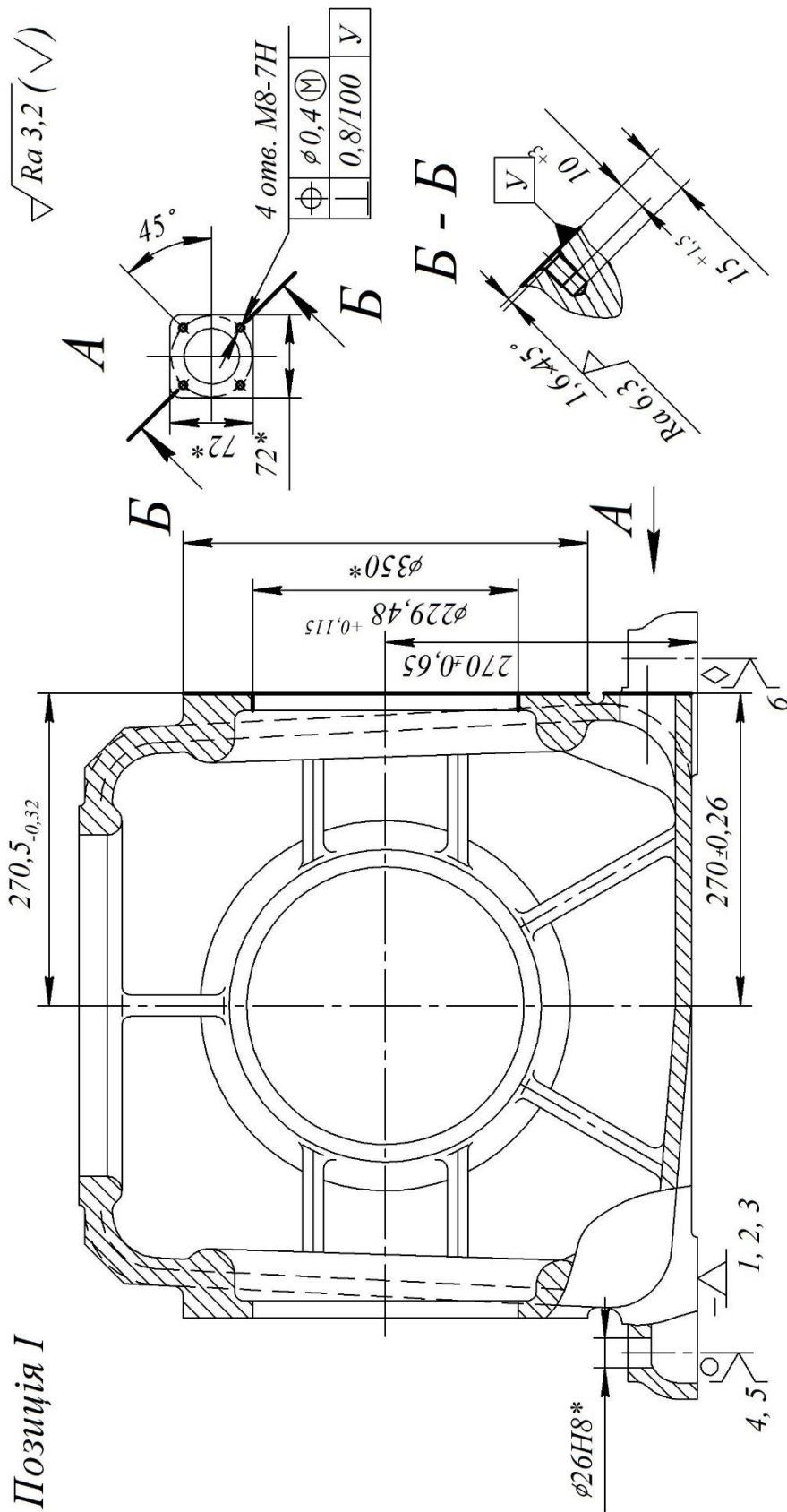
$$\varepsilon_{\delta 464,6} = 0,037 \text{ мм} < T_{464,6} = 0,4 \text{ мм,}$$

$$\varepsilon_{\delta 459,2} = 0,037 \text{ мм} < T_{459,2} = 0,4 \text{ мм,}$$

і це також є цілком прийнятним, оскільки виключає можливість появи браку.

На рисунку 6.5 пропонується альтернативна схема базування заготовки на аналізовану операцію 020. Як і в попередньому випадку, заготовка позбавляється всіх шести ступенів свободи. Як головну базову поверхню використовуємо той же торець (площина основи) чотирьох лап «картера», за яким реалізується установча база, що позбавляє заготовку трьох ступенів свободи – поступального переміщення вздовж осі Z (вертикальне розташування осі Z та осі заготовки) та двох обертальних переміщень осями X та Y. По одному з бокових торців фланця $\varnothing 350$ реалізується напрямна база, що позбавляє заготовку ще двох ступенів свободи – одного поступального переміщення вздовж осі X та одного обертального переміщення навколо осі Z.

						Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



* Розміри для довідок

Рисунок 6.4 – Схема базування заготовки на фрезерно-свердильно-розточувальній операції 020

