

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 ДИСКА 4.2303.100 СБ**

Кваліфікаційна робота (проєкт) бакалавра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

Дмитро КРАВЧЕНКО

Керівник

Павло КУШНІРОВ

Нормоконтроль

Артем ЄВТУХОВ

РЕФЕРАТ

Записка: 49 с., 8 рис., 11 табл., 8 джерел посилань.

Диск 4.2303.100 СБ входить до складу вентилятора осьового ВО-№5, одноступінчастого із спрямовуючим апаратом, призначеного для систем вентиляції та систем маслоохолодження в газоперекачувальних агрегатах. В умовах глобальної енергетичної кризи удосконалення технологічних процесів виготовлення газоперекачувальних агрегатів та їх окремих частин є актуальним завданням.

Об'єкт роботи – диск 4.2303.100 СБ, технологічний процес його виготовлення.

Предмет роботи – структура та параметри технологічного процесу виготовлення диска 4.2303.100 СБ.

Мета роботи – підвищення ефективності (підвищення продуктивності, зменшення вартості, поліпшення умов праці) технологічного процесу виготовлення диска 4.2303.100 СБ.

З метою підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення «диска» для операцій довбальної та горизонтально-розточувальної обґрунтовано вибір раціональних схем базування заготовки, вибір металорізального устаткування та технологічної оснастки, визначені раціональні режими різання та технічні норми часу. В конструкторській частині проєкту розроблено спеціальну конструкцію верстатного пристрою з механізованим приводом закріплення заготовки.

**ДИСК, ВЕНТИЛЯТОР, ВИЛИВОК, ДОВБАННЯ, СВЕРДЛІННЯ,
ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ**

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі.....	5
2 Аналіз технічних вимог, що пред'являють до конструкції деталі.....	11
3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт	15
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	19
5 Обґрунтування вибору способу одержання заготовки	21
6 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі	26
6.1 Розрахунок міжопераційних припусків і розмірів на оброблення циліндричного отвору діаметром 72Н7	26
6.2 Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки	27
6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів	31
6.4 Обґрунтування вибору технологічної оснастки	33
6.5 Визначення режимів різання.....	35
6.6 Технічне нормування операцій.....	39
7 Розроблення верстатного пристрою для базування та закріплення заготовки	42
Висновки	48
Перелік джерел посилань	49

					<i>ТМЗ 20320387-00.ПЗ</i>			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	<i>Проектування технологічного процесу виготовлення диска 4.2303.100 СБ</i>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		<i>Кравченко</i>					3	59
Перевір.		<i>Кушніров</i>				<i>СумДУ</i>		
Н. контр.		<i>Євтухов</i>						
Затверд.		<i>Іванов</i>						

ВСТУП

Диск 4.2303.100 СБ входить до складу вентилятора осьового ВО-№5, одноступінчастого із спрямовуючим апаратом, призначеного для систем вентиляції та систем маслоохолодження в газоперекачувальних агрегатах. В умовах глобальної енергетичної кризи удосконалення технологічних процесів виготовлення газоперекачувальних агрегатів та їх окремих частин є актуальним завданням.

В пропонуваній роботі зокрема виконаний аналіз службового призначення виробу, технічних вимог на його виготовлення, визначено тип виробництва та форму організацію робіт. В роботі також обґрунтовано вибір способу одержання заготовки «диска». З метою підвищення продуктивності технологічного процесу виготовлення «диска» та стабілізації параметрів точності оброблюваних поверхонь заготовки для операцій довбальної та горизонтально-розточувальної обґрунтовано вибір раціональних схем базування заготовки, вибір металорізального устаткування та технологічної оснастки, визначені раціональні режими різання та технічні норми часу. В конструкторській частині проекту розроблено спеціальну конструкцію верстатного пристрою з механізованим приводом закріплення заготовки.

					<i>ТМЗ 20320387-00.ПЗ</i>	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ

Диск 4.2303.100 СБ входить до складу вентилятора осьового ВО-№5.

Характеристики установки.

Вентилятор ВО-№5 осьовий, одноступінчастий із спрямовуючим апаратом призначений для систем вентиляції та систем маслоохолодження в газоперекачувальних агрегатах.

Маса установки – 240 кг.

Габаритні розміри – 1895×1110 мм.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика установки

Найменування характеристики	Величина
Продуктивність, м ³ /с	333
Максимальний ККД	0,61
Повний тиск, Па	1300
Частота обертання робочого колеса, об/хв	300
Потужність електродвигуна, кВт	11

Умови роботи:

- помірний клімат, категорія 2 за ГОСТ15150-*;
- вплив механічних факторів доквілля за групою умов М1 згідно з ГОСТ17516-*;
- у вибухонебезпечних зонах приміщень та зовнішніх установок відповідно до маркування рівня та виду вибухозахисту електродвигуна згідно з ГОСТ12020-*.

Умови експлуатації:

- температура навколишнього середовища від –45 °С до +45 °С;
- температура переміщуваного повітря, не вище ніж +45 °С;
- відносна вологість – не вище ніж 80 %;
- атмосферний тиск від 86,6 кПа до 106 кПа (650 – 800 мм рт. ст.).

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		5

Опис вузла.

До складу вентилятора входить корпус, на якому кріпиться електродвигун. На валу електродвигуна встановлено колесо (див. рисунок 1.1). До складу колеса входять диск 4.2303.100 СБ, що в свою чергу складається з диска 2 і втулки 1, лопатка 3, яка встановлюється на зовнішній поверхні диска 1 за отвором $\varnothing 42/\varnothing 16H8/f8$ і фіксується від повертання штифтом 4 (штифт встановлюють в лопатку 3 за пресовою посадкою $\varnothing 6H7/m6$).

Закріплення лопатки 3 на диску 1 проводять за допомогою гайки 5, що в свою чергу фіксується стопорною шайбою 6. Лопатки в кількості 8 штук, установлені на диск, при обертанні створюють необхідний вихровий потік повітря, достатній для вентиляції системи маслоохолодження.

Опис деталі.

Диск 4.2303.100.02 (креслення деталі наведено в додатку А) входить до складальної одиниці 4.2303.100 СБ та є тілом обертання типу диск. Відповідно до заводської технології виготовлення деталі як матеріал використовують алюмінієвий сплав АК-12, що не регламентований відповідним стандартом. Як замічник використовують сплави АК5М2, АК5М7, АМ5 згідно з ГОСТ 1583-93.

Ескіз деталі із зазначенням розмірів та інших технічних вимог наведено рисунку 1.2. Ескіз деталі з нумерацією поверхонь наведено рисунку 1.3.

Класифікація поверхонь деталі (див. рисунок 1.3):

- за призначенням:

Виконавчі поверхні: бокова поверхня шпонкового паза 23 – призначена для передачі крутного моменту диску від валу електродвигуна.

Основні конструкторські бази (ОКБ): 22, 23, 24. Поверхні отвору 22, торця 20 (24), бокова поверхня шпонкового паза 23 використовуються для визначення положення деталі (складальної одиниці) у виробі. Поверхня 22 отвору $\varnothing 38H7/g6$ визначає положення деталі (складальної одиниці) на валу за посадкою з зазором.

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

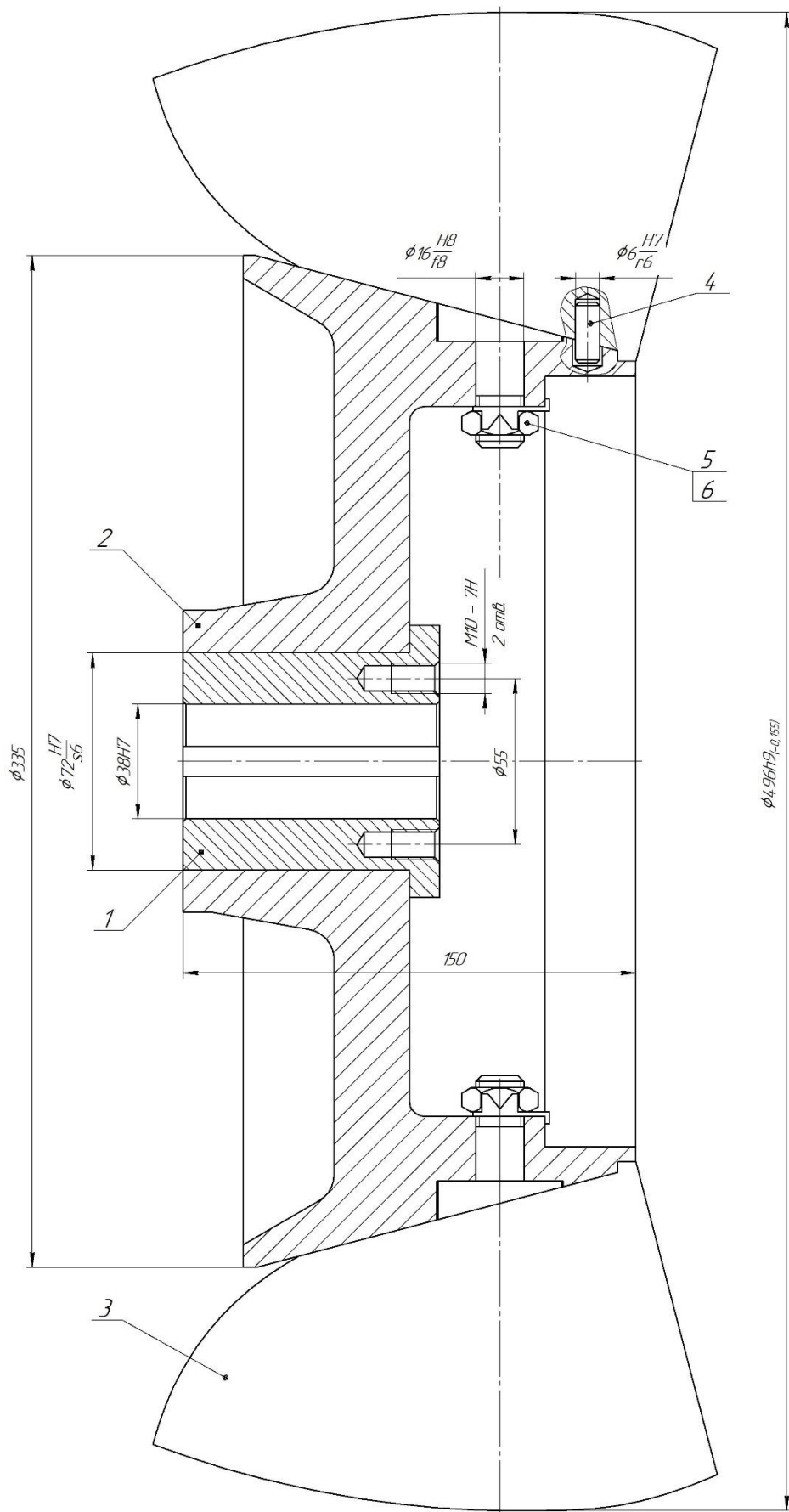


Рисунок 1.1 – Ескіз колеса в складеному вигляді

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ТМЗ 20320387-00.ПЗ

Арк.

