



УКРАЇНА  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(ЗНТУ)

**РЕЦЕНЗІЯ**

на магістерську роботу Удосконалення методів гранич-  
(вказати тему дипломного проекту (роботи))  
них операцій деталей з м'якопластичних сплавів в кріпінні  
Студент Надземний Т. І.

Спеціальність «131 Прикладна механіка» група М-113

Обсяг проекту півісім

Кількість аркушів креслень 7,5 А1

Кількість сторінок пояснювальної записки 133

а) короткий зміст проекту та прийнятих рішень в маг. курсовій  
роботі виконано способи отримання дого-  
товки, розроблено рішення розрізання, об'єкто-  
обладнання, виконано аналіз удоскона-  
лення граничних операцій, розглянуто  
матеріал з техніки безпеки по охороні праці;

б) висновок про відповідність проекту завданню

Виконана робота відповідає  
завданню

в) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту,  
рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і передовим  
методам роботи

Роботу виконано з  
дотриманням вимог передових  
методів роботи

г) негативні особливості виконання проекту опрацьовані  
аспекти виконані за дотриманням  
вимог стандарту

д) позитивні особливості автор в достатній мірі

Володіє основами технології  
машиннобудування

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту

згідними матеріал і поясню-  
вання даних по оформленню  
повідомлені з високої стандартів

є) відгук про роботу загалом робота виконана  
в повному обсязі

ж) інші зауваження

з) оцінка проекту в цілому робота дослу-  
говує оцінці "задовільно"

Рецензію склав Зев.кор. Тетяна Редест  
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

« 14 » 11 20 18 р.

[12:43:31] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №772 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло )

[12:43:42] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №767 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло )

[12:43:50] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №777 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло )

[12:44:10] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №782 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло )

[12:44:43] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №787 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло )

[12:45:52] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №792 [3] (200043 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло )

[12:46:40] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №797 [3] (200043 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло )

[12:46:41] Тип проверки: *Стандартная*

[12:46:41] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 27%)**

[12:46:41] Уникальность текста 79%<sup>©</sup> (Проигнорировано подстановок: 0%)

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Надзельський І.І., провів

зав. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

14.12.2018р.

Додаток 38  
до наказу від 15 червня 2017 р. № 301  
Форма № 24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівництво  
(повне найменування інституту, назва факультету)  
Технології машинобудування  
(повна назва кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)  
(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Траекторне методів фінішних операцій  
деталей з титанових сплавів при їх виготовленні

Виконав: студент 6 курсу, групи М-нм  
спеціальності (напряму підготовки)  
131 "Прикладна механіка"  
(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Назаровський І.І.  
(прізвище та ініціали)

Керівник Калоркін Я.А.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент Потомкін А.В.  
(прізвище та ініціали)

Консультант Копанов В.В.

м.Запоріжжя

2018 рік

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Запорізький національний технічний університет**  
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Машинобудівний  
 Кафедра Технології машинобудування  
 Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр  
 Спеціальність 131 Прикладна механіка  
 (код і назва)  
 Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
 (код і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри, ТМБ доц. Дядя С.І.  
"12" 12 2018 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Надзельського Юрія Юрійовича  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення методів різіння операцій деталей з титанових сплавів при їх виготовленні

керівник проекту (роботи) Калюжний Павло Анатолійович  
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "26" 11 2018 року № 366

2. Строк подання студентом проекту (роботи) \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту (роботи) робоче креслення деталі, програма випуску N=1000шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Опис конструкції і призначення деталі. Проектування технологічного маршруту деталі. Проектування робочого та контрольного пристосування. Проектування діаметри. Удосконалення методів різіння операцій деталей з титанових сплавів при їх виготовленні

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Креслення збірки та деталі; креслення робочого та контрольного пристосування; 3Д модель та збірка; маршрут виготовлення деталі; фторопластування деталей з титанових сплавів.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Технологічний	Калморгін П. А.	3.09.18	18.12.18
Конструкторський	Калморгін П. А.	03.09.18	10.12.18
Охорона праці	Шмирко В. І., доцент		11/10/21
Кур'єрсько-транспортний	Тончар Н. В.		18.12.18

7. Дата видачі завдання 03.09.18

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Технологічна частина	05.10.18	
2.	Конструкторська частина	30.10.18	
3.	Ідентифікація системи контролю	8.10.18	
4.	Спец. завдання. Ідентифікація системи контролю операцій з установок з питань безпеки при їх виготовленні	15.11.18	
5.	Охорона праці	03.12.18	

Студент

(п. п.)

Надземний І. І.  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(п. п.)

Калморгін П. А.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: с, мал, табл., программ, джерел.

Об'єкт дослідження - технологічний процес виготовлення фланця двигуна АИ-25ТЛК.

Мета дипломного проекту - розробка технологічного процесу виготовлення фланця, відповідно до вимог креслення і проектування механічного цеху.

У дипломному проекті проведений опис призначення деталі і аналіз на технологічність, вибраний тип виробництва і спосіб отримання заготовки, вибрані бази, спроектований маршрут обробки поверхонь і маршрут виготовлення деталі, розраховані припуски і технологічні розміри, спроектована операційна технологія, розраховані і спроектовані робітники і контрольне пристосування, ділянка з розміщенням технологічний устаткування і механічний цех, описаний метод по охорона праця і безпека в надзвичайна ситуація, виконане спецзавдання, складений комплект технологічної документації.

ЗАГОТОВКА, РІЗЕЦЬ, РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА, ВЕРСТАТ, ЕСКІЗ, ОПЕРАЦІЯ, РОЗМІР, ОТВІР, ТОРЕЦЬ, ПРИПУСК, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ІНСТРУМЕНТ, ДЕТАЛЬ, АЛЬБОМ.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

ВиО Вібраційна обробка

ДСН Санітарні норми мікроклімату

ДБН Державні будівельні норми

КПО Комбіноване природне освітлення

ЛВП Люмінесцентні лампи

МАП Магнітно-абразивне полірування

МОЗ Маршрут обробки заготовки

МОП Маршрут обробки поверхонь

ОСАУИС Обробка вільним абразивом, ущільненим інерційними силами

РТК Розрахунково– технологічна карта

САО Струминно-абразивна обробка

СДОР Сильнодіючі отруйні речовини

СПК Синтезу з порошкових компонентів

ТАО Турбоабразивна обробка

ХППД Холодне поверхневе пластичне деформування

ЦРО Відцентрово-ротаційна обробка



## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень, і термінів.....	7
Вступ .....	8
1.Технологічна частина.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі .....	9
1.1.1 Аналіз конструкції деталі .....	9
1.1.2 Аналіз умов роботи .....	9
1.1.3 Аналіз робочого креслення.....	10
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт .....	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	12
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....	15
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	15
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	18
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	28
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	36
1.6 Розрахунок режимів різання .....	36
1.6.1 Операція 025 – токарна .....	36
1.6.2 Операція 065 – шліфувальна.....	45
1.6.3 Операція 095 – фрезерна .....	50
1.7 Розробка операційної технології для операції 035 - токарна з ЧПУ.....	62
2 Конструкторська частина.....	69
2.1 Проектування робочого пристосування.....	69
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування .....	69

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність .....	71
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску.....	72
2.1.4 Розрахунок затисного пристрою. Вибір приводу затисного пристрою.....	73
2.1.5 Перевірчий розрахунок на міцність деталей верстата .....	75
2.2. Пректування контрольного пристосування.....	76
2.2.1 Опис принципу роботи контрольного пристосування.....	76
2.2.2 Розрахунок сумарної погрішності виміру КІП.....	77
3 Проєктування механічної ділянки. Розрахунок необхідної кількості основного технологічного устаткування.....	79
3.1 Розрахунок необхідної кількості обладнання та його завантаження.....	79
3.2 Визначення чисельності основних робітників.....	84
3.3 Планування технологічного устаткування і робочих місць на ділянці механічної обробки. Визначення площі виробничої ділянки.....	87
4 Технологічні методи зменшення дисбалансу тонкостінних деталей типу тіл обертання.....	89
4.1 Методи коригування мас деталі.....	91
4.2 Засоби балансування.....	93
4.3 Процес балансування корпусу сателіта.....	93
4.3.1 Устаткування і технологічне оснащення.....	93
4.3.2 Технологічний процес балансування корпусу сателіта.....	95
4.4 Способи підвищення точності балансування деталі і зниження трудомісткості виконання операцій.....	96
4.5 Контроль залишкових дисбалансів.....	97
5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	98
5.1 Аналіз потенційних небезпек.....	98
5.2 Заходи щодо забезпечення техніки безпеки.....	99

5.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці.....	102
5.4 Заходи щодо пожежної безпеки .....	108
5.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	110
Висновок .....	112
Перелік посилань.....	113
Додаток А. Управляюча програма в коді ISO7bit .....	114
Додаток Б. Управляюча програма в коді АРТ .....	115
Додаток В. Специфікація свердлильного пристосування.....	117
Додаток Г. Специфікація контрольного пристосування.....	119

## ВСТУП

Прогрес в області авіадвигунобудування значною мірою визначає розвиток сучасної авіації. Вдосконалення авіаційних двигунів, у свою чергу, висуває нові вимоги до технології їх виготовлення. Зростання робочих температур і тисків вимагає усе більш широкого використання високоміцних сплавів, тенденція скорочення числа деталей призводить до ускладнення геометричних форм, а зниження питомої маси двигуна обумовлює застосування деталей малої жорсткості.

Успішна реалізація конструктивних рішень більшою мірою визначається технологією. Проектовані технологічні процеси повинні забезпечувати підвищення продуктивності праці і якості виробів при одночасному зниженні витрат на їх виготовлення. Рішення цих завдань багато в чому залежить від раціональної побудови розмірних зв'язків в процесі обробки, обґрунтованого призначення припусків на обробку і допусків операційних розмірів.

У зв'язку з цим є актуальним удосконалення методів фінішних операцій деталей з титанових сплавів при їх виготовленні. Перед розробкою МОП, визначали остаточні характеристики деталей, які забезпечують остаточну фінішну обробку.

Всяка необґрунтована постанова допусків на розміри деталей призводить до подорожчання виробництва. Зайве посилення допусків викликає потребу в точному устаткуванні і оснащенні, точніших (тобто дорожчих) заготовках. Надмірне розширення поля допуску утрудняє обробку на заздалегідь налагоджених верстатах і збільшує об'єм пригіночних робіт в процесі складання виробу.

## 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 1.1. Опис конструкції і службового призначення деталі.

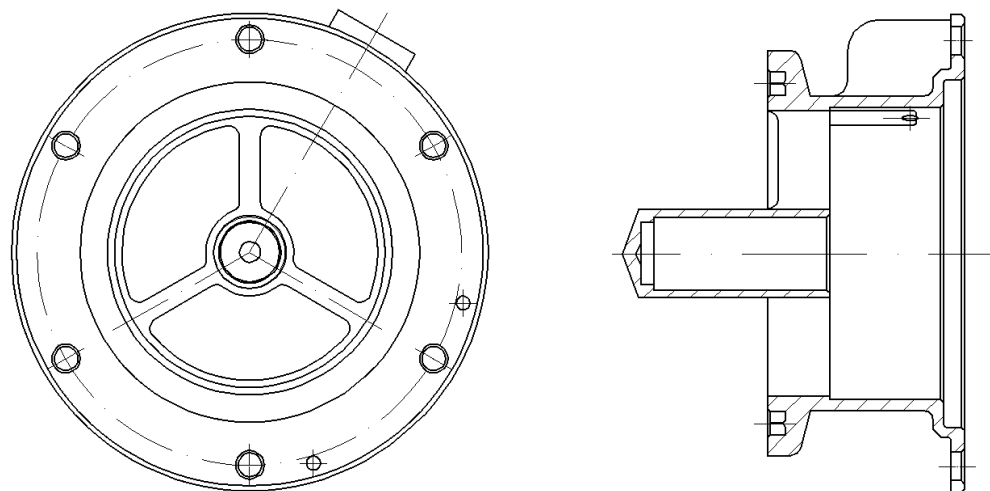


Рисунок 1.1 – Фланець

Повітряний стартер СВ призначений для розкручування ротора високого тиску в процесі запуску двигуна і представляє малогабаритний турбінний двигун, працюючий на стислому повітрі.

Роздільний корпус, розташований між компресорами низького і високого тисків, служить для розділення потоку повітря між контурами двигуна, розміщення агрегатів і приводів до них, а також для розміщення опор компресорів.

Дана деталь -фланець кріпиться шістьма болтами до корпусу стартера повітряного клапана центруючись по  $\varnothing 92$  . На шпильку накручується гайки, що само-контролюються. На ребрах є носок для розсіювання повітря при вході в повітряний тракт СВ. По  $\varnothing 14$  встановлюється пружина для того, що б підперти перекривну заслонку клапана. Заслонка центрується по діаметру 14. У внутрішню частину заслонки встановлюється сідло клапана. Робочою поверхнею сідла клапана є фаска  $\varnothing 56$ . Клапан регулює тиск повітря перед сопловим апаратом. Клапаном командує апарат СВ. У різбовий отвір встановлюється корпус електромагнітного клапана, центруючись по  $\varnothing 12$  і система магнітних гумових ущільнень з боку фланця встановлюється по зовнішньому діаметру і стягуються літаково-агрегатна система, центруються обидва агрегати хомутом колодки.

Умови роботи: повітряне середовище, мастило здійснюється розбризкування через направляючі трубки, робоча температура до 80 С.

Дана деталь утворена поверхнями обертання - зовнішніми і внутрішніми. Плоскі поверхні - торці. Так само деталь містить: фаски, скруглення.

Таблиця 1.1. – Точність і шорсткість поверхонь, що сполучаються, і елементів

1	2	3	4	5	6
№	Характеристика поверхні	Розмір	Допуск	Квалитет	Шорсткість / клас шорсткості
1	2	3	4	5	6
1	зов. цил. пов.	$\varnothing 78_{-0.2}$	0,2	h14	3.2/5
2	зов. цил. пов.	$\varnothing 17_{-0.12}$	0,12	h12	1.6/6
3	зов. цил. пов.	$\varnothing 92^{+0.01}_{-0.045}$	0.045	g6	3.2/5
4	зов. цил. пов.	$\varnothing 70_{-0.14}$	0,14	h12	1.6/6
5	зов. цил. пов.	$\varnothing 62,5 \pm 0.6$	1.2	js14	3.2/5
6	внутр. цил. пов.	$\varnothing 71_{-0.14}$	0.14	h12	3.2/5
7	внутр. цил. пов.	$\varnothing 70^{+0.06}$	0,06	H7	1.6/6
8	внутр. цил. пов.	$\varnothing 61^{+0.36}$	0,36	H14	3.2/5
9	внутр. цил. пов.	$\varnothing 55^{+0.12}_1$	0.12	H10	3.2/5
10	внутр. цил. пов.	$\varnothing 12^{+0.24}$	0,24	H12	3.2/5
11	внутр. цил. пов.	$\varnothing 53^{+0.24}$	0.24	H12	3.2/5
12	внутр. цил. пов.	$\varnothing 56,2^{+0.12}$	0.12	H10	3.2/5
13	внутр. цил. пов.	$\varnothing 67^{+0.12}$	0.12	H10	3.2/5
14	внутр. цил. пов.	$\varnothing 3^{+0.01}$	0.01	H7	3.2/5
15	внутр. цил. пов.	$\varnothing 12.5^{+0.12}$	0.12	H10	3.2/5
16	внутр. цил. пов.	$\varnothing 13.5^{+0.24}$	0.24	H12	3.2/5

Продовження таблиці 1.1. - Точність і шорсткість сполучених поверхонь і елементів

17	внутр. цил. пов	$\varnothing 4,1^{+0,25}$	0,25	H14	3.2/5
18	внутр. цил. пов	$\varnothing 2^{+0,18}$	0,18	H14	3.2/5
19	внутр. цил. пов	$\varnothing 0,2 \pm 0,025$	0,05	H8	3.2/5
20	внутр. цил. пов	$\varnothing 14^{+0,019}$	0,019	H8	1.6/6
21	довжинний розмір	$60_{-0,36}$	0,36	h16	3.2/5
22	довжинний розмір	$38 \pm 0,4$	0,8	js14	3.2/5
23	довжинний розмір	$30 \pm 0,3$	0,6	js12	3.2/5
24	довжинний розмір	$3,5_{-0,1}$	0,1	h10	3.2/5
25	довжинний розмір	$34 \pm 0,3$	0,6	js14	3.2/5
26	довжинний розмір	$26 \pm 0,2$	0,4	js12	3.2/5
27	довжинний розмір	$6 \pm 0,1$	0,2	js12	3.2/5
28	довжинний розмір	$4^{+0,1}$	0,1	H8	3.2/5
29	довжинний розмір	$2,6_{-0,25}$	0,25	h14	3.2/5
30	довжинний розмір	$42 \pm 0,05$	0,1	js7	3.2/5
31	довжинний розмір	$21 \pm 0,025$	0,05	js6	3.2/5
32	довжинний розмір	$36 \pm 0,05$	0,1	js7	3.2/5
33	довжинний розмір	$6,5^{+0,2}$	0,2	H14	3.2/5
34	довжинний розмір	$15_{-0,24}$	0,24	h14	3.2/5

Продовження таблиці 1.1. - Точність і шорсткість сполучених поверхонь і елементів

35	довжинний розмір	$3,5 \pm 0,2$	0,4	js14	3.2/5
36	довжинний розмір	$4 \pm 0,2$	0,4	js14	3.2/5
37	довжинний розмір	$8 \pm 0,3$	0,6	js14	3.2/5
38	довжинний розмір	$22 \pm 0,5$	1,0	js16	3.2/5
39	довжинний розмір	$3,5 \pm 0,2$	0,4	js16	3.2/5
40	довжинний розмір	$2.5 \pm 0.1$	0,2	js12	3.2/5
41	різьба	M12x1,5	-	5H6H	3.2/5
42	заокруглення	$R3,5 \pm 0,5$	1,0	js14	3.2/5
43	заокруглення	$R3,5 \pm 0,5$	1,0	js14	3.2/5
44	заокруглення	$R3 \pm 0,5$	1,0	js14	3.2/5
45	заокруглення	$R17 \pm 3$	6	js16	3.2/5
46	заокруглення	$R1 \pm 0.3$	0,6	js14	3.2/5
47	заокруглення	$R0,4 \pm 0,2$	0,4	js16	3.2/5
48	заокруглення	$R2 \pm 0,3$	0,6	js14	3.2/5
49	заокруглення	$R3 \pm 0,5$	1,0	js14	3.2/5
50	заокруглення	$R0,4 \pm 0,2$	0,4	js16	3.2/5
51	фаска	$0,3 \pm 0,2 \times 45$	0,4	js16	3.2/5

#### 1.1.1 Матеріал деталі.

Титанові сплави отримали велику вживаність в авіабудуванні, за рахунок високої міцності деталей отриманих при їх використанні, і зниженні загальної ваги авіадвигуна. Досить хороша оброблюваність дозволяє виготовляти деталі різної форми з титанових сплавів.

Тому в якості матеріалу для виготовлення цієї деталі - фланці вибирається титановий сплав BT5-Л Хімічний склад і механічні властивості сплаву приведені в таблицю. 1.2. і 1.3.



Таблиця 1.2 – Хімічний склад сплава ВТ5-Л

№ п/п	Назва елементу	Позначення	Зміст елементу, %
1	Титан	Ti	91,485-95,9
2	Вуглець	C	до 0,2
3	Залізо	Fe	до 0,35
4	Кремній	Si	до 0,2
5	Алюміній	Al	4,1-6,2
6	Вольфрам	W	до 0,2
7	Азон	N	до 0,05
8	Церконій	Zr	до 0,8
9	Водень	H	до 0,015
10	Сумма інших сумішей	$\Sigma_{\text{міц}}$	0,3

Таблиця 1.3 – Механічні властивості матеріалу

№ п/п	Характеристика матеріалу	Позначення	Одиниця вимірювання	Числове значення
1	Межа міцності	$\sigma_{\text{в}}$	МПа	800
2	Питома вага	$\gamma$	кг/м <sup>3</sup>	8,32
3	Щільність	$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	$8,32 \cdot 10^3$
4	Коефіцієнт лінійного розширення	$\alpha$	К <sup>-1</sup>	$10,7 \cdot 10^{-6}$
5	Твердість сплаву	НВ	—	229...321

## 1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.

У дипломному проекті необхідно спроектувати технологічний процес виготовлення фланця двигуна АИ-25ТЛК для серійного виробництва.

Серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним і масовим виробництвом. При серійному виробництві, вироби виготовляють партіями, що складаються з однойменних, однотипних по конструкції і однакових по розмірах деталей, що запускаються у виробництво одночасно. Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення усієї партії (серії) цілком, як в обробці, так і в складанні. Поняття "партія" відноситься до кількості деталей, а поняття "серія" - до кількості машин, що запускаються у виробництво одночасно. Кількість деталей в партії і кількість машин в серії може бути різною.

У серійному виробництві, залежно від кількості виробів в серії, їх характеристики і трудомісткості, частоти повторюваності серії впродовж року розрізняють: дрібносерійне, середньосерійне, великосерійне. Коефіцієнт закріплення операцій:  $K_{30}=1\ldots 10$  – великосерійне виробництво;  $K_{30}=10\ldots 20$  – середньосерійне виробництво;  $K_{30}=20\ldots 40$  – дрібносерійне виробництво.

У серійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, тобто розчленований на окремі операції, які закріплені за певними верстатами. Технологічний процес розробляється детально. Верстати застосовуються різноманітних видів: універсальні, спеціалізовані, спеціальні, агрегатні, автоматизовані.

Верстатний парк має бути спеціалізований такою мірою, щоб був можливий перехід від виробництва однієї серії машин до іншої, що дещо відрізняється від першої в конструктивному відношенні. При використанні універсальних верстатів повинні широко застосовуватися спеціалізовані і спеціальні пристосування, різальний інструмент і вимірювальний інструмент - у вигляді граничних (стандартних і спеціальних) калібрів і шаблонів, що забезпечують взаємозамінюваність оброблених деталей. Заготовка при серійному типі виробництва по конфігурації повинна наближатися до готової деталі, коефіцієнт використання матеріалу дорівнює 0,6-0,88. Кваліфікація робітників невисока.

Серійне виробництво значно економічніше, ніж одиничне, завдяки використанню устаткування, спеціалізації робітників, збільшення продуктивності праці. Усе це забезпечує зменшення собівартості продукції.

Серійне виробництво є найбільш поширеним видом виробництва. Деталь необхідно виготовити з мінімальними трудовими, тимчасовими і матеріальними витратами, а це залежить від:

- розумного вибору варіанту технологічного процесу;
- оснащення технологічного процесу;
- застосування спеціальних верстатів, напівавтоматів і автоматів;
- застосування оптимальних режимів різання.

Таблиця 1.4 – Таблиця попереднього визначення типу виробництва.

Тип виробництва	Кількість оброблюваних деталей в рік, штук		
	тяжкі, масою більше 100кг	середні, масою 10-100 кг	легкі, масою до 10 кг
Одиночні	До 5	До 10	До 100
Дрібносерійні	5-100	10-200	100-500
Серійні	100-300	200-500	500-5000
Багатосерійні	300-1000	500-5000	5000-50000
Масові	Більше 1000	Більше 5000	Більше 50000

Річна програма випуску фланців 1000 шт. Деталь відноситься до легких, оскільки її маса заготовки 0,06 кг, що являється менше 10 кг, отже, по таблиці 1,4, матиме місце серійне виробництво.

Основним чинником для точнішого визначення виду виробництва є такт випуску.

Його визначимо виходячи з таких даних:

Річна програма випуску деталі  $N=1000$  шт.

Дійсний річний фонд часу  $F_d=3992$  часів

Такт випуска визначений по формулі:

$$\tau = \frac{F_d \cdot 60}{N}$$

$$\tau = \frac{3992 \cdot 60}{1000} = 240$$

За величиною такту випуску визначаємо коефіцієнт серійності :

$$K_c = \frac{\tau \cdot n}{\sum_{i=1}^n t_{umi}}$$

де  $n$  - кількість операцій в технологічному процесі обробки

$t_{umi}$  – штучний час кожної операції

$$K_c = \frac{240 \cdot 12}{64.11} = 44.92$$

За величиною коефіцієнта серійності видно, що орієнтовно вид виробництва визначений як серійне. Оскільки ця величина менше діапазону дрібносерійного виробництва, але значно більше значень коефіцієнта для масового виробництва.

Оскільки вид виробництва визначений як серійне, необхідно розрахувати величину партії деталей :

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi_d} \text{ (шт)}$$

де  $a=b$  – періодичність запуску деталей у виробництво.

$\Phi_d$  – число робочих днів в році ( $\Phi_d=253$ )

$$n = \frac{1000 \cdot 5}{250} = 20 \text{ шт.}$$

Форму організації роботи ділянки механічної обробки вибираємо змінно-потокową (найбільш характерну для серійного виробництва).

### 1.3. Вибір методу отримання заготовки.

Заготовка - предмет праці, з якої шляхом механічної обробки, зміною розмірів, форми і властивостей отримують деталь відповідно до креслення.

У серійному виробництві заготовки отримують або штампуванням, або відливають. У нашому випадку застосовується відливання. Титанові сплави вимагають виливки у вакуумі. Деталь має нескладну конфігурацію і невелику кількість точних розмірів. Тому приймаємо: заготовка - відливання, метод отримання - виливка по виплавлюючим моделям вакуумне.

Вибір цього методу отримання заготовки обумовлений такими особливостями титанових сплавів як: висока хімічна активність, висока температура лиття, невелика щільність, низька рідкотекучість, а також погана оброблюваність різанням. Остання властивість призводить до необхідності максимального наближення конфігурації заготовки до конфігурації готової деталі, чого можна досягти застосуванням спеціальних методів лиття. Конструктивні особливості, як наявність тонких стінок товщиною 2 мм на фасонних поверхнях, точність і якість яких не високі, вимагають застосування таких методів отримання заготовки, які б виключали механічну обробку цих поверхонь. З усіх спеціальних методів лиття необхідні технологічні можливості має метод лиття по моделях, що виплавляються.

Через високу хімічну активність титанових сплавів для виготовлення форм застосовують формувальні суміші, в якості вогнетривкої основи, якими виступають наступні матеріали: вуглецеві (графіт, кокс піровуглець та ін.), керамічні (вогнетривкі оксиди, а також карбіди, нітриди, боріди). А із-за активності титану до газів повітря, процес заповнення форм роблять у вакуумі. Заливка металу відбувається в ливарні форми, що обертаються. Це пов'язано з тим, що значна різниця в температурах металу (1750 - 2000°C) і форми (20 - 30°C), невисока рідкотекучість титанових сплавів істотно погіршують заповнювану форми рідким металом, а низька щільність титанових сплавів і відсутність атмосферного тиску в камері печі не дозволяє створювати необхідні умови для живлення і формування відливів. Поле відцентрових сил збільшує швидкість течії металу по каналах і порожнинах форми і покращує живлення відливання, що твердіє, рідким металом з прибутків.

Для порівняння зробимо економічний розрахунок двома способами - це лиття в оболонкові форми і лиття в піщані форми. Лиття в піщані форми найдешевший метод, але вимагає значної механічної обробки:

$\Theta_{\text{заг}} = (S_1 - S_2) \cdot N_{\Gamma}$  - річний економічний ефект заготовки;

$S_1$  – собівартість заготовки по першому варіанту;

$S_2$  – собівартість заготовки по другому варіанту.

Вихідні дані:

Маса заготовки вилитої в піщані форми – 0,06 кг;

Маса заготовки вилитої по виплавлюючим моделям – 0,05 кг;

Ціну заготовки оцінюємо по формулі:

$$S_{\text{заг}} = \left( \frac{C_1}{1000} Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_{\text{ш}} \cdot k_n - (Q - q) \frac{S_{\text{омх}}}{1000} \right),$$

де  $C_1$  – базова ціна 1 т. заготовчого матеріалу;

$Q$  – маса заготовки кг;

$q$  – маса деталі кг;

$S_{\text{отх}}$  – ціна 1т відходів;

$k_T$  – коефіцієнт залежить від класу точності заготовки;

$k_m$  – коефіцієнт залежить від марки матеріалу;

$k_C$  – коефіцієнт залежить від групи тяжкості;

$k_B$  – коефіцієнт залежить від маси заготовки;

$k_{\Pi}$  – коефіцієнт залежить від об'єму виробництва;

Вартість виготовлення заготовки при литті в піщані форми:

$$S_{\text{заг.}} = \left( \frac{25000}{1000} 0,06 \cdot 1,03 \cdot 0,83 \cdot 1,07 \cdot 1,21 \cdot 0,77 - (0,06 - 0,035) \frac{3000}{1000} \right) = 0,52 \text{ грн}$$

Вартість виготовлення заготовки при литті в піщані форми:

$$S_{\text{заг..}} = \left( \frac{25000}{1000} 0,05 \cdot 1,05 \cdot 0,92 \cdot 0,62 \cdot 1,0 \cdot 1,0 - (0,05 - 0,035) \frac{3000}{1000} \right) = 0,30 \text{ грн}$$

Таким чином, щорічний економічний ефект складе:

$$\Theta_{\text{заг}} = (S_1 - S_2) \cdot N_{\Gamma}$$

$$\Theta_{\text{заг}} = (0,52 - 0,30) \cdot 1000 = 220 \text{ грн}$$

Тепер розглянемо ефективність витрачання матеріалу по коефіцієнту використання матеріалу :

$$K_{\text{ум}} = \frac{q}{Q}$$

$$K_{им_1} = \frac{0,035}{0,06} = 0,58$$

$$K_{им_2} = \frac{0,035}{0,05} = 0,7$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 1.5:

Таблиця 1.5. – Порівняльні показники по варіантах

Показники	Позначення	Размірність	Варіант	
			піщан. форми	оболонк. форми
Масса заготовки	$Q$	кг	0,06	0,05
Базова ціна 1 т заготовок	$C_б$	грн.	25000	25000
Коефіцієнти	$k_T$	—	1,03	1,03
	$k_m$	—	0,83	0,83
	$k_c$	—	01,07	01,07
	$k_B$	—	1,21	1,21
	$k_{II}$	—	0,77	0,77
Ціна 1 т стружки	$S_{отх}$	грн.	3000	
Ціна однієї заготовки	$C$	грн.	0,52	0,3
Коефіцієнт використання матеріалу	$\eta$	—	0,58	0,7

Так як  $C_1 > C_2$ , а  $\eta_1 < \eta_2$  то аточно приймаємо варіант (2) - відливання в оболонкові форми.

В результаті застосування запропонованої заготовки річний економічний ефект складе 220 грн.

#### 1.4. Проектування плану обробки

Робоче креслення цієї деталі містить усі необхідні відомості, що дають повне уявлення про деталь : наявність усіх необхідних проекцій, розрізів і перерізів.

Вимоги до робочого креслення передбачені в ЕСКД. Робоче креслення не відповідає цим вимогам:

- допуски вказані не на всі розміри;
- технічні вимоги розташовані не відповідно до ЕСКД;
- шорсткість дана в старій системі.

Необхідно виконати креслення з наступними змінами:

- допуски на розміри відповідно ОСТ 1.00022-80;
- зведення про шорсткість у відповідності з ГОСТ 2789-73 і ГОСТ 2302-73.

На робочому кресленні вказані усі шорсткості оброблюваних поверхонь, усі розміри з відхиленнями, допустимі відхилення від правильної геометричної форми, а також від взаємного розташування поверхонь. Креслення також містить повні відомості про матеріал деталі і її масу. Технологічні вимоги повною мірою містять всю необхідну інформацію про представлення конструкції деталі.

Після внесення змін, робоче креслення повністю відповідає цим вимогам.

##### 1.5.1. Аналіз конструкції деталі на технологічність

Принцип технологічності конструкції полягає в тому, щоб при конструюванні деталей були досягнуті необхідні експлуатаційні якості, економічне і раціональне виготовлення деталей.

Технологічність конструкції оцінюється:

- вибором раціональної заготовки;
- технологічністю форми;
- раціональною простановкою розмірів;
- оптимальною точністю геометричних характеристик;
- оптимальною шорсткістю оброблюваних поверхонь;
- кількістю уніфікованих поверхонь.

Оптимальна точність геометричних характеристик оцінюється коефіцієнтом точності обробки:

$$K_{т.о.} = 1 - \frac{1}{A_{cp}},$$

де  $A_{cp}$  – середнє значення квалитета точності розмірів:

$$A_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n n_i},$$

де  $A_i$  – квалитет точності і-тої поверхності;  
 $n_i$  – кількість розмірів відповідного квалитета.

Таблиця 1.6. – Коефіцієнти точності обробки

№ дет.	Кількість поверхонь відповідного квалитету									$\sum_{i=1}^n A_i \cdot n_i$	$\sum_{i=1}^n n_i$	$A_{cp}$	$K_{т.о.}$
	6	7	8	10	11	12	13	14	16				
1	3	4	3	5	-	10	-	19	7	478	51	9,38	0.89

$$A_{cp} = \frac{6 \cdot 3 + 7 \cdot 4 + 8 \cdot 3 + 10 \cdot 5 + 12 \cdot 10 + 14 \cdot 9 + 16 \cdot 7}{51} = 9,38$$

$$K_{т.о.} = 1 - \frac{1}{9,38} = 0,89$$

З розрахунків видно, що деталь являється технологічній за показником точності т.щ.  $K_{т.о.} > 0,80$ .

Дані по точності геометричних характеристик заносимо в таблицю 1.6

Оптимальна шорсткість поверхонь деталі оцінюється коефіцієнтом шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}},$$

де  $B_{cp}$  – середнє значення показників шорсткості

$$B_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i},$$

де  $B_i$  – клас шорсткості і-тої поверхні;  
 $n_i$  – кількість поверхонь.



Таблиця 1.7 – Коефіцієнти шорсткості

№ дет.	Кількість поверхонь відповідного квалітету		$\sum_{i=1}^n B_{cp} n_i$	$\sum_{i=1}^n n_i$	$B_{cp}$	$K_{ш}$
	5	6				
1	47	4	257	51	5,07	0,20

$$B_{cp} = \frac{47 \cdot 5 + 6 \cdot 4}{51} = 5,07$$

$$K_{ш} = \frac{1}{5,07} = 0,20$$

о отриманому значенню можна зробити висновок про те, що деталь не відноситься до важкооброблюваних, т.щ.  $K_{ш} > 0,17$

Дані по шорсткості поверхонь заносимо в таблицю 1.7.

Уніфікація конструктивних елементів деталі оцінюється коефіцієнтом уніфікації:

$$K_{y.a} = \frac{Q_{y.a}}{Q},$$

$$K_{y.a} = \frac{40}{51} = 0,78;$$

З розрахунків видно, що деталь технологічна, оскільки при невеликій кількості конструктивних елементів отриманий високий коефіцієнт уніфікації.

### 1.5.2 Проектування маршруту обробки поверхонь (МОП)

Маршрут обробки поверхонь - це певна послідовність технологічних переходів обробки поверхні заготовки, необхідних для досягнення заданих показників якості цієї поверхні в деталі. МОП є технологічною основою технологічного процесу механічної обробки, оскільки саме в МОП, в технологічних переходах закладаються фізико-механічні, хіміко-термічні і т. п. процеси дії на поверхню заготовки.

Для складання маршруту обробки поверхонь необхідно скласти характеристику кожної оброблюваної поверхні і зіставити її з відповідною поверхнею заготовки.

При проектуванні МОП зручно використати поняття уточнення, оскільки воно дозволяє за дослідно-статистичними даними оцінити показники точності і якості поверхні на різних стадіях обробки заготовки. Під уточненням розуміють

відношення величини допуску даного показника якості партії заготовок до величини допуску цього ж показника партії деталей. Розрізняють загальне уточнення і уточнення по переходах.

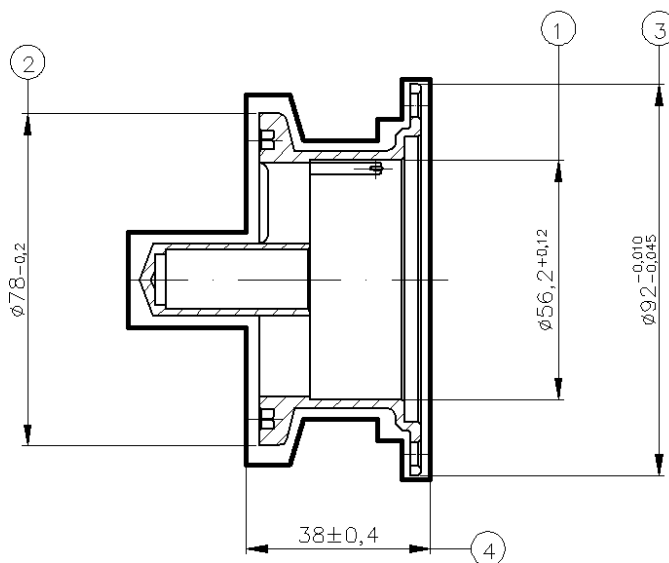


Рисунок 1.2 - Ескіз деталі з контурами заготовки і технологічною розміткою основних поверхонь

Складемо план обробки поверхні 1 –  $\varnothing 56,2$ . Н10.

Визначимо загальне уточнення за показниками якості:

$$\varepsilon_{d_0} = \frac{Td_{заг}}{Td_{дет}} = \frac{1,6}{0,12} = 13,3,$$

$$\varepsilon_{Rz_0} = \frac{Rz_{заг}}{Rz_{дет}} = \frac{12,5}{3,2} = 3,9,$$

де  $Td_{заг}$ ,  $Td_{дет}$  – допуск геометричного розміру відповідно заготовки і деталі;

$Rz_{заг}$ ,  $Rz_{дет}$  – шорсткість заготовки і деталі.

Переважаючим показником якості цієї поверхні є показник шорсткості, який вимагає найбільшого уточнення. За переважаючим показником розрахуємо кількість переходів механічної обробки  $k$  по формулі:

$$k \approx 21g \varepsilon_{Rz_0} = 21g 3,9 = 1,18$$

Приймаємо  $k=2$  переходам.

Визначаємо різницю показників якості і розподіляємо цю різницю між  $k=2$  переходами за законом прогресивного зменшення. При цьому слід розглядати декілька альтернативних варіантів розподілу різниці. Різниця квалитетів точності і її розподіл :

$\Delta_{\text{кв}} = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = IT15 - H10 = 5$  квалитетів = 3+2, тобто 1-й перехід механічної обробки уточнює поверхню заготовки на 3 квалитета точності; 2-й перехід - на 2 квалитета точності; 3 Так можна розподілити різницю квалитетів = 2 переходами механічної обробки.

Встановлюємо послідовність показників точності і якості

(ППТК):

IT15→H12→H10 По таблицям економічній точності [3] відповідно до розробленої ППТК призначаємо методи обробки по переходах механічної обробки.

Складемо план обробки поверхні 2 – Ø78h14.

Визначимо загальне уточнення за показниками якості :

$$\varepsilon_{d_0} = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_{\text{дет}}} = \frac{1,4}{0,2} = 7,$$

$$\varepsilon_{Rz_0} = \frac{Rz_{\text{заг}}}{Rz_{\text{дет}}} = \frac{12,5}{6,3} = 1,98,$$

де  $Td_{\text{заг}}$ ,  $Td_{\text{дет}}$  – допуск геометричного розміру відповідно заготовки і деталі;

$Rz_{\text{заг}}$ ,  $Rz_{\text{дет}}$  – шорсткість заготовки і деталі.

Переважаючим показником якості цієї поверхні є показник шорсткості, який вимагає найбільшого уточнення. За переважаючим показником розрахуємо кількість переходів механічної обробки  $k$  по формулі:

$$k \approx 2 \lg \varepsilon_{Rz_0} = 2 \lg 1,98 = 0.59$$

Приймаємо  $k=1$  переходам.

Визначаємо різницю показників якості і розподіляємо цю різницю між  $k=1$  переходами за законом прогресивного зменшення. При цьому слід розглядати декілька альтернативних варіантів розподілу різниці. Різниця квалитетів точності і її розподіл :

$\Delta_{\text{кв}} = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = IT15 - h14 = 1$  квалитетів, тобто 1-й перехід механічної обробки уточнює поверхню заготовки на 1.

Встановлюємо послідовність показників точності і якості (ПШТК):  $IT15 \rightarrow h14$

МОП на остальні поверхні приведений в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Маршрут обробки основних поверхонь деталі

Номер поверхні, її характер і показники точності і якості	Показник j	Уточнення E <sub>j0</sub>	Кількість перех. k		Різниця показників ППТК	МОП		Допуск			Уточнення		
			розрахунок	прийняте		i	Метод обробки	розмір	Взаємне розполож.	шорхов.	розмір	Взаємне розполож.	шорхов.
Пов. 1, внутр. цилін. 56,2 <sup>+0,12</sup> , Ra 3,2, HB 100...200. Загот. – виливка Ø53IT15, Ra12,5	D	13.3	1,18	2	$\Delta_{KB}=15-10=5, 5=3+2$ IT15→H12→H10 Ra12,5→Ra6,3→ Ra3.2	1	Заготовка	1,1	-	12,5	-	-	-
	Ra	3.9				2	Точіння чорнове	0,40	-	6,3	6	-	8
						4	Точіння напівчистове	0,12	-	3,2	3,5	-	8
Пов.2 Ø78h14,зov. цил., Ra 6,3, HB 100...200. Загот. – виливка Ø79,8IT15, Ra12,5	D	7	0,59	1	$\Delta_{KB}=15-14=1$ IT15→h14 Ra12,5→Ra6,3	1	Заготовка	1,4	-	12,5	-	-	-
	Ra	1.98				2	Точіння напівчистове.	0,2	-	6,3	3,5	-	8
Пов.3 Ø92g6,зov. цил., Ra 3.2, HB 100...200. Загот. – виливка Ø94.255IT15, Ra12,5	d	5	1,18	2	$\Delta_{KB}=15-6=9$ 9=6+3 IT15→h8→g6 Ra12.5→Ra6,3→ Ra3.2	1	Заготовка	1,4	-	12,5	-	-	-
						2	Точіння чорнове.	0,28	-	6,3	6	-	8
	Ra	3.9				3	Точіння чистов.	0,035	-	3,2	3.5	-	2
Пов. 4 довж 38,6js14, Ra 6.3, HB 100...200. Загот. – виливка , 41.5 IT15, Ra 12.5	D	9.16	0,59	1	$\Delta_{KB}=15-14=1$ IT15→h14 Ra12,5→Ra6,3	1	Заготовка	1,1	-	12.5	-	-	-
	Ra	1.98				2	Точіння чистове	0,12	-	6,3	3,5	-	2

### 1.5.3 Проектування маршруту обробки заготовки (МОЗ)

Маршрут обробки заготовки представлений на плакаті плану обробки.

