

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ

Імені адмірала Макарова

Машинобудівний навчально-науковий інститут

Кафедра інженерної механіки та технології машинобудування

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри ІМ та ТМ

д-р техн. наук, професор Ткач М.Р.

« ____ » _____ 2026 р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: «Проектування технології виготовлення
завихрювача горілочного пристрою ГТД (Ø138 мм; h = 30,5)»

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Технології машинобудування»

Студент групи 4267 ст3  Жолобенко Д.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник



Боду С.Ж.
(прізвище та ініціали)

Миколаїв 2026

**Національний університет кораблебудування
Імені адмірала Макарова**

Інститут _____ Машинобудівний навчально-науковий
Кафедра _____ Інженерної механіки та технології машинобудування
Освітній рівень _____ Бакалавр
Спеціальність _____ 131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма _____ «Технології машинобудування»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІМ та ТМ
д.т.н., професор М.Р.ТКАЧ

“ _____ ” _____ 2026 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студент _____ Жолобенко Денис Ігорович
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи „Проектування технології виготовлення завихрювача горілочного пристрою ГТД (Ø138 мм; h = 30,5)”

Керівник роботи старший викладач Боду С.Ж.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “22” 04. 2026 р. № 291-уч

2. Строк подання студентом роботи _____ 1.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи _____ Робоче креслення деталі; нормативна література; держстандарти; довідники

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1) Загальний розділ: Призначення та аналіз технологічності деталі.

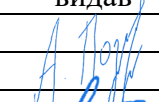
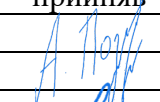
2) Технологічний розділ: Аналіз заводського техпроцесу. Вибір заготовки.

Розробка маршрутної та операційної технології. Розрахунок припусків та режимів різання на одну з поверхонь деталі. Технічне нормування. Вибір обладнання, ріжучого та вимірювального інструменту.

3) Конструкторський розділ: Розрахунок і проектування спеціальних конструкцій пристроїв для верстатів та спеціального металорізального інструменту.

4) Охорона праці та навколишнього середовища: Розробка заходів з охорони праці та навколишнього середовища на дільниці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): _____
Креслення деталі, заготовки, спеціального пристрою до металорізального верстату, спеціального металорізального або вимірювального інструменту, налагодження до однієї з технологічних операцій. _____
6. Консультанти розділів проекту.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	завдання прийняв
4	к.т.н., доц. Познанський А. С.		
Нормо контроль	к.т.н., доц. Моргун С. О.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Оформлення та затвердження технологічного процесу. Оформлення креслення деталі (роздруковка у форматі А3)	25.03.2026	
2	Оформлення загального та технологічного розділів (1, 2)	15.04.2026	
3	Оформлення конструкторського розділу (3)	25.04.2026	
4	Оформлення розділу з охорони праці та навколишнього середовища (4)	25.05.2026	
5	Оформлення креслень	25.05.2026	
6	Перевірка на плагіат	1-10.06.2026	
7	Нормо контроль (креслення у форматі А3)	1-9.06.2026	
8	Затвердження КРБ на кафедральному перегляді(ПЗ, креслення у форматі А1)	10-16.06.2026	
9	Оформлення та передача електронного варіанту роботи (текстові та графічні матеріали у форматі PDF)	12-16.06.2026	
10	Затвердження КРБ зав. кафедрою (подання, анотація)	12-16.06.2026	
11	Рецензування	16-22.06.2026	

Студент  Жолобенко Д. І
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  Боду С. Ж
 (підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2026 р.

АНОТАЦІЯ

Прізвище, ім'я та по батькові – Жолобенко Денис Ігорович
Група – 4267ст3
Тема бакалаврської роботи – «Проектування технології виготовлення завихрювача горілочного пристрою ГТД (Ø138 мм; h = 30,5)»
Керівник бакалаврської роботи – старший викладач Боду С Ж
Об'єм пояснювальної записки (стор) – 52
Перелік креслень – креслення деталі, креслення заготовки, креслення пристрою для обробки деталі, креслення наладки для обробки деталі, креслення горілочного пристрою, креслення вимірювального інструменту.
Консультант з охорони праці та навколишнього середовища – к.т.н., доц. Познанський А. С.
Рецензент – к.т.н, доц., Поліщук В. А.

АНОТАЦІЯ

В бакалаврській роботі на тему «Проектування технології виготовлення завихрювача горілочного пристрою ГТД (Ø 138 мм; h = 30,5)» надано опис призначення деталі та характеристика матеріалу, з якого вона виготовлена, зроблено аналіз її технологічності, вибір та обґрунтування типу виробництва, розроблено технологічний процес виготовлення деталі.

В бакалаврській роботі наведені розрахунки спеціальних пристосувань та ріжучого і вимірювального інструментів, розроблені заходи з охорони праці та навколишнього середовища на ділянці.

Ключові слова: Завіхрювач, заготівка, припуски, пристосування для свердлення отворів.

ANNOTATION

Last name, first name and patronymic – Zholobenko Denys _____

Group__ – __4267st3_____

Topic of the bachelor's thesis – "Design of the technology for manufacturing a swirler of a gas turbine engine ($\varnothing 138$ mm; $h = 30.5$)" _____

Head of the bachelor's thesis – senior lecturer Bodu S.Zh _____

Volume of the explanatory note (pages) – 52 _____

List of drawings – drawing of the part, drawing of the workpiece, drawing of the device for processing the part, drawing of the setup for processing the part, drawing of the gas turbine engine, drawing of the measuring instrument. _____

Consultant on labor protection and the environment – Ph.D., Assoc. Prof. Poznansky A. S.

Reviewer – Ph.D., Assoc. Prof., Polishchuk V. A. _____

ABSTRACT

The bachelor's thesis on the topic "Design of the technology for manufacturing a swirler for a gas turbine engine ($\varnothing 138$ mm; $h = 30.5$)" provides a description of the purpose of the part and the characteristics of the material from which it is made, an analysis of its manufacturability, selection and justification of the type of production, and a technological process for manufacturing the part.

The bachelor's thesis provides calculations of special devices and cutting and measuring tools, and measures for labor protection and the environment at the site are developed.

Keywords: Swirler, workpiece, allowances, devices for drilling holes.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	11
1.1. Призначення деталі	11
1.2. Конструктивні характеристики деталі	11
1.3. Характеристика матеріалу деталі	12
2.ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1. Технологічний аналіз конструкторських вимог та параметрів точності за робочим кресленням деталі	15
2.2. Техніко-економічне обґрунтування методу виготовлення заготовки та розрахунок її параметрів	16
2.3. Розробка технологічного процесу обробки деталі Завихрювач, та порівняння його з базовим	19
2.4.Техніко-економічне обґрунтування вибору технологічного обладнання для реалізації спроектованого процесу	23
2.5. Вибір та техніко-економічне обґрунтування інструментального оснащення для обробки деталі Завихрювач	26
2.6. Обґрунтування вибору контрольно-вимірювального оснащення для оцінки точності та якості поверхні деталі	27
2.7. Розрахунок припусків на механічну обробку поверхні $\varnothing 30,5_{-0,006}$	29
2.8. Розрахунок режимів різання	30
2.9. Нормування операцій	30
2.10 Програмування на верстатах з ЧПК	31
2.10.1 Розробка керуючої програми на токарно-гвинторізну операцію з ЧПК	31
2.10.2. Розробка керуючої програми на електроерозійну операцію з ЧПК	32

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	35
3.1. Проектування пристосування для електроерозійних робіт на електроіскровому верстаті «Agiedrill»	35
3.2. Конструкція і принцип роботи спеціального пристосування	36
3.3. Розрахунок основних параметрів пристосування	38
3.4 Розрахунок та проектування контрольного-вимірювального інструменту	38
4. Охорона праці та навколишнього середовища	44
4.1. Заходи з охорони праці на дільниці	44
4.2. Шляхи зменшення технологічного впливу на навколишнє середовище при обробці деталі Завихрювач	47
Висновки	50
Список використаної літератури	51

ВСТУП

Застосування спеціальних нержавіючих та жароміцних сталей є ключем до довговічності машин, але створює технологічний виклик. Через низьку оброблюваність цих металів різанням продуктивність праці різко падає, що вимагає пошуку нових методів виробництва.

Останні успіхи в оптимізації обробки різанням розподілені нерівномірно: якщо в токарній та фрезерній групах спостерігається суттєве вдосконалення процесів, то сегмент свердління розвивається значно повільніше.

Труднощі механічної обробки призвели до активного використання фізико-хімічних методів формування малих отворів. Ситуація ускладнюється глобальною тенденцією до зменшення діаметрів, збільшення відносної глибини та необхідності свердління під гострим кутом.

За таких обставин критичного значення набуває вибір оптимального методу виготовлення мікроотворів. Обрана технологія має не лише гарантувати задану точність і шорсткість поверхні, а й забезпечувати високу продуктивність обробки.

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

					4267см 3. 07. КРБ. 04. 01. ПЗ											
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Загальний розділ					Літ.		Арк.	Акрушіє			
Розробив		Жолобенко Д.І.								К	Р	Б	10	3		
Перевірів		Боду С. Ж.														
Консультант																
Н. контроль		Моргун С. О.														
Затвердив		Ткач М. Р.								НУК ім. адм. Макарова						

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Призначення деталі

Удосконалення процесів спалювання органічного палива в газотурбінних двигунах (ГТД) є критичним завданням, що визначає майбутнє їх експлуатації. Найбільш складним вузлом, де концентруються інтенсивні фізико-хімічні процеси, є камера згоряння.

Під горінням тут розуміють екзотермічну реакцію окиснення палива, де роль окислювача виконує атмосферний кисень. Ефективність роботи турбіни (її ККД) та екологічні показники двигуна безпосередньо залежать від якості підготовки паливо-повітряної суміші. Ключову роль у цьому процесі відіграє завихрювач, який забезпечує подачу, розпилення та рівномірний розподіл палива в об'ємі зони горіння.

1.2. Конструктивні характеристики деталі

Завихрювач є конструктивним елементом паливкового пристрою, що відповідає за розпилення палива безпосередньо в об'ємі камери згоряння.

Конструкція завихрювача передбачає розділення потоків: з одного боку здійснюється підведення палива, а з іншого - вихід паливо-повітряної суміші в камеру згоряння. По поверхнях, що обмежені діаметрами ($\varnothing 134^{+0,2}$, $\varnothing 132$, $\varnothing 104$ і $\varnothing 102$) за допомогою ущільнювального кільця приєднується труба, по якій здійснюється подача палива. По поверхнях $\varnothing 59^{+0,1}$, до завихрювача приварюється стакан.