7

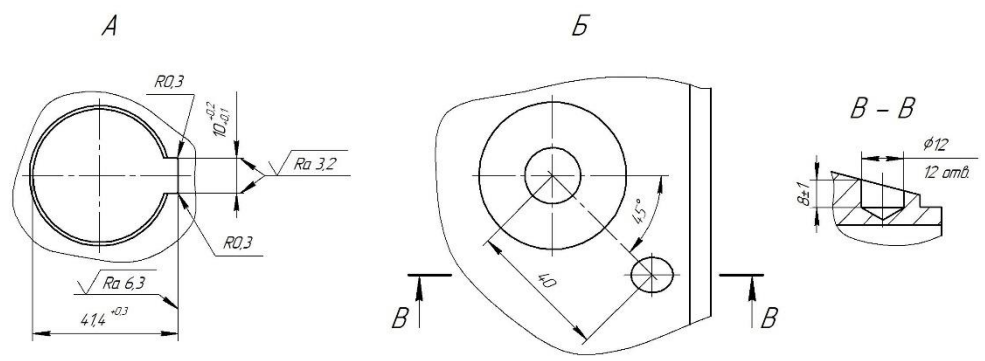
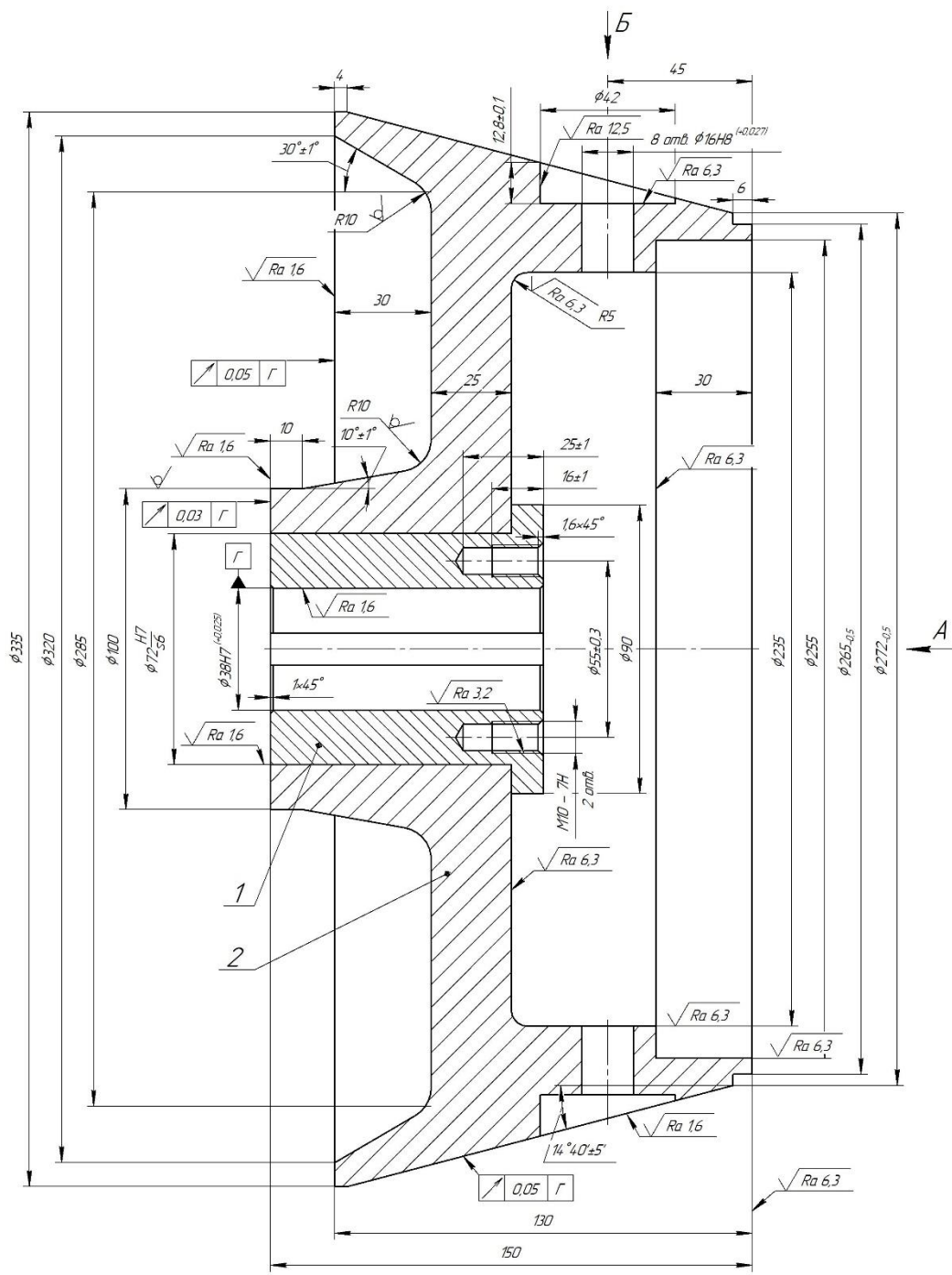


Рисунок 1.2 – Ескіз деталі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ТМЗ 20320387-00.ПЗ

Арк.
8

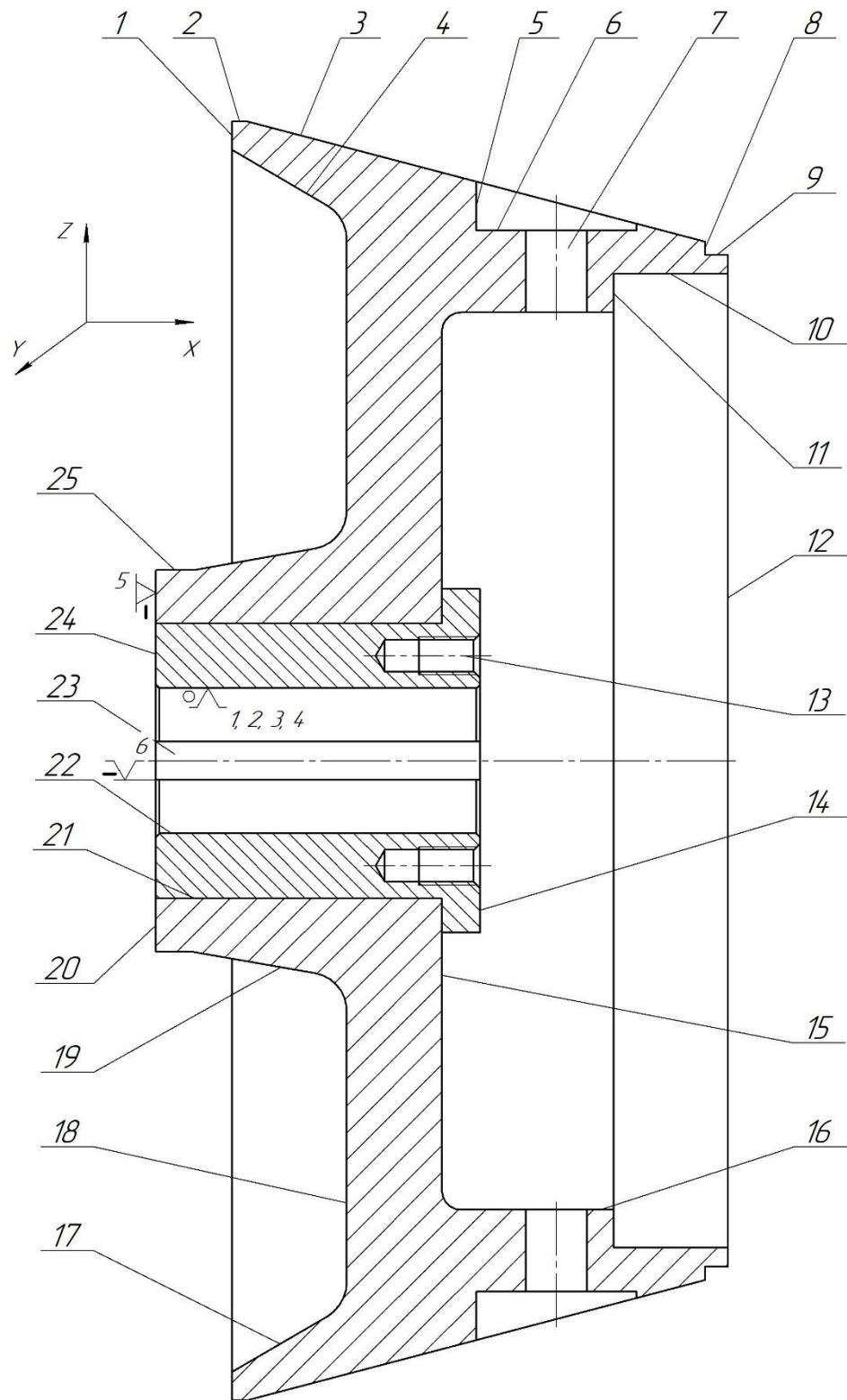


Рисунок 1.3 – Нумерація поверхонь деталі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ТМЗ 20320387-00.ПЗ

Арк.

9

За торцем 20 (24) диск упирається в торець шийки валу електродвигуна, що перешкоджає його осьовому переміщенню уздовж центральної осі. За допомогою бокової поверхні шпонкового паза 23 здійснюється фіксація диска від повертання навколо центральної осі за шпонкою.

Допоміжні конструкторські бази (ДКБ): 3, 6, 7, 13, 15, 21.

Зовнішня конічна поверхня диска 3, торцева поверхня 6 і поверхня отвору 7 призначені для установлення лопаток. Під час установлення лопаток за отвором 7 реалізується посадка з зазором $\varnothing 16H8/f8$. Крім того, для запобігання повертання лопатки навколо вертикальної осі в диску передбачено отвір $\varnothing 12$ мм, до якого входить штифт, запресований за посадкою $\varnothing 6H7/m6$ у лопатку (на рисунку 1.3 не вказано).

Циліндричний отвір 15 і торцева поверхня 21 визначають положення втулки, яку запресовують в диск за посадкою $\varnothing 72H7/s6$.

Різьбові отвори 13 призначені для закріплення кронштейна, який використовують під час складання вузла.

Інші поверхні деталі є «вільними».

Характеристика базування диска на валу електродвигуна відповідно до рисунка 1.3 представлено таблицею відповідності 1.2 та матрицею зв'язків 1.3.

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідності

Таблиця 1.3 – Матриця зв'язків

Зв'язки	Ступінь свободи	Найменування бази		X	Y	Z	Найменування бази
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	Подвійна направляюча	L	0	1	1	Подвійна направляюча
			α	0	1	1	
5	I	Опорна	L	1	0	0	Опорна
			α	0	0	0	
6	IV	Опорна	L	0	0	0	Опорна
			α	1	0	0	

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

Диск 4.2303.100 СБ виконаний у вигляді складальної одиниці, що складається з втулки та безпосередньо диска. Відповідно до функціонального призначення матеріалом диска є алюмінієвий сплав АК-12 або його замітники АК5М2, АК5М7, АМ5 ГОСТ 1583-93. Матеріал диска 2 (див. рисунок 1.1) є цілком обґрунтований, бо деталь призначена для надання необхідного взаємного розташування лопаток 3 та передачі їм обертального руху. Навантаження за такого характеру роботи вузла є мінімальними. У той же час алюміній є досить міцним та легким матеріалом.