1.5.4. Розрахунок операційних припусків і розмірів. Визначення загального припуску і розміру заготовки.

1.5.4.1. Розрахунок припусків і визначення операційних розмірів на внутрішню діаметральну поверхню фланця.

Припуск - шар металу, що видаляється з поверхні заготовки в цілях досягнення заданої форми, точності і якості поверхні. Для двох поверхонь визначаємо їх розрахунково-аналітичним методом; для інших - табличним.

Розглянемо поверхню обертання діаметром  $\varnothing 56,2^{+0,12}$

Згідно з методикою, подвійний операційний припуск для внутрішньої поверхні обертання рівний:

$$2Z_{i\min} = 2 \left[ (R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right],$$

де:  $Z_{i\min}$  – мінімальне значення операційного припуску;  
 $R_{z_{i-1}}$  – середня висота нерівностей, отримана від попередньої обробки;

$h_{i-1}$  – глибина дефектного шару від попередньої обробки;

$\Delta_{\Sigma i-1}$  – сумарне значення погрішностей просторових відхилень і форми від попередньої обробки;

$\varepsilon_i$  – погрішність установки заготовки при виконанні i-го переходу.

Елементи мінімальних припусків для кожного переходу і допуски на операційні розміри заготовки приймаємо за нормативними даними і розраховуємо за методикою, приведеною в довіднику технолога-машинобудівника, Т.1.[1].

Характеристики якості поверхні  $R_z$  і  $h$  (в мкм), вибираємо з таблиць 12 і 24:

для виливки:  $R_z=200$  мкм,  $h=100$  мкм;

після чернового точіння:  $R_z=100$  мкм,  $h=100$  мкм;

після чистового точіння:  $R_z=50$  мкм,  $h=50$  мкм

Визначаємо сумарні значення погрішності просторових відхилень форми для заготовки:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{(\Delta_y L)^2 + C_0^2}$$

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{8^2 + 30^2} = 31 \text{ мкм}$$

де  $\Delta_y$  – значення відведення осі отвору:

$$\Delta_y \cdot L = 0,4 \cdot 20 = 8 \text{ мкм}$$

$C_0=30$  мкм – зміщення осі отвору;

Величину залишкової погрішності просторового відхилення і форми після виконання переходів мех. обробки визначаємо по формулі:

$$\Delta \varepsilon_i = \Delta \varepsilon_{i-1} \cdot K_y$$

де:  $K_y$  – коэффициент уточнения;  
после чернового точения

$$\Delta \Sigma = 31 \cdot 0,06 = 1,86 \text{ мкм};$$

после точения чистового:

$$\Delta \Sigma = 31 \cdot 0,03 = 0,9 \text{ мкм};$$

$\varepsilon_{y \text{ точ. чр.}} = 110 \text{ мкм}; \varepsilon_{y \text{ точ. чис.}} = 90 \text{ мкм};$

Подставляем полученные значения элементов припуска в приведенную выше формулу для расчета минимальных припусков:  
точение черновое:

$$2Z_{i \min} = 2(200 + 100 + \sqrt{((1,86^2 + 31^2) + 110^2)}) = 828 \text{ мкм}$$

точение чистовое:

$$2Z_{i \min} = 2(100 + 100 + \sqrt{((0,96^2 + 31^2) + 90^2)}) = 589 \text{ мкм}$$

Определяем межоперационные размеры последовательным прибавлением припусков на механическую обработку к размерам готовой детали. Расчетные операционные размеры определяем по формуле:

$$d_{\max i-1} = d_{\max i} - T_i - 2Z_{i \min}$$

Где:  $d_{i-1 \min}$  – минимальное значение размера на предшествующем переходе, мм;

$d_{i \min}$  – то же на выполняемом переходе, мм;

$T_i$  – допуск на размер получаемый после выполнения  $i$ -го перехода (операции), мм;

Для чистового точения:

$$d_{\max} = 56,2 + 0,12 = 56,32 \text{ мм};$$

Для точения чернового:

$$d_{\max} = 56,32 - 0,4 - 0,59 = 55,33 \text{ мм};$$

Для заготовки:

$$d_{\max} = 53 + 0,8 = 53,8 \text{ мм.}$$

Определяем максимальный расчетный размер на каждом переходе:

$$d_{\min i-1} = d_{\max i-1} - T_{i-1}$$

Чистовое точение:

$$d_{\min} = 56,32 - 0,12 = 56,2 \text{ мм;}$$

Черновое точение

$$d_{\min} = 55,33 - 0,4 = 54,93 \text{ мм;}$$

Заготовка:

$$d_{\min} = 53,8 - 1,6 = 52,2 \text{ мм;}$$

Определяем максимальные и минимальные значения припусков:

$$Z_{i\min} = \frac{d_{i\min} - d_{i-1\max}}{2}$$

$$Z_{i\max} = \frac{d_{i\max} - d_{i-1\min}}{2}$$

Чистовое точение:

$$Z_{i\min} = \frac{56,2 - 55,3}{2} = 0,45 \text{ мм;}$$

$$Z_{i\max} = \frac{56,32 - 54,93}{2} = 0,7 \text{ мм;}$$

Черновое точение:

$$Z_{i\min} = \frac{54,93 - 53,8}{2} = 0,56 \text{ мм;}$$

$$Z_{i\max} = \frac{55,33 - 52,2}{2} = 1,57 \text{ мм;}$$



1.5.4.2. Определяем ассиметричные припуски на торцовую поверхность  $38 \pm 0,4$ .

Ассиметричные припуски для плоских поверхностей определяются по формуле:

$$z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i$$

где:  $Z_{i \min}$  – минимальное значение операционного припуска;  
 $Rz_{i-1}$  – средняя высота неровностей, полученная от предшествующей обработки;  
 $h_{i-1}$  – глубина дефектного слоя от предшествующей обработки;  
 $\Delta_{\Sigma i-1}$  – суммарное значение погрешностей пространственных отклонений и формы от предшествующей обработки;  
 $\varepsilon_i$  – погрешность установки заготовки при выполнении  $i$ -го перехода.

Маршрут обработки данной поверхности приведен на плакате маршрута обработки. Элементы минимальных припусков для каждого перехода и допуски на операционные размеры заготовки принимаем по нормативным данным и рассчитываем по методике, приведенной в справочнике технолога-машиностроителя, Т.1.[1].

Характеристики качества поверхности  $Rz$  и  $h$  (в мкм), как и в предыдущем случае, выбираем из таблиц 12. [1].

Для отливки :  $Rz=200$  мкм,  $h=100$  мкм;

После чернового точения, торец 1:  $Rz=100$  мкм,  $h=100$  мкм;

После полукругового точения , торец 1:  $Rz=50$  мкм,  $h=50$  мкм;

После чистового точения, торец 1:  $Rz=25$  мкм,  $h=25$  мкм;

После чистового точения , торец 2:  $Rz=25$  мкм,  $h=25$  мкм;

Суммарное значение погрешностей формы и пространственных отклонений заготовки рассчитываем по формуле:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\Sigma \text{ м.о.р.}} + \Delta_{\text{п.м.б.}} + \Delta_{\text{он}} + \Delta_n \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\Sigma} = 0,5 + 0,35 + 2 + 4 = 6,85 \text{ мкм}$$

Пространственные отклонения для последующих операций определяем с помощью коэффициента уточнения  $K$ :

$$\Delta_{\Sigma i} = \Delta_{\Sigma i-1} \cdot K_y$$

После чернового точения, торец 1:

$$\Delta_{\Sigma} = 6,85 \cdot 0,06 = 0,41 \text{ мкм};$$

После полуцистового точения, торец :

$$\Delta_{\Sigma} = 6,85 \cdot 0,04 = 0,27 \text{ мкм};$$

После чистового точения, торец 1:

$$\Delta_{\Sigma} = 6,85 \cdot 0,03 = 0,21 \text{ мкм};$$

После чистового точения, торец 2:

$$\Delta_{\Sigma} = 6,85 \cdot 0,03 = 0,21 \text{ мкм};$$

Погрешность установки:

$$\varepsilon_{\text{у ток. чр.}} = 100 \text{ мкм}; \quad \varepsilon_{\text{у ток. чист.}} = 15 \text{ мкм};$$

Подставляем полученные значения элементов припуска в приведенную выше формулу для расчета минимальных припусков:

Чистовое точение торца 2,

$$z_{i\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i = 25 + 25 + 0,21 + 15 = 65,21 \text{ мкм};$$

Чистовое точение торца 1,

$$z_{i\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i = 50 + 50 + 0,27 + 15 = 115,27 \text{ мкм};$$

Полуцистовое точение торца 1

$$z_{i\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i = 100 + 100 + 0,41 + 100 = 300,41 \text{ мкм};$$

Черновое точение, торец 1:

$$z_{i\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i = 200 + 100 + 100 = 400 \text{ мкм};$$

Минимальное значение операционных размеров определяем по формуле [2]:

$$a_{i-1\min} = a_{i\min} + T_i + z_{i\min};$$

где:  $a_{i\min}$  – минимальное значение размера на выполняемом переходе, мм;

$a_{i-1\min}$  – минимальное значение размера на предыдущем переходе, мм;  
 $T_i$  – допускаемое отклонение размера на выполняемом переходе, мм –  
 назначаем в зависимости от качества (класса) точности получаемого при  
 каждом методе обработки и величины исполнительного размера.

Чистовое точение, торец 2:

$$a_{i-1\min} = a_{i\min} + T_i + z_{i\min} = 38 - 0,12 = 37,88 \text{ мм};$$

Чистовое точение, торец 1:

$$a_{i-1\min} = a_{i\min} + T_i + z_{i\min} = 37,88 + 0,2 + 0,065 = 38,15 \text{ мм};$$

Получистовое точение, торец 1:

$$a_{i-1\min} = a_{i\min} + T_i + z_{i\min} = 38,15 + 0,3 + 0,12 = 38,57 \text{ мм};$$

Черновое точение торец 1:

$$a_{i-1\min} = a_{i\min} + T_i + z_{i\min} = 38,57 + 0,46 + 0,3 = 39,33 \text{ мм};$$

Заготовка:

$$a_{i-1\min} = a_{i\min} + T_i + z_{i\min} = 40 + 0,4 = 40,4 \text{ мм};$$

Определяем максимальный расчетный размер на каждом переходе:

$$a_{i\max} = a_{i\min} + T_i$$

Чистовое точение, торец 2:

$$a_{i\max} = a_{i\min} + T_i = 37,88 + 0,12 = 38 \text{ мм};$$

Чистовое точение, торец 1:

$$a_{i\max} = a_{i\min} + T_i = 38,15 + 0,2 = 38,35 \text{ мм};$$

Получистовое точение, торец 1:

$$a_{i\max} = a_{i\min} + T_i = 38,57 + 0,3 = 38,87 \text{ мм};$$

Черновое точение, торец 1:

$$a_{i\max} = a_{i\min} + T_i = 39,3 + 0,46 = 39,76 \text{ мм};$$

Заготовка:

$$a_{i\max} = a_{i\min} + T_i = 40,4 + 1,1 = 41,5 \text{ мм};$$

Определяем максимальные и минимальные значения припусков

$$Z_{i\max} = a_{i-1\max} - a_{i\min};$$

$$Z_{i\min} = a_{i-1\min} - a_{i\max};$$

Чистовое точение, торец 2:

$$2Z_{i\max} = 38,35 - 37,88 = 0,47 \text{ мм};$$

$$2Z_{i\min} = 38,15 - 38 = 0,15 \text{ мм};$$

Чистовое точение, торец 1:

$$2Z_{i\max} = 38,87 - 38,15 = 0,72 \text{ мм};$$

$$2Z_{i\min} = 38,57 - 38,35 = 0,22 \text{ мм};$$

Получистовое точение, торец 1:

$$2Z_{i\max} = 39,76 - 38,57 = 1,19 \text{ мм};$$

$$2Z_{i\min} = 39,33 - 38,87 = 0,46 \text{ мм};$$

Черновое точение, торец 1:

$$2Z_{i\max} = 41,5 - 39,3 = 2,2 \text{ мм};$$

$$2Z_{i\min} = 40,4 - 39,76 = 0,64 \text{ мм};$$

#### 1.5.4.3 Определение припусков табличным методом.

Табличным методом определяем припуски на все остальные обрабатываемые поверхности заготовки – рессоры по методике и

нормированным данным приведенным в [1] Т.1., с учетом методов обработки, размеров обрабатываемой поверхности и точности обработки.

Операционные размеры рассчитываем по формулам:  
для плоских поверхностей (торцов):

$$a_{i-1 \min} = a_{i \min} + T_i + Z_{i \min} ;$$

для наружных поверхностей вращения:

$$d_{i-1 \min} = d_{i \min} + T_i + 2Z_{i \min} ;$$

для внутренних поверхностей вращения – отверстий:

$$d_{i-1 \max} = d_{i \max} + T_i + 2Z_{i \min}$$

где:  $a_i$  и  $d_i$  – размеры, получаемые на выполняемых переходах (операциях);

$a_{i-1}$  и  $d_{i-1}$  – то же на предыдущих переходах.

Результаты расчетов приведены в таблицах: 1.8; 1.9.

Таблица 1.8 Результаты расчетов припусков на обработку поверхностей вращения.

№ пере хода	Наименование переходов	Элементы припуска мкм				Расчет припуск $2Z_{\min}$ Мкм	Допус к $T_i$ мкм	Min (max) Расчет. размер мм	Предельные значения размеров, мм		Предельные значения припусков $2 \cdot Z$ , мкм		Исполнит размер мм
		$Rz_{i-1}$	$h_{i-1}$	$\Delta \Sigma_{i-1}$	$\varepsilon_i$				min	max	min	max	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Внутренняя поверхность $\varnothing 56.2^{+0,12}$ Отливка Черновое точение Получистовое точение				-								
		200	100		-	-	1600	52,2	52,2	53,8	-	-	$53 \pm 0,8$
		100	100	1,86	110	828	400	54,93	54,93	55,33	556	1510	$54,93^{+0,4}$
		50	50	0,9	90	589	120	56,2	56,2	56,32	554	954	$56,2^{+0,12}$
	Наружная поверхность $\varnothing 92_{-0,045}^{-0,010}$ Заготовка Точение черновое Точение чистовое												
						-	1400	94,955	93,555	94,955	-	-	$94,255 \pm 0,7$
						1300	280	92,535	92,255	92,535	1015	270	$92,535_{-0,28}$
						300	35	91,99	91,955	91,99	265	580	$91,99_{-0,035}$
	Наружная поверхность $\varnothing 78_{-0,02}$ Заготовка Точение получистовое												
						-	1400	158.82	79,1	80,5	-	-	$79,8 \pm 0,7$
						1300	200	157.52	77,8	78	1100	2700	$78_{-0,2}$

Таблица 1.9. Результаты расчетов припусков на обработку для несимметричных поверхностей.

№ пере хода	Наименование переходов	Элементы припуска мкм				Расчетн ый припуск $Z_{\min}$ мм	Допус к $T_i$ мкм	Min расчетн ый размер мм	Предельные значения размеров, мм		Предельные значения припусков Z, мкм		Исполните льный размер мм
		$Rz_{i-1}$	$h_{i-1}$	$\Delta \varepsilon_{i-1}$	$\varepsilon_i$				min	max	min	max	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Торец 38 <sub>-0,12</sub>												
	Отливка	200	100	-		-	1100	41,5	40,4	41,5	-	-	41,5 <sub>-1,1</sub>
	Точение черновое(1)	100	100	0,41	-	400	430	39,76	39,33	39,76	640	2200	39,76 <sub>-0,46</sub>
	Точение получистовое(1)	50	50	0,27		300,41	300	38,87	38,57	38,87	460	1190	38,87 <sub>-0,3</sub>
	Точение чистовое(1)	25	25	0,21	100	115,27	200	38,35	38,15	38,35	220	720	38,35 <sub>0,2</sub>
	Точение чистовое (2)	25	25	0,21		65,21	120	38	37,88	38	150	470	38 <sub>-0,12</sub>

### 1.6. Назначение режимов резания на типовые операции

Операция 20 – Токарная

Станок: токарный п/а 1А720

Материал: сталь ВТ-5Л

Твердость НВ 229...321,  $\sigma_B=800$  МПа.

Переход 1: Точить поверхность 1  $\varnothing 95_{-0,24}$ ;  $L_{рез}=5$  мм;  $R_a=3.2$ ;

Инструмент: резец проходной – Т15К6,  $\phi_1=45^\circ$  ГОСТ 18880-73.

Определяем длину рабочего хода инструмента:

$$L_{p.x.} = L_{рез.} + y$$

$$L_{p.x.} = 5 + 5 = 10 \text{ мм}$$

где  $L_{рез}$  – длина резания;

$y$  – подвод, врезание и перебег инструмента;

Назначаем глубину резания. Она равна припуску на данном переходе по [2], стр. 265:

$$t = Z_{max} = 0,8 \text{ мм.}$$

Определяем подачу на оборот шпинделя по формуле:

$$S_o = S_H \cdot K_S.$$

Где:  $S_H=0,8$  – нормативная подача. Определяем по [2], табл. 11, стр. 266.

$K_S=1$  – коэффициент уровня технологического обеспечения.

$$S_o = 0,8 \cdot 1 = 0,8 \text{ мм/об}$$

Определяем период экономической стойкости инструмента по [2], стр. 266:

$$T = 60 \text{ мин.}$$

Определяем скорость резания по нормативам:

$$V_p = \frac{C_v}{t^x \cdot S^y \cdot T^m}$$

$C_v=175$ ;  $x=0,2$ ;  $y=0,4$ ;  $m=0,35$  по [5], табл. 7.11, стр. 221.

$$V_p = \frac{175}{0,8^{0,2} \cdot 0,8^{0,4} \cdot 60^{0,35}} = 47,73 \text{ м/мин}$$

Определяем расчетное количество оборотов шпинделя станка:



$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 47,73}{3,14 \cdot 92} = 165 \text{ об/мин}$$

Уточняем частоту вращения шпинделя по паспорту станка:

$$n_{cm} = 150 \text{ об/мин.}$$

Определяем фактическую скорость резания по принятому числу оборотов шпинделя:

$$v_{cm} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{cm}}{1000}$$

$$v_{cm} = \frac{3,14 \cdot 92 \cdot 150}{1000} = 43,32 \text{ м/мин.}$$

Определяем силу резания:

$$P_{Zi} = 10 \cdot C_p \cdot t_i^x \cdot S_i^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Постоянную  $C_p$  и показатели степеней  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – выбираем из табл.22 [1];  
 $C_p=2000$   $x=0,9$ ;  $y=0,75$ ;  $n=-0,1$

$$P_Z = 10 \cdot 2000 \cdot 0,8^{0,9} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 43,32^{-0,1} = 9494,23 \text{ Н;}$$

Определяем мощность резания:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 1020},$$

$$N_{рез} = \frac{9494,23 \cdot 43,32}{60 \cdot 1020} = 6,72 \text{ кВт;}$$

Определяем машинное время:

$$t = \frac{L_{p.x.}}{S_0 \cdot n_{cm}},$$

$$t = \frac{10}{0,8 \cdot 120} = 0,11 \text{ мин;}$$

Переход 2: Точить поверхность 2  $\varnothing 90_{-0,2}$ ;  $L_{рез}=10$  мм;  $R_a=3.2$ ;  
 Инструмент: резец проходной – Т15К6,  $\phi_1=45^\circ$  ГОСТ 18880-73.

Определяем длину рабочего хода инструмента:

$$L_{p.x.} = L_{рез.} + y$$

$$L_{p.x.} = 10 + 5 = 15 \text{ мм}$$

где:  $L_{рез.}$  – длина резания;

$y$  – подвод, врезание и перебег инструмента;

Назначаем глубину резания. Она равна припуску на данном переходе по [2], стр. 265:

$$t = Z_{max} = 0,5 \text{ мм.}$$

Определяем подачу на оборот шпинделя по формуле:

$$S_o = S_H \cdot K_S.$$

Где:  $S_H=0,8$  – нормативная подача. Определяем по [2], табл. 11, стр. 266.