Завихрювач оснащений 30-ма лопатками з технологічними отворами $\varnothing 0,6^{+0,05}$, через які паливо розпилюється в зону горіння. Форма лопаток та розташування отворів $\varnothing 0,6^{+0,05}$ сконструйовано таким чином, щоб забезпечити проходження кільця палива через канал $14,5^{+0,2}$ горілочного пристрою.

Точність виготовлення отворів та їхнє взаємне розташування визначають фактичну витрату палива, яка суворо регламентована технічними умовами для цієї деталі.

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 01. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Так, для отворів групи А витрата палива повинна складати 41,25-43,50 кг/год.; групи Б – 43,50-45,75 кг/год.; групи В – 45,75-48,00 кг/год. Ці показники обов’язково перевіряються після обробки отворів $\varnothing 0,6^{+0,05}$ на гідро випробуваннях під тиском $P = 0,1$ МПа.

Кожна з 30 лопаток оснащена поличкою, яку, залежно від обраного технологічного процесу, виготовляють шляхом фрезерування або розточування. Ця конструктивна особливість забезпечує щільне з’єднання завихрювача з пережимом пальникового пристрою.

1.3. Характеристика матеріалу деталі

Завихрювач виготовляється зі сплаву **ХН50ВМТЮБЛ-ВИ** (згідно з ГОСТ 5632-2014), який належить до групи ливарних жароміцних сплавів на нікелевій основі. Маркування «**ВИ**» вказує на метод виплавки – вакуумно-індукційний.

Цей матеріал широко застосовується для виробництва робочих і компресорних лопаток газотурбінних та інших двигунів, що експлуатуються за температур до 700-800°C, а також дисків, дефлекторів і кілець з робочим діапазоном до 750°C.

Зважаючи на експлуатаційні вимоги та функціональне призначення деталі, можна стверджувати, що вибір матеріалу є обґрунтованим. Детальні відомості про хімічний склад сплаву ХН50ВМТЮБЛ-ВИ в %, а також його механічні та фізичні властивості при $T = 20^\circ\text{C}$ наведено в таблицях в таблицях 1.1, 1.2, 1.3.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад матеріалу ХН50ВМТЮБЛ-ВИ в %.

Fe	до 5	S	до 0,01	W	2-3,5
C	0,01-0,16	P	до 0,015	Nb	0,5-1,3
Si	до 0,6	Cr	19-22	Ti	1,9-2,8
Mn	до 0,5	Ce	до 0,02	Al	1-1,7
Ni	50 (основа)	Mo	9-11	Cu	до 0,07

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сплаву ХН50ВМТЮБЛ-ВИ при T=20°C

Межа коротко-часної міцності, δ_B , МПа	Межа текучості δ_T , МПа	Відносне подовження при розриві δ_5 , %	Відносне звуження Ψ , %	Ударна в'язкість ξ , кДж/м ²
1030	670	28	26	800

Термообробка; гартування 1150°C – 3 год, охолодження – масло, старіння 800°C – 20 год., охолодження повітря.

Твердість сплаву після ХН50ВМТЮБЛ-ВИ після термообробки - 277-302 НВ.

Таблиця 1.3 – Фізичні властивості матеріалу ХН50ВМТЮБЛ-ВИ

T (температура), град.	E(модуль пружності першого роду), 10 ⁻⁵ МПа	α (коефіцієнт лінійного теплового подовження), 10 ⁶ 1/град	λ (коефіцієнт тепло-провідності), Вт/(м·град)	ρ (питома вага) кг/м ³
20	2,26	-	-	8600
100	2,21	12,2	9,2	8570
200	2,15	1265	12,60	8540
300	2,09	13,20	16,70	8510
400	2,02	13,60	19,20	8470
500	1,96	14,10	23,00	8430
600	1,90	14,55	25,90	8390
700	1,82	15,10	29,30	8340
800	-	15,80	-	8290

Технологічні властивості: Сплав характеризується низькою зварюваністю; з'єднання виконуються шляхом ручного дугового зварювання. Для стабілізації структури та релаксації зварювальних напружень передбачено подальшу термообробку.

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 02. ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічний розділ	Літ.	Арк.	Акрушіє		
Розробив		Жолобенко Д. І.				К	Р	Б	14	19
Перевірів		Боду С. Ж.								
Консультант										
Н. контроль		Моргун С. О.								
Затвердив		Ткач М. Р.								
						НУК ім. адм. Макарова				

2.ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Технологічний аналіз конструкторських вимог та параметрів точності за робочим кресленням деталі

Точність розмірів становить:

Діаметральні розміри $\varnothing 125^{+0,1}$, $\varnothing 133_{-0,1}$, $\varnothing 135_{-0,1}$ мають поля допусків, виконані з точністю за 9-м квалітетом Розміри: $\varnothing 59^{+0,1}$, $\varnothing 63_{-0,1}$ відповідає 10 квалітету. Тоді, як розмір $6,7^{+0,1}$ відповідає 11 квалітету, Найвищу точність за 5-м квалітетом мають отвори $\varnothing 0,6^{+0,05}$. Решта розмірів є вільними з допусками за IT14.

Параметри фасок і радіусів заокруглень обрані згідно ГОСТ 10948-64 [1]. Незазначені граничні відхилення кутів, фасок та радіусів відповідають вимогам СТСЕВ302-76 і в загальному технічному записі не вказуються [12].

Шорсткість поверхонь:

Шорсткість поверхонь регламентована значеннями $Ra = 2,5; 5,0; 10,0$ залежно від умов їхньої роботи. Норми шорсткості обрані в залежності від функціонального призначення поверхонь. Поверхні без спеціальних позначень обробляються з шорсткістю $Ra 10$. Допуски розташування: базою для контролю відхилень розташування є поверхня $\varnothing 59^{+0,1}$ (А)

	00,05	A
---	-------	---

– допуск радіального биття поверхні А ($\varnothing 59^{+0,1}$) обмежений величиною не більше 0,05 мм)

Технічні вимоги:

Згідно з ГОСТ 2.316-68, технічні вимоги до деталі встановлені у такій послідовності:

- п. 1 – твердість поверхонь завихрювача має становити 277-302 НВ;
- п. 2 – Н14, h 14, $\pm IT14/2$ – незазначені граничні відхилення розмірів для : отворів – Н14, для валів – h 14, для інших – $\pm IT14/2$;
- п. 3 – незазначені радіуси закруглень до 2 мм. Допуски на радіуси, фаски, кути не вказуються, але вони повинні відповідати рекомендаціям СТСЕВ302-76 [12].

Аналіз конструкторсько-технологічних вимог креслення дозволяє зробити висновок, що вони відповідають призначенню деталі у вузлі.

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 02. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2.2. Техніко-економічне обґрунтування методу виготовлення заготовки та розрахунок її параметрів

Вимоги щодо економії матеріальних ресурсів зумовлюють необхідність раціонального вибору заготовок та їхньої технологічності. Саме ці чинники суттєво впливають на витрати на підготовку виробництва, собівартість, а також надійність і довговічність готових виробів. Процес вибору заготовки передбачає обґрунтування методу її отримання, розрахунок припусків на механічну обробку кожної поверхні та розробку робочого креслення з відповідними технічними умовами.

Для виготовлення деталей машин застосовують різноманітні види заготовок: від стандартного прокату прутків, труб, листів до складних поковок і відливок. Вибір методу лиття у кокіль, ШТС, оболонкові форми або за моделями, що виплавляються залежить від матеріалу сталь, чавун чи кольорові сплави та вимог до точності. Також широко використовуються зварні заготовки та спеціалізовані матеріали, як-от пластини з твердих сплавів чи швидкорізальної сталі.

Зважаючи на складну геометричну форму завихрювача та невелику масу готового виробу (0,6 кг), найбільш доцільним методом отримання заготовки є лиття за моделями, що виплавляються.

Незважаючи на високу собівартість та трудомісткість методу, його застосування є цілком обґрунтованим в умовах серійного виробництва. Використання дорогого жароміцного сплаву ХН50ВМТЮБЛ-ВИ вимагає мінімізації відходів, що забезпечується високою точністю обраного способу отримання заготовки.

Відповідно до положень ГОСТ 26645-85 [2, дод. 1.1], для обраного методу лиття та габаритних розмірів від 100 до 630 мм, встановлюються параметри точності виливок із жароміцних сплавів; ряд припусків: $\frac{5-7}{1-2}$ Приймаємо 7-й клас точності розмірів і мас і 2-й ряд припусків.

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 02. ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи обраний спосіб лиття та складну конфігурацію деталі, згідно з рекомендаціями ГОСТ 26645-85 [2, дод. 1.4] встановлюємо 6-й ступінь жолоблення виливки. Таким чином, точність виготовленої заготовки за сукупністю параметрів відповідає позначенню: 7-7-6-2 ГОСТ 26645-85.

На основі обраних класів точності та положень ГОСТ 26645-85 визначено допуски розмірів. За таблицями стандарту знаходимо допуски розмірів виливки [2, дод. 1.2], граничні відхилення зміщення елементів виливки [2, дод. 1.3], та показники жолоблення [2, дод. 1.4]. Згідно з [2, дод. 1.7] додатковий припуск на всі розміри заготовки становлять 0,1 мм, оскільки це значення менше за половину відповідних допусків, ним можна знехтувати. Величину основного припуску знаходимо за [2, дод. 1.5; 1-6]. Всі отримані величини заносимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Визначення припусків та розмірів виливки

Розмір деталі, мм	Допуск, мм	Припуск, мм	Основний припуск, мм	Розрахунок розміру виливки	Прийняте значення розміру виливки, мм
Ø138	1,2	1,6-2,4	1,6	$(138+2\cdot1,6)-1,2 = 141,2+1,2 = 142,4_{-1,2}$	140-1,2
Ø132	1,2	1,6-2,4	1,6	$(132-2\cdot1,6)-1,2 = 128,8-1,2 = 127,6^{+1,2}$	128+1,2
Ø104	1,2	1,6-2,4	1,6	$(104+2\cdot1,6)+1,2 = 107,2+1,2 = 108,4_{-1,2}$	108-1,2
Ø63	0,8	1,3-1,8	1,3	$(63+2\cdot1,3)+0,8 = 65,6+0,8 = 66,4_{-0,8}$	66-0,8
Ø59	0,8	1,3-1,8	1,3	$(59-2\cdot1,3)-0,8 = 56,7-0,8 = 55,6^{+0,8}$	55+0,8
30,5	0,9	1,4-2,0	1,4	$(30,5+2\cdot1,4) = 33,3+0,9 = 34,2_{-0,9}$	34,5-0,9
19	0,8	1,3-1,8	1,3	$(19+1,3)+0,8 = 20,3+0,8 = 21,1_{-0,8}$	21-0,8
15	0,7	1,3-1,8	1,3	$(15+1,3)+0,7 = 16,3+0,7 = 17_{-0,7}$	17-0,7
12	0,7	1,3-1,8	1,3	$(12+1,3)+0,7 = 13,3+0,7 = 14_{-0,7}$	14-0,7
7,5	0,64	1,3-1,8	1,3	$(7,5+1,3)+0,64 = 8,8+0,64 = 9,44_{-0,64}$	9,5-0,64
7	0,64	1,3-1,8	1,3	$(7+1,3)+0,64 = 8,3+0,64 = 8,94_{-0,64}$	9-0,64

Визначення ваги заготовки

Маса заготовки визначається як сума маси готової деталі ($m_d = 0,6$ кг) та маси припуску, що видаляється під час обробки. Знаючи питому вагу сплаву заготовки визначаємо кінцеву масу заготовки.