ГОСТ 1583-93 регламентує виробництво та характеристику ливарних алюмінієвих сплавів. Ливарні алюмінієві сплави за ГОСТ 1583-93 маркують літерами та цифрами із зазначенням середнього хімічного складу за основними легуючими елементами. Сплав АК12 відносять до I групи – сплави на основі Al-Si. Сплави-замітники АК5М2, АК5М7, АМ5 відносять до II групи – метали на основі системи Al-Si-Cu.

Сплави зазначених груп піддають термічному обробленню за режимами: T_1 – штучне старіння без попереднього нагрівання під загартування; T_2 – відпалювання.

Штучному старінню переважно піддають сплави на основі системи Al-Si. Оброблення за режимом T_1 можливе в тих випадках, коли під час прискореного охолодження вилівка після закінчення затвердіння, наприклад під час лиття тонкостінних деталей у кокіль, утворюється твердий перенасичений розчин. Таке оброблення економічно ефективно, але зміцнення матеріалу під час старіння є незначним. Обробленню за режимом T_1 найбільш доцільно піддавати деталі, отримані литтям під тиском. Такі деталі, як правило, не можна гартувати через те, що під час нагрівання під загартування на їх поверхні утворюються спучування в результаті розширення газу, захопленого під час лиття під тиском. Відпалювання

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

виливків (режим T_2) проводять, переважно, для сплавів I групи. Цей вид термооброблення застосовують для зменшення ливарних напружень. Температура такого відпалювання є близько до $300\text{ }^\circ\text{C}$, витримування 2–4 год.

Кремній є одним із основних легуючих елементів у ливарних алюмінієвих сплавах (силумінах). Силуміни зазвичай містять від 5 до 14% Si. Сплав АЛ2 (АК12) є типовим силуміном із вмістом 10–13 % Si. У литому стані він складається в основному з евтектики та деякої кількості надлишкових кристалів кремнію. Механічні властивості такого сплаву дуже низькі: $\sigma_b = 120\text{--}160\text{ МПа}$ при відносному подовженні $\delta < 1\text{ \%}$.

Водночас такі сплави володіють дуже важливими властивостями, які насилу вдається досягти в інших міцніших сплавах: високою рідкоплинністю, зварюваністю. Вони мають малу усадку під час лиття, у зв'язку з чим стає низькою їх схильність до утворення усадкових тріщин. Силуміни, внаслідок малої різниці по розчинності кремнію за високої та низької температур, практично не зміцнюються термічним обробленням, тому найважливішим методом покращення його механічних властивостей є модифікування. Модифікування здійснюють обробленням рідкого силуміну невеликою кількістю металевого натрію або солями натрію. Під час модифікування відбувається значне подрібнення частинок евтектичної суміші, що пов'язують зі здатністю натрію обволікати зародки утвореного кремнію та гальмувати їх зростання.

Механічні властивості після модифікації АЛ2 (АК12) становлять: $\sigma_b = 170\text{--}220\text{ МПа}$, при $\delta = 3\text{--}12\text{ \%}$.

Володіючи високими ливарними властивостями, силуміни є основним вихідним матеріалом для створення технологічних і водночас високоміцних ливарних алюмінієвих сплавів, які можуть зазнавати зміцнювальної термічної обробки. При створенні таких сплавів використовують додаткове легування силумінів з метою утворення структури силуміну нових фаз, здатних призводити до зміцнення під час термічного оброблення. Як такі елементи застосовують Mg, Cu и Mn.

					<i>ТМЗ 20320387-00.ПЗ</i>	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.1 – Механічні властивості силумінів

Марка сплава	Спосіб лиття	Вид термічного оброблення	σ_B , МПа	δ , %	НВ
			не менше		
AK12 (AL12)	ЗМ, ВМ, КМ	-	147	4,0	50,0
	К	-	157	2,0	50,0
	Д	-	157	1,0	50,0
	ЗМ, ВМ, КМ	T2	137	4,0	50,0
	К	T2	147	3,0	50,0
	Д	T2	147	2,0	50,0
AK5M (AL5)	З, В, К	T1	157	0,5	65,0
	З, В	T5	196	0,5	70,0
	К	T5	216	0,5	70,0
	З, В	T6	225	0,5	70,0
	З, В, К	T7	176	1,0	65,0
	К	T6	235	1,0	70,0

Міцність цих сплавів після загартування та старіння виявляється вище ніж 200–230 МПа за подовження $\delta \geq 2-3$ %.

Аналіз розмірної точності, шорсткості поверхонь, допусків форми та взаємного розташування поверхонь.

Конструкція деталі передбачає кілька поверхонь, до яких пред'являють підвищені вимоги щодо розмірної точності, шорсткості тощо.

Насамперед, це поверхні, що виконують функції базових (ОКБ, ДКБ):

- отвір $\varnothing 38H7$, $R_a = 1,6$ мкм – забезпечує гарантований зазор за посадкою H7/g6 під час установлення диска на вал. Поверхня задана як база «Г». Допуск форми не встановлений, отже, знаходиться в межах допуску на розмір;

- отвір в диску $\varnothing 72H7$, $R_a = 1,6$ мкм – дозволяє забезпечити посадку з натягом H7/s6 під час пресування втулки в диск;

- отвір $\varnothing 16H8$ – забезпечує посадку з гарантованим зазором H8/f8 під час установлення лопатки. Шорсткість поверхні кресленням не задана, проте, враховуючи призначення поверхні, може бути задана у розмірі 1,6–3,2 мкм за критерієм R_a . Допуск форми – у межах допуску на розмір;

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

ТМЗ 20320387-00.ПЗ

- різьбовий отвір М10-7Н. Шорсткість 3,2 мкм за критерієм Ra цілком обґрунтована.

Зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 265$ мм та $\varnothing 272$ мм мають розмірну точність за 12 квалітетом точності.

Інші поверхні є вільними, їх обробляють за 14 квалітетом точності.

Крім того, кресленням деталі задані допуски розташування: торцеве биття на торець маточини в розмірі 0,03 мм щодо бази «Г» – забезпечує щільний контакт між поверхнями під час базування диска на валу електродвигуна; торцеве биття на торець $\varnothing 335$ мм у розмірі 0,05 мм щодо бази «Г» і радіальне биття до зовнішньої конічної поверхні в розмірі 0,05 мм щодо бази «Г» дозволяють забезпечити точне розташування встановлюваних лопаток, і допустимий баланс обертових частин вузла.

У цілому аналіз показує, що креслення деталі оформлено з дотриманням вимог і правил діючих норма та правил, тобто на кресленні присутні всі необхідні та допоміжні види, проекції, перерізи та розрізи, технічні вимоги для виготовлення деталі задані в повному обсязі. Креслення дає повне уявлення про геометричну форму деталі, конфігурацію всіх її конструктивних елементів. На кресленні проставлені всі необхідні розміри, допуски розташування та шорсткість поверхонь.

					<i>ТМЗ 20320387-00.ПЗ</i>	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ

Під час аналізу та проектування 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 говорить про відношення всіх різних операцій, виконуваних підрозділом протягом місяця, до робочих місць [1].

Розрахунок $K_{з.о}$ виконаємо за методикою [1]. Проміжні результати розрахунку подаємо у таблиці 3.1.

На першому етапі визначимо кількість необхідного обладнання за формулою

$$m_p = \frac{N_p \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_o \cdot \eta_{з.н}}$$

де $N_p = 300$ шт. – річний обсяг випуску деталей відповідно до завдання;

$T_{шт}$ – штучний час на механічну операцію (відповідно до базового технологічного процесу);

$\eta_{з.н} = 0,75$ – нормативний коефіцієнт завантаження устаткування [1].

Таблиця 3.1 – Розрахунок $K_{з.о}$

№ операції	Найменування операції	$T_{шт}$, хв	m_p	P	$\eta_{з.ф}$	O
1	Токарно-гвинторізна	22,40	0,0371	1	0,0371	20,23
2	Токарно-гвинторізна	32,40	0,0536	1	0,0536	13,99
3	Довбальна	12,80	0,0212	1	0,0212	35,41
4	Горизонтально-розточувальна	18,20	0,0301	1	0,0301	24,90
5	Радіально-свердлильна	28,20	0,0467	1	0,0467	16,07
Сумма:				5		110,61

Розрахункове значення m_p округлюємо у більший бік (P).

Фактичне значення коефіцієнта завантаження обладнання $\eta_{з.ф}$ визначимо за формулою

$$\eta_{з.ф} = \frac{m_p}{P}.$$

Кількість операцій, що виконують на одному робочому місці, визначимо за формулою

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф}}.$$

Коефіцієнт закріплення операцій визначимо за формулою

$$K_{з.о} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P} = \frac{110,61}{5} = 22,18.$$

Одержаний $K_{з.о}$ відповідає дрібносерійному типу виробництва ($40 > K_{з.о} = 22,18 > 20$) [1].

Дрібносерійним називають таке виробництво, за якого вироби виготовляють партіями або серіями, що складаються з однойменних, однотипних за конструкцією та однакових за розмірами виробів одночасно [1]. Основним принципом такого виробництва є виготовлення всієї партії цілком як під час оброблення заготовок, так і під час складання.

Поняття «партія» відносять до кількості деталей, а поняття «серія» – до кількості машин, що запускають у виробництво одночасно [1]. Кількість деталей у партії та кількість машин у серії може бути різною.

					<i>ТМЗ 20320387-00.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		16

У дрібносерійному виробництві технологічний процес є переважно диференційованим, тобто розчленованим на окремі операції, що закріплені за окремими верстатами.

Верстати тут застосовують різноманітних видів: універсальні, спеціалізовані, спеціальні, автоматизовані, агрегатні. Верстатний парк повинен бути спеціалізований такою мірою, щоб був можливий перехід від виробництва однієї серії машин до виробництва іншої, яка дещо відрізняється від першої конструктивно.

Під час використання універсальних верстатів широко застосовують спеціальні та спеціалізовані пристрої, спеціалізований та спеціальний різальний інструмент, вимірювальний інструмент у вигляді граничних (стандартних та спеціальних) калібрів та шаблонів, що забезпечують взаємозамінність оброблених деталей. Все це обладнання та оснащення в серійному виробництві можна застосувати досить широко, тому що за повторюваності процесів виготовлення одних і тих самих деталей зазначені засоби виробництва дають техніко-економічний ефект, що з великою вигодою окупає витрати на них.

Відповідно до даного типу виробництва та порядку виконання операцій, розташування технологічного обладнання, встановлюють групову форму організації технологічного процесу, що характеризується однорідними конструктивно-технологічними ознаками виробів, єдністю засобів технологічного оснащення тощо.

Дрібносерійне виробництво є значно економічнішим, ніж одиничне, оскільки найкраще використання устаткування, спеціалізація робітників, збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції.

Партію запуску визначимо за формулою [1]:

$$n = \frac{N_p \cdot a}{F},$$

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		17

де F – кількість робочих днів на рік;

$a = 24$ – періодичність запуску ($a = 3, 6, 12, 24$ діб).

$$n = \frac{300 \cdot 24}{254} = 28,34.$$

Беремо партію запуску $n = 29$ шт.

					<i>ТМЗ 20320387-00.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		18

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Відповідно до завдання на проектування виконаємо якісний аналіз технологічності конструкції деталі за такими ознаками:

- матеріал деталі;
- базування та закріплення заготовки;
- проставлення розмірів;
- допуски форми та взаємного розташування поверхонь;
- взаємозамінність;
- нетехнологічні конструктивні елементи;
- можливі засоби одержання заготовок.