$K_S=1$  – коэффициент уровня технологического обеспечения.

$$S_o = 0,8 \cdot 1 = 0,8 \text{ мм/об}$$

Определяем период экономической стойкости инструмента по [2], стр. 266:

$$T = 60 \text{ мин.}$$

Определяем скорость резания по нормативам:

$$V_p = \frac{C_v}{t^x \cdot S^y \cdot T^m}$$

$C_v=175$ ;  $x=0,2$ ;  $y=0,4$ ;  $m=0,35$  по [5], табл. 7.11, стр. 221.

$$V_p = \frac{175}{0,5^{0,2} \cdot 0,8^{0,4} \cdot 60^{0,35}} = 52,44 \text{ м/мин}$$

Определяем расчетное количество оборотов шпинделя станка:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 52,44}{3,14 \cdot 92} = 181,52 \text{ об/мин}$$

Уточняем частоту вращения шпинделя по паспорту станка:

$$n_{cm} = 150 \text{ об/мин.}$$

Определяем фактическую скорость резания по принятому числу оборотов шпинделя:

$$v_{cm} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{cm}}{1000}$$

$$v_{cm} = \frac{3,14 \cdot 92 \cdot 150}{1000} = 43,32 \text{ м/мин.}$$

Определяем силу резания:

$$P_{Zi} = 10 \cdot C_P \cdot t_i^x \cdot S_i^y \cdot V^n \cdot K_P$$

Постоянную  $C_P$  и показатели степеней  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – выбираем из табл.22 [1];  
 $C_P=2000$   $x=0,9$ ;  $y=0,75$ ;  $n=-0,1$

$$P_Z = 10 \cdot 2000 \cdot 0,5^{0,9} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 43,32^{-0,1} = 6219,45 \text{ Н;}$$

Определяем мощность резания:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 1020},$$

$$N_{рез} = \frac{6219,45 \cdot 43,32}{60 \cdot 1020} = 4,33 \text{ кВт;}$$

Определяем машинное время:

$$t = \frac{L_{p.x.}}{S_0 \cdot n_{cm}},$$

$$t = \frac{15}{0,8 \cdot 500} = 0,04 \text{ мин;}$$

Переход 3: Точить поверхность 3 Ø92<sub>-0,14</sub>;  $L_{рез}=92$  мм;  $R_a=3,2$ ;  
 Инструмент: резец проходной – Т15К6,  $\phi_1=45^\circ$  ГОСТ 18880-73.  
 Определяем длину рабочего хода инструмента:

$$L_{p.x.} = L_{рез.} + y$$

$$L_{p.x.} = 92 + 5 = 97 \text{ мм}$$

где:  $L_{рез}$  – длина резания;

у – подвод, врезание и перебег инструмента;

Назначаем глубину резания. Она равна припуску на данном переходе по [2], стр. 265:

$$t = Z_{\max} = 0,5 \text{ мм.}$$

Определяем подачу на оборот шпинделя по формуле:

$$S_o = S_H \cdot K_S.$$

где  $S_H=0,8$  – нормативная подача. Определяем по [2], табл. 11, стр. 266.

$K_S=1$  – коэффициент уровня технологического обеспечения.

$$S_o = 0,6 \cdot 1 = 0,6 \text{ мм/об}$$

Определяем период экономической стойкости инструмента по [2], стр. 266:

$$T = 60 \text{ мин.}$$

Определяем скорость резания по нормативам:

$$V_p = \frac{C_v}{t^x \cdot S^y \cdot T^m}$$

$C_v=175$ ;  $x=0,2$ ;  $y=0,4$ ;  $m=0,35$  по [5], табл. 7.11, стр. 221.

$$V_p = \frac{175}{0,5^{0,2} \cdot 0,8^{0,4} \cdot 60^{0,35}} = 52,44 \text{ м/мин}$$

Определяем расчетное количество оборотов шпинделя станка:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 52,44}{3,14 \cdot 92} = 181,52 \text{ об/мин}$$

Уточняем частоту вращения шпинделя по паспорту станка:

$$n_{cm} = 150 \text{ об/мин.}$$

Определяем фактическую скорость резания по принятому числу оборотов шпинделя:

$$v_{cm} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{cm}}{1000}$$

$$v_{cm} = \frac{3,14 \cdot 92 \cdot 150}{1000} = 43,32 \text{ м/мин.}$$

Определяем силу резания:

$$P_{Zi} = 10 \cdot C_p \cdot t_i^x \cdot S_i^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Постоянную  $C_p$  и показатели степеней  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – выбираем из табл.22 [1];  
 $C_p=2000$   $x=0,9$ ;  $y=0,75$ ;  $n=-0,1$

$$P_Z = 10 \cdot 2000 \cdot 0,5^{0,9} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 43,32^{-0,1} = 6219,45 \text{ Н;}$$

1.9 Определяем машинное время:

$$t = \frac{L_{p.x.}}{S_0 \cdot n_{cm}},$$

$$t = \frac{97}{0,6 \cdot 800} = 0,2 \text{ мин;}$$

Общее время по операции:  $t=0.2+0.04+0.11=0.35$  мин

Операция 55 – сверлильная

Станок: в/сверлильный 2Н155

Материал: сталь ВТ-5Л

Твердость НВ 229...321,  $\sigma_B=800$  МПа.

1. Сверлить отверстие 1( $\varnothing 5.5 \pm_{0,17}^{1,0}$   $L_{рез}=2.6$  мм)  $R_a=3,2$ .

Инструмент: сверло – Р6М5,  $\varnothing 5.5$

Определяем длину рабочего хода инструмента:

$$L_{p.x.} = L_{рез.} + y ;$$

где:  $L_{рез}$  – длина резания;

$y$  – подвод, врезание и перебег инструмента;

$$y = \frac{D}{2 \cdot \operatorname{tg} \varphi} ;$$

$$y = \frac{5,5}{2 \cdot \operatorname{tg} 60^\circ} = 1,59 \text{ мм}$$

$$L_{p.x.} = 1,59 + 2,6 = 4,19 \text{ мм.}$$

Назначаем глубину резания. Она равна половине диаметра отверстия:

$$t = \frac{D}{2} ;$$

$$t = \frac{5,5}{2} = 2,75 \text{ мм}$$

Назначаем подачу на один оборот шпинделя станка [5],табл.7.24,стр. 233:

$$S_0 = 0,05 \text{ мм/об}$$

Уточняем подачу по паспорту станка

$$S_{ст} = 0,05 \text{ мм/об}$$

Определяем период экономической стойкости инструмента[2], табл.30, стр. 279:

$$T = 35 \text{ мин.}$$

Определяем скорость резания по формуле:

$$v_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S_0^y}$$

$C_v=4,2$ ;  $q=0,65$ ;  $y=0,65$ ;  $m=0,55$  по [2], табл. 29, стр. 278.

$$v_p = \frac{4,2 \cdot 5,5^{0,65}}{35^{0,55} \cdot 0,05^{0,65}} = 12,6 \text{ м/мин.}$$

Определяем расчетную частоту вращения сверла:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} ;$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 12,6}{3,14 \cdot 5,5} = 729 \text{ об/мин.}$$

Уточняем частоту вращения сверла по паспорту станка:  $n_{ст} = 500$  об/мин.

Определяем фактическую скорость резания по принятому числу оборотов сверла:

$$v_p = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{cm}}{1000} ;$$

$$v_p = \frac{3,14 \cdot 5,5 \cdot 500}{1000} = 8,63 \text{ м/мин.}$$

Определяем крутящий момент и осевую силу резания  $P_o$  по формулам:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p ,$$

$$P_o = C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p ,$$

где  $K_p = K_{mp}$

– коэффициент, который зависит от качества обрабатываемого материала;  $K_{mp}=1$

$C_M=0,09$ ,  $y=0,8$ ,  $q=2,0$  для крутящего момента,  $C_p=6,7$ ,  $y=0,7$ ,  $q=1,0$  для осевой силы по [2] табл.32 стр.281

;

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 5,5^{2,0} \cdot 0,05^{0,8} \cdot 1 = 2,47 \text{ Н·м,}$$

$$P_o = 6,7 \cdot 5,5^{1,0} \cdot 0,05^{0,7} \cdot 1 = 4,52 \text{ кГс.}$$

Определяем мощность резания  $N_{рез}$ :

$$N_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750},$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{2.47 \cdot 500}{9750} = 0,13 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем машинное время обработки:

$$t = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_0 \cdot n_{\text{см}}}$$

$$t = \frac{4.19}{0,05 \cdot 500} = 0.02 \text{ мин.}$$

С учетом того, что в данной операции, выполняется шесть отверстий общее машинное время будет составлять 0,12 мин.



Операция 080 - Фрезерная

Станок: фрезерный

Материал: сталь ВТ-5Л

Твердость НВ 229...321,  $\sigma_B=800$  МПа.

Фрезеровать лыски

Для фрезерования лысок используем дисковую полукруглую фрезу по ГОСТ 9305-69: радиус выпуклости зубьев  $R=12$  мм, диаметр фрезы  $D=60$  мм, ширина фрезы  $B=24$  мм, диаметр посадочного отверстия  $d=22$  мм, число зубьев  $z=12$ .

Длина рабочего хода:

$$L_{px} = L + y$$

$$L_{px} = 141 + 2 = 143 \text{ мм}$$

Глубина резания

$$t = 0.3 \text{ мм}.$$

Определяем подачу по формуле:

$$S_z = S_{zT} \cdot K_{sz}$$

$$S_z = 0.55 \cdot 0.14 = 0.08 \text{ мм}$$

где  $S_{zT}$  - табличное значение подач

$$S_{zT} = 0.55 \text{ мм согласно [2, табл. 34, с. 283]}$$

$$K_{sz} = K_{szc} \cdot K_{szh} \cdot K_{szr} \cdot K_{sz\phi}$$

$$K_{sz} = 0.5 \cdot 0.85 \cdot 0.5 \cdot 0.66 = 0.14$$

где  $K_{sz}=0.5$ — коэффициент, учитывающий шифр схемы фрезерования [4, табл. 109, с. 302];

$K_{szh} = 0.85$  — коэффициент, учитывающий материал фрезы [4, табл. 114, с. 305];

$K_{szr} = 0.5$  — коэффициент, учитывающий шероховатость обработанной поверхности [4, табл. 114, с. 305];

$K_{sz\phi} = 0.66$  — коэффициент, учитывающий форму обрабатываемой поверхности [4, табл. 114, с. 305].

Определяем скорость резания по формуле:

$$v_p = \frac{C_v \cdot D^{0.25}}{T^{0.3} \cdot S_z^{0.4} \cdot B^{0.14} \cdot t^{0.25} \cdot z^{0.1}}$$

$$v_p = \frac{90 \cdot 60^{0.25}}{240^{0.3} \cdot 0.08^{0.4} \cdot 24^{0.14} \cdot 0.3^{0.25} \cdot 12^{0.1}} = 147.47 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 147.47}{3.14 \cdot 60} = 782 \text{ об/мин}$$

$$n_{cm} = 700 \text{ об/мин}$$

Действительная скорость главного движения:

$$V = \frac{3.14 \cdot 60 \cdot 700}{1000} = 132.11 \text{ м/мин},$$

Силу резания  $P_z$  рассчитываем по:

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{Mp}$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 101 \cdot 0.3^{0.88} \cdot 0.08^{0.75} \cdot 24^1 \cdot 12}{60^{0.87} \cdot 500^0} \cdot 1.5 = 430.4 \text{ Н}$$

где:  $z$  – число зубьев фрезы,

$n$  – частота вращения фрезы,

$D$  – диаметр фрезы,

$B$  – ширина фрезы,

Постоянная  $C_p = 101$  и показатели  $x=0.87$ ,  $y=0.75$ ,  $n=1$ ,  $q=0.87$ ,  $w=0$  согласно [2, табл. 41, с. 291], поправочный коэффициент  $K_{Mp} = 1.5$  по [2, табл. 9, с.264].

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}$$

$$N = \frac{430.4 \cdot 132.11}{1020 \cdot 60} = 0,9 \text{ кВт},$$

Машинное время:

$$t_o = \frac{L_{p.x.}}{S \cdot n}$$

$$t_o = \frac{143}{0,08 \cdot 700} = 2,55 \text{ мин}$$

### 1.6.1 Проектирование операций на станках с ЧПУ.

#### Разработка РТК

Из маршрута обработки детали выбираем операцию, выполняемую на станке с ЧПУ. Это операция токарная, в которой обрабатывается торец, и внутренний диаметр детали.

Создание операционного эскиза включает в себя выбор наиболее рациональной схемы базирования детали, определение расчетных настроечных размеров, выбор системы координат.

Исходные данные:

1) Операционный эскиз (см. чертеж РТК)

Заготовка – отливка Материал: сталь ВТ-5Л,  
твердость HB 100...200,  $\sigma_b=250$  МПа.

2) Объем партии деталей  $n=1000$  шт.

3) Станок - токарный с ЧПУ АТПр2М12СН пульт управления Н22-

1М

Подготовка операционного эскиза

Обработка данной детали выполняется за одну установку последовательно несколькими инструментами.

Конструкция детали позволяет осуществить простое и надежное крепление ее в ходе операции универсальным приспособлением.

Такая схема базирования обеспечивает наибольшую точность и жесткость при обработке облегчает расчет координат опорных точек.

.Определяем настроечные размеры для обрабатываемых поверхностей детали и проставляем их на операционном эскизе над размерной линией слева от операционного размера.

Выбираем систему координат детали. Начало отсчета - пересечение осей "X-Z". Ось Z совмещена с осью вращения детали, ось X совмещена с левым торцом детали, который является упорной базой. Положительное направление осей показано стрелками.

Рассчитаем расчетные настроечные размеры для обработки детали. Для этого добавим к исполнительным размерам половину их допуска с соответствующим знаком. Результаты расчетов сведем в таблицу 1.10.

Таблица 1.10 – Расчетные настроечные размеры

Операционный размер	Настроечный размер
$2^{+1,0}$	2,5
$25,5^{+0,28}$	25,64
$4^{+0,1}$	4,05
$0,3^{+0,6}$	0,6
$0,2^{+0,4}$	0,4
$\varnothing 55,2^{+0,12}$	$\varnothing 55,26$
$\varnothing 66^{+0,2}$	$\varnothing 66,1$
$\varnothing 92,5_{-0,07}$	$\varnothing 92,465$
$0,9^{+0,2}$	1,0
$R0,8_{-0,6}$	R0,5
$R0,6_{-0,4}$	R0,4

Конечный файл ISO7BIT и управляющая программа приведены в приложении А.

## 1.7. Техническое нормирование

Технические нормы времени в условиях серийного производства, устанавливаются расчетно-аналитическим методом.

Норма времени в серийном производстве называется калькуляционной нормой времени:

$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \frac{T_{п.з.}}{n};$$

где:  $n$  – число деталей в партии;

$T_{п.з.}$  – подготовительно-заключительное время, мин;

$T_{шт.}$  – штучное время на одну деталь, мин.

$$T_{шт.} = (t_o + t_{\epsilon}) \cdot \left(1 + \frac{a_{обс} + a_{отд}}{100}\right);$$

где:  $t_o$  – основное (машинное) время, мин;

$t_{\epsilon}$  – вспомогательное время, мин;

$a_{обс}$  и  $a_{отд}$  – время на обслуживание рабочего места, перерыв на отдых и естественные надобности в процентах от оперативного времени.

$$t_{\epsilon} = t_{у.с.} + t_{у.п.} + t_{и.з.};$$

где:  $t_{у.с.}$  – время на установку и снятие детали, мин;

$t_{у.п.}$  – время на приемы управления, мин;

$t_{и.з.}$  – время на измерение детали, мин.

$$T_{оп} = t_o + t_{\epsilon} - \text{оперативное время.}$$

Определим штучнокалькуляционное время в операции 020 – токарная

$$t_o = 0,35$$

$$t_{у.с.} = 0,85$$

$$t_{у.п.} = 0,36$$

$$t_{и.з.} = 0,69$$

$$t_{\epsilon} = 0,85 + 0,36 + 0,69 = 1,9 \text{ мин}$$

$$T_{шт.} = (0,35 + 1,9) \cdot \left(1 + \frac{4 + 4}{100}\right) = 2,38$$

$$a_{обс} = 3\%, a_{отд} = 4\%$$

$T_{п.з.}$  для данной операции составляет 25 минут.

$$n = 20$$

Исходя из этого:

$$T_{шт.к.} = 2.38 + \frac{25}{20} = 3.63$$

Определим штучнокалькуляционное время в операции 055 – сверлильная

$$t_o = 0,12$$

$$t_{y.c.} = 1,13$$

$$t_{y.п.} = 0,56$$

$$t_{и.з} = 0,22$$

$$t_{\epsilon} = 1.13 + 0,56 + 0.22 = 1,91 \text{ мин}$$

$$T_{шт.} = (0.12 + 1.91) \cdot \left(1 + \frac{2.5 + 4}{100}\right) = 2.17$$

$$a_{обс} = 2,5\%, a_{отд} = 4\%$$

$T_{п.з}$  для данной операции составляет 25 минут.

$$n = 20$$

Исходя из этого:

$$T_{шт.к.} = 2.17 + \frac{25}{20} = 3.41$$

Значение штучно-калькуляционного времени на остальные операции заносим в таблицу 1.11:

Таблица 1.11 – Техническое нормирование

[illegible]



## 2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Описание станочного приспособления.

#### 2.1.1. Описание конструкции и принципа работы.

Данное приспособление представляет собой накладное приспособление с гидроусилителем. Оно предназначено для крепления детали на фрезерной операции. Через направляющую трубку подается поток жидкости, которая поднимает планку, что в свою очередь приводит к зажатию кулачками детали. После обработки жидкость перенаправляется по другой трубке и происходит расжатие кулачков, что позволяет произвести съём детали с приспособления.

Преимуществом гидравлических приводов является возможность получения больших усилий при малых его размерах и бесступенчатого регулирования усилий зажима и скоростей перемещения. К недостаткам относятся утечки жидкости, ухудшающие характеристики работы гидропривода, изменение свойств рабочей жидкости в зависимости от температуры, приводящее к изменению характеристик работы, необходимость квалифицированного обслуживания.

#### 2.1.2. Расчет погрешности базирования

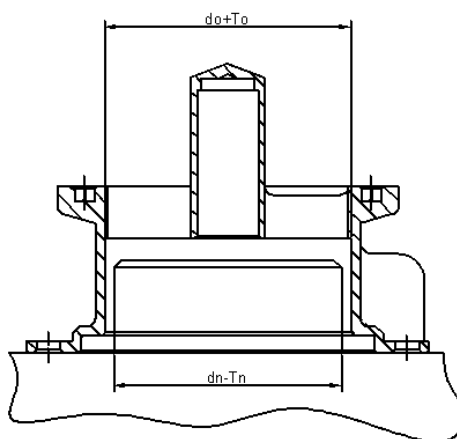


Рисунок 2.1 – Схема установки на цилиндрический палец.

В условиях крупносерийного и серийного производства, когда обработка ведется на настраиваемых станках, появляется погрешность установки, которая определяется:

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2}$$

Где:  $\varepsilon_{\delta}$  - часть общей погрешности установки, вызванной несовмещением измерительной и настроечной баз.

$\varepsilon_3$  - часть общей погрешности установки, вызванной совмещением измерительной базы относительно установленного в размер режущего инструмента, под действием сил резания.

$$\varepsilon_3 = 0,01 \text{ по [4] табл.4.2б. стр.135}$$

$$\varepsilon_{\delta L} = \frac{S_{\max}}{2},$$

где  $S_{\max} = T_o + T_{\Pi} + 2\Delta$

$$T_o = 0,12 \text{ мм,}$$

$$T_{\Pi} = 0,01 \text{ мм}$$

$$\Delta = 0.01 \text{ мм}$$

$$S_{\max} = 0,12 + 0,01 + 0,02 = 0,15 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\delta L} = \frac{0,15}{2} = 0,075$$

Погрешность установки:

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{0,075^2 + 0,01^2} = 0,07 \text{ мм} < TD = 0,12 \text{ мм,}$$

### 2.1.3. Определение усилия зажима

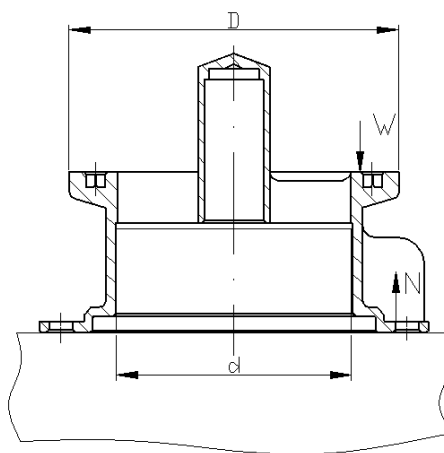


Рисунок 2.2 – Схема определения силы зажима при установке на палец.

$$W_{\text{д}} = k \cdot W_{\text{см}}$$

где:  $K$  – коэффициент запаса закрепления

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

Где:  $K_0$  - гарантированный коэффициент запаса закрепления – 1,5  
 $K_1$  - коэффициент учитывающий колебание сил резания в процессе резания из-за неравномерности припуска – 1,2  
 $K_2$  - коэффициент учитывающий неравномерный износ режущего инструмента – 1,4  
 $K_3$  - коэффициент учитывающий изменение сил при прерывистом резании 1,2.  
 $K_4$  - коэффициент, характеризующий зажимающее устройство с точки зрения постоянства развивающих сил – 1,0  
 $K_5$  - коэффициент, характеризующий удобство рукоятки – 1,0  
 $K_6$  - коэффициент, характеризующий постоянство положения заготовки – 1,5

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 4,54$$

Исходной величиной для расчетов является суммарный момент резания  $\Sigma M_{\text{рез}}$ , действующий на заготовку в процессе обработки.

$$\Sigma M_{\text{рез}} = M_{\text{тр}}$$

где:  $M_{\text{тр}} = \frac{W_{\text{см}} \cdot f \cdot (D^3 - d^3)}{3 \cdot (D^2 - d^2)}$  откуда

$$W_{\text{см}} = \frac{3 \cdot \Sigma M_{\text{рез}} \cdot (D^2 - d^2)}{f \cdot (D^3 - d^3)}$$

Следовательно с учетом коэффициента  $K$  сила зажима будет равна:

$$W_{\text{см}} = \frac{3 \cdot k \cdot \Sigma M_{\text{рез}} \cdot (D^2 - d^2)}{f \cdot (D^3 - d^3)}$$

$$M_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100},$$

где:  $P_z$  – сила резания,  
 $D$  – диаметр фрезы.