За формулою знаходимо масу заготовки:

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{дет}} + m_{\text{прип}},$$

$$m_{\text{дет}} = \rho V,$$

де ρ – питома вага сплаву $\rho = 7,9$ г/см³; V – об'єм заготовки чи припуску, мм³.

$$m_{\text{прип.}} = \rho \sum_{i=0}^n V_i;$$

$$V_1 = \pi h_1 (R_{1.2}^2 - R_{1.1}^2) = 3,14 \cdot 1,15 \left(\left(\frac{14}{2} \right)^2 - \left(\frac{13,5}{2} \right)^2 \right) = 12,41 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = 3,14 \cdot 1,40 \left(\left(\frac{5,9}{2} \right)^2 - \left(\frac{5,5}{2} \right)^2 \right) = 5,01 \text{ мм}^3$$

$$V_3 \approx 12 \text{ см}^3; V_4 \approx 5 \text{ см}^3$$

$$V_5 = 3,14 \cdot 0,2 \left(\left(\frac{3,14}{2} \right)^2 - \left(\frac{12,8}{2} \right)^2 \right) = 2,47 \text{ мм}^3$$

$$V_6 = 3,14 \cdot 0,55 \left(\left(\frac{13,4}{2} \right)^2 - \left(\frac{13,2}{2} \right)^2 \right) = 2,30 \text{ мм}^3$$

$$V_{\text{прип.}} = 12,41 + 5,01 + 12 + 5 + 2,47 + 2,30 = 39,19 \text{ мм}^3$$

$$m_{\text{прип.}} = 7,9 \cdot 39,19 = 310 \text{ (г)} = 0,310 \text{ кг}$$

$$m_{\text{заг.}} = 0,6 + 0,31 = 0,910 \text{ кг}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$\text{КВМ} = \frac{m_d}{m_{\text{заг}}} = \frac{0,60}{0,91} = 0,66$$

Визначення вартості заготовки:

$$\Pi = m_{\text{заг.}} \cdot \Pi_{\text{мат.}} \cdot 1,2 (\text{ПДВ}) - m_{\text{прип.}} \cdot \Pi_{\text{відх.}}$$

$$\Pi = 0,91 \cdot 41,07 \cdot 1,2 - 0,31 \cdot 10,54 = 44,85 - 3,27 = 41,58 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на основні матеріали зведені в таблицю 2.2.

					4267сг 3. 07. КРБ. 04. 02. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Таблиця 2.2 – Розрахунок витрат на основні матеріали

Завихрювач	Найменування деталей
10000	Річна програма, шт
ХН50ВМТЮБЛ-ВИ	Марка матеріалу за ГОСТ5672-92
0,91	Норма витрат на одиницю, кг
9,1	Витрати на програму, т
41070	Ціна 1 т, грн
373737	Ціна програми, грн.
0,31	Маса відходів на 1 деталь, кг
3,1	Маса відходів на програму, кг
32695,7	Сума реалізації відходів, грн
10547	Ціна реалізації 1 т відходів, грн
341041,3	Всього без відходів, грн

2.3. Розробка технологічного процесу обробки деталі Завихрювач, та порівняння його з базовим

Технологічний процес обробки характеризується наступними умовами:

1. Розміром виробничої програми;
2. Розмірами, їх точністю, та шорсткістю робочих поверхонь деталі;
3. Оброблюваним матеріалом та його властивостями;
4. Технічними вимогами до виготовлення деталі;
5. Формою, точністю і розмірів заготовки;
6. Типом обладнання та технологічного оснащення;
7. Вимогами найбільшої економічності та продуктивності праці.

При розробці технологічного процесу слід враховувати наявність контрольних операцій. Вони повинні бути після операцій, де ймовірно підвищується кількість браку, після виконання обробки високоточних поверхонь, до та після операцій, які виконуються на інших дільницях, після термічної обробки, а також при вхідному контролі заготовки та заключному контролі готової деталі.

Перед розробкою технологічного процесу, було проведено детальний аналіз базового технологічного процесу. Виявлені переваги та недоліки базового процесу дозволяють адаптувати або модернізувати окремі етапи відповідно до вимог серійного виробництва.

Базовий маршрутний технологічний процес механічної обробки деталі завихрювач зведено до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Базовий маршрутний технологічний процес обробки деталі завихрювач

№ операції	Найменування операції	Модель верстата
005	Заготівельна	
010	Контрольна	
015	Токарно-гвинторізна	16K20
020	Токарно-гвинторізна	16K20
025	Слюсарна	
030	Слюсарна	2Г106П
035	Прошивна	
040	Зварювальна	
045	Слюсарна	
050	Випробування на герметичність	
055	Контрольна (люм-контроль)	
060	Електроерозійна	KingSpark E49R
065	Промивна	
070	Контрольна	
075	Випробування на розхід	
080	Слюсарна	
085	Промивна	
090	Зварювальна	
095	Випробування на розхід	
100	Контрольна	

Технологічний процес призначений для одиничного виробництва згідно умов виробництва на опорному підприємстві. В ньому на слюсарній операції виконують обробку отворів притаманну свердлильним операціям.

Для обробки отворів $\varnothing 0,6^{+0,05}_{-0}$ мм використовують електроерозійну обробку багатоелектродним інструментом, який дає суттєві показники браку. Також складне оснащення з кондукторами, можна виключити при використанні високоточного обладнання.

					4267см 3. 07. КРБ. 04. 02. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Розглянемо базовий технологічний процес детальніше:

010 – Контрольна операція. Початковий контроль заготовки на можливість її механічної обробки.

015 – Токарно-гвинторізна операція, на якій виконується обробка поверхні для подальших операцій.

020 – Токарно-гвинторізна операція, на якій в 2 установи обробляються всі торці, розточуються поверхні, виконуються фаски.

025 – Слюсарна операція. Виконується зачистка поверхонь після токарних операцій, прибирають гострі кромки і заусенці на лопатках.

030 – Слюсарна операція. Розсвердлення каналів $\varnothing 2,5^{+0,2}$ мм під заварювання, розсвердлюються фаски.

035 – Промивна операція. Очистка деталі, особливо каналів в лопатках під заварювання.

040 – Зварювальна операція. Заварювання отворів $\varnothing 2$ мм.

045 – Слюсарна операція. Видалення напливів металу по контуру лопаток, зачистка поверхонь.

050 – Випробування на герметичність місць під заплавку.

055 – Контрольна операція. Контролюються деталі на відсутність тріщин після механічної обробки методом люмінесцентної дефектоскопії.

060 – Електроерозійна операція. Обробка 180 отворів $\varnothing 0,6^{+0,05}$ мм багато електродним інструментом.

065 – Промивна операція. Промивка деталі після виконання електроерозійної операції.

070 – Контрольна операція. Перевірка деталі зовнішнім оглядом на механічні надходження, заусенці. Перевірка чистоти внутрішніх каналів.

075 – Випробування на розхід. Перевірка завихрювачів на забезпечення розходу повітря через отвори $\varnothing 0,6^{+0,05}$ мм.

085 – Промивна операція. Промивка місць під заплавку.

090 – Зварювальна операція. Заплавка 90 отворів $\varnothing 0,6^{+0,05}$ мм.

080 – Слюсарна операція. Зачистка отворів $\varnothing 0,6^{+0,05}$ мм під заплавку.

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 02. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

095 – Випробування на розхід. Перевірка завихрювачів на розхід повітря через отвори $\varnothing 0,6^{+0,05}$ мм.

100 – Контрольна операція. Перевірка всієї деталі на відповідність вимогам креслення.

Складаємо технологічний процес обробки деталі завихрювач для умов серійного виробництва згідно завданню на проектування і зводимо його до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Серійний технологічний процес обробки деталі завихрювач

№ операції	Найменування операції	Модель верстата
005	Заготівельна	
010	Контрольна	
015	Токарно-гвинторізна	16Б16
020	Токарно-гвинторізна з ЧПК	16Б16 Ф3
025	Токарно-гвинторізна з ЧПК	16Б16 Ф3
030	Слюсарна	
035	Свердлильна	2М112
040	Свердлильна	2М112
045	Протиральна	
050	Зварювальна	
055	Слюсарна	
060	Випробування на герметичність	
065	Контрольна (люм-контроль)	
070	Електроерозійна	Agiedrill
075	Промивна	
080	Контрольна	
085	Випробування на розхід	
090	Слюсарна	
095	Зварювальна	
100	Промивна	
105	Випробування на розхід	
110	Контрольна	

Виходячи з серійного типу виробництва ми замінили деякі операції, а деякі взагалі вилучили. А саме:

Операцію 020Б (базову) розкладаємо на 2 токарно-гвинторізні операції з ЧПК (020, 025) згідно вимогам серійного.

Слюсарну операцію 030Б замінюємо на 2 свердлильні (035, 040). Слюсарні переходи операції 030Б і промивну 035Б об'єднуємо в протиральну операцію 045.

Електроерозійна операція 060Б відповідає електроерозійній 070, але ми міняємо тип обробки на струменеву електроерозію з використанням верстату «Agiedrill», тобто даний метод забезпечує спрощення спеціальної оснастки, змінення основного часу на операцію.

Всі інші операції технологічного процесу залишаємо без змін.

Варто зазначити, що має місце такий фактор, як заміна устаткування на більш продуктивний (верстат з ЧПК), а також на більш наближені за розмірами та параметрами обробки.