Технологічною вважається така конструкція деталі, оброблення якої можливе з максимальною продуктивністю та мінімальною собівартістю.

Оцінювання технологічності конструкції деталі за якісними ознаками:

Матеріал деталі.

Матеріалом деталі є алюмінієвий сплав – АК5М7.

Таблиця 4.1 – Хімічний склад сплава АК5М7, у відсотках

Fe	Si	Mn	Ni	Al	Cu	Mg	Zn	Домішки
до 1,2	4,5-6,5	до 0,3	до 0,5	82,3-89,3	6-8	0,2-0,5	до 0,6	всього 2,7

Таблиця 4.2 – Ливарно-технологічні властивості сплава АК5М7

Температура лиття, °С	710
Лінійна усадка, %	1,25

Сплави на основі алюмінію є досить дорогими, використовуються в авіабудуванні та інших наукомістких виробництвах, що визначає їх затребуваність.

									Арк.
									19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ТМЗ 20320387-00.ПЗ				

Базування та закріплення заготовки. З точки зору зручності базування ця деталь є не технологічною, так як в конструкції деталі відсутні досить розвинені поверхні, придатні для використання в якості технологічних баз. При установці заготовки в токарному патроні необхідно спеціально розточувати кулачки. На свердлильних та розточувальних операціях необхідно розробляти спеціальні конструкції установчих елементів.

Проставлення розмірів. На кресленні деталі всі розміри проставлені зручно, дозволяють вести контроль стандартними вимірювальними інструментами відповідно до діючих стандартів.

Допуски форми і розташування поверхонь цілком досяжні на обладнанні, що застосовується в діючому виробництві, за цим параметром деталь є технологічною.

Взаємозамінність. Ця деталь є «взаємозамінною», основні поверхні виконані з невисокою розмірною точністю, що зменшує кількість з підгонки та регулювання.

Нетехнологічні елементи. До нетехнологічних конструктивних елементів деталі слід віднести:

- шпонковий паз $B = 10$ мм (для його одержання необхідний спеціальний довбальний різець);
- протяжні конічні поверхні (кути $20^{\circ}40' \pm 5'$, $10^{\circ} \pm 1^{\circ}$, радіальне биття – трохи більше 0,05 мм);
- ступінчасті отвори $\varnothing 42/\varnothing 16H8$ (вісь отворів розташована перпендикулярно до центральної осі деталі);
- глухі різьбові отвори M10-7H.

Таким чином, за якісними показниками технологічність конструкції деталі можна оцінити на «добре».

					<i>ТМЗ 20320387-00.ПЗ</i>	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

5 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ

Вимоги до заготовки.

Крім мінімальної металоємності і трудомісткості до заготовки пред'являють низку вимог з погляду їхньої подальшого механічного оброблення. До таких вимог відносять:

- мінімальні припуски на оброблення – знижується собівартість за рахунок зменшення кількості проходів та переходів;
- раціональне розташування ливарних та штампувальних ухилів;
- підвищена точність розмірів;
- мінімізація або повне усунення дефектного шару, який з одного боку призводить до збільшення припусків, з іншого – зниження стійкості ріжучого інструменту.

Відповідно до заводського технологічного процесу заготовку одержують литтям у кокіль.

У кокіль доцільно відливати масивні необроблювані виливки, що характеризуються:

- підвищеними вимогами герметичності,
- чавунні виливки з вибіленими поверхнями простої конфігурації;
- виливки із алюмінію зі стінками більше 2,5 мм;
- виливки з крем'яної латуні (600×700 мм) і стінки товщиною більше ніж 3 мм.

Точність виливків – до 12 квалітету, шорсткість $Ra = 3,2-12,5$ мкм.

Кокіль – ливарна форма із чавуну, сталі або алюмінію. Сутність методу полягає у багаторазовому використанні форми. Порожнини у виливку виконують металевими або піщаними стрижнями, які витягують із заготовки після її затвердіння та видалення з металевої форми. Перед заливкою кокіль розігрівають до температури 200–300°C. Заготовку виймають гарячою та остаточне її остигання проводиться на повітрі.

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		21

Продуктивність лиття в кокіл визначають часом його нагрівання та охолодження.

Литтям у кокіл одержують заготовки від кількох грамів до кількох тонн.

Лиття в кокіл має низку технічних і технологічних переваг:

- багаторазове використання форми;
- підвищена точність виливки;
- підвищення щільності виливків та покращення структури металу;
- скорочення або повне вилучення формувальних матеріалів;
- скорочення виробничих площ.

Труднощі:

- складно одержувати тонкостінні виливки;
- неподатливі та газонепроникні стінки форми, що викликають у виливку короблення та тріщини;
- висока вартість кокілю.

Як альтернативний варіант способу одержання заготовки розглянемо лиття в піщано-глинисті форми.

Остаточний вибір оптимального методу одержання заготовки зробимо виходячи з економічного обґрунтування відповідно до методики [1].

Вартість заготовки одержуваної литтям визначають за формулою:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_M \cdot K_n \right) - (Q - q) \frac{S_{вдх}}{1000}, \quad (5.1)$$

де C_i – базова вартість 1 т заготовок, грн;

Q й q – маса заготовки й готової деталі;

K_m, K_c, K_v, K_M, K_n – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу й об'єму виробництва [1];

$S_{вдх}$ – ціна 1 т відходів, грн.

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Ціна виливка за умови лиття в піщано-глинисті форми:

$$S_1 = \left(\frac{36800}{1000} \cdot 18,7 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 5,94 \cdot 1 \right) - (18,7 - 10,3) \cdot \frac{14400}{1000} = 3881 \text{ грн.}$$

Ціна виливка, за умови лиття в кокіль:

$$S_2 = \left(\frac{40200}{1000} \cdot 14,5 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 5,94 \cdot 1 \right) - (14,5 - 10,3) \cdot \frac{14400}{1000} = 3329 \text{ грн.}$$

Отже, з економічної точки зору, одержання заготовки литтям у кокіль є більш раціональним.

Відповідно до розрахунку раціональним способом отримання заготовки необхідно вважати лиття в кокіль (як і в заводському варіанті технологічного процесу).

Розрахунок припусків та допусків на розміри заготовки виконаємо згідно з ГОСТ 26645-85 [2]:

- 1) Клас точності розмірів – 9 [2, табл. 9].
- 2) Ступінь точності поверхонь – 11 [2, табл. 11].
- 3) Ступінь короблення, за умови $d_{\min}/d_{\max} = 72/335 = 0,215 - 2$ [2, табл. 10].
- 4) Ряд припусків – 4 [2, табл. 14].
- 5) Клас точності маси – 10 [2, табл. 13].
- 6) Шорсткість поверхонь – не більше ніж $Ra = 20$ мкм [2, табл. 12].
- 7) Мінімальний припуск на бік – 0,4 мм [2, табл. 5].
- 8) Припуски на поверхні й значення загальних допусків наведені в таблиці 5.1 [2, табл. 1, 2, 6, 16].

					<i>ТМЗ 20320387-00.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		23

Таблиця 5.1 – Припуски й допуски на механічне оброблення, у міліметрах

Номінальний розмір	Допуск розміру	Допуск форми	Загальний допуск	Вид механічного оброблення	Ряд припусків	Половина загального допуску	Величина припуску	Розрахунок розміру	Остаточний розмір
150	2,4	0,16 0,40	2,4	Чист. Чорн.	4	1,2	3,1 1,9	$150+3,1+1,9=155$	$155\pm 1,2$
130	2,4	0,50 0,40	2,8	Чист. Чорн.	4	1,4	3,4 2,1	$130+3,4+2,1=135,5$	$136\pm 1,4$
Ø335	3,2	0,50	3,2	Чист.	4	1,6	3,8	$335+3,8\cdot 2=342,6$	$343\pm 1,6$
Ø235	2,8	0,40	3,2	Чорн.	4	1,6	2,3	$235-2,3\cdot 2=230,4$	$230\pm 1,6$
Ø72	2,2	0,16	2,4	Чист.	4	1,2	3,1	$72-3,1\cdot 2=65,8$	$65,5\pm 1,2$
75	2,2	0,32	2,4	Чорн. Чорн.	4	1,2	1,9 1,9	$75+1,9-1,9=75$	$75\pm 1,2$

Ескіз вилівка наведений на рисунку 5.1.

					<i>ТМЗ 20320387-00.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		24

$\sqrt{Ra\ 20}$

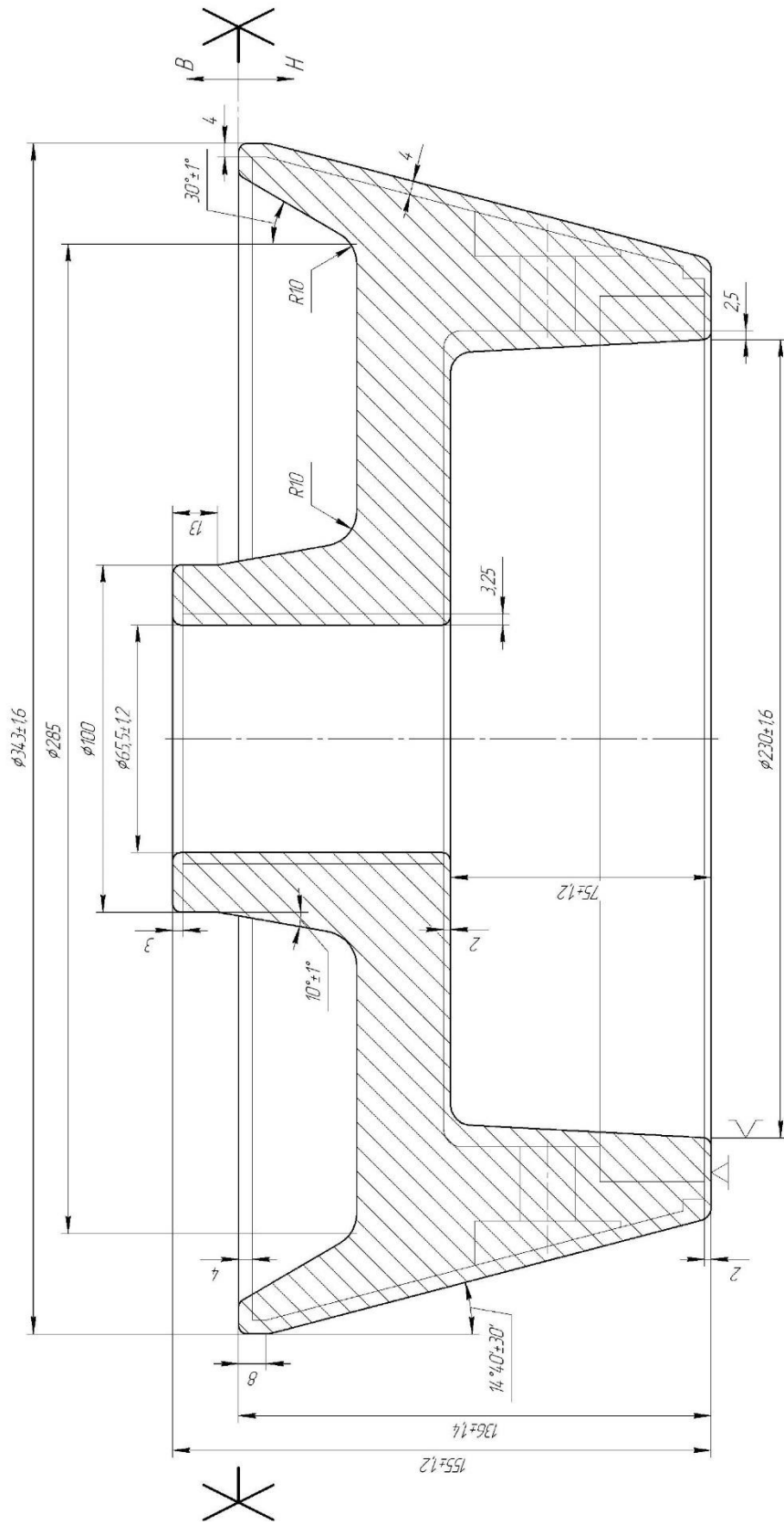


Рисунок 5.1 – Ескіз виливка

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ТМЗ 20320387-00.ПЗ

Арк.