Силу резания  $P_z$  рассчитываем по:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{Mp}$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 0,3^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 10^1 \cdot 20}{30^{1,3} \cdot 50^{0,2}} \cdot 1,5 = 813,44 \text{ Н}$$

где :  $z$  – число зубьев фрезы,  
 $n$  – частота вращения фрезы,  
 $D$  – диаметр фрезы,  
 $B$  – ширина фрезы,

Постоянная  $C_p = 825$  и показатели  $x=1$ ,  $y=0.75$ ,  $n=1$ ,  $u=1.1$ ,  $q=1.3$ ,  $w=0.2$  согласно [2, табл. 41, с. 291], поправочный коэффициент  $K_{Mp} = 1,5$  по [2, табл. 9, с.264].

$$M_{рез} = \frac{813,44 \cdot 30}{2 \cdot 100} = 122 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$W_{cm} = \frac{3 \cdot 4,54 \cdot 122 \cdot (74^2 - 56,2^2)}{0,2 \cdot (74^3 - 56,2^3)} = 85,37 \text{ Н}$$

#### 2.1.4. Расчет приспособления на прочность.

Гидроцилиндры рассчитываются и проверяются на прочность по формуле:

$$\sigma_p = \frac{1,3D^2 + 0,4d^2}{(D^2 - d^2) \cdot 10^2} \cdot p \leq [\sigma_p] ,$$

где  $D$  и  $d$  – наружный и внутренний диаметры гидроцилиндра

$p$  – давление жидкости, МПа;

$\sigma_p$  - напряжение растяжения на внутренней поверхности стенки цилиндра, Мпа;

$[\sigma_p]$  – допустимое напряжение на растяжение равное 110...120 МПа

$$\sigma_p = \frac{1,3 \cdot 75^2 + 0,4 \cdot 63^2}{(75^2 - 63^2) \cdot 10^2} \cdot 4 = 0,21 \text{ МПа} < 110 \text{ МПа}$$

условие выполняется, размеры гидроцилиндра удовлетворяют необходимым условиям.

### 2.1.5 Расчет приспособления на точность:

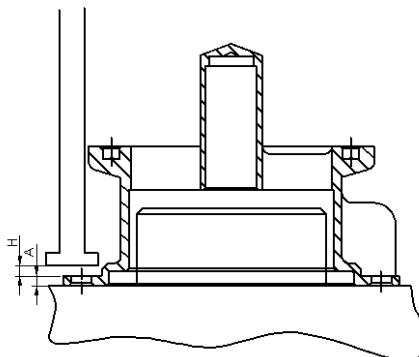


Рисунок 2.3 – Схема установки фрезы по эталону

#### 1. Определяем средний размер обработки

$$A_{cp} = A - \frac{T_A}{2}$$

$$A_{cp} = 2.6 - \frac{0.24}{2} = 2.38 \text{ мм}$$

#### 2 Определим средний размер высоты установа

$$H_{cp} = A_{cp} - S$$

$$H_{cp} = 2.38 - 1 = 1.38 \text{ мм}$$

#### 3. Рассчитываем допуски на изготовление установа по формуле:

$$T_H \leq T_A - (k_1 \cdot \epsilon_{\delta} + \epsilon_3 + k_2 \omega)$$

где:  $k_1 = 0.12$

$$k_2=0.63$$

$\varepsilon_6=0$  так как измерительная и настроечные азы совпадают

$$\varepsilon_3=0,01 \text{ по [4] табл.4.2б. стр.135}$$

$$\omega = 0,15 \text{ по [5] табл 5.2 стр. 63}$$

$$T_H \leq 0,24 - (0,12 \cdot 0 + 0,01 + 0,63 \cdot 0,15) = 0,135$$

$$T_H = \pm \frac{T_H}{2} = \frac{0,135}{2} = 0,067$$

Принимаем допуск на изготовление приспособления  $\pm 0,05$ ,

Исполнительный размер установка будет равен  $1,4 \pm 0,05$

2.1.6 Расчёт экономической эффективности принятой конструкции приспособления.

Условие эффективного применения приспособления выражается формулой:

$$n = \mathcal{E}_n - P$$

где  $\mathcal{E}_n$  – годовая экономия (без учета годовых затрат на приспособление), *грн*;

$P$  – годовые затраты на приспособление, *грн*.

Годовая экономия определяется из выражения:

$$\mathcal{E}_n = \frac{(T_{um} - T_{um}^n) \cdot C_{ч.з} \cdot N}{60}$$

где  $T_{um}$  – штучное время при обработке детали без приспособления или в универсальном приспособлении;

$T_{um}^n$  – штучное время на операции после внедрения проектируемого приспособления;

$C_{ч.з}$  – часовые затраты по эксплуатации рабочего места;

$N=1000$  шт – годовая программа.

Часовые затраты по эксплуатации рабочего места:

$$C_{ч.з} = C_{ч.з}^{б.у} \cdot k_m = 1.89 \cdot 0,8 = 1.5 \text{ грн/ч}$$

где  $C_{ч.з}^{б.у}$  – практические скорректированные часовые затраты на базовом рабочем месте,

$C_{ч.з}^{б.у} = 1.89$  грн – для условий двухсменного производства, для мелкосерийного производства;

$k_m = 0,8$  – машино-коэффициент [10, с. 174]

$$T_{ум}^n = t_o + t_v + t_{обсл} + t_{отд} = 0,94 + 1,21 + 0,49 + 1,21 = 3,85 \text{ мин},$$

где  $t_o = 0,94$  мин;  $t_v = 2,91$  мин;  $t_{ум} = 15,26$  мин;  $t_{обсл} = 0,35$  мин;  $t_{отд} = 0,7$  мин.

Тогда:

$$\mathcal{E}_n = \frac{(T_{ум} - T_{ум}^n) \cdot C_{ч.з} \cdot N}{60} = \frac{(15,26 - 3,85) \cdot 1,5 \cdot 1000}{60} = 285,25 \text{ грн}$$

Годовые затраты на приспособление:

$$P = S_{пр} \cdot (A + B) = 190 \cdot (0,5 + 0,2) = 133 \text{ грн}$$

где  $S_{пр} = 190$  грн по [10, с.150]- стоимость приспособления

$A$  – коэффициент амортизации: при окупаемости в два года  $A = 0,5$ ;

$B$  – коэффициент, учитывающий ремонт и хранение приспособления  $B = 0,2$ .

Экономический эффект от применения приспособления:

$$n = \mathcal{E}_n - P = 285,25 - 133 = 152,25 \text{ грн.}$$

## 2.2. Описание контрольного приспособления

Принцип работы данного прибора состоит в следующем:

Деталь, устанавливается на плиту, упорным торцом.. Затем к поверхности на которой необходимо произвести замер отклонения от параллельности подводятся ножку, которая в свою очередь ввинчена в индикаторные часы, закрепленные на специальном подвижном кронштейне . Индикаторные часы устанавливаются на ноль и производится замер отклонения по заданной поверхности. Разница между максимальным и минимальным значениями отклонения и будет составлять биение измеряемой поверхности.

### 2.2.2 Расчет на точность

Обоснование пригодности выбранной конструкции контрольного приспособления сводится в расчете на погрешность измерения:

Погрешность измерения определяется по формуле:

$$\Delta = \sqrt{\Delta 1^2 + \Delta 2^2 + \Delta 3^2 + \Delta 4^2 + \Delta 5^2},$$

где,  $\Delta 1$  - погрешность базирования контролируемой детали

$\Delta 1 = 0$  мм

$\Delta 2$  - точность, цена деления непосредственно измерительных устройств,

$\Delta 2 = 0.01$  мм

$\Delta 3$  - погрешность настройки приспособления по эталонной детали

$\Delta 3 = 0.01$  мм

$\Delta 4$  - температурные и упругие деформации,

$\Delta 4 = 0$  мм

$\Delta 5$  - допустимый износ контрольного устройства. Износ контактных частей данного приспособления не вызывает погрешности измерения при своевременной настройке приспособления по эталону, следовательно

$\Delta 5 = 0$  мм.

Тогда, погрешность измерения приспособления равна:

$$\Delta = \sqrt{0.01^2 + 0.01^2} = 0.014 \text{ мм}$$

Суммарная погрешность измерения не превышает допустимые 30% величины допуска на контролируемый размер, следовательно данное приспособление пригодно для контроля заданных размеров детали.



### 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА И УЧАСТКА

#### 3.1 Определение необходимого количества технологического оборудования и его загрузки

Ориентируясь на заданную программу выпуска, предварительно назначаем тип производства –серийное с переменнo-поточной формой организации работ (см. п. 1.2).

В цехе будет обрабатываться три группы деталей:

- Группа 1 – детали стартера воздушного;
- Группа 2 – мелкие детали;
- Группа 3 – детали маслосистемы;

Все исходные и расчётные данные приведены в таблице 3.1

Далее, окончательно устанавливаем тип и форму организации производства. Для этого нужно рассчитать необходимое количество станков для обработки деталей группы «крупногабаритные детали», определить коэффициент загрузки оборудования и средний коэффициент загрузки, а также определить коэффициент закрепления операции.

Рассчитаем годовую станкоёмкость по каждому виду работ по следующей формуле:

$$t_{\phi-\hat{e}_i} = \sum t_{\phi-\hat{e}_j} \cdot N_j$$

Рассчитываем количество станков, необходимых для выполнения операций по формуле:

$$S_{pi} = \frac{\sum t_{\phi-\hat{e}_i} \cdot N_j}{F_{\ddot{a}} \cdot m \cdot 60}$$

где  $F_d = 3992$  часов – годовой фонд времени работы станка;  $m = 1$  – количество смен.

Таблица 3.1 – Исходные данные и результаты расчёта необходимого количества технологического оборудования и его загрузки

Номер детали	Годовая программа, N, шт.	Номер операции											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Модель станка											
		1A720	АТПр2М12	RD-III	1K62	1K62	Хилле	2Н151	2Н151	АТПр2М12	6Р13ФВ	6Н11	6М21
		Станкоемкость (штучно-калькуляционное время), мин											
1	1000	1,33	11,33	5,71	7,17	3,84	4,51	3,41	3,41	11,47	14,05	5,37	5,32
2	10000	6.12	12.69	5.96	2.63	8.36	8.32	13.32	7.21	13.32	15.21	20.36	6.32
3	10000	5.11	14.2	20.63	5.86	6.39	16.21	20.46	5.02	11.63	7.96	25.36	18.5
4	10000	6.32	9.23	6.12	7.2	4	7.23	18.35	4.96	10.16	12.38	5.11	6.12
$\Sigma t_{ш-к}N$		179130	372530	332810	164070	191340	322110	524710	175310	362570	369550	513670	314720
$S_{Pi}$		0.75	1,56	1.39	0.68	0.8	1.34	2.19	0,73	1.51	1,54	2.14	1.31
$S_{ni}$		1	2	1	1	1	2	3	1	2	2	3	2
$K_{3i}$		0.75	0,78	0.69	0.68	0.8	0.67	0.73	0.73	0.76	0,77	0.71	0.66

Коэффициент загрузки станка определяем по формуле:

$$K_{\zeta^i} = \frac{S_p}{S_n}$$

Определяем средний коэффициент загрузки станков по формуле:

$$\overline{K}_{\zeta} = \frac{\sum S_p}{\sum S_n}$$

$$K_{3i} = 0.73$$

$$\overline{K}_3 = 0.033$$

Количество деталей-операций, выполняемых на технологической линии обработки крупногабаритных деталей  $O = 48$  детали-операция.

Число рабочих мест  $M = \sum S_n = 15$ .

Рассчитываем коэффициент закрепления операции:

$$K_{\zeta i} = \frac{\hat{I}}{\dot{I}}$$

$$K_{30} = \frac{48}{22} = 2.18$$

Так как,  $1 < 2.18 < 10$ , то окончательно тип производства принимаем крупносерийным, а форму организации производства на линии обработки деталей стартера воздушного – переменнo-поточную.

### 3.2 Определение численности основных производственных рабочих

Численность основных производственных рабочих-станочников (операторов) определяют по трудоёмкости механических работ.

В крупносерийном производстве численность рабочих – станочников определяют путем анализа структуры штучного времени и построения циклограммы многостаночного обслуживания.

Многостаночное обслуживание может быть применено в том случае, если основное (машинно-автоматное) время на операцию больше суммы вспомогательного времени на других операциях и времени, используемого на переходы оператора от станка к станку, то есть:

$$t_{O\max} \geq \sum t_{\hat{a}\hat{n}\hat{i}} + \sum t_{i\hat{a}\hat{o}}$$

Количество станков, которое может обслужить один оператор, рассчитываем по формуле:

$$m_s = \frac{t_{O\max}}{t_{\hat{o}\hat{a}\hat{a}} + t_{i\hat{a}\hat{o}}}$$

где  $t_{O\max}$  – максимальное основное время на станках, намеченных к объединению в зону обслуживания;

$t_{\text{раб}}$  – время обслуживания рабочим оператором станка;

$t_{\text{пер}} = 0,2$  мин – время на переход от станка к станку.

Условию 3.6 соответствует:

- Группа токарных станков с ЧПУ АТПр2М12 на операции 25;

$$6.82 > 2.6 + 0,2$$

- Группа токарных станков с ЧПУ АТПр2М12 на операции 70;

$$7.12 > 2.43 + 0,2$$

- Группа фрезерных станков с ЧПУ 6Р13ФВ на операции 75.

$$8.21 > 3.75 + 0,2$$

Количество станков, которое может обслужить один оператор:

$$m_{s1} = \frac{6.82}{2.6 + 0,20} = 2.4$$

$$m_{s2} = \frac{7.12}{2.43 + 0.2} = 2.7$$

$$m_{s3} = \frac{8.21}{3.75 + 0,20} = 2.07$$

Из вышеприведенных расчетов делаем вывод, что оператор успеет обслужить станки, находящиеся в зоне многостаночного обслуживания, а также у него останется свободное время.

Число операторов в зоне обслуживания рассчитываем по формуле:

$$R_s = \frac{S_i}{m_{si}}$$

$$R_{s1} = \frac{2}{2.4} = 0.83$$

$$R_{s2} = \frac{2}{2.7} = 0,74$$

$$R_{s3} = \frac{2}{2.07} = 0.96$$

Из расчетов следует, что для каждой из зон достаточно одного оператора. Для остальных операций назначаем по одному рабочему на место.

3.3 Планирование технологического оборудования и рабочих мест на участке механической обработки. Определение площади производственного участка

Выбираем сетку колон 24x12 метров

размещать технологическое оборудование и транспорт будем по схеме двухрядной поточной линии.

Поточная линия обработки имеет длину  $a = 60$  м и ширину  $b = 10,7$  м.

Производственная площадь линии:

$$F = a \cdot b$$

$$F = 62.75 \cdot 10.7 = 642 \text{ м}^2$$

Удельная площадь:

$$\gamma = \frac{F}{S_{\Sigma}}$$

$$\gamma = \frac{642}{22} = 29.2 \text{ м}^2$$

### 3.4 Приближенное проектирование механического цеха

Планировка цеха – это план расположения производственного, подъемно-транспортного и другого оборудования, инженерных сетей, рабочих мест, проездов и проходов и др.

Разработка планировки является весьма сложным и ответственным этапом проектирования, когда одновременно должны быть решены вопросы осуществления технологических процессов, организации производства и экономики, техники безопасности, выбора транспортных средств, механизации и автоматизации производства, научной организации труда и производственной эстетики. При разработке планировок должны учитываться следующие основные требования:

1. Оборудование в цехе должно размещаться в соответствии с принятой организационной формой технологических процессов. При этом нужно стремиться к расположению производственного оборудования в порядке последовательности выполнения технологических операций обработки, контроля и сдачи деталей или изделий.

2. Расположение оборудования, проходов и проездов должно гарантировать удобство и безопасность работы; возможность монтажа,

демонтажа и ремонта оборудования; удобство подачи заготовок и инструментов; удобство уборки отходов

3. Планировка оборудования должна быть увязана с применяемыми подъемно-транспортными средствами. В планировках должны быть предусмотрены кратчайшие пути перемещения заготовок, деталей, узлов в процессе производства, исключая возвратные движения, грузопотоки не должны пересекаться между собой, а также не пересекать и не перекрывать основные проезды, проходы и дороги, предназначенные для движения людей.

4. Планировка должна быть «гибкой», т. е. необходимо предусматривать возможность перестановки оборудования при изменении технологических процессов.

5. На планировке должны быть предусмотрены рабочие места для руководящего, инженерно-технического персонала; следует предусматривать возможность применения механизированного и автоматизированного учета и управления.

6. При разработке планировки должна быть рационально использована не только площадь, но и весь объем цеха и корпуса. Высота здания должна быть использована для размещения подвесных транспортных устройств, для размещения проходных складов деталей и узлов, инженерных коммуникаций и т. д.

Планировка производственного участка представляет собой расположенное на плане в масштабе 1:100 оборудование, проезды и переходы.

При выполнении планировок оборудования руководствуются нормами расположения, т.е. расстояние между станками, верстаками, элементами здания, ширина проходов и проездов, регламентируемые правилами техники безопасности и производственной санитарии. Нормы расстояний зависят от габаритов станков, в зависимости от которых все станки разделены на 4 группы.

#### 3.4.1. Вспомогательные отделения и участки

Ремонтная группа (группа механика) и группа РЕМПРИ. Предназначены для выполнения необходимых профилактических и ремонтных работ на технологическом оборудовании, а также ремонта приспособлений и изготовления нестандартной оснастки.

Отделение по приготовлению СОЖ. Приготовление смазочно-охлаждающих жидкостей и раздача их по рабочим местам осуществляются централизованным способом по трубопроводам от центральной установки. Центральная установка располагается в специальном помещении у наружной стены здания, имеющем выход наружу в целях пожарной безопасности.

#### Выбор внутрицехового и межоперационного транспорта

При разработке планировок необходимо одновременно намечать транспортные средства, для передачи деталей от операции к операции в соответствии с ходом технологического процесса. При проектировании

следует комплексно разрабатывать механизацию процессов перемещения деталей и процессов их складирования. Производственный процесс начинается с приемки исходных материалов, заготовок, полуфабрикатов и готовых изделий на склады. Поэтому склады и транспорт должны представлять собой единую систему, входящую в производственный процесс.

Выбор транспортных средств зависит от характера обрабатываемых на участке заготовок, их массы и габаритов, размера транспортной партии, типа производства, при этом транспорт должен экономично и рационально обслуживать технологический процесс.

Цеховой транспорт предназначен для перевозки грузов внутри цеха, для обслуживания станков, рабочих мест, складских помещений. Основными видами транспорта является авто- и электроручные тележки, подъемники, монорельсы, мостовые краны, кран-балки, конвейеры, желоба и т.д.

В качестве межоперационного транспорта используем ручные тележки и поворотные краны, свободно стоящие на колонне для доставки деталей с одной операции на другую.

В качестве внутрицехового транспорта используем автокары и мостовой электрический кран.

Ширина внутрицехового магистрального проезда равна 4,5 м.

Цеховая система уборки и транспортирования стружки.

Для того чтобы обеспечить возможность механизации процессов сбора, транспортирования и уборки стружки, необходимо выполнять планировку оборудования таким образом, чтобы в данной линии станков обрабатывались детали из материала одной марки.

Современные станки в своей конструкции имеют корыта для СОЖ, применяемых при резании; стружка собирается в это корыто, а затем оттуда убирается.

Выбор той или иной схемы транспортирования стружки от места ее образования до места переработки зависит от количества, сорта, материала и вида стружки, а также от компоновки и планировки участка. Поэтому этот вопрос должен решаться в комплексе.

Проектируя систему транспортирования стружки, следует иметь в виду, что смешивание стружки различных марок дорогостоящих материалов недопустимо. Каждый вид стружки имеет свои особенности в транспортировании. Легко транспортируется мелкая, сыпучая стружка, труднее всего - длинная, витая, поэтому в технологических процессах обработки деталей необходимо применять инструмент и виды обработки, обеспечивающие дробление стружки непосредственно в зоне резания. При наличии на заводе нескольких механических цехов с небольшим выходом стружки в каждом из них (менее 1т/ч) проектируется общезаводское отделение переработки стружки. При выходе стружки в цехе около 1т/ч предусматривается комплексный участок переработки всех видов стружки.

В проектируемом цехе основная часть напусков и припусков снимается на черновых токарных и сверлильных станках. Образующаяся при этом стружка перемещается сначала от группы станков в приемные люки. В люк стружку сбрасывает уборщик стружки. Люки закрыты решетками в соответствии с техникой безопасности. Далее стружка попадает на магистральный транспортер, обслуживающий весь цех. С магистрального транспортера она попадает в отделение по переработке стружки, где производится дробление стружки и брикетирование. Отделение по переработке стружки располагается у наружной стены производственного здания для удобства погрузки брикетов на внутриводской транспорт.

Основными показателями проектируемого участка являются:

- партия запуска –  $n=20$  шт
- средний коэффициент загрузки оборудования –  $K_3=0,73$
- Количество технологического оборудования – 22 шт
- Количество рабочих – 12 человек
- Производственная площадь -  $642 \text{ м}^2$
- Удельная площадь на единицу технологического оборудования –  $29,2 \text{ м}^2$ .

### 3.2 Техническое нормирование

Технические нормы времени в условиях серийного производства, устанавливаются расчетно-аналитическим методом.