2.4. Техніко-економічне обґрунтування вибору технологічного обладнання для реалізації спроектованого процесу

На токарній операції 015 застосовуємо токарно-гвинторізний верстат моделі 16Б16. Стисла характеристика [7]:

- | | |
|---|-----------------|
| 1. Найбільший діаметр оброблюваної заготовки: | |
| – над станиною | 320 мм |
| – над супортом | 180 мм |
| 2. Найбільша довжина оброблюваної заготовки | 750 мм |
| 3. Частота обертання шпинделя | 19-1415 об/хв. |
| 4. Число швидкостей шпинделя | 22 |
| 5. Найбільший хід супорту: | |
| – повздовжній | 700 мм |
| – поперечний | 210 мм |
| 6. Подача супорту: | |
| – повздовжня | 0,01-0,7 мм/об |
| – поперечна | 0,005-035 мм/об |
| 7. Швидкість холостого переміщення супорту: | |
| – повздовжня | 6000 мм/хв. |
| – поперечна | 5000 мм/хв. |
| 8. Потужність головного двигуна | 2,8 кВт |

9. Розміри верстата:

— довжина	2280 мм
— ширина	1060 мм
— висота	1485 мм

10. Маса верстата 2100 кг

На токарній операції 0,20, 0,25 застосовуємо токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16Б16 Ф3. Стисла характеристика:

1. Найбільший діаметр оброблюваної заготовки:

— над станиною	360 мм
— над супортом	180 мм

2. Найбільша довжина оброблюваної заготовки 750 мм

3. Частота обертання шпинделя 20-2500 об/хв.

4. Число швидкостей шпинделя 22

5. Найбільший хід супорту:

— повздовжній	700 мм
— поперечний	210 мм

6. Подача супорту:

— повздовжня	1-2400 мм/об
— поперечна	1-1200 мм/об

7. Швидкість холостого переміщення супорту:

— повздовжня	10000 мм/хв.
— поперечна	5000 мм/хв.

8. Потужність головного двигуна 11 кВт

9. Розміри верстата:

— довжина	4800 мм
— ширина	1900 мм
— висота	1485 мм

10. Маса верстата 4600 кг

На свердильних операціях (035, 040) застосовуємо вертикально-свердильний верстат моделі 2М112. Стисла характеристика:

1. Найбільш умовний діаметр свердління	12 мм
2. Робоча поверхня столу	250×250 мм
3. Найбільша відстань від торцю шпинделя до робочої поверхні столу	400 мм
4. Виліт шпинделя	190 мм
5. Найбільший хід шпинделя	100 мм
6. Конус Морзе отвору шпинделя	2
7. Число швидкостей шпинделя	5
8. Частота обертання шпинделя	450-4500 об/хв.
9. Потужність електродвигуна шпинделя	0,6 кВт
10. Розміри верстата:	
– довжина	770 мм
– ширина	370 мм
– висота	820 мм
11. Маса верстата	120 кг

На операції 070 застосовуємо електроіскровий верстат Agiedrill. Стисла характеристика:

1. Габарити столу	400×300 мм
2. Габарити робочої ємкості	750×490×210 мм
3. Максимальна вага деталі	300 кг
4. Довжина ходу по вісі:	
– x	300 мм
– y	200 мм
– z	300 мм
5. Максимальна сила струму	30А
6. Робочий тиск насосу	9,5 мПа
7. Діапазон отворів	0,3-3,0 мм

8. Розміри верстата:

— довжина	1340 мм
— ширина	900 мм
— висота	1940 мм

9. Повна потужність 4 кВт

10. Маса верстата 910 кг

2.5. Вибір та техніко-економічне обґрунтування інструментального оснащення для обробки деталі Завихрювач

В технологічному процесі обробки деталі «завихрювач» використовуємо лише інструмент, який класифікується ГОСТами.

Згідно [13], для обробки жароміцного сплаву ХН50ВМТЮБЛ-ВИ бажано використовувати твердий сплав ВК8.

1. Різець 2103-0007 ГОСТ 18879-73 – різець прохідний $\varphi = 90^\circ$ (правий) з напасною пластиною із ВК8 з розмірами:

$$h \times b = 25 \times 16 \text{ мм}$$

$$L = 140 \text{ мм}$$

$$n = 8 \text{ мм}$$

$$R = 0,4 \text{ мм}$$

2. Різець 2102-0063 ГОСТ 18874-73 – різець прохідний відігнутий $\varphi = 45^\circ$ (правий) з напасною пластиною із ВК8 з розмірами:

$$h \times b = 40 \times 25 \text{ мм}$$

$$L = 200 \text{ мм}$$

$$n = 16 \text{ мм}$$

$$R = 0,8 \text{ мм}$$

3. Різець 2141-0005 ГОСТ 1888-73 – різець токарний розточний з пластиною із ВК8 з розмірами:

$$h \times b = 16 \times 16 \text{ мм}$$

$$L = 170 \text{ мм}$$

$$L = 60 \text{ мм}$$

$$d = 10 \text{ мм}$$

$$m = 4,5 \text{ мм}$$

$$D = 18 \text{ мм}$$

4. Свердло Ø2,6 2300-0150 ГОСТ 10902-72 – свердло спіральне з циліндричним хвостовиком. Розміри:

$$d = 2,6 \text{ мм}$$

$$L = 57 \text{ мм}$$

$$l = 30 \text{ мм}$$

$$\alpha = 118^\circ$$

5. Зенковка 2353-0107 ГОСТ 14953-80 – зенковка конічна з розмірами:

$$D = 8,0 \text{ мм}$$

$$d_o = 1,6 \text{ мм}$$

$$d = 8 \text{ мм}$$

$$L = 44 \text{ мм}$$

$$l = 12 \text{ мм}$$

2.6. Обґрунтування вибору контрольно-вимірювального оснащення для оцінки точності та якості поверхні деталі

Виходячи з розмірів деталі та точності поверхонь, які підлягають обробці, призначаємо наступний вимірювальний інструмент:

1. Штангенциркуль ШЦ II-250-0,05 ГОСТ 166-89 – штангенциркуль другого типу, з найбільшими розмірами вимірювання 250 мм та ціною поділки шкали ноніуса 0,05 мм. Точність вимірювання становить половину ціни виміру;

2. Глубіномір індикаторний ГИ 100 ГОСТ 7661-67 – глибина вимірювання 100 мм, ціна ділення шкали індикатора 0,01 мм.

					4267см 3. 07. КРБ. 04. 02. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

2.7. Розрахунок припусків на механічну обробку поверхні Ø30,5_{-0,006}

Для отримання кінцевих розмірів деталі потрібно розрахувати розміри деталі та допустимі відхилення розмірів на всі попередні переходи обробки.

Таким чином, ми уникаємо браку в міжопераційній обробці, тим самим забезпечуючи найкращий результат за будь яких граничних розмірів, які зазначені в попередніх операціях. Для розрахунку припусків за формулою потрібні такі початкові дані, як R_z , h , $\Delta\Sigma_{i-1}$, ε_i , які вказано в таблиці 2.4.

$$2Z_{\min} = 2[(R_z + h)_{i-1}] + \sqrt{\Delta^2\Sigma_{i-1} + \varepsilon^2_i}$$

де: R_z – шорсткість поверхні, мкм; h – якісний показник, глибина поверхневого дефектного шару, мкм; $\Delta\Sigma_{i-1}$ – складені відхилення розташування поверхонь, мкм; ε_i – це похибка встановлення заготовки на виконуваному переході.

Таблиця 2.4 – Розрахунок припусків поверхні Ø30,5_{-0,006}

Маршрут обробки поверхні	Поле допуску	Елементи припуску				Допуск T_i , мкм	Розрахунковий припуск $z_{\min}$, мм	Розрахунковий розмір, мм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мм	
		R_z , мкм	h , мкм	$\Delta^2\Sigma_{i-1}$ мкм	ε_i , мкм				min	max	$Z_{i_{\min}}$	$Z_{i_{\max}}$
заготовка	7	30	100	270	-	25	-	31,06	31,06	31,09	-	-
точіння чорнове	11	50	50	11	110	100	570	30,55	30,55	30,65	0,510	0,640
точіння чистове	9	20	20	-	-	62	110	30,44	30,44	30,50	0,111	0,150

Для заготовки величини:

$$R_z = 30 \text{ мкм}; h = 100 \text{ мкм, знаходимо за [7].}$$

Для точіння чорнового:

$$R_z = 50 \text{ мкм}; h = 50 \text{ мкм [7].}$$

Для точіння чистового:

$$R_z = 20 \text{ мкм}; h = 20 \text{ мкм [7].}$$

Сумарне значення розташування для виливки визначається величиною жолоблення:

$$\Delta_{\text{жол.}} = \Delta_k \cdot L = 2 \cdot 135 = 270 \text{ мкм}$$

Величина залишкових відхилень після чорнового точіння

$$\Delta_{\text{зал.}} = K_y \cdot \Delta_{\text{жол.}} = 0,04 \cdot 270 = 11 \text{ мкм}$$

$$\text{Похибка установки } \Delta \varepsilon_y = 110 \text{ мкм}$$

Виконуємо розрахунок значень міжопераційних припусків:

$$\text{— під чорнове точіння: } t_{1 \text{ min}} = 30 + 100 + 270 + 110 = 510 \text{ мкм};$$

$$\text{— під чистове точіння: } t_{2 \text{ min}} = 50 + 50 + 11 + 0 = 111 \text{ мкм};$$

Розраховуємо розміри:

$$\text{— заготовка: } 30,55 + 0,57 = 31,06 \text{ мм}$$

$$\text{— чорнове точіння: } 30,44 + 0,111 = 30,35 \text{ мм}$$

$$\text{— чистове точіння: } 30,5 - 0,065 = 30,44 \text{ мм}$$

Найбільші граничні розміри:

$$\text{— заготовка: } 31,06 + 0,025 = 31,09 \text{ мм}$$

$$\text{— чорнове точіння: } 30,55 + 0,100 = 30,65 \text{ мм}$$

$$\text{— чистове точіння: } 30,44 + 0,062 = 30,50 \text{ мм}$$

2.8. Розрахунок режимів різання

Основними елементами режимів різання є:

V – швидкість різання; S – подача; t – глибина різання.

У даному розділі розглянемо розрахунок режимів різання на токарну обробку поверхні $\varnothing 138$ мм за допомогою імперічних формул і помилкових коефіцієнтів.

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 02. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Швидкість різання розраховуємо за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^{m_{TSY}}} \cdot K_v,$$

де $T = 60$ хв – стійкість інструменту; $C_v = 22,7$; $x = 0$; $y = 0,5$; $m = 0,3$; $S = 0,1$ мм/об;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$$

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{450}{\sigma_B} \right)^{rv} = 0,9 \left(\frac{750}{800} \right)^1 = 0,15$$

$$K_{nv} = 0,85$$

$$K_{uv} = 1,40$$

$$K_v = 0,75 \cdot 0,85 \cdot 1,4 = 0,89$$

$$v = \frac{22,7 \cdot 0,89}{60^{0,2} \cdot 0,1^{0,45}} = 26,7 \text{ (м/хв)}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 26,7}{3,14 \cdot 138} = 61,6 \text{ (об/хв)}$$

Згідно паспортних даних верстата приймаємо $n = 63$ об/хв. тому:

$$v = \frac{3,14 \cdot 138 \cdot 63}{1000} = 27,3 \text{ (м/хв)}$$

Всі інші розрахунки ведемо за цією методикою та зводимо результати до операційних карт технологічного процесу.