25

6 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

6.1 Розрахунок міжопераційних припусків і розмірів на оброблення циліндричного отвору діаметром 72Н7

Відповідно до завдання виконаємо розрахунок міжопераційних припусків та розмірів на механічне оброблення отвору D72Н7 за методом проф. Кована В. М. В основі зазначеного методу знаходиться розрахунок так званого мінімального припуску на поточний (i) перехід (операцію) [1]:

$$2Z_{\min i} = 2 \left(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\varepsilon y_i^2 + \rho_{i-1}^2} \right), \quad (6.1)$$

де Rz_{i-1} – шорсткість поверхні, що утворюється на попередньому ($i-1$) переході;
 H_{i-1} – дефектний шар, що утворюється на попередньому ($i-1$) переході;
 εy_i – похибка установки заготовки на поточному (i -му) переході;
 ρ_{i-1} – величина просторових відхилень, що утворюється на попередньому ($i-1$) переході.

Маршрут оброблення отвору D72Н7 складається з 4-х операцій з урахуванням заготовчої (одержання вилівка в кокіль) [3]:

- 1) лиття в кокіль: клас точності розмірів – 9, ступінь точності поверхонь – 11, $Rz = 200$ мкм, $H = 300$ мкм;
- 2) розточування чорнове: Н12, $Rz = 50$ мкм, $H = 50$ мкм;
- 3) розточування чистове: Н9, $Rz = 30$ мкм, $H = 30$ мкм;
- 4) розточування тонке: Н7, $Rz = 20$ мкм, $H = 20$ мкм.

При обробленні заготовок із установкою в самоцентрувальних пристроях (патронах) похибка установки дорівнює нулю.

Величина просторових відхилень для лиття в кокіль визначатиметься можливим зміщенням стрижня $\rho_{зм}$, що формує поверхню центрального отвору у

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

виливку, щодо зовнішніх поверхонь заготовки, а також величиною короблення $\rho_{кор}$ поверхні отвору [1]:

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

Похибка, що зв'язана зі зміщенням стрижня беремо такою $\rho_{зм} = 1500$ мкм. За питомої кривизни поверхні вилівка $\Delta_k = 1$ мкм/мм похибка короблення становитиме $\Delta = \Delta_k \cdot l = 1 \cdot 75 = 75$ мкм.

$$\rho_{заг} = \sqrt{1500^2 + 75^2} = 1502 \text{ мкм.}$$

Величина просторових відхилень з урахуванням коефіцієнтів уточнення:

- на чорнове розточування $\rho_{чорн} = 1502 \cdot 0,06 = 90$ мкм;

- чистове розточування $\rho_{чист} = 1502 \cdot 0,05 = 75$ мкм.

Розрахунок міжопераційних припусків і розмірів припусків здійснимо на ЕОМ. Результати розрахунку представлені у додатку Б.

6.2 Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки

Відповідно до завдання виконаємо аналіз схеми базування заготовки на операції 035 довбальній, на якій оброблюють паз шириною $B = 10(+0,2;+0,1)$ мм з дотриманням розміру $41,4^{+0,3}$ мм.

Аналіз поверхонь заготовки, сформованих до цієї операції, показує, що на роль технологічних баз можуть претендувати поверхні торців діаметром 335 мм та 100 мм, а також зовнішня циліндрична поверхня діаметром 335 мм та отвір діаметром 38Н7. При використанні в якості технологічної бази отвору D38Н7 необхідно використовувати рухомий установчий елемент верстатного пристрою,

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

який після надання заготовці необхідного положення, буде прибиратися, щоб відкрити доступ до оброблюваної поверхні ріжучому інструменту (довбальному різцю). Незважаючи на такі складності, використання отвору D38H7 як базової поверхні дозволяє реалізувати принцип суміщення баз (при базуванні на конічній оправці або іншому самоцентрувальному елементі пристосування), що гарантує забезпечення розмірної точності поверхонь оброблюваного паза. Базування заготовки по торцю діаметром 100 мм не дозволяє забезпечити її необхідну стійкість та жорсткість налагодження. Таким чином, як базові поверхні з прийнятих міркувань беремо торець діаметром 335 мм і отвір D38H7 (див. рисунок 6.1).

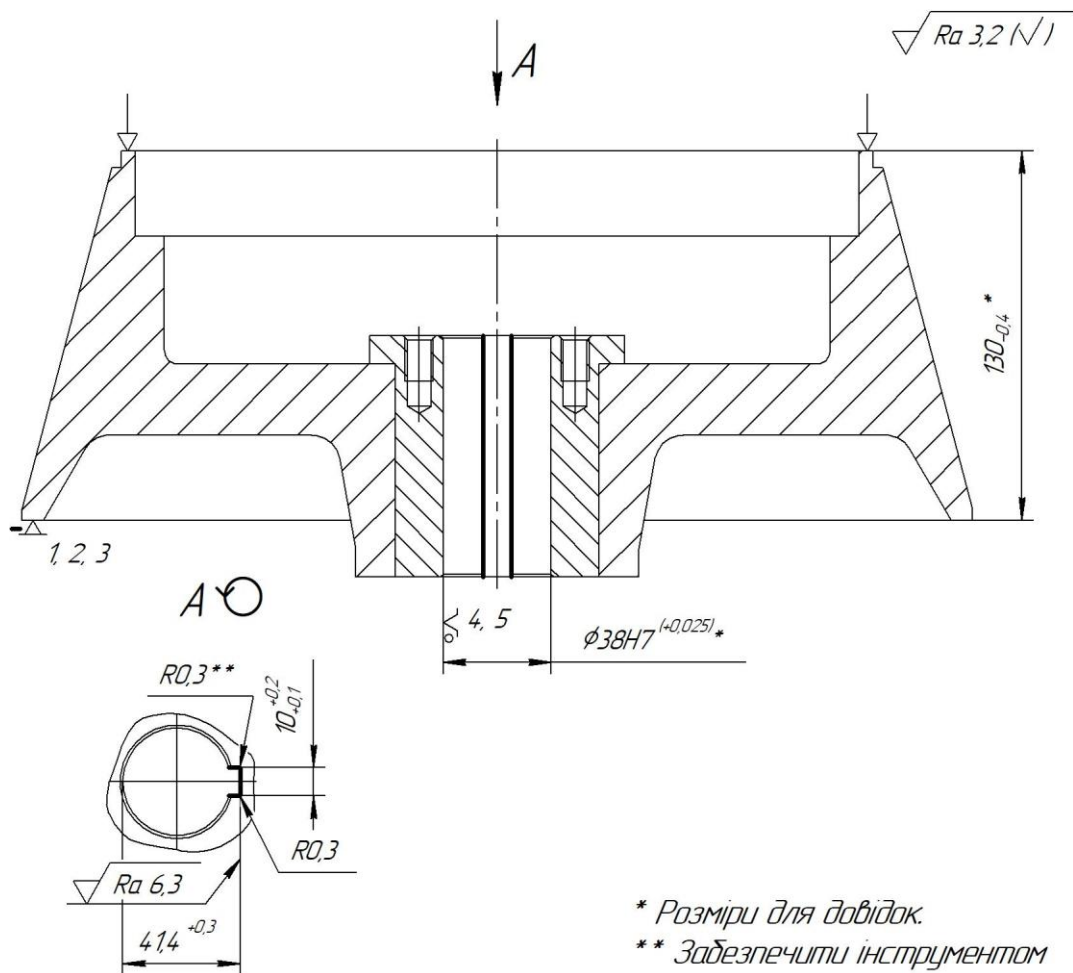


Рисунок 6.1 – Схема базування заготовки на операції 035

Відповідно до прийнятої схеми базування заготовка позбавляється 5-ти ступенів свободи. По торцю реалізується установча база (позбавляє заготовку

						Арк.
					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

поступального переміщення вздовж центральної осі та 2-х обертань щодо горизонтальних осей координат); по центральному отвору реалізується подвійна опорна база (позбавляє заготовку двох обертань навколо горизонтальних осей координат). Вакантним залишається обертання навколо центральної осі заготовки.

Виконаємо аналіз операції 040 горизонтально-розточувальної, на якій виконують оброблення 8 ступінчастих отворів $\varnothing 42/\varnothing 16H8$, розташованих на зовнішній конічній поверхні деталі.

Оброблення зазначених поверхонь згідно з базовим технологічним процесом виконують на горизонтально-розточувальній операції з попереднім розмічуванням. Використання розточувального верстата з ЧПК дозволить підвищити продуктивність оброблення, стабілізувати точність поверхонь, усунути з технологічного процесу малопродуктивне ручне розмічування.

Схема базування, наведена на рисунку 6.2 передбачає встановлення заготовки на циліндричному пальці зі шпонкою та упором у торець маточини. Водночас заготовка позбавляється 6-ти ступенів свободи: за торцем – установлювальна база; за отвором $\varnothing 38H7$ – подвійна опорна база; за бічною поверхнею шпонкового паза – опорна база.

Точність розміру $\varnothing 16H8$ визначається точністю мірного інструменту (зенкера), його діаметром, ступенем зношення.

Точність розміру $45 \pm 0,31$ мм визначається точністю позиціонування робочих органів верстата, що зазвичай становить 0,02 мм, та похибкою базування $E_{645} = T_{150} = 0,4$ мм. Так як похибка базування $E_{645} = 0,4$ мм не перевищує допуска на розмір $T_{45} = 0,62$ мм розглянуту схему базування можна вважати прийнятною.

Точність розміру $\varnothing 42^{+0,62}$ мм здебільшого визначається точністю позиціонування робочих органів верстата, так як для одержання поверхні передбачається використовувати контурне фрезерування кінцевою фрезою.