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

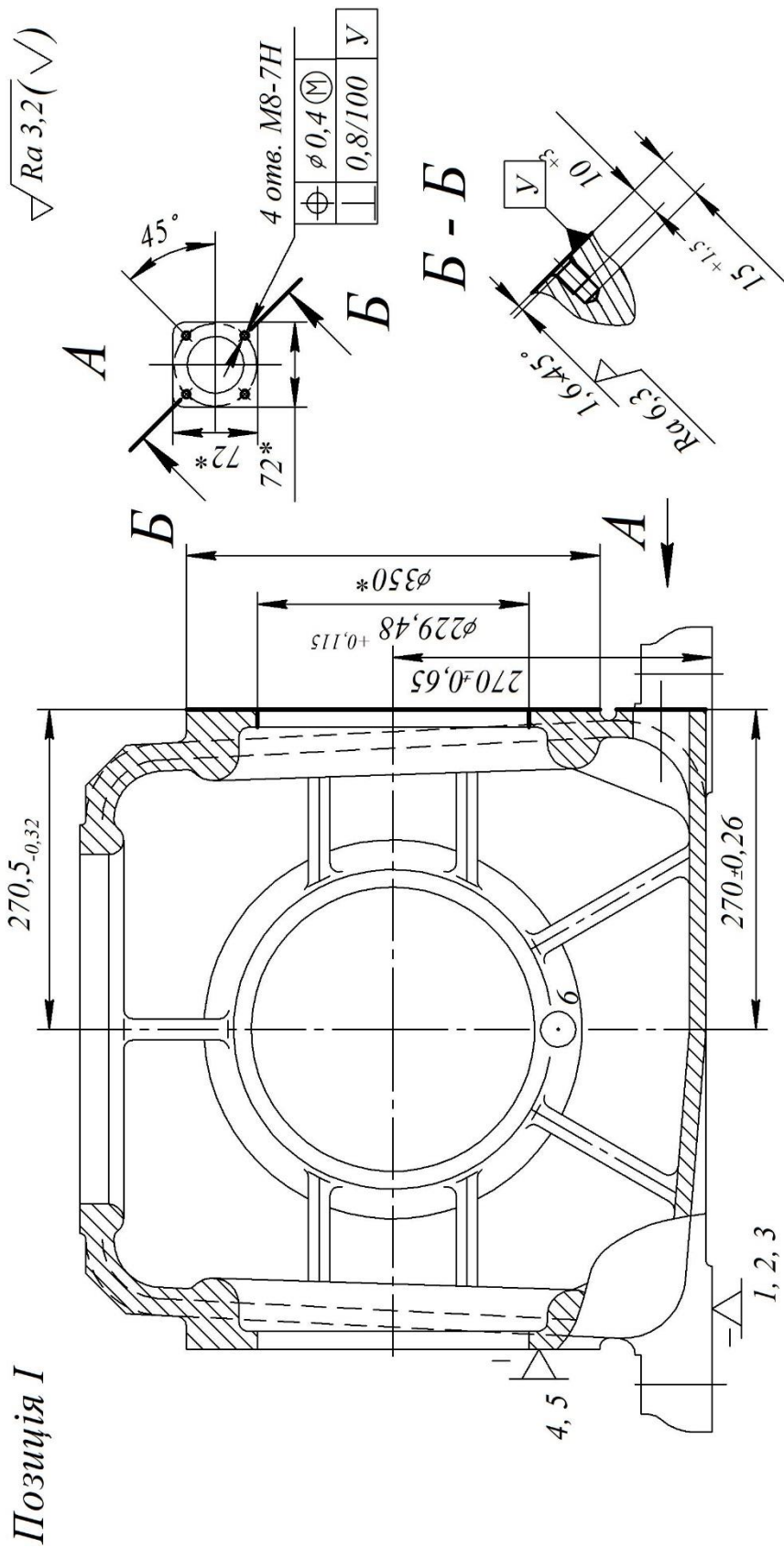


Рисунок 6.5 – Альтернативна схема базування заготовки на фрезерно-свердильно-розточувальній операції 020

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Останнього шостого ступеня свободи заготовка позбавляється за рахунок опорної бази по взаємно перпендикулярному торцю фланця $\varnothing 300$. При цьому заготовка позбавляється поступального переміщення вздовж осі Y.

Аналіз представленої схеми показує, що торцева поверхня основи чотирьох лап оброблена остаточно з точністю IT11, а ось бокові торці ще не оброблені взагалі. Тому їх небажано використовувати на другій механічній операції як базові. До того ж, базування по торцях фланців перекриває зону обробки, оскільки на цій операції всі зазначені фланці піддають чорновому та півчистовому обробленню. Таким чином, віддаємо перевагу схемі базування з рисунка 6.4.

6.3 Обґрунтування вибору металорізального устаткування

У заводському технологічному процесі для механічної обробки «картера» на операціях 015 і 020, що розглядаються, використовують декілька універсальних горизонтально-розточувальних верстатів моделі 2622Д. При цьому зазначеним розточувальним операціям передують попереднє розмічування поверхонь.

Аналіз застосовуваного устаткування показує, що воно відповідає дрібносерійному типу виробництва та прийнятій груповій формі його організації. Методи оброблення визначені з урахуванням етапу оброблення, форми поверхонь, що обробляються, їх необхідної точності і шорсткості. У той же час, використання вказаного універсального обладнання передбачає досягнення необхідної точності заданих розмірів із застосуванням методу пробних проходів та ручного розмічування. Все це вимагає додаткових витрат висококваліфікованої, малопродуктивної ручної праці, знижує продуктивність оброблення, збільшує час та собівартість виготовлення деталі. Кваліфікація верстатників досить висока – 5-й розряд.

У зв'язку з цим, на основі аналізу застосовуваних методів оброблення поверхонь, їх конфігурації та етапу оброблення, а також враховуючи потужності

						Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

електродвигунів, габарити робочого простору та тип виробництва, як металорізальне обладнання на зазначених операціях пропонується використовувати верстати з ЧПК, зокрема, багатоцільовий вертикальний фрезерно-свердильно-розточувальний верстат з ЧПК моделі V1300 (Leaderway) з можливістю оброблення за контуром та з магазином ріжучого інструменту.

Таблиця 6.3 – Перелік металорізального устаткування

№ операції	Найменування операції	Найменування устаткування	
		Базовий варіант	Пропонований варіант
1	2	3	4
015	Фрезерно-свердильна з ЧПК	Горизонтально-розточувальний верстат моделі 2622Д	Багатоцільовий вертикальний фрезерно-свердильно-розточувальний верстат з ЧПК моделі V1300 (Leaderway)
020	Фрезерно-свердильна з ЧПК	Горизонтально-розточувальний верстат моделі 2622Д	Багатоцільовий вертикальний фрезерно-свердильно-розточувальний верстат з ЧПК моделі V1300 (Leaderway)

Зважаючи на досить великі габарити заготовки під час вибору верстатів як один з головних обмежувальних факторів було враховано розміри робочого столу. Так, для верстата моделі V1300 (Leaderway) розміри столу становлять 1600×750 мм. Такі габарити робочого столу дозволяють легко розмістити заготовку та верстатний пристрій.