2.9. Нормування операцій

Нормування передбачає встановлення технічно-обґрунтованих норм часу на операції технологічного процесу. Нормування здійснюємо для кожної операції. Як приклад проводимо розрахунок для токарної операції 015.

$$t_{шт} = t_{осн} + t_d + t_{тех} + t_{орг} + t_{п},$$

де $t_{шт.}$ – штучний часна виконання однієї операції, хв.; $t_{осн}$ – основний час, хв.; $t_{доп.}$ – допоміжний час, хв.; $t_{тех}$ – час технічного обслуговування робочого місця, хв.; $t_{орг.}$ – час організаційного обслуговування робочого місця, хв.; $t_{п}$ – час регламентованих перерв у роботі, хв.

$$t_{осн} = \frac{L_{розр} \cdot i}{n \cdot S_{хв}},$$

де $L_{розр}$ – розрахункова довжина обробки, мм; i – число проходів у даному переході; $S_{хв}$ – хвилинна подача інструменту, мм/хв.; n – число обертів об/хв.;

					4267см 3. 07. КРБ. 04. 02. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$t_{\text{очн1}} = \frac{12 \cdot 2}{63 \cdot 0,1} = 3,81 \text{ (хв)}$$

$$t_{\text{очн2}} = \frac{15 \cdot 2}{63 \cdot 0,1} = 4,76 \text{ (хв)}$$

Допоміжний час визначаємо за нормативами [10];

$$t_{\text{до}} = 0,27 \text{ хв}; t_{\text{д1}} = 0,20 \text{ хв}; t_{\text{д2}} = 0,20 \text{ хв}.$$

$$t_{\text{очн}} = 3,81 + 4,76 = 8,57 \text{ хв}.$$

$$t_{\text{доп}} = 0,27 + 0,2 + 0,2 = 0,67 \text{ хв}.$$

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{очн}} + t_{\text{доп}} = 8,57 + 0,67 = 9,24 \text{ хв}.$$

$t_{\text{оп}}$ – оперативний час, хв.

$$t_{\text{тех}} = 0,06 t_{\text{оп}}.$$

$$t_{\text{орг}} = 0,08 t_{\text{оп}}.$$

$$t_{\text{п}} = 0,04 t_{\text{оп}}.$$

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + 0,06 t_{\text{оп}} + 0,08 t_{\text{оп}} + 0,04 t_{\text{оп}} = 1,18 t_{\text{оп}} = 1,18 \cdot 9,24 = 10,90 \text{ хв}.$$

Всі інші розрахунки виконуються аналогічно і заносяться до операційних карт технологічного процесу.

2.10 Програмування на верстатах з ЧПК

2.10.1 Розробка керуючої програми на токарно-гвинторізну операцію з ЧПК

Для виконання токарно-гвинторізної операції 020 нами було обрано верстат моделі 16Б16Ф3, який призначений для центрових і патронних робіт.

Верстат обладнано пристроєм числового програмного забезпечення типу 2Р22, виконаним на базі мікро ЕОМ із вводом програми с клавіатури, магнітної касети або перфострічки. В ПЧПК 2Р22 програма відображується на літерно-цифровому дисплеї БОСИ.

Для даної операції керуюча машинна програма має наступний вигляд:

N 001	F0,15	S350	T1		ПС
N 002	x136	z32	E	m08	ПС
N 003	L5	x100			ПС
N 004	z200	E	m09		ПС
N 005	T2	S380	F015		ПС
N 006	x102	z32	E	m08	ПС
N 007	L08	AO	P0,5		ПС
N 008	x125	C-0,35			ПС
N 009	w-3,65				ПС
N 010	x99,5	m17			ПС
N 011	z200	E	m09		ПС
N 012	m02				ПС

2.10.2. Розробка керуючої програми на електроерозійну операцію з ЧПК

Для виконання обробки отворів $\varnothing 0,6^{+0,05}$ мм ми використовуємо обладнання альтернативне звичайним електроерозійним верстатам, верстат для швидкісної електроерозійної прошивки отворів «Agiedrill». Верстат має систему ЧПК, в якій закладено базові програми обробки різних отворів у деталях виготовлених з різних матеріалів. В нашому випадку скористуємося програмою P22, в якій закладені наступні параметри:

- 1 – діаметр обробки $\varnothing 0,6$ мм;
- 2 – глибина обробки RD до 16 мм;
- 3 – час включення ON 79;
- 4 – час відключення OF19;
- 5 – кількість використовуваних місць машин у системі Ip 03;
- 6 – сервосистема для перетворення електричних сигналів у механічний рух, щоб переміщувати електрод під час процесу ерозування Sv27;
- 7 – конденсатор C1;
- 8 – тиск Pr 6 мПа;
- 9 – робоча напруга Ten (V) 25-30В;
- 10 – робочий струм Cor (A) 14-16 А.

Таким чином режим обробки:

P22.79.19.0,3.27.1.6.25-30.14-16.

Алгоритм налаштування верстата та його програмування:

1 – направити електрод в точку А (технологічний отвір пристосування, який відповідає нулю в цій точці).

2.

S	E	T	O			S	P	E	C	I	A	L		F		
P	A	G	E			F	2	3	N	O	T	U	S	E		
S	E	T	O				X	+	0	0	0	0	,	0	0	0
P	A	G	E	1			X	+	0	0	0	0	,	0	0	0
S	E	T	O				X	+	0	0	0	0	,	0	0	0
P	A	G	E	2			X	+	0	0	0	0	,	0	0	0

3. «ENT» – фіксація точки А у нульовій точці.

4.	E	D	I	T			X	+	0	6	4	,	5	0	0
	N	0	0	1			Y	-	0	1	8	,	0	0	0
	E	D	I	T			Z	+	0	0	6	,	0	0	0
	N	0	0	1			P	22							

Обробка двох отворів групи В

5. «ENT»→ «NEXT PAGE»

6.	E	D	I	T			X	+	0	0	0	,	0	0	0
	N	0	0	2			Y	-	0	0	5	,	0	0	0
	E	D	I	T			Z	+	0	0	0	,	0	0	0
	N	0	0	2			P	22							

Обробка двох отворів групи Б

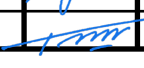
7. «ENT»→ «NEXT PAGE»

8.	E	D	I	T			X	+	0	0	0	,	0	0	0
	N	0	0	3			Y	-	0	0	5	,	0	0	0
	E	D	I	T			Z	+	0	0	6	,	0	0	0
	N	0	0	3			P	22							

Обробка двох отворів групи А

9. «SAVE» - завершення програми зі збереженням введених параметрів.

Після обробки шести отворів, деталь повертається на одне положення пристосування і відбувається аналогічна обробка. Процес повторюється 30 разів для двох деталей.

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 03. ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Конструкторський розділ	Літ.			Арк.	Акрушіє
Розробив		Жолобенко Д.І.				К	Р	Б	34	8
Перевірів		Боду С. Ж.				НУК ім. адм. Макарова				
Консультант										
Н. контроль		Моргун С. О.								
Затвердив		Ткач М. Р.								

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Проектування пристосування для електроерозійних робіт на електроіскровому верстаті «Agiedrill»

Деталь завихрювач має 180 технологічних отворів $\varnothing 0,6^{+0,05}_{-0}$ мм, які розташовані на 30 лопатках. Обробка цих отворів проводиться на електроіскровому верстаті з ЧПК «Agiedrill». Верстат забезпечує рух деталі на столі за двома координатними вісями x та y .

Оскільки лопатки розташовані по колу і отвори обробляються під кутом до поверхні деталі, з'явилася необхідність закріплення деталі в необхідному для обробки положенні та можливості повертання деталі в пристосуванні.

Габарити робочого столу верстату «Agiedrill» дозволяє обробляти не одну, а дві деталі. Тому пристосування розробляємо двомісним.

Таким чином, спеціальне пристосування повинне розширити технологічні можливості верстата і дозволити обробляти отвори малого діаметру розташовані під кутом до поверхні деталі.

3.2. Конструкція і принцип роботи спеціального пристосування

Збірне креслення спеціального пристосування (наведено на рис. 3.1).

Пристосування кріпиться на робочому столі верстата за допомогою болтів, головки яких входять в Т-подібні пази стола верстата і затискують корпус пристосування 1. Корпус (1) складається з плити і стійки (2). На стійку кріпляться дві деталі кожна зі свого боку. За допомогою штиря деталь приймає необхідне робоче положення на центровку корпусу. Штир фіксує положення лопатки по діаметру $\varnothing 2$ мм. За допомогою штиря (5) деталь приймає необхідне робоче положення під час центровки на корпусі пристосування. Штир фіксує положення лопатки по діаметру $\varnothing 2$ мм. За допомогою кришки (3) і центровика (4) деталь закріплюємо у необхідному положенні. Коли деталь готова до електроерозійної обробки – штирі (5) прибирають.

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 03. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Після обробки 6 отворів на одній лопатці відкріплюємо деталь і за допомогою гвинтів (6) змінюємо її робоче положення. Далі процес обробки повторюється, доки не буде оброблено останню лопатку завихрювача.

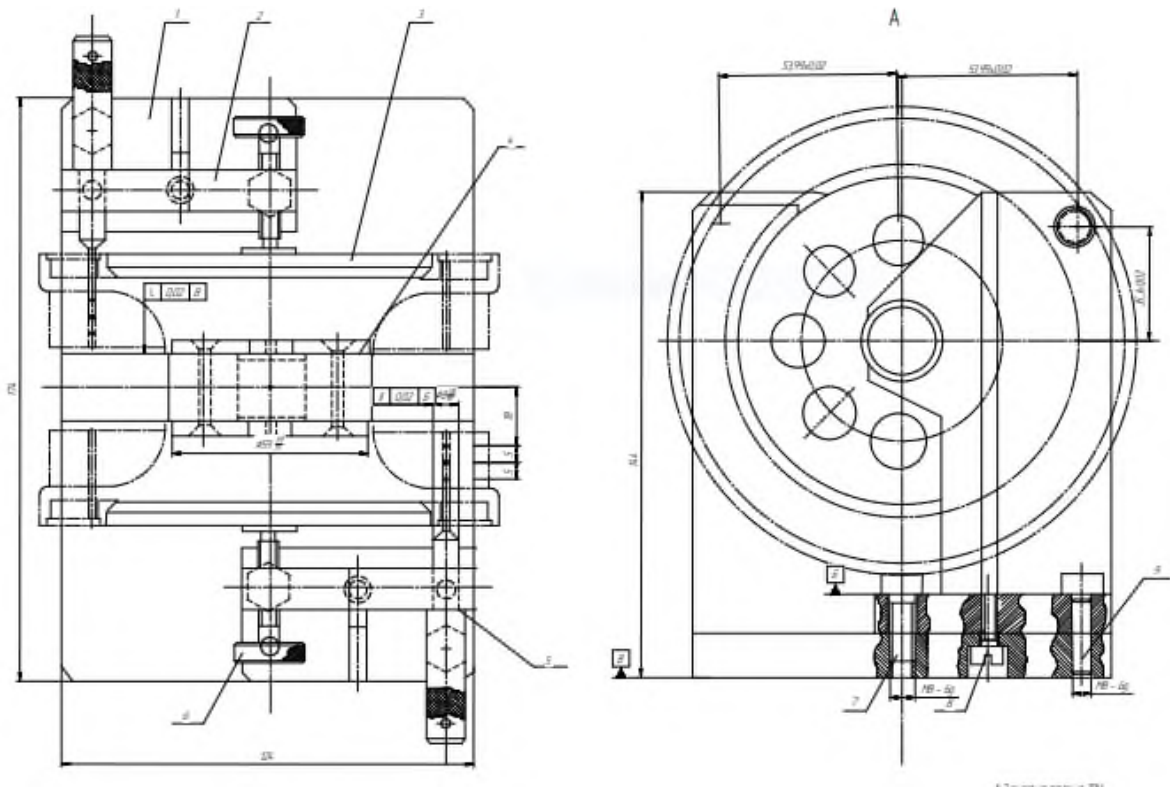


Рисунок 3.1 – Пристосування для ЕЕО 180 отворів $\varnothing 0,6^{+0,05}_{-0}$ мм