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

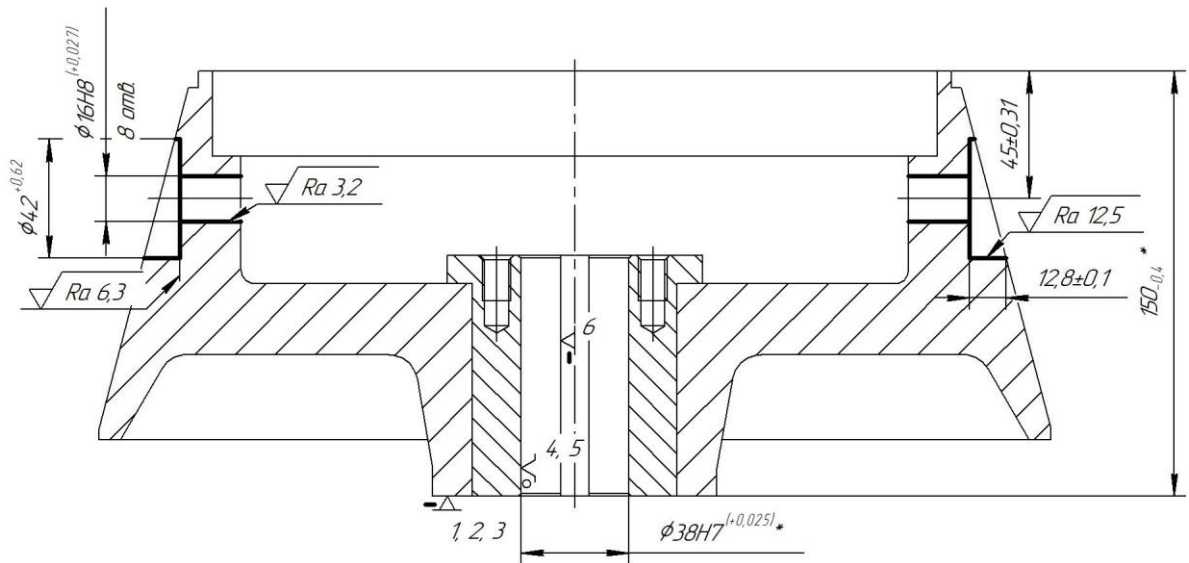


Рисунок 6.2 – Схема базування заготовки на операції 040

Глибина отвору $\phi 42$ мм – $h = 12 \pm 0,1$ мм визначається точністю позиціонування робочих органів верстата (0,02 мм) та похибкою базування, яка має місце під час установлення заготовки за циліндричним пальцем із зазором [3]:

$$\varepsilon_{\phi} = \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta, \quad (6.3)$$

де δ_1 – допуск на діаметр отвору ($T_{\phi 38H7} = 0,025$ мм);

δ_2 – допуск на діаметр пальця ($T_{\phi 38g6} = 0,016$ мм);

Δ – мінімальний радіальний зазор в посадці заготовки на пальці ($S_{min\phi 35H7/g6} = 0,009$ мм).

$$\varepsilon_{\phi} = 0,025 + 0,016 + 2 \cdot 0,009 = 0,059 \text{ мм.}$$

Похибка базування (0,1 мм) не перевищує допуск на глибину отвору (0,2 мм), що дозволяє забезпечити необхідну розмірну точність під час оброблення поверхні.

На рисунку 6.3 наведено альтернативну схему базування заготовки.

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк. 30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

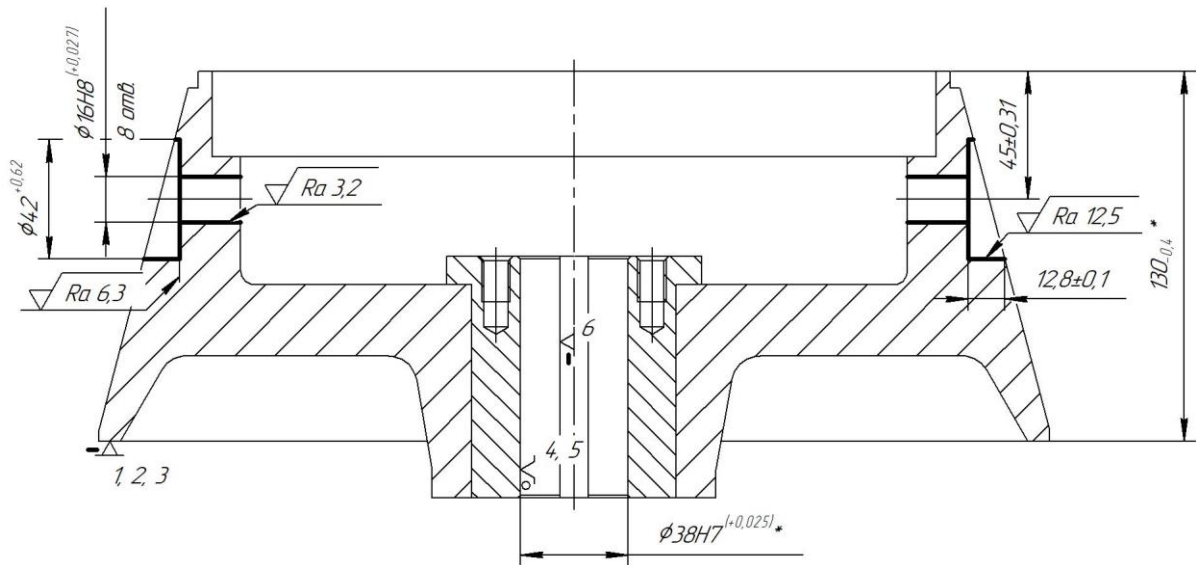


Рисунок 6.3 – Альтернативна схема базування заготовки на операції 040

В даному випадку як установлювальну базу використовують торець фланця $\varnothing 335$ мм, що дозволяє забезпечити більшу стійкість заготовки.

Наведені схеми базування заготовки є рівноцінними щодо забезпечення розмірної точності оброблюваних поверхонь, проте схема на рисунку 6.3 забезпечує більшу стійкість заготовки: остаточно беремо схему базування, наведену на рисунку 6.3.

6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

Операція 035 довбальна. При виборі верстата на довбальну операцію основними визначальними факторами будуть метод оброблення поверхонь, схема базування заготовки та габарити робочого простору верстата. У зв'язку з цим зупинимо свій вибір на довбальному верстаті моделі 7Д430. Верстат 7Д430 призначений для оброблення довбанням плоских та фасонних поверхонь,

						ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
							31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

шпонкових пазів і канавок у циліндричних та конічних отворах з кутом конуса при вершині 20°, а також для оброблення похилих поверхонь під кутом 10°. На верстатах можна обробляти вироби із чавуну, сталі та кольорових металів. Можливе оброблення деталей масою до 0,5 т. Характеристики верстата 7Д430 представлені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Характеристики верстата моделі 7Д430, в міліметрах

Найменування параметра	Значення
Довжина ходу довбача	120×320
Відстань від поверхні столу до нижнього торця напрямних довбача	500
Відстань від зовнішньої поверхні різцевої головки до станини (виліт)	615
Відстань від нижнього торця довбача до столу	10×580
Висота оброблюваного виробу: - під час оброблення зовнішньої поверхні - під час оброблення внутрішньої поверхні	500 250
Найбільший кут нахилу довбача, град	10°
Швидкість робочого ходу довбача, м/хв	3–38
Подача столу на один подвійний хід довбача: - поздовжня - поперечна - кругова, град	0,1–2,5 0,1–2,5 0,1–1,4
Швидкість прискореного переміщення столу: - поздовжнього, м/хв - поперечного, м/хв - кругового, хв ⁻¹	2,8 2,8 4,5
Діаметр робочої поверхні столу	770
Найбільше переміщення столу: - поздовжнє - поперечне - кругове, град	650 510 360°
Габарити	2850×2160×3010
Маса, кг	5660

Операція 040 горизонтально-розточувальна. Відповідно до типу виробництва, схеми базування та закріплення заготовки, а також форм та габаритних розмірів деталі для оброблення поверхонь ступінчастого отвору

Ø42/Ø16H8 вибираємо горизонтальний свердлильно-фрезерно-розточувальний верстат типу обробний центр з ЧПК моделі EC-630 HAAS, див. таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 – Характеристики верстата моделі EC-630 HAAS, в міліметрах

Найменування характеристики	Величина
Переміщення шпинделя:	
- за віссю X	1016
- за віссю Y	940
- за віссю Z	1016
Шпиндель	
- максимальна потужність, кВт	22,4
- максимальна частота обертання, об/хв	7500
Палета:	
- розміри	630×630
- максимальний діаметр заготовки	1000
- максимальна вага заготовки, кг	680
Максимальна подача різання, м/хв	12,7
Система автоматичної зміни інструменту	
- кількість позицій	50
- максимальна вага інструменту, кг	13,6

Згідно з діючими правилами операцію 040 горизонтально-розточувальну потрібно називати комплексною на обробних центрах з ЧПК (за типом прийнятого устаткування).

6.4 Обґрунтування вибору технологічної оснастки

Операція 035 довбальна. Відповідно до прийнятої схеми базування заготовки (див. рисунок 6.1) вибираємо спеціальне механізоване пристосування, використання якого дозволить знизити витрати часу на допоміжні переходи, пов'язані із закріпленням-розкріпленням та встановленням заготовки на верстаті.

Ріжучий інструмент: різець довбаний спеціальний $b = 10$ мм, P6M5K5.

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89; зразки шорсткості за ГОСТ 9378-75.

Операція 040 горизонтально-розточувальна. Для встановлення та закріплення заготовки відповідно до прийнятої схеми базування (див. рисунок 6.3) як верстатний беремо спеціальний пристрій з механізованим приводом.

При виборі різального та вимірювального інструменту перевагу надаємо стандартному, уніфікованому ряду, див. таблицю 6.3.

Таблиця 6.3 – Відомість технологічної оснастки на операцію 040 [4]

Зміст переходу	Різучий інструмент, матеріал різучої частини	Допоміжний інструмент	Вимірювальний інструмент
1. Фрезерувати 8 отв. $\varnothing 42^{+0,62}$ мм на глибину $12,8 \pm 0,1$ мм згідно з ескізом	Фреза 035-2223-0101 ОСТ 2И62-2-72 (Z = 4; конус Морзе 2), Р6М5	Втулка 19831072 ТУ 2-035-978-85	Штангенциркуль ШЦ 1-125-0,1 ГОСТ 166-89
2. Свердлити 8 отв. $\varnothing 15^{+0,18}$ мм напрохід згідно з ескізом	Свердло 035-2300-1312 ОСТ 2И20-1-80, Р6М5	Патрон 191113050 ТУ 2-035-986-85	
3. Зенкерувати 8 отв. $\varnothing 16H8$ напрохід згідно з ескізом	Зенкер 035-2320-0011 ТУ 2-035-926-83 (конус Морзе 2), Р6М5	Втулка 19831072 ТУ 2-035-978-85	Калібр-пробка $\varnothing 16H8$ ПР-НЕ

Контроль шорсткості оброблюваних поверхонь на робочому місці пропонується виконувати з використанням зразків шорсткості згідно з ГОСТ 9378-93. Остаточний контроль шорсткості оброблюваних поверхонь пропонується виконувати з використанням профілометр-профілографа лабораторного TS-7.

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		34

6.5 Визначення режимів різання

Операція 035 довбальна. Визначимо режими різання на довбання шпонкового паза $B = 10(+0,2;+0,1)$ мм в розмір $41,4^{+0,3}$ мм на прохід відповідно до аналітичної методики [5]. При цьому довжина паза $L = 83$ мм, глибина паза $H = 3,4$ мм.

1. Глибина різання дорівнює ширині різця: $t = 10$ мм.
2. Табличне значення подачі різця: $S_T = (0,18 - 0,20)$ мм/пдв.хід. Беремо паспортну найближчу величину подачі: $S_{\Pi} = 0,18$ мм/пдв.хід.
3. Швидкість різання при довбанні визначимо за формулою:

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

де $C_V = 23,7$ – для довбання пазів різцями із швидкорізальної сталі [5];

$T = 60$ хв – період стійкості різця;

$m = 0,25$;

$y = 0,66$;

$K_V = 0,456$ – поправочний коефіцієнт, що враховує оброблюваний та інструментальний матеріал, стан поверхні заготовки, геометрію ріжучої частини різця [5].