Пропоноване металорізальне обладнання з ЧПК дозволяє вести високопродуктивне оброблення заданих поверхонь на попередньо налаштованих верстатах методом автоматичного отримання необхідної точності розмірів незалежно від кваліфікації робітників. При цьому враховані рекомендації щодо використання в умовах дрібносерійного виробництва верстатів з ЧПК, що є основними засобами автоматизації зазначеного виробництва. В результаті відпадає необхідність у використанні ручної малопродуктивної праці з керування верстатом, а також ручного розмічування, скорочується слюсарна операція з ручного нарізування різьблення мітчиком, підвищується продуктивність,

						Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

покращуються умови техніки безпеки та праці робітника, скорочується тривалість і собівартість механічного оброблення заготовок.

6.4 Обґрунтування вибору технологічної оснастки

На основі попереднього аналізу та з урахуванням дрібносерійного типу виробництва у проєктованому технологічному процесі застосовуємо спеціальні верстатні пристрої з механізованим (пневматичним) приводом закріплення заготовки, див. таблицю 6.4 графу 2.

При виборі різальних інструментів враховувалися метод оброблення поверхонь, габарити деталі та верстата, матеріал заготовки. За конструктивними параметрами вибиралися універсальні стандартизовані ріжучі інструменти для верстатів з ЧПК [6], див. таблицю 6.4 графу 3. Виняток становили спеціальні великогабаритні фрези діаметром 400 мм, що дозволить вести фрезерування торців оброблюваних фланців за один прохід фрези. При цьому, для свердління кріпильних отворів М12-7Н, М8-7Н і одночасного зняття фасок $1,6 \times 45^\circ$ використовуємо комбіновані свердла 2310-0377 і 2310-0379 з Р6М5 за ОСТ 2И20-7-84.

						Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 6.4 – Перелік технологічної оснастки

Найменування операції	Верстатний пристрій	Ріжучий інструмент	Вимірювальний інструмент
1	2	3	4
Фрезерно-свердлильна з ЧПК 015	Спеціальний верстатний пристрій з пневмоприводом	Фреза торцева спеціальна, ВК8 ГОСТ 3882-74; фреза 035-2241-0008 ВК8 ОСТ 2И41-7-84; свердло 035-2301-1051 Р6М5 ОСТ 2И20-2-80; свердло 035-2301-1083 Р6М5 ОСТ 2И20-2-80; свердло 035-2301-1085 Р6М5 ОСТ 2И20-2-80; розгортка 2363-3479 Р6М5 ГОСТ 1672-80	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89; штангенциркуль ШЦ-III-630-0,1 ГОСТ 166-89; пробка 26Н8 ПР/НЕ ГОСТ 14810-69
Фрезерно-свердлильна з ЧПК 020	Спеціальний верстатний пристрій з пневмоприводом	Фреза спеціальна торцева Ø400 ВК8 ГОСТ 3882-74, фреза 01.2.0234.000-00 ВК8 ТУ 2-035-910-83; різець (7) 2142-0026 ВК8 ГОСТ 9795-73; свердло 2310-0377 Р6М5 ОСТ 2И20-7-84; мітчик 035-2620-0502 Р6М5 ОСТ 2И52-1-74	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89; штангенциркуль ШЦ-III-630-0,1 ГОСТ 166-89; пробка різьбова М8-7Н ПР/НЕ ГОСТ 17756-72

Для закріплення свердл як допоміжні інструменти для верстатів з ЧПК використовуємо втулки перехідні 191831062 та 191831063 ТУ 2-035-978-85; для закріплення торцевих фрез використовуємо набори стандартних оправок 6222-0115, 6222-0119 за ГОСТ 26538-85 та спеціальних оправок для кріплення великогабаритних торцевих фрез. Для закріплення машинних мітчиків застосовуємо патрони регульовані різьбонарізні 191221030А та 191221130А за ТУ 2-035-975-85. Розточувальні різці для косоного кріплення встановлювалися у спеціальні борштанги.

В умовах дрібносерійного виробництва при виборі контрольно-вимірювальних інструментів перевага надавалася універсальним («шкальним») інструментам, зокрема, штангенциркулям, різьбовим пробкам, а для вимірювання отворів з точністю за ІТ7 використовуємо гладкі пробки, див. таблицю 6.4 графу 4.

						Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

6.5 Визначення режимів різання

Згідно з завданням необхідно визначити режими різання на операції 015 та 020 технологічного процесу виготовлення «картера» аналітичним методом [7].

Фрезерно-свердлильна операція з ЧПК 015.

Визначимо режими різання на перший перехід технологічної операції, що полягає у чорновому фрезеруванні посадкових поверхонь лап заготовки в розмір 540,2_{-1,1}. Згідно з аналітичною методикою наведеною в [7].

Початкові дані:

- оброблювана поверхня: площини основи чотирьох лап заготовки з розмірами 80(R40)×138 мм;
- матеріал заготовки – чавун СЧ20 ГОСТ 1412-85, НВ 170–240, $\sigma_B = 196$ МПа;
- лінійний розмір заготовки до оброблення – 543,0 мм;
- лінійний розмір заготовки після оброблення – 540,2 мм;
- максимальна ширина оброблення однієї «лапи» – 80 мм;
- максимальна довжина оброблення однієї «лапи» – 138 мм;
- шорсткість поверхні – 6,3 мкм Ra;
- металорізальне устаткування – багатоцільовий вертикальний фрезерно-свердлильно-розточувальний верстат з ЧПК моделі V1300 (Leaderway);
- верстатний пристрій: спеціальний з пневмоприводом;
- ріжучий інструмент: фреза спеціальна торцева $d_{фр} = 100$ мм, ВК8 ГОСТ 3882-74, кількість зубців $Z = 12$.

Припуск на оброблення поверхні визначимо як різницю між розмірами заготовки до і після оброблення: $h = 2,8$ мм.

Глибину різання за умови зняття припуску за один прохід беремо у розмірі величини припуску: $t = h = 2,8$ мм.

Подачу на зуб фрези беремо згідно з рекомендаціями [7]: $S_z = 0,2$ мм/зуб.

						Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Подачу на один оберт фрези беремо з урахуванням кількості зубців фрези:
 $S_o = 2,4$ мм/об.