Норма времени в серийном производстве называется калькуляционной нормой времени:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт.}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n};$$

где:  $n$  – число деталей в партии;

$T_{\text{п.з.}}$  – подготовительно-заключительное время, мин;

$T_{\text{шт.}}$  – штучное время на одну деталь, мин.

$$T_{\text{шт.}} = (t_o + t_e) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{обс}} + a_{\text{отд}}}{100}\right);$$

где:  $t_o$  – основное (машинное) время, мин;

$t_e$  – вспомогательное время, мин;

$a_{\text{обс}}$  и  $a_{\text{отд}}$  – время на обслуживание рабочего места, перерыв на отдых и естественные надобности в процентах от оперативного времени.

$$t_e = t_{\text{у.с.}} + t_{\text{у.п.}} + t_{\text{и.з.}};$$

где:  $t_{\text{у.с.}}$  – время на установку и снятие детали, мин;

$t_{\text{у.п.}}$  – время на приемы управления, мин;

$t_{\text{и.з.}}$  – время на измерение детали, мин.



$$T_{on} = t_o + t_e - \text{оперативное время.}$$

Данные о составляющих штучно-калькуляционного времени берем из справочника и заносим в таблицу 3.1:





## 6 СПЕЦЗАДАНИЕ

Виброполировальная обработка деталей из титановых сплавов.

### 6.1 Общие данные о виброабразивной обработке металлов

Наиболее распространенным методом обработки свободными абразивами является вибрационная обработка (ВиО). Вибрационная обработка в зависимости от характера применяемой рабочей среды представляет собой механический или химико-механический процесс съема мельчайших частиц и его окислов с обрабатываемой поверхности, а также сглаживание микронеровностей путем их пластического деформирования частицами рабочей среды, совершающими в процессе работы колебательное движение.

Обрабатываемые детали загружаются в рабочую камеру, заполненную рабочей средой требуемой характеристики. Рабочая камера, установленная на упругой подвеске, может колебаться в различных направлениях (рис. 6.1).

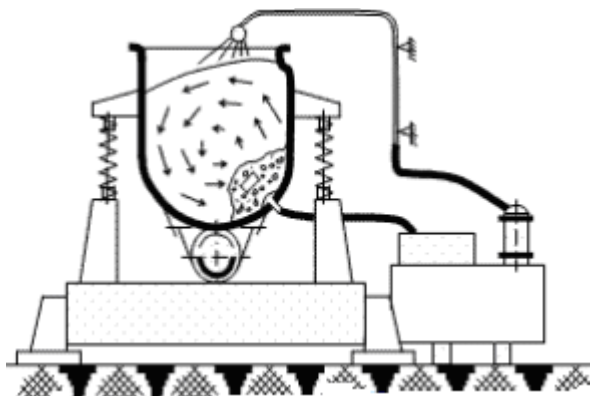


Рис. 6.1. Схема процесса вибрационной обработки:

Привод рабочая камера получает от инерционного вибратора с частотой до 50 Гц и амплитудой от 0,5 до 6 — 8 мм. В процессе обработки детали и частицы рабочей среды относительно перемещаются, совершая два вида движений: колебания и медленное вращение всей массы загрузки (циркулярное движение). От стенок рабочей камеры вибрация передается прилегающим слоям рабочей среды, которые сообщают ее следующим слоям и т.д. В процессе обработки детали занимают различные положения в рабочей среде, что обеспечивает достаточно равномерную обработку всех поверхностей.

Большое количество микроударов, действующих на обрабатываемую деталь одновременно в различных направлениях, способствует в некоторой степени удержанию ее во взвешенном состоянии, исключая грубые забоины и повреждения. Это позволяет обрабатывать детали малой жесткости.

В результате циркуляции обработка происходит во всех зонах рабочей камеры, наиболее эффективно около дна камеры, где давление рабочей среды выше.

Большинство операций ВиО производится с непрерывной или периодической подачей технологической жидкости. ТЖ обеспечивает удаление

продуктов износа (частиц металла и абразива) с поверхности деталей и частиц рабочей среды, смачивает детали и среду, помогает их разделению и равномерному распределению деталей в рабочей среде, способствует охлаждению обрабатываемых деталей. Конструкции вибрационных станков позволяют применять различные сочетания твердых, жидких и смешанных компонентов рабочих сред. Это создает условия протекания химических и электрохимических процессов. ВиО производится в условиях относительно высокой активности обрабатываемой поверхности, вследствие ее очищенности от окислов и загрязнений и применения соответствующих ТЖ.

Объем рабочей камеры может изменяться от 0,1 дм<sup>3</sup> до нескольких м<sup>3</sup>, что позволяет проводить обработку различных по размерам деталей.

В процессе обработки создаются хорошие условия для удаления стружки и шлама, свободно проникающих между частицами рабочей среды и уносимых ТЖ через перфорированные люки в бак-отстойник.

Основными технологическими факторами являются амплитуда и частота колебаний, характеристики рабочей среды, материала деталей и время обработки.

Особенности ВиО – одновременная обработка большого количества деталей без закрепления, возможность обработки деталей различных размеров, возможность обработки деталей малой жесткости. Обработка производится в основном в пределах профиля исходной шероховатости, т.е. является «безразмерной», однако при необходимости удаления дефектного слоя (после литья, штамповки и т.п.) можно снимать больший припуск за счет увеличения времени ВиО.

## 6.2. Классификация методов отделочной обработки

Развитие современного производства ставит задачи повышения производительности труда и качества изделий в различных отраслях промышленности. К внешнему виду ювелирных и художественных изделий предъявляются высокие требования. Их поверхность не должна иметь раковин, трещин, вмятин, заусенцев, шероховатостей, острых кромок, следов работы инструмента, облоя и царапин. Поэтому технологические процессы обработки таких изделий включают операции отделочной обработки (шлифовка, полировка).

Финишная обработка для них применяется как окончательный этап изготовления изделия перед нанесением покрытий и после нанесения покрытий. Финишная обработка позволяет обеспечить требуемое качество изделий.

По виду режущего инструмента известные методы абразивной обработки можно разделить на обработку закрепленным абразивом (шлифование, хонингование и т.д.) и свободными абразивами (вибрационная обработка (ВиО), центробежно-ротационная обработка (ЦРО), струйно-абразивная обработка (САО), турбоабразивная обработка (ТАО), обработка свободным абразивом, уплотненным инерционными силами (ОСАУИС), магнитно-абразивное полирование (МАП) и т.п.).

Наиболее распространены методы обработки закрепленным абразивом, обеспечивающие высокую производительность и геометрическую точность деталей, низкую шероховатость поверхности и возможность обработки высокотвердых материалов. Однако эти методы обработки имеют ряд недостатков. Обработке подвергаются в основном плоские поверхности, либо поверхности тел вращения, в некоторых случаях линейчатые.

Динамический характер воздействия зерна приводит к появлению всплесков температур, что усугубляется трением связки о деталь и приводит к снижению физико-механических свойств, нежелательным структурным превращениям (прижогам) и т.п. При этом примерно около 80% всей механической работы, затрачиваемой на процесс шлифования, переходит в тепло. Недостаток свободного места для сбора и удаления стружки из зоны резания вызывает засаливание абразивного инструмента, снижение эффективности шлифования и является дополнительным источником повышения температуры. Необходимость периодической правки шлифовального круга приводит к повышенному расходу абразивных материалов.

Процессы обработки закрепленными абразивами исследованы достаточно подробно. Разработаны теоретические основы шлифования, хонингования и т.п., методика выбора технологических режимов. Опубликованы сведения о свойствах и оптимальных методах использования абразивов применительно к чистовым операциям по обработке металлических, твердосплавных и других деталей, конструкции кругов и брусков, систематизированы материалы, опубликованные в стандартах, отраслевых нормах и технической литературе. Изданы соответствующие справочники и нормативы режимов резания. Ряд исследований посвящены оптимизации технологических режимов обработки закрепленным абразивом и используются в современных САПР ТП.

Стремление удешевить окончательную обработку, а также отделить режущий инструмент от державки, шпинделя и станка (для обработки поверхностей сложной формы) привело к созданию новых методов обработки – свободными абразивами, в которых инструмент не имеет механической связи со станком.

При обработке свободными абразивами зерна более полно используют свои режущие способности, так как происходит равномерное распределение их режущих кромок относительно обрабатываемых поверхностей, а также переориентация и перемещение в процессе обработки. Такие методы позволяют, при сравнительно простых кинематических схемах оборудования, осуществлять обработку деталей сложной конфигурации из различных материалов. Значительно снижается и температурный режим процесса, так как скорости резания меньше, чем при обычном шлифовании, а зоны микрорезания обильно омываются технологической жидкостью (ТЖ). Это позволяет получать высокое качество обработанной поверхности без прижогов, микротрещин и нежелательных структурных изменений. Обработке могут подвергаться детали, размеры которых меняются в широких пределах, от нескольких миллиметров до нескольких метров.

Методы обработки свободными абразивами позволяют осуществлять операции шлифования, полирования, удаления заусенцев и облоя, скругления

острых кромок, упрочнения, нанесения покрытия, а также производить комбинированную обработку с использованием различных видов дополнительной энергии (химической, электрической, магнитной, тепловой и т.п.).

Методы обработки свободными абразивами разработаны сравнительно недавно и изучены менее, чем методы обработки закрепленным абразивом. Теоретические основы разработаны не для всех методов, а нормативы выбора режимов обработки практически отсутствуют. Отделочные справочные материалы не сведены в единое целое, сделаны лишь первые попытки создать обобщенную теорию обработки свободными абразивами. Это не позволяет перейти к оптимизации технологических параметров и автоматизации технологических процессов.

Различают следующие основные методы обработки деталей свободным абразивом:

#### 6.2.1. Центробежно-ротоционная обработка

Способ объемной центробежно-ротационной обработки (ЦРО) заключается в том, что гранулированная обрабатывающая среда и детали приводятся во вращательное движение вокруг вертикальной оси таким образом, что приобретает форму тора, в котором частицы движутся по спиральным траекториям. Схема процесса центробежно-ротационной обработки представлена на рис. 6.2. Тороидально-винтовой поток обеспечивается конструкцией рабочей камеры станка, состоящей из неподвижной обечайки и примыкающего к ней вращающегося ротора, имеющего в наиболее распространенном варианте форму тарелки.

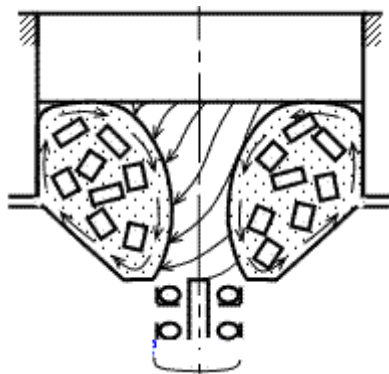


Рис. 6.2. Схема процесса центробежно-ротационной обработки:

Обрабатываемые детали загружаются в рабочую камеру «в навал» и перемещаются вместе с рабочей средой. Съем металла осуществляется за счет относительного перемещения и взаимодействия абразивных гранул и деталей, смачиваемых жидкостью, непрерывно подаваемой в рабочую камеру. Таким образом могут обрабатываться детали различной геометрической формы, имеющие достаточную жесткость, чтобы не деформироваться в тороидально-винтовом потоке. ЦРО также является «безразмерной».

ЦРО позволяет получить высокую интенсивность обработки за счет больших скоростей перемещения компонентов тороидально-винтового потока.

Свободное перемещение и циркуляция деталей в потоке способствует их равномерной обработке. ТЖ обеспечивает удаление стружки и шлама с поверхности деталей и частиц рабочей среды, смачивает их, способствует охлаждению обрабатываемых деталей.

Интенсивность ЦРО зависит от скорости вращения ротора и продолжительности обработки, характеристики и размеров частиц рабочей среды, объема рабочей камеры, механических свойств материала обрабатываемых деталей и т.п.

Конструкции станков для ЦРО также позволяют применять различные сочетания твердых и жидких компонентов, создавать условия для протекания химических и электрохимических процессов.

Достоинства ЦРО – высокая интенсивность обработки, одновременная обработка партии деталей, обработка деталей небольших размеров.

Недостатки ЦРО — повышенный износ абразивной среды, возможность деформации деталей малой жесткости.

#### 6.2.2. Струйно-абразивная обработка

Способ струйно-абразивной обработки (САО) заключается в использовании эффекта удара частиц обрабатывающего материала об обрабатываемую поверхность. Физическая картина процесса аналогична изнашиванию материалов, находящихся под действием потока частиц. Кроме съема металла с поверхности, наблюдается ее упрочнение и изменение микрогеометрии, а в тонких поверхностных слоях возникают остаточные напряжения сжатия.

Принципиальная схема САО приведена на рис. 1.4.

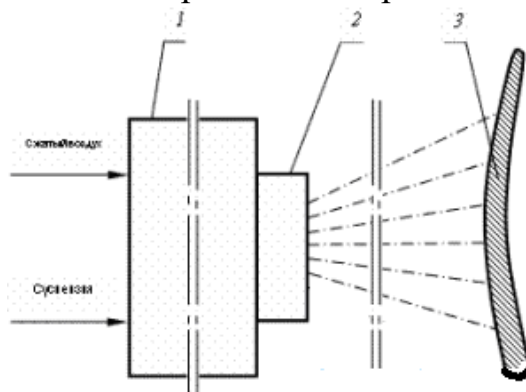


Рис. 6.3. Принципиальная схема струйно-абразивной обработки:

1 – струйный аппарат; 2 – сопло; 3 — деталь

Перемешанные с жидкостью и соответствующими антикоррозионными присадками частицы абразивного материала поступают в струйный аппарат 1, где посредством энергии сжатого воздуха разгоняются до скорости 100 – 200 м/с и распыляются соплом 2 в виде струи. Струя направляется на деталь 3 и обрабатывает ее, соударяясь с поверхностью. Основными технологическими факторами, влияющими на результаты обработки, являются: давление сжатого воздуха, вид абразивного материала и его зернистость, концентрация и состав суспензии, угол атаки струи, длина струи и время обработки.



На эффективность процесса влияет также и конструкция струйного аппарата. Производительность САО и качество обработанной поверхности зависят от вышеуказанных факторов, а также от исходного состояния обрабатываемой поверхности (микрогеометрии, механических характеристик). Обработка также является «безразмерной».

Достоинства САО – возможность обработки одной или нескольких деталей одновременно, обработка деталей различных размеров.

Недостатки САО – необходимость закрепления детали, необходимость перемещения сопла вдоль детали, необходимость устройства для сбора и возврата в струйный аппарат абразивных частиц.

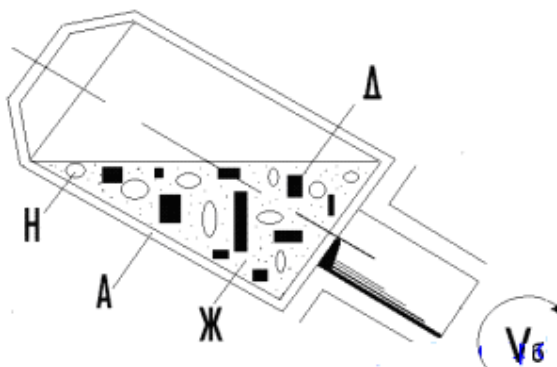
### 6.2.3. Галтовка

Галтовочными методами можно выполнять полирование, безразмерное шлифование, упрочнение, очистку и зачистку.

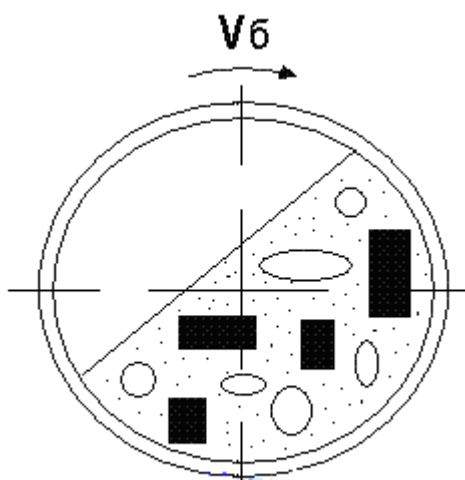
В процессе галтовки в результате взаимодействия наполнителя и деталей, загруженных в контейнер, при вращении происходят соударения, скольжение и микрорезание поверхностей деталей абразивным наполнителем, вследствие чего и снимается металл. Силы прижима деталей с частицами наполнителя невелики, съем металла также мал, поэтому галтовочные операции продолжаются от 5 до 100 ч.

Схемы обработки галтовочными методами разнообразны, но в основном это вращение круглых или граненых барабанов вокруг вертикальной, горизонтальной или наклонной оси (рис. 6.4, 6.5).

В круглых и граненых барабанах иногда делают небольшие поперечные ребра, улучшающие перемешивание деталей и интенсифицирующие процесс обработки.

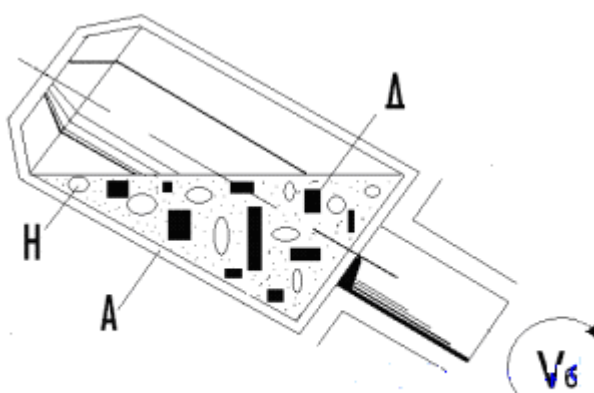


Наклонный круглый барабан

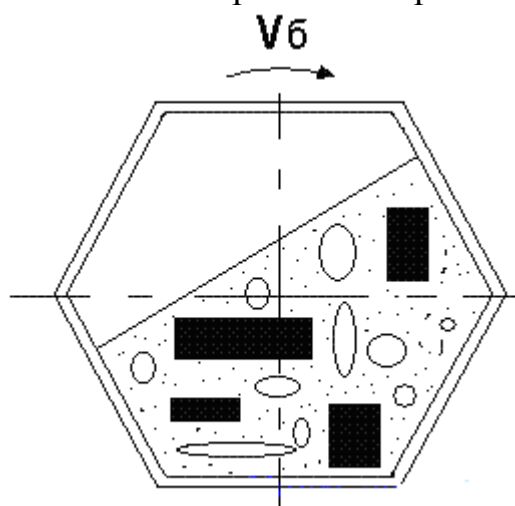


Наклонный круглый барабан, вид сбоку

*a)*

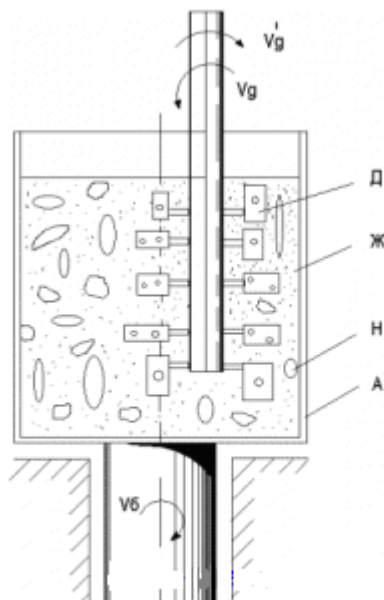


Наклонный граненый барабан



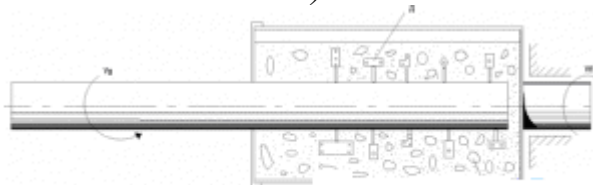
*Граненый барабан, вид сбоку*

Рис. 6.4. Схемы обработки галтовочными методами: *a* – в наклонном круглом барабане; *б* – в наклонном граненом барабане; *A* – контейнер; *D* – детали; *Ж* – жидкостная среда; *H* – твердый наполнитель



Круглый вертикальный барабан

а)



Граненый горизонтальный барабан

б)

Рис. 6.5. Схемы обработки галтовочными методами: *а* — в круглом вертикальном барабане с закреплением и вращением деталей; *б* — в граненом горизонтальном барабане с закреплением и вращением деталей; *А* — контейнер; *Д* — детали; *Ж* — жидкостная среда; *Н* — твердый наполнитель

Детали загружают в барабан обычно навалом. Для интенсификации процесса обработки детали иногда закрепляют на отдельной оси и сообщают им дополнительное вращение.

В качестве инструмента при галтовочном методе применяют для очистки и зачистки деталей абразивный бой, гранулированный абразив, металлический полированный и неполированный наполнитель и др.; для безразмерного шлифования — гранулированный абразив на керамической и вулканитовой связке, кварцит и др.; для полирования деталей — абразивное зерно, порошки и микропорошки М10 ... М50, деревянные шары, мацерат кукурузы, обрезки кожи, войлока, стальные полированные шарики диаметром 0,4 ... 0,9 мм и др.

На производительность и качество полированных поверхностей оказывает влияние общий объем загруженной в барабан массы и соотношение в ней обрабатываемых деталей, абразивных и неабразивных материалов, состав рабочей жидкости, свойства и зернистость абразивных материалов, характеристики неабразивных наполнителей.