1 – корпус; 2 – стойка; 3 – кришка; 4 – центровка; 5 – штир; 6 – гвинт М6;
7 – болт М8; 8 – гвинт М8; 9 – болт М8

3.3. Розрахунок основних параметрів пристосування

Розрахуємо посадковий діаметр центровика. Розмір сполучної з ним поверхні деталі $\varnothing 59H9$. Для базування деталі в пристосування потрібно мати гарантований зазор, згідно рекомендацій ДСТУ, тому для такої посадки обираємо діаметр посадкового місця $59f9$.

Отвір деталі $\varnothing 59H9$:

$$TD = IT9 = 74 \text{ мкм};$$

$EI = 0$, т.я отвір основний

$$ES = EI + TD = 0 + 74 = 74 \text{ мкм}$$

$$D_{\max} = D_{\text{ном}} + ES = 59 + 0,074 = 59,074 \text{ мм}$$

$$D_{\min} = D_{\text{ном}} + EI = 59 + 0 = 59 \text{ мм}$$

					4267сг 3. 07. КРБ. 04. 03. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Посадковий діаметр центровика Ø59 f9

$$T_d = IT_9 = 74 \text{ мкм}$$

$$es = -30 \text{ мкм}$$

$$ei = es - T_d = -30 - 74 = -104 \text{ мкм}$$

$$d_{\max} = d_{\text{НОМ}} + es = 59 + (-0,030) = 58,970 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = d_{\text{НОМ}} + ei = 59 + (-0,104) = 58,896 \text{ мм}$$

Гарантований зазор:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 59,074 - 58,896 = 0,178 \text{ мм}$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 59 - 58,970 = 0,030 \text{ мм}$$

Переміщення опорних поверхонь повинно становити не менше ніж:

$$S_{\max} - S_{\min} = 0,178 - 0,030 = 0,148 \text{ мм.}$$

Розрахуємо посадковий діаметр штиря.

Для фіксації положення деталі на центровику штир повинен мати гарантований зазор з полем допуску H8/f8.

Діаметр стойки Ø8H8

$$TD = IT_8 = 22 \text{ мкм};$$

$$EI = 0; ES = EI + TD = 0 + 22 = 22 \text{ мкм}$$

$$D_{\max} = 8 + 0,022 = 8,022 \text{ мм}$$

$$D_{\min} = 8 + 0 = 8 \text{ мм.}$$

Діаметр штиря Ø8 f8.

$$T_d = IT_8 = 22 \text{ мкм}$$

$$es = -13 \text{ мкм};$$

$$ei = -13 - 22 = -35 \text{ мкм}$$

$$d_{\max} = 8 + (-0,013) = 7,987 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = 8 + (-0,035) = 7,965 \text{ мм}$$

Гарантований зазор:

$$S_{\max} = 8,022 - 7,965 = 0,057 \text{ мм}$$

$$S_{\min} = 8 - 7,987 = 0,013 \text{ мм}$$

Переміщення опорних поверхонь не менше ніж:

$$S_{\max} - S_{\min} = 0,057 - 0,013 = 0,044 \text{ мм.}$$

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 03. ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При електроерозійній обробці фізико-хімічні процеси майже не прикладають зусиль, які намагаються повернути деталь в пристосуванні. Але ми використовуємо струменевий метод ЕЕО, при якому через внутрішній отвір електроду прокачується робоча рідина під тиском $P = 6 \text{ МПа}$.

Розрахуємо силу закріплення деталі в пристосуванні, вона повинна бути більше ніж сила, з якою струмінь робочої рідини діє на деталь (F_{pp}).

$$P = \frac{F_{pp}}{S},$$

де P – тиск робочої рідини; $P = 6 \text{ МПа}$ ($6 \cdot 10^6 \text{ Па}$); F_{pp} – сила дії робочої рідини на деталь, н; S – площа внутрішнього отвору електроду;

$$P = \frac{\pi d^2}{4} (H)$$

$$S = \frac{\pi d^2}{4},$$

де d – діаметр отвору електроду $d = 0,6 \text{ мм} = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $F_{pp} = PS$ – сила дії робочої рідини на деталь, н.

$$F_{pp} = \frac{6 \cdot 10^6 \cdot 3,14 (0,6 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 1,7 \text{ (н)}.$$

Таким чином, для надійного закріплення деталі необхідно прикласти зусилля котре б відповідало мовам $P \gg F_{pp}$.

Враховуючи, що зусилля затискання «завихрювача» гвинтом пристосування, згідно попереднім стандартним розрахункам, становить 20 н, вказані вище умови виконуються.

3.4 Розрахунок та проектування контрольного-вимірювального інструменту

При виготовленні завихрювача необхідно обробити 30 отворів $\varnothing 2 \text{ мм}$. Виконавчий розмір вказано на кресленні без поля допуску. Тому точність його обробки визначаємо відповідно до п.6 технічних вимог до робочого креслення.

Таким чином, діаметр отвору має відповідати точності Н12. Це збігається із рекомендаціями таблиць економічної точності при обробці отворів свердлінням рис. 12.9 [8].

					4267см 3. 07. КРБ. 04. 03. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Враховуючи розмір партії деталей, що запускаються у виробництво ($N=100$ шт.), кількість отворів в одній деталі ($n = 30$ шт) та номінальний розмір отвору ($\varnothing 2\text{мм}$) для контролю їх обробки доцільно застосувати калібр-пробку.

При проектуванні контрольного інструменту необхідно визначити виконавчі та граничні розміри калібр-пробки для контролю отвору $\varnothing 2 \text{ H}12$, накреслити схему полів допусків та ескіз калібру.

1. За табл. 1.8 [6] знаходимо $T_D = 0,1 \text{ мм} = 100\text{мкм}$.

2. $EI = 0$ так як основний отвір

3. $ES = EI + T_D = 0,1 \text{ мм} = 100 \text{ мкм}$

4. $D_{\max} = D + ES = 2,1 \text{ мм}$

5. $D_{\min} = D + EI = 2,0 \text{ мм}$

Виконуємо ескіз отвору та схему поля допуску отвору $\varnothing 2\text{H}12$ рис 3.2, 3.3.

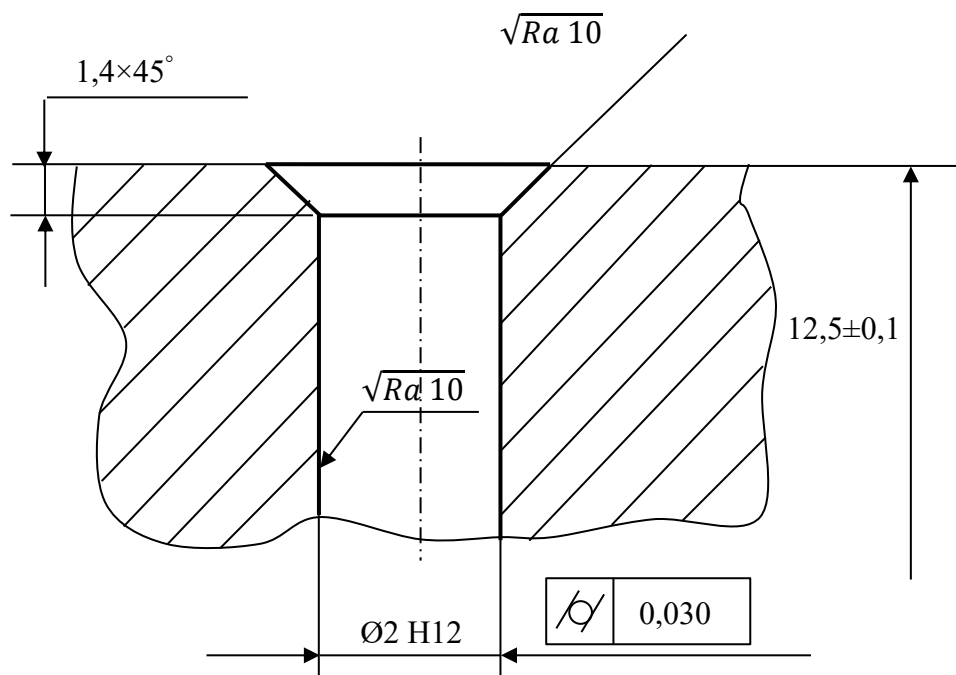


Рисунок 3.2 – Ескіз отвору $\varnothing 2\text{H}12$

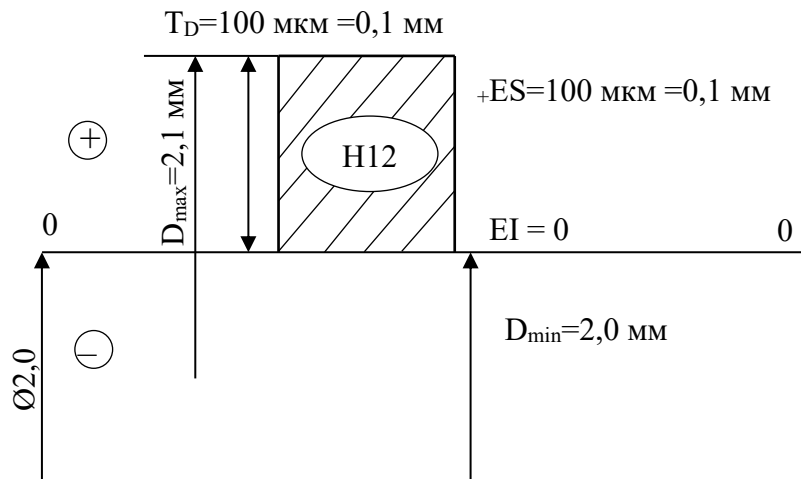


Рисунок 3.3 – Схема поля допуску отвору Ø2H12

6. Для контрольованого отвору призначаємо допуск циліндричності та шорсткості циліндричної поверхні.