Швидкість різання, допустиму умовами фрезерування визначимо з урахуванням періоду стійкості фрези 180 хв., визначених глибини та подачі фрезерування: $V = 159,1$ м/хв.

Частоту обертання шпинделя визначимо з урахуванням діаметра фрези 100 мм та швидкості різання 159,1 м/хв.: $n = 506,6$ об/хв. Беремо дійсну величину частоти обертання шпинделя $n = 500$ об/хв.

В такому разі дійсна швидкість різання становитиме 157 м/хв.

Тангенціальну складову сили фрезерування визначимо з урахуванням раніше визначених глибини, подачі, ширини фрезерування, частоти обертання шпинделя, діаметра фрези, кількості зубців фрези та коефіцієнтів, що враховують особливості торцевого фрезерування: $P_z = 5004$ Н.

Крутний момент на шпинделі верстата становить: $M_{кр} = 2501$ Н · м.

Потужність різання становить: $N_p = 12,8$ кВт. Верстат V1300 з урахуванням ККД забезпечує потужність 21,25 кВт. Таким чином, визначені режими різання можуть бути реалізовані на зазначеному верстаті.

Машинний (основний) час на перехід визначимо за формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S_{хв}}, \quad (6.3)$$

де $L = l_b + l + l_{пер}$ – довжина оброблення;

$l_b + l_{пер} = 33$ мм – довжина врізання та перебігу фрези [7];

$l = 138$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

$i = 4$ – кількість ділянок, що фрезеруються на переході;

$S_{хв} = 1200$ мм/хв. – хвилинна подача.

В результаті маємо:

						Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S_{xв}} = \frac{(138 + 33) \cdot 4}{1200} = 0,57 \text{ хв.}$$

Визначимо режими різання на перехід свердління $\varnothing 26$ в чотирьох «лапах» «картера» в розмір $\varnothing 18^{+0,18}$.

Початкові дані:

- оброблювана поверхня – чотири отвори в основі чотирьох «лап» заготовки з розмірами $\varnothing 18$. Оброблення отворів виконується напрохід в суцільному матеріалі;

- матеріал заготовки – чавун СЧ20 ГОСТ 1412-85, НВ 170–240, $\sigma_B = 196$ МПа;

- максимальна довжина оброблюваного отвору – 60 мм;

- шорсткість поверхні отвору – 6,3 мкм Ra.

- металорізальне устаткування – багатоцільовий вертикальний фрезерно-свердлильно-розточувальний верстат з ЧПК моделі V1300 (Leaderway);

- верстатний пристрій: спеціальний з пневмоприводом;

- ріжучий інструмент – свердло 035-2301-1051 P6M5 ОСТ 2И20-2-80.

Свердло з конічним хвостовиком. Матеріал свердла: сталь P6M5 ГОСТ 19265-73.

Діаметр свердла: 18 мм; геометричні параметри ріжучої частини свердла [7]:

$$2\varphi_1 = 118^\circ; \alpha = 11^\circ.$$

Глибина різання під час свердління отвору в суцільному матеріалі дорівнює половині діаметра свердління: $t = 9$ мм.

Подачу свердла визначимо згідно з рекомендаціями [7]: $S_o = 0,2$ мм/об.

Швидкість різання допустиму умовами свердління визначимо з урахуванням періоду стійкості $T = 60$ хв.: $V = 20,1$ м/хв.

Частота обертання шпинделя: $n = 355$ об/хв. Беремо цю величину як дійсну.

Таким чином хвилинна подача становить: $S_{хв} = 71$ мм/хв.

Крутний момент: $M_{кр} = 21,6$ Н · м.

						Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Осьова складова сили свердління: $P_o = 2439 \text{ Н}$.

Потужність різання: $N_p = 0,79 \text{ кВт}$. Ця величина є значно меншою ніж потужність шпинделя верстата (21,25 кВт).

Машинний (основний) час на перехід визначимо за формулою (6.3), за умови, що довжина врізання $l_b = 5 \text{ мм}$, довжина оброблюваної поверхні $l = 60 \text{ мм}$, довжина перебігу $l_{\text{пер}} = 5 \text{ мм}$, кількість оброблюваних отворів $i = 4$:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S_{\text{хв}}} = \frac{(5 + 60 + 5) \cdot 4}{71} = 3,94 \text{ хв.}$$

Режими різання на інші переходи операції, визначені згідно з рекомендаціями нормативів [8] та наведемо в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Елементи режимів різання на операцію 015

№ пере хода	Зміст переходу	Елементи режимів різання						
		Dобр, мм	L, мм	t, мм	i	Sп, мм/об	n, об/хв	V, м/хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Фрезерувати начисто напрохід площину основи чотирьох «лап» в розмір $539_{-0,7}$	100	138	1,2	4	1060 мм/хв	630	197,8
3	Фрезерувати верхню площину основи чотирьох «лап», з дотриманням розмірів $60_{-0,7}$, $50 \pm 0,31$	200	50	2,0	4	530 мм/хв	315	196
5	Розсвердлити два отвори напрохід в розмір $\varnothing 26^{+0,21}$	26	60	4,0	2	0,56	315	25,7
6	Розсвердлити два отвори напрохід в розмір $\varnothing 25,5^{+0,13}$	25,5	60	3,75	2	0,4	315	25,2
7	Розвернути два отвори напрохід в розмір $\varnothing 26\text{H}8$	26	60	0,25	2	1,6	400	32,7

Основний час на 1-й та 4-й переходи операції були визначені раніше та становлять відповідно $t_{o1} = 0,57 \text{ хв.}$ та $t_{o4} = 3,94 \text{ хв.}$

Визначимо основний час на інші переходи операції за формулою (6.3):

									Арк.
									48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

$$t_{02} = (138+100) \cdot 4/1060 = 0,9 \text{ хв.},$$

$$t_{03} = (50+200) \cdot 4/530 = 1,89 \text{ хв.},$$

$$t_{05} = (60+5+5) \cdot 2/(0,56 \times 315) = 0,79 \text{ хв.},$$

$$t_{06} = (60+5+5) \cdot 2/(0,4 \times 315) = 1,11 \text{ хв.},$$

$$t_{07} = (60+5+5) \cdot 2/(1,6 \times 400) = 0,22 \text{ хв.}$$

В результаті основний час на операцію становить:

$$t_0 = 0,57+0,9+1,89+3,94+0,79+1,11+0,22 = 9,42 \text{ хв.}$$

Фрезерно-свердлильна операція з ЧПК 020.