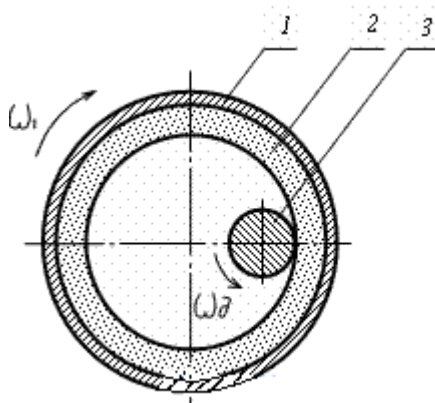
Достоинства метода галтовки – возможность обрабатывать мелкие детали, а также детали, которые трудно обрабатываются на полировальных станках или другими известными методами.

Недостатки метода галтовки – невозможность обработки очень мелких и высокоточных тонкостенных деталей; неравномерная интенсивность съема металла по поверхности, которая приводит к худшей обрабатываемости труднодоступных участков и поверхностей деталей (канавок, углублений, переходов, внутренних поверхностей и т.д.).

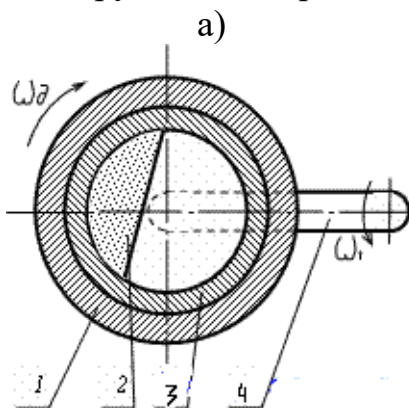
#### 6.2.4. Обработка свободным абразивом, уплотненным инерционными силами

Метод обработки свободным абразивом, уплотненным инерционными силами (ОСАУИС), представляет собой процесс, в котором обработка происходит в результате контактного взаимодействия обрабатываемой поверхности с уплотненным под действием инерционных сил слоем свободного абразива при их относительном перемещении.

На рис. 7.6. показаны схемы процесса обработки различных видов поверхностей деталей свободным абразивом, уплотненным инерционными силами.

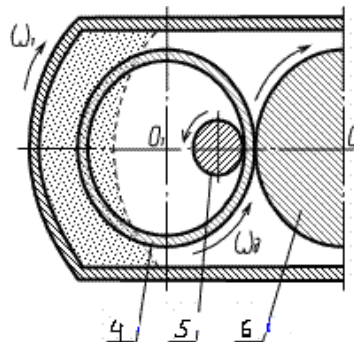


Обработка наружной поверхности детали

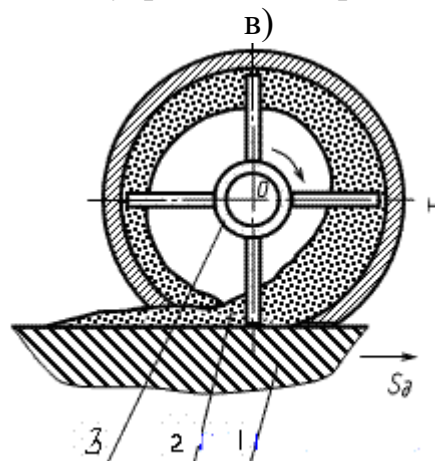


Обработка внутренней поверхности детали

б)



Обработка наружной и внутренней поверхности детали одновременно



Обработка плоской поверхности

г)

Рис. 6.6. Схемы обработки деталей свободным абразивом, уплотненным инерционными силами: *а* – обработка наружной поверхности детали; *б* – обработка внутренней поверхности детали; *в* – обработка наружной и внутренней поверхности детали одновременно; *г* – обработка плоской поверхности; 1 – вращающийся барабан; 2 – абразивная суспензия; 3 – деталь; 4 – механизм вращения; 5, 6 – валки вращающие деталь; 5 – ротор с вращающимися лопастями,

По схеме рис.6.6, *а* свободный абразив уплотняется во вращающемся барабане 1. Под действием инерционных сил абразивная суспензия прижимается к внутренней поверхности барабана и образует кольцо 2, которое в установившемся режиме будет синхронно вращаться вместе с барабаном. Такое кольцо сохраняет форму при вращении, а степень уплотнения частиц определяется угловой скоростью вращения барабана. При этом межзеренное пространство в уплотненном абразивном кольце будет заполнено жидкостью суспензии.

Поскольку твердые частицы уплотненного вращающегося слоя абразива обладают кинетической энергией, то при введении в этот слой детали 3, ее поверхность будет испытывать динамическое воздействие массы абразивных частиц. При ударе о поверхность и скольжении по ней абразивные частицы будут снимать мельчайшие частицы металла и производить обработку поверхности. Если деталь с наружной поверхностью вращения, то для

обеспечения нормальной обработки всей поверхности, детали необходимо сообщить вращение вокруг собственной оси.

Уплотненный абразивный слой обладает определенной упругостью (податливостью) и плотно облегает поверхность погруженной в него детали, точно копируя форму ее профиля. При этом обеспечивается практически однородное давление на все участки профильной поверхности и происходит их равномерная обработка. При обработке внутренних поверхностей вращения, уплотненный абразивный слой формируется внутри полости деталей (рис. 6.6, б).

Весьма перспективным является решение проблемы для обработки как внутренних, так и внешних поверхностей деталей одновременно (рис. 6.6, в).

Сложнопрофильные поверхности плоских деталей могут обрабатываться данным методом, если направить суспензию с уплотненным слоем свободного абразива на обрабатываемую поверхность. На рис. 6.6, г, показана схема установки, в которой абразив уплотняется инерционными силами от вращения ротора с лопастями. Уплотненный абразивный слой направляется через окно в корпусе барабана на поверхность обрабатываемой детали.

Данный метод обеспечивает сочетание процессов обработки, смазки и охлаждения, осуществляющихся одновременно и неразрывно. ТЖ находится в зоне обработки под постоянным центробежным давлением, что обеспечивает эффективное проникновение ее во все микропоры и микротрещины в поверхностях обрабатываемых деталей. Возможность циркуляции ТЖ обеспечивает эффективный отвод тепла и делает процесс обработки низкотемпературным.

Метод обеспечивает возможность регулирования в больших пределах процесс абразивного воздействия на обрабатываемую поверхность, за счет изменения режимов обработки.

По своим качественным характеристикам метод ОСАУИС относится к тонким «безразмерным методам финишной обработки деталей, а наиболее эффективное применение находит при окончательной обработке сложнопрофильных поверхностей деталей.

Основными технологическими факторами, влияющими на результаты процесса обработки, являются скорость вращения системы и контейнера, продолжительность обработки, зернистость абразива и наличие дополнительных осциллирующих движений деталей.

Достоинства ОСАУИС – обработка одной или нескольких деталей, обработка деталей небольших размеров.

Недостатки ОСАУИС — необходимость закрепления и вращения детали, обработка в основном тел вращения, малая интенсивность обработки, необходимость герметизации устройства.

#### 6.2.5. Магнитно-абразивное полирование

Сущность метода магнитно-абразивного полирования (МАП), при обработке по схеме с механическим приводом, заключается в том, что обрабатываемой поверхности детали или порошку с магнитными и абразивными свойствами, помещенным в магнитное поле, сообщают принудительное движение относительно друг друга. Съем металла

осуществляется в результате силового воздействия порошка на поверхность детали и указанных относительных движений. Принципиальная схема МАП представлена на рис.6.7.

Обрабатываемая деталь помещается между полюсными наконечниками электромагнита с некоторыми зазорами, в которые подается порошок, обладающий магнитными и абразивными свойствами. Механическим приводом сообщается детали вращательное и осциллирующее вдоль оси движение. Силами магнитного поля зерна порошка удерживаются в рабочих зазорах, прижимаются к поверхности детали и производят ее обработку. В рабочие зазоры подается ТЖ (эмульсия, керосин и т.п.).

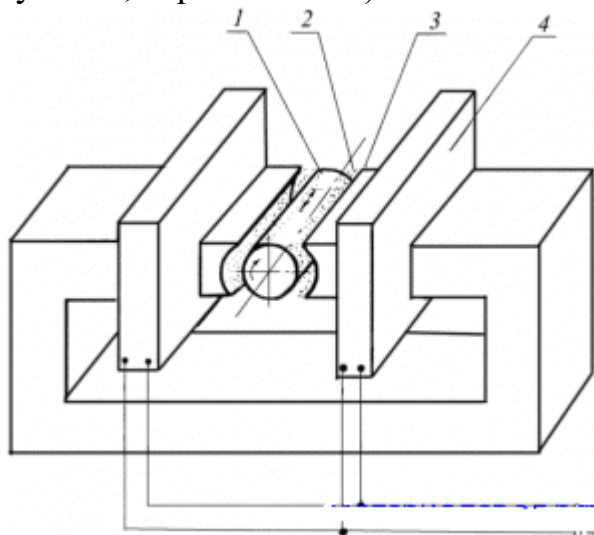


Рис 6.7. Схема магнитно-абразивного полирования наружных поверхностей тел вращения: 1 – обрабатываемая деталь; 2 – магнитно-абразивный порошок; 3 – полюсные наконечники электромагнита; 4 – электромагнит

Очевидно, вращение магнитной системы относительно детали, совершающей только осциллирующее движение, не изменит характера действующих на порошок магнитостатических сил, хотя в этом случае будет применено не постоянное, а вращающееся поле.

На результаты процесса обработки оказывают влияние следующие технологические факторы: величина магнитной индукции, материалы магнитно-абразивного порошка и обрабатываемой детали, величина рабочего зазора, скорость относительного движения порошка и детали, наличие вспомогательного рабочего движения (движения осцилляции), состояние исходной поверхности (физико-механические свойства и микрогеометрические характеристики), наличие и вид ТЖ, величина зерен порошка. Метод также относится к типу «безразмерных».

Достоинства МАП – возможность обработки деталей малых и средних размеров и исправления погрешности геометрической формы детали.

Недостатки МАП – поштучная обработка деталей, преимущественно тел вращения, необходимость закрепления и вращения детали.

### 6.3. Виброполирование деталей из титановых сплавов.

Виброполирование служит для повышение класса шероховатости поверхности с одновременным снятием остаточных напряжений растяжения и образованием остаточных напряжений сжатия в поверхностном слое деталей.

В специальный резервуар, закрепленный на виброустановке, засыпают абразивные гранулы, заливают рабочую жидкость и сообщают механические колебания с частотой 20...50 Гц и амплитудой от 1 до 10 мм.

Под действием колебаний рабочая среда и детали, свободно загруженные в резервуар, приходят в интенсивное движение.

Различают два вида движения рабочей среды: местное (осциллирующее) и общее (круговое).

Местное-движение каждой частицы в отдельности-определяется частотой (амплитудой) колебаний и обеспечивает равномерность обработки сложных, в том числе труднодоступных поверхностей деталей.

Общее движение-направленное круговое вращение всей рабочей среды, создаваемое механическими колебаниями резервуара при работе виброустановки в режиме подбрасывания частиц.

Правильное сочетание этих двух движений обеспечивает максимальную производительность данного метода обработки.

Частицы рабочей среды, отличающиеся по своей массе от обрабатываемых деталей, под действием вибраций перемещаются относительно поверхности этих деталей с переменной скоростью. При этом возможны проскальзывания частиц по поверхности деталей с определенным давлением, микроудары, прокатывание, поворот и т.п.

При перемещении по поверхности деталей, абразивные гранулы снимают мельчайшие частицы металла, при микроударах происходит частичное вдавливание металла и местное упрочнение в местах контакта абразивных зерен с поверхностью детали.

Амплитуда колебаний (амплитуда),  $A$  - расстояние между верхним и нижним положениями контейнера при вибрации. Измерение амплитуды можно проводить следующим способом: с помощью шариковой ручки или карандаша, закрепленных на верхней торцевой поверхности контейнера (чаши) - пишущим концом наружу (за пределы контейнера), подводя вплотную (при вибрации контейнера) к пишущему концу лист бумаги (картона), закрепленный на планшете стойки. Или, наоборот, пишущий предмет может быть закреплен на стойке, а лист бумаги (картона) может быть прикреплен к наружной поверхности контейнера (чаши). При этом, в любом варианте лист бумаги (картона) должен находиться в вертикальном положении.

По данному способу измерения величина амплитуды определяется следующим образом:

после того, как пишущий конец ручки (карандаша) оставит эллиптические очертания на листе бумаги (картона), стойка (или планшет) отодвигается от контейнера;

на эллиптических очертаниях (на любой кривой) находятся крайние точки - одна сверху и одна снизу;



расстояние между проекциями крайних точек на вертикальную прямую является величиной амплитуды и определяется по шкале линейки или штангенциркулем.

Отличие между величинами амплитуды, измеренными по эллиптическим очертаниям (на нескольких или множестве кривых), колеблется обычно в диапазоне 0...1мм.

Изложенный выше способ измерения амплитуды является наиболее простым и дешевым для реализации в производстве.

### 6.3.1.Оборудование для виброполирования.

Виброполирование производится в специальных установках, состоящих из резервуара, приводимого в движение вибратором, системы подвески и основания.

Форма и размеры резервуара (контейнера) при виброполирования оказывают большое влияние на производительность процесса и равномерность обработки деталей.

Наибольшее применение получила U-образная форма резервуара с цилиндрическим днищем. Такая форма днища наиболее проста в изготовлении и больше всего способствует общему дуговому движению рабочей среды. Широкое распространение получила также торообразная форма резервуара.

Различают следующие специальные установки для виброабразивной обработки:

- виброустановка с U-образным резервуаром объемом 250 л и горизонтальным валом вибратора) с приводом от электродвигателя мощностью 11 кВт, служит для обработки деталей весом до 5 кг при свободной загрузке, а также для средних корпусных деталей при их закреплении в резервуаре на специальном приспособлении;

- виброустановка с торообразным резервуаром объемом 60 л и вертикальным валом вибратора с приводом от электродвигателя мощностью 1,1 кВт, предназначена для обработки мелких деталей с загрузкой без закрепления;

- виброустановка с торообразным контейнером объемом 16 л и вертикальным валом вибратора с приводом от электродвигателя мощностью 1,1кВт, предназначена для обработки деталей весом до 1 кг

сновными показателями технической характеристики виброобрабатывающих машин являются максимальная масса полезной нагрузки, максимальный объем резервуара, максимальное значение виброскорости и виброускорения, допускаемые инструкцией машины при максимальной массе полезной нагрузки и без нее (при работе вхолостую), максимальные значения амплитуды и частоты колебаний. Максимальную массу полезной нагрузки  $M_{пр}$ , кг, вычисляют по формуле: при виброобработке закрепленных деталей

$$M_{пр}=M_{п.ч.}+M_k+M_d+kM_z,$$

а при виброобработке деталей, загруженных навалом

$$M_{пр}=M_{п.ч.}+M_k+k(M_d+M_z),$$

где  $k$ -коэффициент, учитывающий режим движения частиц рабочей среды с подбрасыванием. Для U-образных резервуаров принимают  $k=0,6$

$M_k$ -масса резервуара;

$M_g$ -масса обрабатываемых деталей с приспособлениями;

$M_z$ -масса максимального количества рабочей среды, загруженной в резервуар;

$M_{п.ч.}$ -масса подвижной части вибромашины.

Виброскорость и виброускорение определяют режим виброобработки.

В каждый момент времени виброскорость  $V$ , м/с, вычисляют по формуле:

$$V = A \omega \sin \omega t,$$

а виброускорение  $W$ , м/с<sup>2</sup>,

$$W = A \omega^2 (\cos \omega t)$$

О режиме виброобработки судят по максимальным значениям виброскорости  $V$ -м/с, и виброускорения  $W_{\max}$ , - м/с<sup>2</sup>.

### 6.3.2. Рабочая среда при виброполировании.

Рабочую среду при виброполировании выбирают в зависимости от шероховатости исходной поверхности, требований к качеству виброобработанной поверхности, а также формы и материала обрабатываемой детали.

Рабочая среда состоит из наполнителя и рабочей жидкости. В качестве наполнителя применяют:

- бой шарошлифовальных кругов (керосинка) -14А54СВТ1-ЧТ1К; •бой фарфора;

- формованные абразивные гранулы (уралит и др.) 24А16НК; 14А12НК...14А5НП; 64С16НК...64С6НП; 24А25НК...24А6НП; 24А12НК...24А5НП; 14Л1ОНК... 14А5НП; 64С12НК...64С5НП; 24АМ40...М10;

- шлифпорошок (гексанит СГА-0, СГА-П, В1-09) (согласно номенклатурному каталогу « Абразивные и алмазные инструменты»), -стальные закаленные шарики; . -чугунные литые звездочки; -отходы штамповки, вырубки;

- сечка стальной, латунной или алюминиевой проволоки; -стеклянные шарики;

- деревянные кубики, обрезки кожи, войлока.

Абразивные наполнители могут применяться в виде шлифпорошка, а также гранул произвольной или определенной формы.

Шлифпорошок применяется при виброполировании очень мелких деталей, а также при виброполировании с мягкими пористыми наполнителями типа войлочных пыжей (согласно каталогу-справочнику «Абразивные материалы и инструменты»).

Абразивные гранулы произвольной формы получают дроблением отходов абразивных кругов или других материалов.

Абразивные гранулы определенной формы получают на специальных формовочных машинах. Выполняются они в виде секторов, пирамид, трехгранных призм с прямыми или косыми основаниями. Последние очень хорошо обрабатывают радиусы скругления в деталях.

Зернистость абразивных материалов в гранулах определяет при прочих равных условиях шероховатость обрабатываемой поверхности и съем металла.

С одного и того же материала обрабатываемых поверхностей абразивные тела каждой группы зернистости, при прочих равных условиях, способны снять вполне определенное количество металла.

Абразивные гранулы с более крупным зерном применяются при виброшлифовании деталей широкого назначения с незначительными требованиями к обработанной поверхности, а также для скругления острых кромок, снятия заусениц, очистки поверхности деталей от окалины и коррозии.

Кроме абразивных наполнителей при снятии заусениц, скруглении острых кромок и очистке поверхностей литых и штампованных деталей обычно применяют литые звездочки из отбеленного чугуна, отходы листоштамповочного производства, сечку проволоки.

При виброшлифовании ответственных деталей сложной формы (лопатки турбин, компрессоров и т.п.) в качестве наполнителя используют абразивные гранулы с мелким зерном.

Эти детали, как правило, после виброшлифования подвергаются виброполированию, где в качестве наполнителя используются бой фарфоровых изоляторов, стеклянные шарики, деревянные кубики, абразивные гранулы на основе микропорошка.

При виброабразивной обработке применяются обычно гранулы на «керамической связке. Абразивы на вулканитовой связке как правило не применяются, так как в процессе работы они быстро засаливаются и теряют режущие свойства. На бакелитовую связку отрицательно действуют химически активные присадки рабочих жидкостей.

Твердость гранул абразивного наполнителя определяет их стойкость. Использовать при виброабразивной обработке мягкие гранулы (М,СМ) вообще нецелесообразно из-за большого износа (до 20 % и более в час).

Для получения шероховатости поверхности, соответствующей данной зернистости абразива, гранулы перед виброобработкой деталей обкатываются в течение 1... 1,5 часов (до скругления острых кромок).

Размеры гранул определяются формой и размерами закрытых полостей деталей, подлежащих обработке. Во всех случаях гранулы должны быть в 2...3 раза меньше отверстий, пазов и других полостей, подлежащих виброобработке, и в 2...4 раза больше полостей и отверстий, не подлежащих обработке.

С увеличением размера гранул при обработке деталей внавал производительность увеличивается в 2...3 раза, при обработке с закреплением влияние размера гранул на производительность незначительно.

Рабочая жидкость при виброобработке необходима для смачивания пыли, образующейся в результате износа абразивных гранул, для восстановления их режущих свойств за счет вымывания отходов обработки, для растворения окислов металла и предохранения обрабатываемых деталей от коррозии, а также для снижения температуры рабочей среды и деталей в процессе

обработки. В зависимости от требований к выполняемым операциям виброобработки, в состав рабочей жидкости вводят определенное количество химических присадок, выполняющих перечисленные функции.

Составы рабочих жидкостей, рекомендуемые для обычного шлифования, могут быть рекомендованы и для виброабразивной обработки.

При применении сложных составов рабочих жидкостей с включением Поверхностно-активных веществ производительность процесса увеличивается на 15...20%. Это объясняется облегчением процесса резания в результате снижения прочности поверхностного слоя детали (за счет химических реакций поверхностно-активных веществ со структурой металла детали).

4.9 При виброполировании деталей с использованием указанных рабочих жидкостей необходима замкнутая система непрерывного промывания, так как сброс «этих жидкостей в канализацию без нейтрализации недопустим.

Ниже приведены наиболее распространенные рабочие растворы:

а) Мыльно-содовый раствор 3...5% концентрации.

б) Раствор ОР-18.

в) Антикоррозионный раствор.

г) Раствор ОГМ-2:

Натрий азотистокислый

Натрий углекислый

Карбоксилметилцеллюлоза

Древесная мука лиственных пород

Мыльная стружка

Эмульгатор ОП-7...ОП-10 ГОСТ 8433 или

неонол АФ 9-12 ТУ 38-507-63-171

б) Вода 1 л на 80 г вышеуказанных компонентов.

д) Раствор ОГМ-1:

Натрий сернокислый (безводный)

Натрий хлористый

Кислота серная

Эмульгатор ОП-7...ОП-Ю ГОСТ 8433 или

неонол АФ 9-12 ТУ 38-507-17-63-171

Вода 1 л на 50 г вышеуказанных компонентов.