Відносна геометрична точність циліндричної поверхні отвору – нормальна (A) див. табл. 2.19 [6].

Розрахункова довжина шатки отвору $L_p = 1,1 D = 1,1 \cdot 2,0 = 2,2$ мм, що відповідає ряду $R_a 20$ див. табл. 1.3 [6].

- Код ряду ливарних розмірів $Ж_0$ - 3 див.табл.1.4 [11]

- ступінь точності форми (стф) циліндричної поверхні залежить від її квалітету допуску діаметра та відносної геометричної точності за табл. 2.20 [6].
стф = 11

- допуск циліндричності, круглості, профілю поздовжнього перерізу знаходимо за табл. 2.12 [6]. $T_\phi = 30$ мкм

- міні значення шорсткості поверхні залежно від допуску розміру та форми за табл. 2.67 [6].

$$R_a \leq 12,5$$

(за потреби за функціональними вимогами, допускається встановлювати значення R_a менш зазначених у таблиці): прийняти $R_a = 10$

- контрольного числа для валу

$$\phi_{ш_в} = T\phi + \frac{Ra}{10}, \text{ де } T\phi \text{ і } Ra \text{ в мкм}$$

$$\phi_{ш_в} = 30 + \frac{10}{10} = 31 \text{ мкм}$$

- вид обробки BO = 1 - свердління див. табл. 1.5 [11], табл. 1.3 [8]

7. Граничні відхилення та допуски калібр-пробки знаходимо по п. 27 [4] для розмірів до 3 мм.

$Z; Z_1 = 10 \text{ мкм}; \alpha; \alpha_1 = 0; H; H_1 = 4 \text{ мкм}; H_p = 1,2 \text{ мм}; Y; Y_1 = 0$ і будуємо схему розташування полів допусків калібр-пробки (рис 3.4).

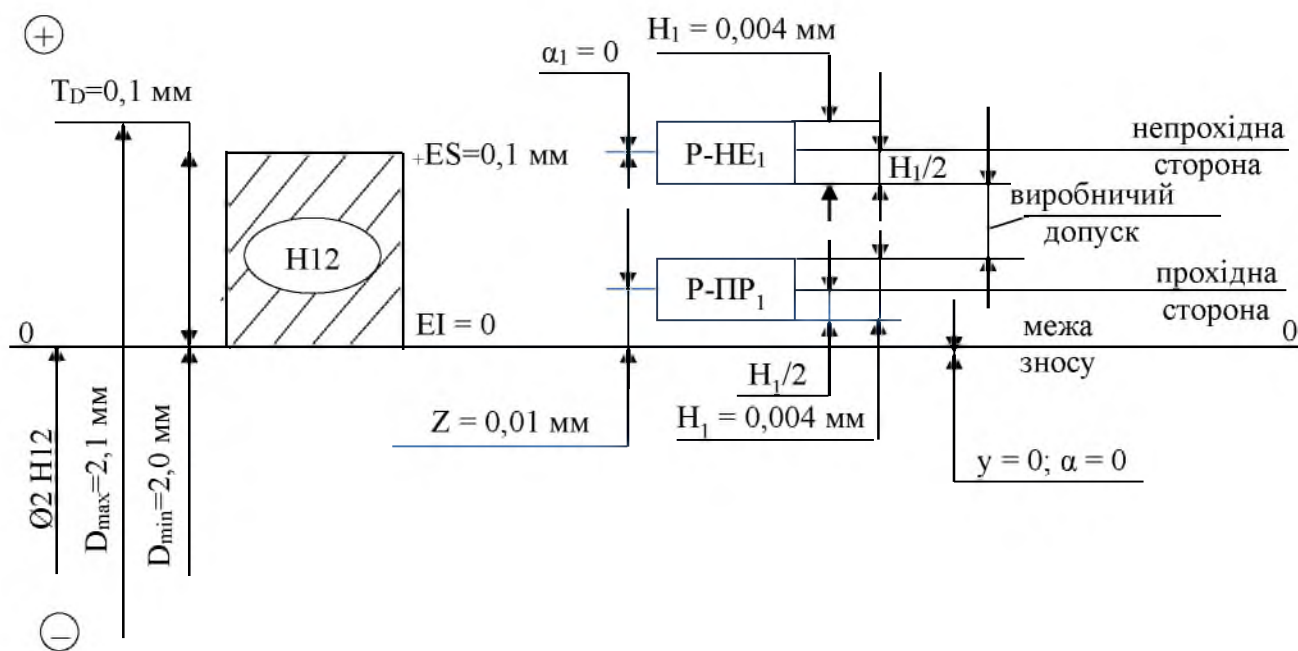


Рисунок 3.4 – схема розташування полів допусків калібр-пробки

8. За формулами табл. 4.1 [4] обчислюємо виконавчі розміри калібр-пробки.

Прохідний нової сторони:

$$P-ПР_{ісп} = (D_{\min} + Z + 0,5H_1)_{-H_1} = (2,0 + 0,01 + 0,5 * 0,004)_{-0,004} = 2,012_{-0,004} \text{ мм};$$

Непрохідної нової сторони:

$$P-НЕ_{ісп} = (D_{\max} + 0,5 * H)_{-H_1} = (2,1 + 0,5 * 0,004)_{-0,004} = 2,102_{-0,004} \text{ мм};$$

Прохідний зношений:

$$P-ПР_{ісп} = D_{\min} - Y = 2,00 - 0 = 2,00 \text{ мм}.$$

9. Граничні розміри калібр-пробки знаходимо за формулою табл. 4.2 [4]

Прохідна сторона Р-ПР_{max} = 2,0 + 0,01 + 0,002 = 2,012 мм

Р-ПР_{min} = 2,0 + 0,01 + 0,002 = 2,008 мм

Непрохідна сторона Р - НЕ_{max} = 2,1 + 0,002 = 2,102 мм

Р - НЕ_{min} = 2,1 - 0,002 = 2,098 мм

Ескіз калібр-пробки представлений на рис 3.5. Допускається коригування виконавчих розмірів калібру-пробки згідно з службовим призначенням контрольованих поверхонь.

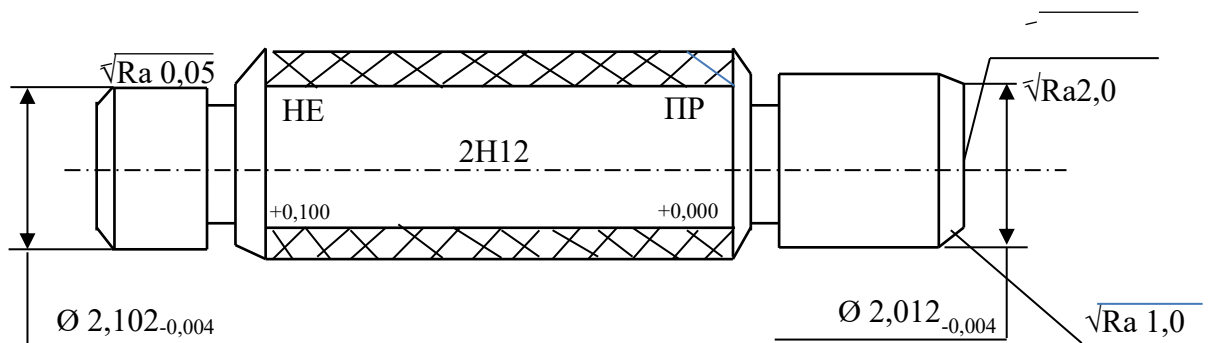


Рисунок 3.5 – Ескіз калібр-пробки

Робоче креслення калібр-пробки Ø2H12 представлено на кресленні 4267 ст3.07 КРБ 06.06.

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 03. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

					4267см 3. 07. КРБ. 04. 04. ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Охорона праці та навколишнього середовища			Літ.	Арк.	Акрушів		
Розробив	Жолобенко Д.І.			К				Р	Б	43	6	
Перевірів	Боду С. Ж.			НУК ім. адм. Макарова								
Консультант	Познанський А.С.											
Н. контроль	Моргун С. О.											
Затвердив	Ткач М. Р.											

4. Охорона праці та навколишнього середовища

4.1. Заходи з охорони праці на дільниці

Базові вимоги щодо забезпечення безпеки персоналу на виробництві в Україні встановлюються відповідно до Державних нормативних актів про охорону праці (ДНАОП). Попри інтеграцію в сучасне машинобудування інноваційних технологій, що супроводжуються специфічними ризиками (випромінювання, хімічний вплив тощо), традиційна механічна обробка залишається пріоритетною. Сектор холодної обробки металів охоплює найбільшу кількість персоналу і характеризується найвищим рівнем виробничих небезпек, а саме через складність процесів та значну кількість задіяних працівників, саме тут фіксується найбільша частка виробничих нещасних випадків.

Найвищий рівень виробничого травматизму спостерігається при експлуатації токарних, фрезерних та свердлильних верстатів. Основними причинами цього є недосконалість конструкції захисних екранів, конструктивні недоліки захисних огорожень, а також технічне зношення чи несправність обладнання, оснащення або інструментальної бази.

Охорона праці є комплексною системою, що інтегрує правові, соціально-економічні, управлінські, санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні заходи. Головною метою якої є гарантія безпеки, збереження життя та підтримка професійного потенціалу персоналу. У межах цієї структури впроваджуються ідентифікація та аналіз потенційних небезпек і шкідливих виробничих чинників та проектування заходів із мінімізації негативного впливу на людину та забезпечення нормативних умов праці.

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 04. ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Правила безпеки при роботі на токарному верстаті

Для створення безпечних умов праці на токарних верстатах необхідно використовувати такі захисні елементи:

- спецодяг токаря;
- індивідуальні засоби захисту (захисні окуляри та захисний щиток);
- запобіжні щитки до патрона;
- самовідкідні безпечні ключі до патрона;
- захисний кожух на патрон;
- гачок для зняття стружки;
- щітка для змітання стружки;
- дерев'яна решітка на підлозі перед верстатом.