Швидкість різання визначимо за формулою:

$$V = \frac{23,7}{60^{0,25} \cdot 0,18^{0,66}} \cdot 0,456 = 12,03 \text{ м/хв.}$$

4. Частоту подвійних ходів визначимо за формулою:

$$n = (1000 \cdot V) / [L \cdot (1+k)] = (1000 \cdot 12,03) / [(83+17) \cdot (1+0,7)] = 70,7 \text{ пдв.хід./хв.,}$$

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де $L = l + l_{вр} + l_{пер} = 83 + 17 = 100$ мм;

$k = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує відношення швидкостей робочого та холостого ходу руху довбального різця.

Встановлюємо паспортне значення числа подвійних ходів різця – 70 пдв. хід./хв.

В такому разі фактична швидкість різання становить

$$V_{\phi} = [L \cdot n \cdot (1+k)] / 1000 = [100 \cdot 70 \cdot (1+0,7)] / 1000 = 11,9 \text{ м/хв.}$$

5. Силу різання визначимо за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

де $C_p = 247$ – для довбання пазів швидкорізальними різцями;

$$x = 1,0;$$

$$y = 1,0;$$

$$n = 0;$$

$K_p = 0,844$ – поправочний коефіцієнт, що враховує оброблюваний та інструментальний матеріал, стан поверхні заготовки, геометрію ріжучої частини різця [5].

В результаті маємо

$$P_z = 10 \cdot 247 \cdot 10^{1,0} \cdot 0,18^{1,0} \cdot 11,9^0 \cdot 0,844 = 3754 \text{ Н.}$$

6. Потужність різання визначимо за формулою:

$$N_p = (P_z \cdot V) / (60 \cdot 1020) = (3754 \cdot 11,9) / (60 \cdot 1020) = 0,73 \text{ кВт.}$$

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$N_{\epsilon} = N_{\text{об}} \cdot \eta = 10 \cdot 0,85 = 8,5 \text{ кВт} > N_p.$$

Потужність різання не перевищує потужності приводу головного руху верстата, тож визначені режими різання можна реалізувати на цьому обладнанні.

7. Тепер визначимо основний час оброблення на переході операції за формулою:

$$T_o = L \cdot i / (S \cdot n),$$

де $L = (l_b + l + l_{\text{пер}})$ – загальна глибина оброблення паза заготовки з урахуванням величини врізання й перебігу інструмента;

i – число проходів; $i = 1$;

$l = 3,4$ мм – глибина паза заготовки, мм;

$l_b = 2$ мм – довжина врізання;

$l_{\text{пер}} = 0$ мм – довжина перебігу.

В результаті маємо:

$$T_o = (3,4 + 2) \cdot 1 / (0,18 \cdot 70) = 0,429 \text{ хв.}$$

Операція 040 горизонтально-розточувальна. Визначимо режими різання для 2-го переходу розточувальної операції свердління отвору $\varnothing 15^{+0,18}$ мм на прохід згідно з аналітичною методикою [5].

1. Глибина різання становить половину діаметра свердління: $t = 7,5$ мм.
2. Подача: $S = 0,35 - 0,41$ мм/об, беремо величину $S = 0,4$ мм/об [5].
3. Швидкість різання визначимо за формулою:

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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

де T – стійкість інструмента, $T = 60$ хв.;

$C_v = 40,7$; $q = 0,25$; $y = 0,4$; $m = 0,125$ – коефіцієнти, що враховують умови різання;

$K_v = 0,8$ – поправочний коефіцієнт, що враховує оброблюваний та інструментальний матеріал, параметри свердла.

$$V = \frac{40,7 \cdot 15^{0,25}}{60^{0,125} \cdot 0,4^{0,4}} \cdot 0,8 = 55,41 \text{ м/хв.}$$

4. Частоту обертання шпинделя визначимо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 55,41}{3,14 \cdot 15} = 1176 \text{ об/хв.}$$

Беремо $n = 1200$ об/хв.

5. Фактична швидкість різання в такому разі становить

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 15 \cdot 1200}{1000} = 56,52 \text{ м/хв.}$$

6. Крутний момент визначимо за формулою:

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P,$$

де: $C_M = 0,005$, $q = 2,0$, $y = 0,8$, $K_P = 2,0$ – поправочні коефіцієнти.

					<i>ТМЗ 20320387-00.ПЗ</i>	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$M_{KP} = 10 \cdot 0,005 \cdot 15^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 2,0 = 10,8 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

7. Ефективна потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{KP} \cdot n}{9750} = \frac{10,8 \cdot 1200}{9750} = 1,33 \text{ кВт.}$$

Потужність верстата становить $N_e = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22,4 \cdot 0,8 = 17,92 \text{ кВт}$, тож оброблення отвору на вибраному верстаті за визначених режимів різання можливе.

Таблиця 6.4 – Таблиця режимів різання на операцію 040 [6]

Зміст переходу	Глибина різання t , мм	i	Подача S_o , мм/об (S_z , мм/зуб)	Частота обертання, пф, об/хв.	Швидкість різання, V_f , м/хв.	$T_{o\Sigma}$, хв.
1. Фрезерувати 8 отв. $\varnothing 42^{+0,62}$ мм на глибину $12,8 \pm 0,1$ мм згідно з ескізом	2,0	8	0,24 (0,06)	1150	50,57	19,2
2. Свердлити 8 отв. $\varnothing 15^{+0,18}$ мм на прохід згідно з ескізом	7,5	8	0,4	1200	56,52	
3. Зенкерувати 8 отв. $\varnothing 16H8$ на прохід згідно з ескізом	0,5	8	0,8	320	15,9	

6.6 Технічне нормування операцій

Операція 035 довбальна.

Основний час на операцію становить $T_o = 0,429$ хв.

Допоміжний час на операцію з урахуванням зміни позиції оброблюваної заготовки, часу на установку-зняття заготовки, часу на керування верстатом, часу на контрольні вимірювання становить $T_d = 2,12$ хв [7].

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		39

Оперативний час $T_{on} = T_o + T_e = 0,429 + 2,12 = 2,549$ хв [7].

Час на організаційне та технічне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби робочого наведено у відсотках від оперативного часу 8% [7].

В результаті штучний час на операцію становить

$$T_{шт} = 2,549 \cdot (1 + 0,08) = 2,753 \text{ хв.}$$

З урахуванням підготовчо-заключного часу $T_{п.з} = 18,6$ хв. [7] штучно-калькуляційний час на операцію становить

$$T_{шт.к} = 2,753 + \frac{18,6}{29} = 3,4 \text{ хв.}$$

Операція 040 горизонтально-розточувальна. Час автоматичної роботи верстата за програмою визначають за формулою [8]:

$$T_{ца} = T_o + T_{мд} = 19,2 + 8,4 = 27,6 \text{ хв,}$$

де $T_{мд} = 8,4$ хв – машинно-допоміжний час, що враховує час на зміну позиції столу верстата, зміну інструменту, швидке підведення-відведення інструменту тощо.

Допоміжний час на операцію визначають за формулою [8]:

$$T_{\delta} = T_{\delta_{уст}} + T_{\delta_{вим}} + T_{\delta_{оп}} = T_{\delta} = 3,0 + 0,32 + 0,2 = 3,34 \text{ хв.}$$

Час на організацію та технічне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби вибирається за [8] – $a_{тех} + a_{орг} + a_{отл} = 14$ %.

Норма штучного часу визначають за формулою:

					<i>ТМЗ 20320387-00.ПЗ</i>	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$T_{ум} = (T_{ца} + T_{\delta} \cdot K_{\delta}) \cdot \left(1 + \frac{a_{мех} + a_{орг} + a_{отл}}{100} \right) = (27,6 + 3,34 \cdot 1) \cdot \left(1 + \frac{14}{100} \right) = 35,27 \text{ хв.}$$

де K_{δ} – поправочний коефіцієнт на допоміжний час ($K_{\delta} = 1$).

Підготовчо-заклучний час визначають відповідно до рекомендацій [8]:

$$T_{н.з} = 4 + 9 + 2 + 2 + 1,2 + 0,2 + 0,25 + 1 + 1,2 + 1,2 + 6 + 0,3 = 28,35 \text{ хв.}$$

Норму штучно-калькуляційного часу визначають за формулою

$$T_{шк} = T_{ум} + \frac{T_{нз}}{n} = 35,27 + \frac{28,35}{29} = 36,25 \text{ хв,}$$

де $n = 29$ – кількість деталей в партії, шт.

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

7 РОЗРОБЛЕННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ БАЗУВАННЯ ТА ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

Завдання на проектування: спроектувати верстатний пристрій для встановлення та закріплення заготовки на операції горизонтально-розточувальній 040.

Обґрунтування необхідності створення пристосування. У серійному виробництві завдання підвищення продуктивності та полегшення праці робітників є головним, тому тут пристрої повинні бути швидкодіючими, тобто максимально оснащеними механізованими силовими приводами.

Поряд із цим у серійному виробництві до конструкцій пристроїв пред'являють ряд додаткових вимог, що впливають зі специфіки цього виробництва:

- скорочення термінів та вартості підготовки виробництва, що в умовах великої номенклатури та частоті зміни об'єктів виробництва має вирішальне значення;
- скорочення часу на переналагодження обладнання, що дуже важливо під час запровадження групових технологічних процесів;
- економічність пристроїв.

Виходячи з існуючого технологічного процесу виготовлення «диска 4.2303.100СБ», заготовка обробляється з використанням універсального налагоджувального пристрою з ручним приводом закріплення заготовки. Застосування спеціального пристрою дозволить знизити трудомісткість оброблення, зменшити допоміжний час на операції, підвищити стабільність точності параметрів операції.

Розроблення та обґрунтування вибору схеми базування заготовки. Аналіз можливих схем базування заготовки на операції 040 виконаний у п. 6.2 цієї роботи. Так, для обробки заготовки на розточувальній операції запропоновано схему базування (див. рисунок 6.3) з використанням подвійної опорної бази – по отвору

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Ø38Н7, установчої бази – по торцю заготовки, та опорної бази – по бічній поверхні шпонкового паза. При цьому заготовка позбавляється поступального переміщення вздовж центральної осі (вісь Z) та обертань навколо осей X та Y (установча база), поступальних переміщень вздовж осей X та Y (подвійна опорна база), обертання навколо центральної осі Z (опорна база). Таким чином, має місце повний комплект баз.

Попередній аналіз схеми базування показує, що на заготовку накладено 11 односторонніх зв'язків. Щоб система стала врівноваженою під час оброблення, необхідно позбавити заготовку можливості поступального переміщення за координатою віссю Z вгору.

Для визначення взаємного впливу групи збурювальних та врівноважувальних сил, побудуємо схему закріплення заготовки з графічною моделлю збурювальних сил у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування. Причому схему полів збурювальних сил слід показувати для переходу з найбільшими силами різання та за максимальною складовою.