На даній операції виконується послідовне чорнове та чистове фрезерування верхньої площини заготовки розміром 535 мм, свердління та зенкування 12 отворів під різьблення М12-7Н, нарізання різьблення в отворах М12-7Н.

Основний час на переходах операції визначимо з урахуванням режимів різання, які були визначені табличним методом згідно з рекомендаціями [8], див. таблицю 6.6.

									Арк.
									49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

Таблиця 6.6 – Елементи режимів різання на операцію 020

№ пере- хода	Зміст переходу	Елементи режимів різання						
		D _{обр} , мм	L, мм	t, мм	i	S _п , мм/об	n, об/хв	V, м/хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Фрезерувати начорно напрохід верхню площину «картера» в розмір 536,2 _{-1,1}	100	1220	2,8	1	1200 мм/мин	500	157
2	Фрезерувати начисто напрохід верхню площину «картера» в розмір 535 _{-0,7}	100	1220	1,2	1	1060 мм/мин	630	197,8
3	Свердлити 12 отворів Ø10,2 ^{+0,36} зі зняттям фасок 1,6×45° на глибину 23 ^{+1,3} , з дотриманням розмірів: 290±0,65; 320±0,7; 200±0,575	10,2	23	5,1	12	0,28	315	10,1
4	Нарізати різь в 12 отворах М12-7Н на глибину 16 ^{+2,7}	12	16	-	12	1,75	250	9,4

Для зазначених режимів різання визначимо норми основного часу за переходами t_0 :

$$t_{01} = (1220+33) \cdot 1/1200 = 1,04 \text{ хв.},$$

$$t_{02} = (1220+100) \cdot 1/1060 = 1,25 \text{ хв.},$$

$$t_{03} = (23+5+0) \cdot 12/(0,28 \cdot 315) = 3,81 \text{ хв.},$$

$$t_{04} = (16+5+5) \cdot 12/(1,75 \cdot 250) = 0,71 \text{ хв.}$$

В результаті основний час на операцію становить

$$t_0 = 1,04 + 1,25 + 3,81 + 0,71 = 6,81 \text{ хв.}$$

									Арк.
									50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

6.6 Технічне нормування операцій

Норму штучно-калькуляційного часу на операцію згідно з рекомендаціями [9] визначають за формулою

$$t_{шт.к} = t_{шт} + t_{п.з} / N, \quad (6.4)$$

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

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

N – кількість деталей в партії запуску, шт.

В свою чергу норму штучного часу визначають за формулою

$$t_{шт} = t_o + t_d + t_{обс} + t_{вдп}, \quad (6.5)$$

де t_o – основний час на операцію, хв.;

t_d – допоміжний час на операцію, хв.;

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

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

Допоміжний час на операцію визначають за формулою [9]:

$$t_d = t_{уст} + t_{пр} + t_{вим}, \quad (6.6)$$

де $t_{уст}$ – час на установлення, закріплення та знімання заготовки з верстата, хв.;

$t_{пр}$ – час, що витрачають на керування верстатом, хв.;

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

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби робочого визначають за формулою [9]:

						Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$t_{обс} + t_{вдн} = (t_o + t_d) \frac{\alpha + \beta}{100}, \quad (6.7)$$

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

Фрезерно-свердлильна операція з ЧПК 015.

Допоміжний час на операцію згідно з формулою (6.6) становить

$$t_{уст} = 2,8 + 0,14 + 0,14 = 3,08 \text{ хв.},$$

$$t_{пр} = 0,04 \cdot 22 + 0,24 \cdot 16 + 0,11 \cdot 6 + 0,16 \cdot 7 = 6,5 \text{ хв.},$$

$$t_{вим} = 0,36 + 0,11 \cdot 4 + 0,1 \cdot 2 + 0,11 \cdot 2 = 1,22 \text{ хв.},$$

$$t_d = 3,08 + 6,5 + 1,22 = 10,8 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби робочого згідно з формулою (6.7) становить

$$t_{обс} + t_{вдн} = (9,42 + 10,8) \frac{4 + 4}{100} = 1,62 \text{ хв.}$$

Таким чином, штучний час згідно з формулою (6.5) на операцію становить

$$t_{шт} = 9,42 + 10,8 + 1,62 = 21,84 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час на операцію становить [9]:

						Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$t_{п.з} = 30 + 10 = 40 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час згідно з формулою (6.4) на операцію становить

$$t_{шт.к} = 21,84 + 40 / 14 = 24,7 \text{ хв.}$$

Фрезерно-свердлильна операція з ЧПК 020.

Допоміжний час на операцію згідно з формулою (6.6) становить

$$t_{уст} = 2,9 + 0,14 + 0,14 = 3,18 \text{ хв.},$$

$$t_{пр} = 0,04 \cdot 26 + 0,22 \cdot 2 + 0,12 \cdot 24 = 1,9 \text{ хв.},$$

$$t_{вим} = 0,3 \cdot 12 + 0,36 \cdot 2 + 0,1 \times 12 = 1,2 \text{ хв.},$$

$$t_{д} = 3,18 + 1,9 + 1,2 = 6,28 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби робочого згідно з формулою (6.7) становить

$$t_{обс} + t_{одп} = (6,81 + 6,28) \frac{4 + 4}{100} = 1,05 \text{ хв.}$$

Штучний час згідно з формулою (6.5) на операцію становить

$$t_{шт} = 6,81 + 6,28 + 1,05 = 14,14 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час на операцію становить [9]:

									Арк.
									53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

$$t_{п.з} = 30 + 10 = 40 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час згідно з формулою (6.4) на операцію становить

$$t_{шт.к} = 14,14 + 40 / 14 = 17 \text{ хв.}$$

						Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ УСТАНОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

Для базування та закріплення заготовки «картера» на фрезерно-свердлувальній операції з ЧПК 015 спроектуємо спеціальний верстатний пристрій з пневматичним приводом, який дозволить знизити кваліфікацію верстатника на цій операції, трудомісткість оброблення, підвищить стабільність параметрів точності операції.