Перед початком роботи:

1. Упорядкувати робочий одяг, застібнути гудзики на рукавах, заправити халат (комбінезон), прибрати волосся під головний убір. Слід пам'ятати: недбалість в одязі може призвести до травми;

2. Пересвідчитися у справності верстата, перевірити надійність заземлення електродвигуна, шафи керування й станини;

3. Довести до ладу робоче місце;

4. Про несправність у верстаті та його електроустаткуванні негайно повідомити майстра або чергового слюсаря(електрика), і до усунення несправності до роботи не ставати;

Під час роботи:

1. Захищати очі від стружки захисним екраном або ж окулярами чи щитком, прикривати патрон запобіжним щитком (у деяких верстатах при відкинутому щитку шпиндель не вмикається);

2. Не працювати на верстаті в рукавичках; якщо палець забинтовано поверх бинта надіти гумовий чохлик; витирати руки чистим ганчір'ям, не користуватися для цього матеріалом для протирання верстата, слідкувати, щоб охолоджувальна рідина чи масло не потрапила на решітку або підлогу в зоні робочого місця; при виявленні витікання масла з картерів верстата негайно викликати слюсаря;

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 04. ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Не спиратися на верстат під час його роботи;

4. При роботі з жорстким заднім центром своєчасно заповнювати мастилом центрові отвори заготовок; періодично перевіряти, чи не відходить задній центр; не розсовувати кулачки патрона до виходу їх із корпусу; у кулачковому патроні без підтримки центром задньої бабки закріплювати лише короткі заготовки, довгі ж підтримувати центром задньої бабки;

5. Міцно закріплювати оброблювані заготовки на верстаті (в патроні, центрах чи на оправці); не нарощувати рукоятки ключа для закріплення заготовок у патроні (для закріплення заготовки у патроні користуватися «самовідхідним» ключем;

6. Не застосовувати підкладок між зівом ключа і гранями гайки; правильно й надійно закріплювати інструмент;

7. При встановленні різця застосовувати мінімальну кількість підкладок.

8. Не прибирати стружку від працюючого верстата, а лише після його зупинки видаляти гачком і щіткою;

9. Не відрізати прутки при великому вильоті зі шпинделя, кінець прутка, що виступає, огорожувати трубчастим кожухом з неробочого боку шпинделя;

10. Не виконувати ніяких вимірювань універсальним вимірювальним інструментом чи калібрами на ходу верстата.

11. Не перевищувати режимів різання, які вказані в технологічному процесі обробки даної деталі.

Після закінчення роботи:

1. Вимкнути електродвигун верстата;

2. Видалити стружку з верстата за допомогою гачка та щітки;

3. Довести до ладу робоче місце, очистити й змастити верстат; акуратно скласти на робочому місці заготовки та деталі.

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 04. ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Шляхи зменшення технологічного впливу на навколишнє середовище при обробці деталі завихрювач

Інтенсифікація промислового виробництва, енергетичного сектору та транспортної інфраструктури, що супроводжується урбанізацією та впровадженням новітніх технологій, неминуче призводить до зростання обсягів виробничих відходів. Специфіка сучасних хімічних та термічних процесів часто передбачає використання токсичних речовин або утворення стійких сполук, які важко піддаються нейтралізації, що створює суттєві ризики для екосистем.

Основними каналами техногенного впливу на навколишнє середовище є:

- скиди неочищених або недостатньо очищених промислових стічних вод;
- організовані та неорганізовані викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря через вентиляційні системи;
- накопичення твердих та рідких відходів виробничого циклу.

Дотримання принципів екологічної безпеки та раціональне природокористування є фундаментальною основою стратегії сталого розвитку України. Державна екологічна політика спрямована на мінімізацію негативного антропогенного впливу, захист здоров'я населення та збереження біологічного різноманіття.

Пріоритетні завдання державного регулювання у сфері екології включають:

- нормативний контроль за використанням та відтворенням природних ресурсів;
- запобігання деградації природних ландшафтів та унікальних екосистем;
- ліквідацію наслідків шкідливої господарської діяльності;
- інтеграцію принципів гармонійної взаємодії суспільства та природи в промисловий сектор

В ході механічної обробки на проектованій ділянці ідентифіковано наступні чинники впливу на довкілля. Типи забруднення та джерела на об'єкти впливу зведено в табл. 4.1.

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 04. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Таблиця 4.1. Класифікація забруднень на проєктованій ділянці

Об'єкт впливу	Тип забруднення та джерела
Повітря	Дрібнодисперсний металевий та абразивний пил, аерозолі мастильно-охолоджувальних технологічних засобів, акустичне забруднення (шум).
Вода	Компоненти мастильних матеріалів, продукти ерозії металу та шлам, що можуть потрапляти у стічні води.
Грунт / Відходи	Відходи механічної обробки (металева стружка), відпрацьовані фільтрувальні елементи, промаслений шлам пиловловлювальних установок, забруднений ганчір'яний матеріал.

Для мінімізації негативного техногенного впливу на навколишнє середовище під час виготовлення деталі «Завихрювач» на механічній ділянці, у роботі запропоновано комплекс технічних та організаційних заходів:

- запропоновано схему замкненого водообігу, де очищення стоків від електроерозійної обробки здійснюється комбінованим фізико-хімічним методом. Це, не лише знижує водоемність процесу на 70-80%, а й гарантує відсутність несанкціонованих скидів шкідливих речовин у каналізацію;

- з метою запобігання забрудненню атмосферного повітря леткими органічними сполуками передбачено встановлення вугільних адсорберів, інтегрованих з системою десорбції. Такий підхід дозволяє не лише нейтралізувати шкідливі викиди, а й реалізувати принцип вторинного використання ресурсів шляхом рекуперації органічних розчинників та етилового спирту;

- для нейтралізації токсичних компонентів димових газів (HCl , Cl_2), що виникають у процесі термічної деструкції відходів, проєктом передбачено систему багатоступеневого мокрого очищення. Застосування циклонних реакторів із лужним зрошенням розчином гідроксиду натрію (NaOH) забезпечує високу ефективність абсорбції на рівні 98-99%, дозволяючи одночасно отримувати товарні побічні продукти, такі як технічна соляна кислота або солі, для їх подальшої комерційної реалізації;

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 04. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

- з метою раціонального поводження з промисловими відходами в проєкті реалізовано систему рециклінгу, яка включає механічну та фізико-хімічну обробку вторинної сировини. Процес брикетування металевих відходів на гідравлічних пресах забезпечує їх високу кондиційність для металургійної переробки, а впровадження центрифужного сепарування мастильно-охолоджувальних рідин дозволяє значно знизити витрати на закупівлю нових компонентів завдяки багаторазовому подовженню життєвого циклу робочих середовищ. Ефективність запропонованих проєктних рішень представлена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Ефективність проєктних рішень

Фактор впливу	Проєктне рішення	Екологічний ефект
Стічні води	Замкнений цикл (озонування + фільтрація)	Відсутність скидів у довкілля
Атмосферні викиди	Абсорбція у циклонних реакторах	Нейтралізація кислотних випарів
Тверді відходи	Брикетування стружки	Зменшення об'єму відходів, рециклінг
Енерговитрати	Модернізація вентиляції	Зниження енергоспоживання на 15%

Висновки: Запропоновані інженерні рішення щодо обробки деталі «Завихрювач» відповідають вимогам чинного екологічного законодавства України та міжнародним стандартам серії ISO 14000, забезпечуючи мінімальний «екологічний слід» виробництва.

Висновки

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Проектування технології виготовлення завихрювача горілочного пристрою ГТД ($\varnothing 138$ мм; $h = 30,5$) розроблена відповідно до діючих стандартів ЄСТД та ЄСКД.

В кваліфікаційній роботі надано опис призначення деталі та характеристика матеріалу, з якого вона виготовлена, зроблено аналіз її технологічності, вибір та обґрунтування типу виробництва, розроблено технологічний процес виготовлення деталі.

Завіхрювач виготовляється зі нержавіючого, жароміцного, сплаву ХН50ВМТЮБЛ-ВИ (згідно з ГОСТ 5632-2014).

До нетехнологічних факторів деталі відносять складність обробки отворів малого діаметра, що веде до проектування, виготовлення і застосування додаткової оснастки.

В кваліфікаційній роботі наведені розрахунки спеціальних пристосувань та ріжучого і вимірювального інструментів.

Наведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які впливають на виробничий персонал дільниці, організація техніки безпеки та метеорологічні умови на дільниці. Розроблено аналіз впливу виробництва та технологічного процесу виготовлення деталі на довкілля.

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 04. ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок : Підручник. – Львів, Світ, 1996. – 368 с.
2. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування: Навчальний посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів. – Львів, Магнолія, 2007. – 567 с.
3. Безродний В. Г., Шумілов О. П., Нікітенко І. І. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Взаємозамінність, метрологія та стандартизація» з використанням ЄОМ. Миколаїв, МКІ. 1990р. – 49с.
4. Довідник технолога-машинобудівника. В 2-х т. / Під заг. ред. А. Г. Косілової та Р. К. Мещерякова. – 5 вид., перероб. і доп. – Київ, Техніка, 1990.
5. Добрыднев И. С. Курсовое проектирование по предмет «Технология машиностроения»: Учебное пособие для техникумов по специальности «Обработка металлов резанием. – М. : Машиностроение, 1985, 184с., ил.
6. Зенкін А. С. Допуски і посадки в машинобудуванні. – Київ, Техніка, 1990.
7. Іванов Г. О., Шебанін В. С., Бабенко Д. В. та інші. «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання». Навчальний посібник для вищих навчальних закладів освіти. / Г. О. Іванов, В. С. Шебанін, Д. В. Бабенко, С. І. Пастушенко, О. К. Горбенко, К. М. Думенко за ред. О. І. Іванова, В. С. Шебаніна – К .Видавництво «Аграрна освіта», 2008, – 648 с. іл.
8. Івченко Л. І. Державні стандарти в машинобудуванні і металообробці / Л. І. Івченко, В. В. Петракін. – Харків, Компанія «СМІТ», 2006. – 320 с.
9. Мосталычин Г. П., Толмачевский Н. Н. Технология машиностроения. М. Машиностроение, 1996г. Учебник для вузов. 228 с:ил.
10. Обработка металлов резанием. Довідник технолога / Н. А. Панов, В. В. Анікін, Н. Г. Бойм та ін. – Підзаг. ред. А. Н. Панова. – Київ, Техніка, 1991. – 740 с.

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 04. ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Практикум з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей машин». – Навч. пос. / С. М. Соловйов, М. М. Івахненко, О. П. Шумілов, В. О. Бобошко, О. О. Козленко. – Під заг. ред. проф. С. М. Соловйова. – Миколаїв : НУК, 2006. – 172 с.

12. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навчальний посібник для машинобудівних спеціальностей вузів. – Київ, Вища школа, 1993. – 414 с.

13. Яковенко І. Е., Пермяков О. А., Фесенко А. В. Технологічні основи машинобудування: Навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування». – Харків, НТУ «ХПУ», 2022. – 421 с.

					4267ст 3. 07. КРБ. 04. 04. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52