Складові сили різання P_z розташовані вертикально, прагнуть або відірвати заготовку від пристосування вгору, або притискають її вниз, до опор. Сили, що притискають заготовку до опор, врівноважуються реакціями опор. Сили, що відривають заготовку від опор необхідно врівноважувати силами закріплення W . Складові P_z , розташовані горизонтально – прагнуть повернути заготовку щодо своєї центральної осі, створюючи крутний момент, або змістити її поступово в горизонтальній площині. Ці сили та моменти врівноважені реакціями опор, які реалізуються за рахунок циліндричного пальця зі шпонкою та не вимагають застосування сил закріплення.

При такій схемі закріплення заготовки (див. рисунок 7.1) слід визнати раціональним закріплення останньої за допомогою пневмокамери двосторонньої дії, яка створить поле врівноважувальних сил, необхідне для запобігання зміщенню заготовки в процесі оброблення поверхонь.

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

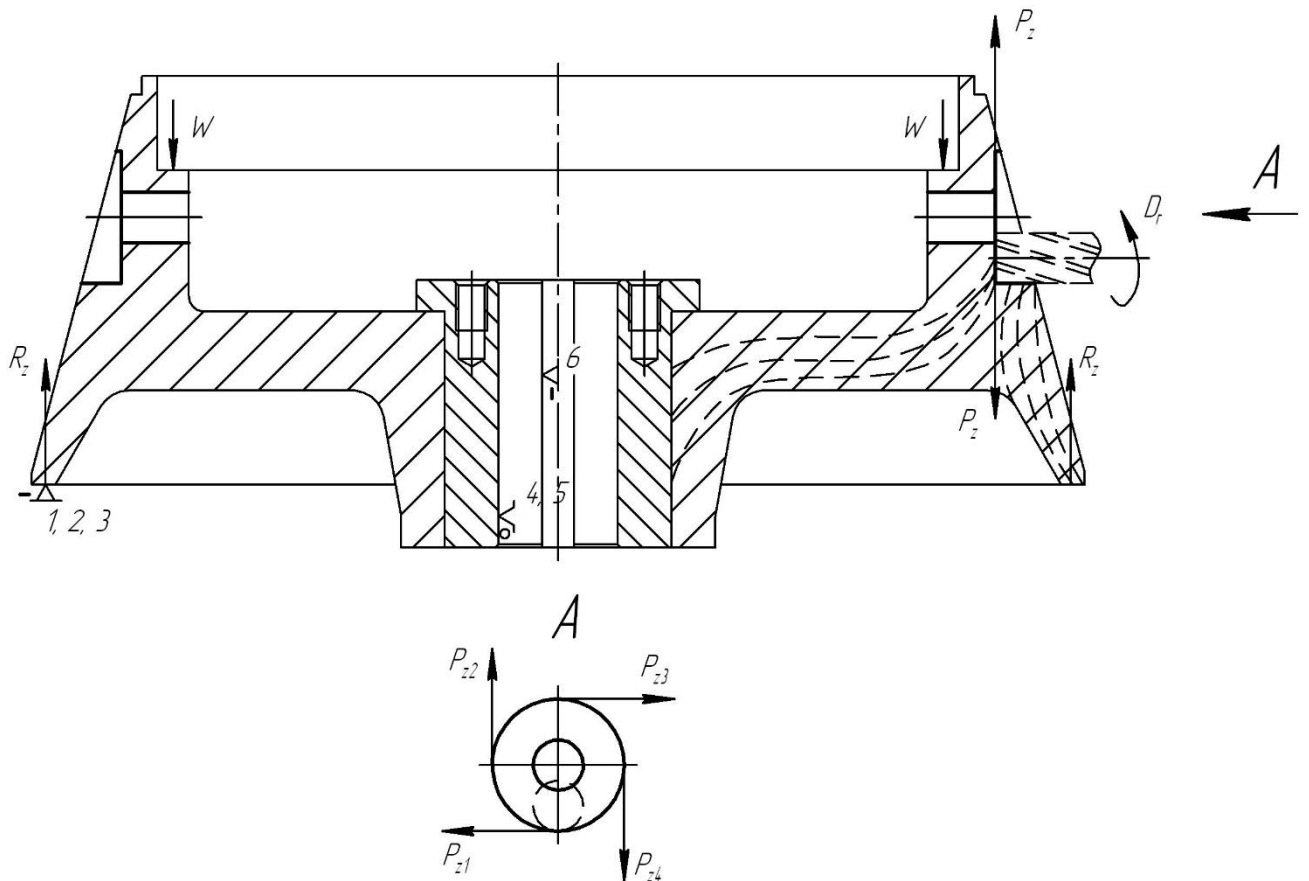


Рисунок 7.1 – Схема закріплення заготовки з полем збурювальних та врівноважувальних сил

Величину сумарного зусилля закріплення необхідно визначати з умови не відривання заготовки від опори під дією сили P_z вгору:

$$W = P_z \cdot K_{зан}.$$

де W – сила закріплення заготовки, Н;

$K_{зан}$ – коефіцієнт запасу;

Коефіцієнт запасу визначимо за формулою:

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

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

де K_0 – коефіцієнт гарантованого запасу;

K_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання у зв'язку з наявністю випадкових нерівностей на оброблюваних поверхнях заготовки;

K_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання в результаті затуплення ріжучого інструмента;

K_3 – коефіцієнт, що враховує переривчастість різання;

K_4 – коефіцієнт, що характеризує постійність сил закріплення;

K_5 – коефіцієнт, що враховує ергономіку ручних пристроїв;

K_6 – коефіцієнт, що враховує моменти, що намагаються повернути заготовку на опорах.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,8.$$

Беремо $K = 2,5$ [5, с. 85].

Слід зазначити, що недоліком вибраного способу закріплення заготовки є високий рівень енергетичних витрат.

У зв'язку з тим, що заготовка відрізняється великою жорсткістю, можна не побоюватися відхилення розмірів, форми та розташування її поверхонь під час закріплення у пристрої.

Попередній аналіз показує, що найбільш напружені режими різання на операції мають місце при фрезеруванні отвору діаметром 42Н14 кінцевою фрезою. Попередньо встановлено, що при фрезеруванні кінцевою фрезою тангенціальна складова сили різання P_z не перевищує 1500 Н.

Як силовий привод має сенс використовувати пневмокамеру двосторонньої дії з діаметром камери $D_k = 125$ мм, яка дозволяє у положенні близькому до

					<i>ТМЗ 20320387-00.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		45

початкового розвинути зусилля на штоку $Q = 3,5$ кН, що перевищує необхідне значення $W \approx 1,5$ кН.

Розрахунок пристрою на точність.

Визначимо параметри точності пристрою, тобто такі параметри, які більшою мірою впливають на досягнення заданих допусків оброблюваної деталі. У нашому випадку до розрахункових параметрів слід віднести точність взаємного розташування основних та допоміжних конструкторських баз пристрою, а саме: паралельність опорної поверхні установчого елемента пристосування щодо основи пристосування. Як обмежуючий фактор розглянемо відхилення від паралельності осі оброблюваного ступінчастого отвору щодо торцевої поверхні заготовки діаметром 335 мм. Це відхилення робочим кресленням деталі не регламентується, а його допустима величина згідно з діючими стандартами, повинна знаходитися в межах 60% від допуску на розмір 85js14, який визначає положення отворів, що обробляються, за висотою:

$$T_{//} = 0,6 \cdot 0,87 = 0,522 \approx 0,5 \text{ мм.}$$

Визначимо допустиму похибку виготовлення пристрою за формулою

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

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

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

E_{δ} – похибка базування, беремо $E_{\delta} = 0$;

E_3 – похибка закріплення, у нашому випадку напрям сили закріплення не впливає на параметр, що витримується, і, значить, $E_3 = 0$;

E_y – похибка установки пристрою на верстаті $E_y = 0$ мкм;

					<i>ТМЗ 20320387-00.ПЗ</i>	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$E_{зн}$ – похибка від зношення установчих елементів пристрою, беремо $E_{зн} = 10$ мкм;

E_n – похибка установки й прекоосу інструмента на верстаті, беремо $E_n = 10$ мкм;

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

$\omega = 500$ мкм – середня економічна точність оброблення отвору свердлінням.

Для зазначених умов маємо

$$E_{np//} = 500 - 1,2 \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2 + 10^2 + 10^2 + (0,6 \cdot 500)^2} = 139,6 \text{ мкм.}$$

З урахуванням одержаних даних приймаємо допуск на відхилення від паралельності опорної поверхні установчого елемента пристрою щодо основи пристрою рівним 0,12 мм і ми зазначимо його в технічних вимогах до конструкції пристрою.

Короткий опис будови та принципу дії пристрою.

Оброблювана заготовка встановлюється нижнім торцем діаметром 335 мм на опорну поверхню оправки 2 з одночасним центруванням заготовки по отвору $\varnothing 38H7$ щодо оправки $\varnothing 38g6$. Прихват 4 встановлюється оператором на тягу 5 під гайку 11 і шайби 14, 15 і фіксується швидкознімною шайбою 6. Потім за допомогою крана управління (входить у складальну одиницю 1) у верхню порожнину пневмокамери подається повітря, що переміщає діафрагму з тарілками, штоком, тягою і прихватом 4 вниз, у результаті відбувається закріплення заготовки. Після оброблення отворів у зворотній послідовності відбувається розкріплення заготовки. Краном управління перекривається подача повітря у верхню порожнину і відкривається подача повітря в нижню порожнину камери, внаслідок чого діафрагма з тарілками, штоком, тягою 5 та прихватом 4 переміщуються вгору, звільняючи заготовку від сил закріплення.

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було виконано такий обсяг робіт:

1. При аналізі службового призначення було відображено основні технічні характеристики та призначення вентилятора ВО-№5 та деталі «диск».
2. При аналізі технічних вимог було детально проаналізовано вимоги, що пред'являють до виготовлення деталі конструктором, їх відповідність загальноприйнятим стандартам.
3. Аналітичним методом визначено тип виробництва, в умовах якого планується виготовлення виробу – дрібносерійний.
4. За допомогою економічного обґрунтування було обрано раціональний метод отримання заготовки шляхом розрахунку – лиття у кокіль.
5. Для операцій довбальної 035 та горизонтально-розточувальної 040 було запропоновано та обґрунтовано: схему базування заготовки, металорізальне обладнання та оснащення, призначено раціональні режими різання, табличним методом визначено норми часу на операції.
6. Розроблено комплект технологічної документації на технологічний процес виготовлення деталі «диск».
7. У графічній частині представлені креслення заготовки та маршрут обробки заготовки. На операцію 035 довбальну розроблено налагодження. Також розроблено складальне креслення верстатного пристрою для установки та закріплення заготовки при її обробленні на операції горизонтально-розточувальній 040.
8. В додатку Г цієї роботи розглянуто питання оздоровлення повітряного середовища в умовах машинобудівного виробництва.

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. **Горбачевич, А. Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск: Высшая школа, 1983. – 256 с.
2. ГОСТ 26645-85 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – М.: Гос. ком. СССР по стандартам, 1989. – 54 с.
3. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
4. **Кузнецов, Ю. И.** Оснастка для станков с ЧПУ: справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Б. Байков. – М.: Машиностроение, 1983. – 359 с.
5. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на унив. и многоцел. станках с ЧПУ. Ч. 2: Нормативы режимов резания. – М.: Экономика, 1990. – 465 с.
7. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на унив. и многоцел. станках с ЧПУ. Ч. 1: Нормативы времени. – М.: Экономика, 1990. – 206 с.

					ТМЗ 20320387-00.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		