На даній операції виконується послідовне чорнове та чистове фрезерування основи площин 4-х лап, одноразове фрезерування верху площин 4-х лап у розмір 60 мм, свердління та розсвердлювання 4-х отворів $\varnothing 26$, розгортання 2-х отворів у розмір $\varnothing 26H8$, див. рисунок 6.2. При цьому основа площин 4-х лап підрізається після чистового фрезерування в розмір $539_{-0,7}$, а розмір $60_{-0,74}$ виконується з допуском по IT14. Чотири отвори $\varnothing 26$ спочатку всі свердляться напрохід у розмір $\varnothing 18^{+0,18}$, а потім два отвори розсвердлюють у розмір $\varnothing 26^{+0,21}$, а два отвори, що залишилися, – у діаметр $\varnothing 25,5^{+0,13}$ з подальшим їх розгортанням у $\varnothing 26H8$.

У проєктованому технологічному процесі заготовка обробляється на багатоцільовому вертикальному фрезерно-свердлувальному верстаті з ЧПК моделі V1300 (Leaderway).

Оброблення заготовки проводиться відразу після заготівельної операції. Тому, під час базування заготовка встановлюється у пристрої за ще не обробленими поверхнями.

У процесі виконання операції оброблювані поверхні фрезерують остаточно з точністю розмірів IT(11–14), а отвори виконують з точністю IT(8–12).

Точність форми оброблюваних поверхонь на кресленні деталі обумовлено допуском на відхилення від площинності основної конструкторської бази – поверхні основи припливів чотирьох «лап». Допуск на відхилення від площинності заданий у межах 0,1 мм, що відповідає 9-му ступеню точності [2].

						Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Точність міжцентрових відстаней 4-х посадкових отворів $\varnothing 26$ задано з допуском 1,6 мм, що відповідає IT(14–15).

За точністю взаємного розташування поверхонь, яка не регламентована кресленням розглянутої деталі, обговоримо відхилення від паралельності оброблюваної площини щодо верхнього торця заготовки. Для нормальної відносної геометричної точності А допуск взаємного розташування поверхонь становить 60% допуску на розмір:

$$T_{//} = 0,6 \cdot T_{680} = 0,6 \cdot 0,8 = 0,48 \text{ мм},$$

що відповідає 12 ступеню точності з найближчим стандартним допуском 0,4 мм [2].

Шорсткістю оброблюваної поверхні – 6,3 мкм Ra.

У розділі 6.2 обґрунтовано вибір схеми базування на цю операцію, див. рисунок 6.2. Це перша механічна операція і заготовка ще не має оброблених поверхонь. Аналіз точності базових поверхонь показує, що після заготівельної операції вони виконані з допусками $\pm(3,5-4,5)$ мм. Враховуючи, що це «чорнові» бази, така точність є достатньою.

Тому заготовка встановлюється на верхню площину «картера» (з прямокутним вікном), як на найбільш розвинену поверхню. Це головна базова поверхня, яка є установчою технологічною базою, що позбавляє заготовку трьох ступенів свободи: поступального переміщення вздовж осі Z (при вертикальному розташуванні осі заготовки та осі Z) і двох обертальних переміщень навколо осей X та Y. Як напрямну базу використовуємо торцеву поверхню фланця заготовки $\varnothing 300$, яка позбавляє заготовку ще двох переміщень: поступального руху вздовж осі Y та обертального переміщення навколо осі Z. Останнього шостого переміщення заготовка позбавляється за рахунок опорної бази, за яку приймаємо торцеву площину фланця $\varnothing 350$. Тут обмежується останнє поступальне

						Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

переміщення заготовки вздовж осі X. Для реалізації такої схеми базування необхідно використовувати спеціальний верстатний пристрій.

Для аналізу структури зв'язків, що виникають під час базування заготовки, побудуємо таблицю односторонніх зв'язків, див. таблицю 7.1.

Таблиця 7.1 – Таблиця односторонніх зв'язків

Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб реалізації	Реакція	–	R	–	R	–	R	R	R	R	R	R	R
	Сила закріплення	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Сила тертя	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Як бачимо, на заготовку накладено 9 односторонніх зв'язків, усі з яких повні. Щоб система стала врівноваженою під час оброблення, заготовку необхідно позбавити можливості переміщатися за координатами x' , y' і z' .

Розрахунок сил закріплення будемо проводити з умови постійності положення заготовки щодо опорних поверхонь (площин) баз під дією сили P_z , див. рисунок 7.1. В результаті маємо обов'язкову до виконання умову:

$$(F_{\text{тр}} + M_3) \geq P_z;$$

або

$$(F_{\text{тр}} + M_3) = K_{\text{зап}} \cdot P_z,$$

де $F_{\text{тр}}$ – сила тертя, що викликана силою закріплення заготовки;

M_3 – маса заготовки;

P_z – тангенціальна складова сили різання;

$K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт запасу.

У таблиці 7.2 представлено структуру зв'язків, що виникають під час закріплення заготовки.

						Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Додавання сил закріплення створює три недостатні до комплекту (12) зв'язки – x' , y' та z' .

Таблиця 7.2 – Таблиця односторонніх зв'язків з урахуванням сила закріплення та тертя

Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб реалізації	Реакція	–	R	–	R		R	R	R	R	R	R	R
	Сила закріплення	–	–	–	–	P	–	–	–	–	–	–	–
	Сила тертя	F(P)	–	F(P)	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Розрахунок сил закріплення заготовки виконаємо з урахуванням схеми дії сил різання та закріплення, див. рисунок 7.1.

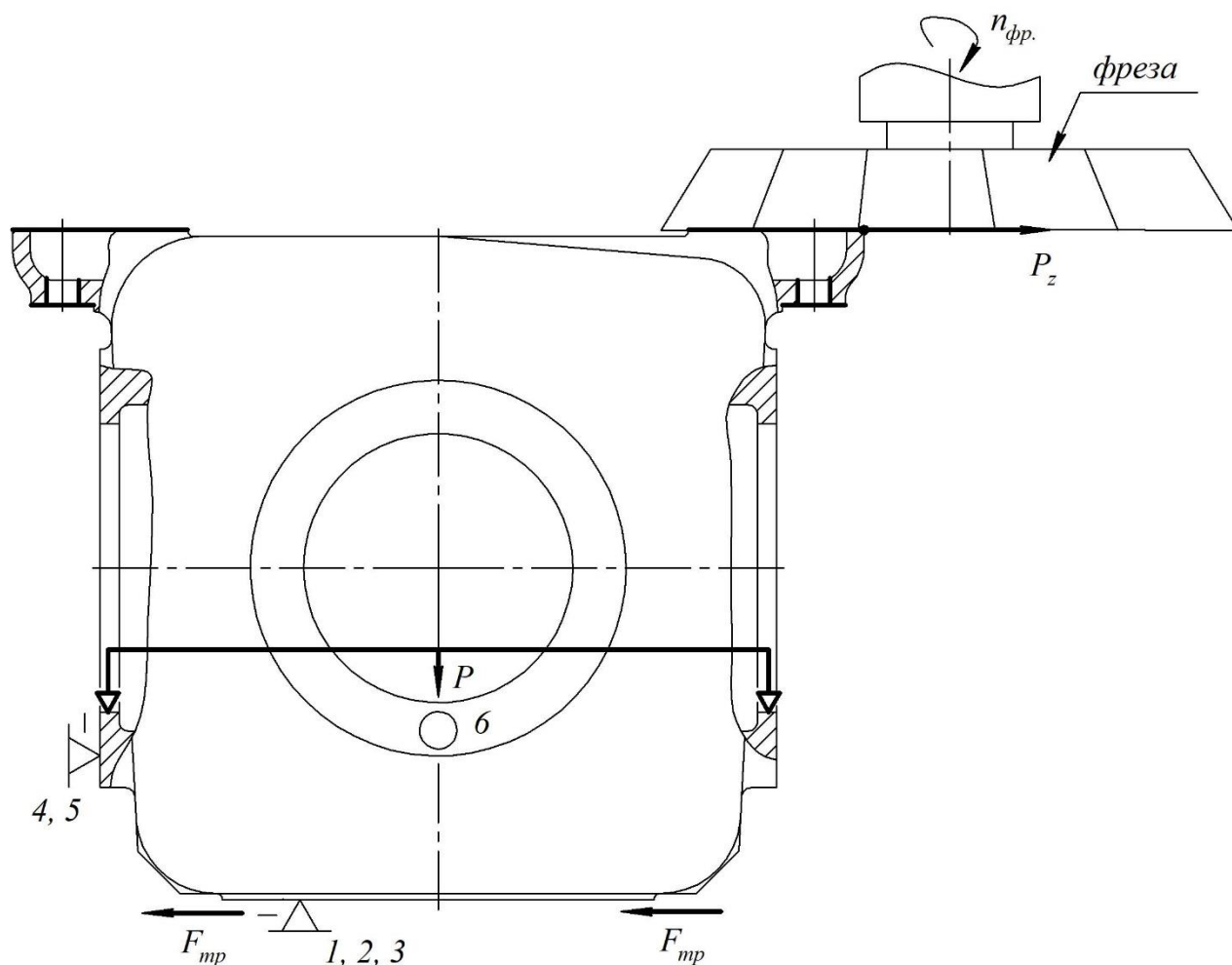


Рисунок 7.1 – Схема дії на заготовку сил різання та закріплення

Сила тертя, що перешкоджає відриву заготовки від опор визначається за умови

$$F_{\text{тр}} = P_3 \cdot f,$$

де P_3 – сила закріплення;
 f – коефіцієнт тертя.

Виходячи з цього, визначаємо рівняння для розрахунку сили закріплення

$$P_3 = \frac{K_{\text{зап}} \cdot P_z - M_3}{f}.$$

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;
 $K_1 = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання під час зношення фрези;
 $K_2 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує змінення припуску на оброблення;
 $K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує переривчасті умови різання;
 $K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вид привода;
 $K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує зручність в обслуговуванні привода;
 $K_6 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що намагаються повернути заготовку на опорах.

В результаті маємо

$$K_{\text{зап}} = 1,5 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,34.$$

Беремо $K_{\text{зап}} = 2,5$.

						Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Силу різання при фрезеруванні основи «лап» ми визначили у розділі 6.5 цієї роботи: $P_z = 5004 \text{ Н}$.

Коефіцієнт тертя $f = 0,35$ [7], маса заготовки становить $M_3 = 207 \text{ кг}$.

В результаті сила закріплення становить

$$P_3 = \frac{2,5 \cdot 5004 - 2070}{0,35} = 29829 \text{ Н.}$$

У проєктованому пристрої сила закріплення передається на шток пневмоциліндра безпосередньо, тому

$$Q = P_3 = 29829 \text{ Н.}$$

Беремо пневмоциліндр двосторонньої дії з діаметром $D = 320 \text{ мм}$. У цьому випадку зусилля на штоку пневмоциліндра можна визначити за формулою [7]:

$$Q = \pi \left(\frac{D^2}{4} p - T_k (D + d) \right)$$

де D – діаметр пневмоциліндра, см;

d – діаметр штока пневмоциліндра, см;

p – тиск повітря в пневмосистемі, кгс/см²;

T_k – сила тертя на штоку пневмоциліндра й поршні при їх ущільненні круглими резиновими кільцями, кгс.

При діаметрі штока $d = 75 \text{ мм}$, тиску в пневмосистемі $p = 4 \text{ кгс/см}^2$, $T_k = 0,25 \text{ кгс}$, одержимо зусилля на штоку пневмокамери:

$$Q = \pi \left(\frac{32^2}{4} 4 - 0,25(32 + 7,5) \right) \approx 3186 \text{ кгс} = 31860 \text{ Н.}$$

						Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таким чином, пневмоциліндр з діаметром 320 мм забезпечує вихідне зусилля на штоку 31860 Н, що більше необхідної сили закріплення 29829 Н і, отже, в процесі оброблення заготовки буде забезпечено надійне закріплення заготовки.

Тепер визначимо припустиму похибку виготовлення пристрою.

До розрахункових параметрів, які більшою мірою вплинуть на досягнення заданих допусків оброблюваної заготовки, буде відхилення від паралельності установчої площини пристосування щодо площини його основи. Недотримання цієї вимоги може призвести до відхилення від паралельності оброблюваної площини основи «лап» заготовки щодо її верхнього торця. Допуск на відхилення від паралельності оброблюваної площини ми прийняли на рівні $T_{//} = 0,4$ мм.

Допустиму похибку пристрою визначимо за формулою [7]:

$$E_{пр//} = T_{//} - K \sqrt{(K_1 \cdot E_{\delta})^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_{зн}^2 + E_n^2 + (K_2 \cdot \omega)^2},$$

де $K = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує можливе відхилення від нормального закону розподілу окремих складових;

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

E_{δ} – похибка базування. В нашому випадку $\varepsilon_{\delta//} = 0$;

E_3 – похибка закріплення, в нашому випадку $E_3 = 40$ мкм;

E_y – похибка установлення пристрою на столі верстата. Беремо $E_y = 20$ мкм;

$E_{зн}$ – похибка від зношення установчих елементів пристрою.

Беремо $E_{зн} = 20$ мкм;

E_n – похибка установки та прекосу інструменту на верстаті.

Беремо $E_n = 10$ мкм;

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

$\omega = 200$ мкм [6] – середня економічна точність оброблення поверхні.

Для зазначених умов маємо:

						Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$E_{\text{пр//}} = 400 - 1,2 \sqrt{0 + 40^2 + 20^2 + 20^2 + 10^2 + (0,6 \cdot 200)^2} = 244 \text{ мкм.}$$

З урахуванням отриманих даних приймаємо допуск на відхилення від паралельності установчої площини пристосування щодо площини його основи в межах 200 мкм.

Опис будови та принципу дії пристрою.

Спроектований пристрій складається з литого, коробчастої форми корпусу 5, у верхній середній частині якого за допомогою восьми гвинтів 14 встановлено кришку 6, до якої, у свою чергу, знизу за допомогою шести гвинтів 15 прикріплено пневмоциліндр двосторонньої дії 2 з поршнем 3 і штоком 10. Повітря у верхню і нижню порожнини пневмоциліндра підводиться за допомогою каналів, що підводять, і штуцерів гнучких шлангів (останні на кресленні пристрою не вказані). На шток 10 у верхній частині за допомогою швидкознімної шайби 9 встановлюється асиметричний прихват 7. По краях посадкової площини корпусу 5 у двох взаємно перпендикулярних напрямках за допомогою двох пар гвинтів встановлено два регульованих упори 8, що служать технологічними базами пристосування при встановленні в нього заготовки. Напрямою штока 10 пневмоциліндра 2 служить втулка 1, яка встановлюється за допомогою чотирьох гвинтів у центральній розточці кришки 6.

У нижній частині основи корпусу 5 по його поздовжній осі діаметрально протилежно за допомогою гвинтів 12 встановлено дві призматичні шпонки 19, за якими пристрій базується в Т-подібних пазах багатоцільового вертикального фрезерно-свердлильного верстата з ЧПК моделі V1300.

Пристрій працює в такий спосіб.

Оброблювана заготовка встановлюється нижнім торцем з прямокутним вікном 315×345 мм на верхню плоску посадкову поверхню кришки 6 корпусу 5 пристрій з упором по бокових поверхнях «картера» щодо напрямної площини регульованих упорів 8. В результаті заготовка позбавляється шести степенів

						Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

свободи. Потім в отвори $\varnothing 230$ заготовки вводиться прихват 7, що встановлюється на верхній кінець штока 10 за допомогою швидкознімної шайби 9. Після цього у верхню (штокову) порожнину пневмоциліндра з $\varnothing 320$ краном управління (на кресленні пристрою не вказано) подається повітря, що переміщує поршень зі штоком 10 і прихватом 7 вниз, здійснюючи закріплення заготовки за рахунок притискання останньої до опорної площини кришки 6.

Після оброблення заготовки її розкріплення відбувається у зворотній послідовності. Краном управління перекривається подача повітря у верхню порожнину пневмоциліндра і подається в нижню порожнину пневмоциліндра, внаслідок чого поршень 3 зі штоком 10 і прихватом 7 переміщується вгору, звільняючи заготовку сил закріплення.

						Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

За результатами роботи можна зробити такі висновки:

1. Виконаний аналіз службового призначення деталі «картер» та агрегату компресорного, до складу якого він входить.
2. Виконаний аналіз технічних вимог на виготовлення деталі «катор», виявлені зв'язки між технічними вимогами та функціональним призначенням деталі та її окремих поверхонь.
3. Визначений тип виробництва – дрібносерійний, та форма організації робіт – групова.
4. Виконаний аналіз технологічності конструкції деталі «картер» за якісними ознаками. Конструкція деталі є технологічною з оцінкою «задовільно».
5. За результатами техніко-економічного обґрунтування вибрано спосіб одержання заготовки – лиття в піщано-глинисті форми. Згідно з діючими стандартами визначені розміри заготовки.
6. Згідно з розрахунково-аналітичною методикою проф. Кована В.М. уточнено міжопераційні припуски і розміри на оброблення поверхні циліндричного отвору діаметром 230Н7.
7. Для багатоцільових операцій 015 та 020 виконані обґрунтування вибору схем базування заготовок, вибір металорізального устаткування та оснастки, визначені режими різання та технічні норми часу.
8. Спроектовано верстаний пристрій для установаження та закріплення заготовки на операції 015 багатоцільової з ЧПК.
9. В додатку Г цієї роботи розглянуто питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

						Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Чугун : справочник / Под ред.: А.Д. Шермана, А.А. Жукова. – М. : Металлургия, 1991. – 576 с.
2. **Анурьев В. И.** Справочник конструктора-машиностроителя : в 3-х т. Т.1 / В. И. Анурьев ; Под ред. И.Н. Жестковой. – 9-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2006. – 928 с.
3. **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.
4. **Маталин А. А.** Технология машиностроения / А. А. Маталин. – Ленинград : Машиностроение, 1985. – 496 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, 1986. – 656 с.
6. **Кузнецов Ю. И.** Оснастка для станков с ЧПУ: справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Б. Байков. – М.: Машиностроение, 1983. – 359 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 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.
9. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.

						Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		