Как следствие можно сделать следующие выводы: виброполирование является одним из самых передовых методов финишной обработки деталей из титановых сплавов, позволяющим получать высокие параметры чистоты поверхности независимо от ее формы и размера.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Аналіз потенційних небезпек

При роботі на даній ділянці можуть виникати небезпеки:

Потенційні небезпеки, фізичного характеру:

- поломка різця і травмування робітника осколками деталі або інструменту, при порушенні режимів обробки зразків, деталей (особливо твердосплавних);
- попадання стружки в очі при порушенні технологічної дисципліни;
- захоплення частинами одягу, що обертаються, якщо контроль над станом одягу не був пройдений;
- опіки гарячою водою, у випадку недотримання техніки безпеки;
- поломка інструмента і травмування робочого уламками деталі або інструменту, якщо не спрацювали кінцеві вимикачі, і дверцята залишилися відкритими;
- попадання на тіло і в очі абразивних часток, у випадку недотримання техніки безпеки;

Потенційні небезпеки психофізіологічного характеру:

- незадовільна організація робочого місця, у випадку недостатнього врахування ергономіки;

Потенційні небезпеки санітарно-гігієнічного характеру:

- підвищена запиленість, у випадку відсутності засобів захисту;
- незадовільні метеорологічні умови, внаслідок неефективної роботи систем опалення та повітрообміну

Потенційні небезпеки, що пов'язані з порушеннями правил пожежної безпеки:

- коротке замикання, у випадку перенавантаження електричної системи;

Потенційні небезпеки, що пов'язані з проявом наслідків надзвичайних ситуацій:

- невідповідність персоналу в умовах надзвичайних ситуацій.

## 5.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Відповідно до ГОСТу 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности» виробниче устаткування повинне забезпечувати безпеку працюючих при монтажі (демонтажі), введенні в експлуатацію і експлуатації як у разі автономного використання, так і у складі технологічних комплексів при дотриманні вимог (умов, правил), передбачених експлуатаційною документацією, безпека конструкції виробничого устаткування забезпечується:

- вибором принципів дії і конструктивних рішень, джерел енергії і характеристик енергоносіїв, параметрів робочих процесів, системи управління і її елементів;
- мінімізацією споживаної і накопичуваної енергії при функціонуванні устаткування;
- вибором комплектуючих виробів і матеріалів для виготовлення конструкцій, а також вживаних при експлуатації;
- вибором технологічних процесів виготовлення;
  - застосуванням вбудованих в конструкцію засобів захисту працюючих, а також засобів інформації, застережливих про виникнення небезпечних (у тому числі пожежовибухонебезпечних) ситуацій;
  - надійністю конструкції і її елементів (у тому числі дублюванням окремих систем управління, засобів захисту і інформації, відмови яких можуть привести до створення небезпечних ситуацій);
  - застосуванням засобів механізації, автоматизації (у тому числі автоматичного регулювання параметрів робочих процесів) дистанційного керування і контролю;
  - можливістю використання засобів захисту, що не входять в конструкцію;
  - виконанням ергономічних вимог;
  - обмеженням фізичних і нервнопсихических навантажень на працюючих.

Відповідно до ГОСТу 12.1.019-79 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» проведення навчання з правил

електробезпеки, перевірка знань та атестація персоналу на другу групу, основні вимоги з електробезпеки:

- знання технічних характеристик і особливостей електрообладнання та електроустановок;
- подання на професійному рівні про ступінь небезпеки електрики і струмопровідних елементів обладнання, які перебувають під напругою;
- знання і вміння застосовувати заходи щодо запобігання небезпечних наслідків під час електротехнічних робіт;
- вміння надавати першу медичну допомогу особам, які потрапили під вплив електричної напруги.

Відповідно до ДСТУ EN 418-2003 «Безопасность машин. Приспособления аварийной остановки. Функционирование и принципы проектирования» пристосування аварійної зупинки повинні відповідати таким вимогам:

- дія аварійної зупинки не повинна впливати на устаткування, що призначене для попередження небезпечних ситуацій для персоналу;
- повернення пристрою керування у вихідне положення може бути здійснено тільки за безпосередньої дії на нього вручну;
- стан машини, у якому відбулася її аварійна зупинка, не повинен ненавмисно (зненацька) змінюватися під час роботи керувального пристрою.

Щоб уникнути травматизму на ділянці передбачаються наступні заходи, згідно з системою стандартів безпеки праці.

При роботі за верстатом:

- щоб уникнути попадання газів і пилу на робочі місця влаштовують потужну приточно-витяжну вентиляцію, яка забезпечує багаторазовий повітрообмін;
- на пилеобразуючих місцях встановлюють спеціальні місцеві витяжні пристрої, на дуже пильних роботах застосовують респіратори;

При роботі зі струмопровідними елементами:

- всі струмопровідні частини верстатів захищені кожухом або ізольовані,

можливо введення в обладнання пристроїв для контролю ізоляції та сигналізації або відключення живлення при пошкодженні з метою захисту від ураження електричним струмом;

- застосована низька напруга (24В) для освітлення та живлення інструментів. Використовується також заземлення і занулення неструмопровідних частин обладнання, які можуть виявитися під напругою;

- застосовується електричне розділення мережі на окремі ділянки за допомогою спеціальних розподільних трансформаторів;

- передбачені застережливі знаки: „блискавки” на дверцях і кришках електроапаратури.

### 5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Відповідно до ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» мікрокліматичні умови виробничих приміщень характеризуються такими показниками:

1. Температура повітря.
2. Відносна вологість повітря.
3. Швидкість руху повітря.
4. Інтенсивність теплового випромінювання.

Метеорологічні умови в робочому приміщенні цеху по ГОСТ 12.1.005-88 "Загальних санітарно-гігієнічних вимог до повітря робочої зони" показані в таблиці 5.2.

Для забезпечення заданих параметрів повітря цілими роками використовують нагрів гарячою водою (вода з власної котельні) і охолодження холодною водою (вода зі свердловини з попереднім охолодженням).

Таблиця 5.2 - Метеорологічні умови в робочому приміщенні цеху

Сезон року	Категорія робіт	Температура повітря, С°	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с
------------	--------------------	----------------------------	--------------------------	---------------------------



Холодний період	Середньої важкості	18-20	60-40	0,2
Теплий період		21-23	60-40	0,3

Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочому місці згідно ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень" представлені в таблиці 5.3

Таблиця 5.3 - Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочому місці

Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с	Температура повітря на робочому місці, °С
Середньої важкості	17-23	75	0,1-0,3	19-24

Для підтримки необхідної температури повітря і компенсації втрат в холодну пору року є пристрій системи опалювання, поєднаний з приточною вентиляцією.

Норми освітленості робочих місць відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 "Інженерне устаткування будівель і споруд. Природне і штучне освітлення" представлені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 - Норми освітленості робочих місць

Характеристика роботи	Розміри об'єкту відмінності, мм	Розряд зорових робіт	Підрозряд зорових робіт	Освітлення, лк		
				Комбіновані		Загальне
				Всього	В т.ч. від загального	
Середня точність	0,5–1,0	IVГ	а	750	200	300
			б	500	200	200
			в	400	200	200

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони у виробничих приміщеннях представлені в таблиці 5.5

Таблиця 5.5 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони у виробничих приміщеннях

Найменування речовини	Фактична концентрація, мг/м <sup>3</sup>	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки
Керосин	120	300	4
Окис вуглецю	12	20	4
Титан	10	10	4
Пил абразиву	5	6	4
Пари масла	5	5	4

Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 "Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку" рівень звуку на робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБА. Рівні звукового тиску згідно ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» представлені в таблиці 5.6

Заходи і засоби захисту від вібрації відповідають вимогам ГОСТу 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность. Общие требования» и ДСН 3.3.6.039-99 «Государственные нормы производственной общей и локальной вибрации».

Таблиця 5.6 - Рівні звуку і звукового тиску

Робочі	Рівні звукового тиску в октавних полосах								Рівні звуку, дБА
Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Допустимі рівні, Дб	99	98	86	85	80	78	76	74	80
Фактичні рівні, Дб	98	96	84	82	78	74	75	73	78

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» розглянемо ці два види освітлення.

Природне освітлення:

- приміщення з постійним перебуванням людей повинно мати, як правило, природне освітлення. Без природного освітлення допускається проектування приміщень, які визначені державними будівельними нормами

на проектування будинків і споруд, нормативними документами з будівельного проектування будинків і споруд окремих галузей промисловості, затвердженими в установленому порядку, а також приміщення, розміщення яких дозволено в підвальних поверхах будинків;

- природне освітлення поділяється на бокове, верхнє і комбіноване (верхнє і бокове);

- у виробничих приміщеннях глибиною до 6 м при односторонньому боковому освітленні нормується мінімальне значення КПО в точці, розташованій на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення і умовної робочої поверхні на відстані 1 м від стіни або лінії максимального заглиблення зони, найбільше віддаленої від світлових прорізів;

- при верхньому або комбінованому природному освітленні приміщень різного призначення нормується середнє значення КПО в точках, розташованих на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення і умовної робочої поверхні (або підлоги). Перша і остання точки приймаються на відстані 1 м від поверхні стін (перегородок) або осі колон.

Штучне освітлення:

- штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, охоронне, чергове;
- штучне освітлення може бути двох систем - загальне та комбіноване;
- робоче освітлення слід передбачати для всіх приміщень будинків, а також ділянок відкритих просторів, призначених для роботи, проходу людей та руху транспорту;

- для освітлення приміщень слід використовувати, як правило, найбільш економічні розрядні лампи.

Розрахунок штучного освітлення на ділянці:

Вихідні умови:

$A = 48 \text{ м}$

$B = 36 \text{ м}$

$H = 6 \text{ м}$

$E_n = 300 \text{ лк}$

1. Вибір системи освітлення. Згідно ДБН В.2.5–28–2006 "Природне і штучне освітлення" обираємо комбіноване освітлення.

2. Визначення рівня нормованої освітленості ( $E_n$ ):

$$E_n = 300 \text{ лк}$$

3. Вибір джерела світла. Згідно умов задачі, обираємо люмінісцентні лампи.

4. Вибір типу світильника. Обираємо тип світильника ЛВП.

$$IP=54, L/h=1,3$$

5. Оцінка коефіцієнта запасу та коефіцієнта нерівномірності (мінімального) освітлення. Обираємо коефіцієнт запасу  $k_z$ :

$$k_z = 1.5$$

Коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення  $z$  (відношення середньої освітленості до мінімальної освітленості), як правило дорівнює:

$$z = 1,1 \text{ – для люмінесцентних ламп низького тиску.}$$

6. Оцінка коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення.

$$\text{Обираємо } \rho_c=70\%; \rho_{ст}=50\%; \rho_{п}=30\%.$$

7. Чисельне значення індексу приміщення. Визначають за рівнянням:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} \quad (5.1)$$

де  $A$  – довжина приміщення, м;

$B$  – ширина приміщення, м;

$h$  – висота розміщення світильників над робочою поверхною, м.

$$i = \frac{48 \cdot 36}{1,3(48 + 36)} 10^{-1} = 1,58$$

$$h = H - h_p - h_3 \quad (5.2)$$

де  $H$  – висота виробничого приміщення, м;

$h_p$  – висота поверхні над підлогою, м;

$h_3$  – висота звисання світильника від стелі, м.

$$h = 6 - 0,8 - 0,6 = 4,3$$

а) розрахувати кількість рядів світильників у приміщення:

$$N_p = \frac{B}{(H - h_p) \cdot [L/h]} \quad (5.3)$$

де  $[L/h]$  – числове значення коефіцієнта світильника

$$N_p = \frac{36}{(6 - 0,8) * 1,3} = 6$$

б) визначити максимально припустиму відстань між рядами світильників:

$$L_{\max} = \frac{B}{N_p} \quad (5.4)$$

$$L_{\max} = \frac{36}{6} = 6$$

в) розрахувати висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = \frac{L_{\max}}{[L/h]}, \quad (5.5)$$

$$h = 6 \div 1,3 = 4,6$$

г) знайти висоту звисання світильника від стелі:

$$h_z = H - h_p - h \quad (5.6)$$

$$h = 6 - 0,8 - 4,3 = 0,9 \text{ м}$$

8. Значення коефіцієнта використання світлового потоку  $\eta$ :

$$\eta = 58\% = 0,55$$

9. Визначення світлового потоку лампи та кількості світильників:

а) сумарний світловий потік:

$$\Phi_{\text{сум}} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_z \cdot z}{\eta} \quad (5.6)$$

де  $\Phi_{\text{сум}}$  – розрахунок значення сумарного світлового потоку у приміщенні, лм;

$E_n$  – нормоване значення освітленості, лк;

$S$  – площа поверхні, м<sup>2</sup>;

$k_z$  – коефіцієнт запасу;

$z$  – коефіцієнт нерівномірності освітленості;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку.

$$\Phi_{\text{сум}} = 400 * 1728 * 1,5 * 1,1 \div 0,55 = 2073600 \text{ лм}$$

б) умовна загальна кількість світильників у приміщенні:

$$N^* = AB/L_{\max}^2 \quad (5.7)$$

$$L_{\max} = 4,3 * 1,3 = 5.59 \text{ м}$$

$$N^* = 1728 \div 31,24 = 55,31$$

в) світловий потік умовного джерела світла:

$$\Phi_{\text{л}}^* = \frac{\Phi_{\text{сум}}}{N_{\text{л}}}, \text{ лм} \quad (5.8)$$

де  $N_{\text{л}}$  – загальна кількість ламп у приміщенні, шт.

$$\Phi_{\text{л}}^* = 2073600 \div 1210 = 1713 \text{ лм}$$

$$N_{\text{л}} = N^* \cdot n \quad (5.9)$$

$$N_{\text{л}} = 55,31 * 2 = 110,62$$

г) вибрати тип лампи за найближчим значенням фактичного світлового потоку лампи  $\Phi_{\text{л}}$  і розрахувати коефіцієнт  $m$ :

$$m = \frac{\Phi_{\text{л}}^*}{\Phi_{\text{л}}} \quad (5.10)$$

$$m = 1713 \div 2500 = 0,68$$

д) визначити оптимальну кількість світильників у приміщенні:

$$N = N^* \cdot m \quad (5.11)$$

$$N = 55,31 * 0,68 = 38 \text{ ламп};$$

10. Визначити загальну розрахункову освітленість  $E_p$  у приміщенні:

$$E_p = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot N_{\text{л}} \cdot \eta}{S \cdot k_z \cdot z}, \text{ лк} \quad (5.12)$$

$$E_p = 2500 * 110,62 * 0,55 \div 1728 * 1,5 * 1,1 = 53 \text{ лк}$$

При правильному виборі типу і кількості стандартних ламп повинна виконуватися умова:

$$E_p = (-10\% \dots +20\%) * E_n, \text{ лк} \quad (5.13)$$

$$E_p = 300 - (300 * 0,2) = 240 \text{ лк};$$

$$E_p = 300 + (300 * 0,2) = 360 \text{ лк}.$$

Граничні умови (240 лк – 360 лк), при яких значення розрахунків будуть вірними.

11. Розрахувати загальну потужність установки:

$$P_{\text{сум}} = N_{\text{л}} \cdot P_{\text{л}}, \text{Вт} \quad (5.14)$$

$$P_{\text{сум}} = 110,62 \cdot 55 = 6084,1 \text{ Вт.}$$

12. Виконати ескіз розташування світильників на плані приміщення, враховуючи розмір світильників.

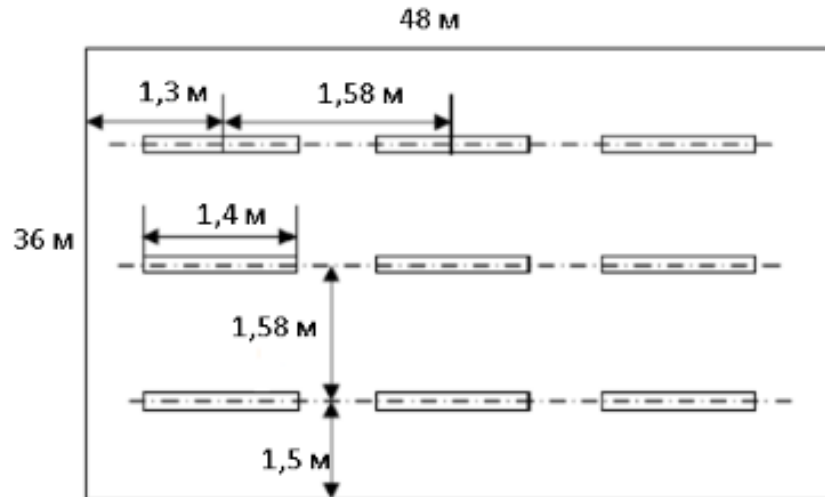


Рисунок 5.1 – Схема розміщення світильників у виробничому приміщенні

Норми вібрації встановлені згідно ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги» і зазначені в таблиці 5.7

Таблиця 5.7 – Допустимий рівень вібрації робочих місць та на території підприємства

Частота, Гц	Амплітуда, мм	Віброшвидкість, см/хв	Віброприскорення, см/хв <sup>2</sup>
3	0,6 ... 0,4	1,12 ... 0,76	22 ... 14
100	0,005 ... 0,003	0,23 ... 0,19	112 ... 124

Згідно МРР II, ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» загальні положення:

- ці вимоги поширюються на всіх суб'єктів господарювання незалежно від форм власності, організаційно-правової форми і видів діяльності;
- не обмежують права роботодавця встановлювати більш жорсткі та/або спеціальні вимоги безпеки і захисту здоров'я та життя працівників під час

роботи з екранними пристроями, якщо це не суперечить чинному законодавству;

- ці вимоги не поширюються на:
  - робочі місця здобувачів освіти у комп'ютерних класах (кабінетах, аудиторіях тощо) закладів освіти;
  - робочі місця пілотів, водіїв або операторів транспортних засобів, обладнані екранними пристроями у системах оброблення даних на борту засобів сполучення, екранні пристрої у складі машин і обладнання, що переміщуються в процесі роботи;
  - робочі місця працівників, які займаються обслуговуванням, ремонтом і налагодженням екранних пристроїв;
  - портативні системи оброблення даних, якщо вони не постійно використовуються на робочому місці.

Таблиця 5.8 – Норми опромінення ЕМП

Тривалість опромінення	Гранична потужність, мкВт/см <sup>2</sup>
За вісім годин роботи	10
Не більше двох годин за робочий день	100
Не більше 15 ... 20 хвилин за робочий день при обов'язковому використанні захисних окулярів	1000

Для зменшення впливу ЕМП на організм людини застосовуються екрани. Екрани можуть бути виготовлені з метала або металевої сітки. Екран щільно прилягає до джерела опромінення.

#### 5.4 Заходи з пожежної безпеки

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі на дільниці:

- згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» на дільниці можлива пожежа класу – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В);



- відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», воно належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки – простір у приміщенні, у якому перебувають тверді горючі речовини та матеріали.

Оскільки дільниця обладнана ПК з ВДТ належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки, тому згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості.

(див. таблицю 5.9)

Таблиця 5.9 - Міра вогнестійкості будівель і споруд

Основні будівельні конструкції	Степінь вогнестійкості II	
	Група займистості	Межа вогнестійкості
Стіни, що несуть, і колони	незаймисті	2,0 часа
Плити, перегородки та ін. несні конструкції	незаймисті	0,75 часа
Внутрішні перегородки, сходові клітини та ін.	тяжкозаймисті	0,25 часа
Брандмауэри	незаймисті	2,5 часа

Згідно вимог НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» в електроустановках передбачені наступні заходи пожежної безпеки:

- всі іскристі частини обладнання поміщені у пилонепроникні ковпаки;
- силова розводка виконана прихованою в трубах;
- силова апаратура забезпечена захистом від короткого замикання.

Відповідно до «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників» до первинних засобів пожежогасіння відноситься: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна – з брезенту розміром один метр на один метр; ящик з піском; совкові

лопати; внутрішні пожежні крани) і пожежний інструмент (гачки, ломы, сокири).

На кожні 600 м<sup>2</sup> для механічних цехів прийнято:

- вогнегасники - 2 штуки;
- ящик з піском - 2 штуки;
- лопати залізні - 2 штука;

Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» передбачено пристрій пожежної сигналізації з розрахунку: один сигналізатор на 65 м<sup>2</sup> площі, для швидкої і точної передачі повідомлення про пожежу і місця його виникнення. Всі сигналізатори замикаються на приймальні станції пожежної сигналізації типу Т10Л-10/100, що дозволяє, централізовано і оперативно керувати пожежними підрозділами.

#### 5.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Управління підприємством і дії керівника при аваріях на хімічно небезпечному об'єкті.

За сигналом «Аварія на ХНО» надягти протигаз, засоби захисту шкіри й укритися в захисній споруді;

при загрозі хімічного зараження прийняти тарен з аптечки АІ-2 (гніздо 2), при наростанні ознак отруєння прийняти ще одну таблетку.

Найбільш розповсюдженими СДОР є хлор і аміак. Варіант тексту звертання чергового диспетчера штабу цивільної оборони може бути таким:

«Увага! Увага! Говорить диспетчер (найменування хімічно небезпечного об'єкта) або штаб цивільної оборони міста.

Громадяни! На (найменування об'єкта) відбулася аварія з викидом (найменування СДОР). Хмара зараженого повітря поширюється в напрямку (найменування об'єкта, району, міста, населеного пункту). В зону хімічного зараження попадають (найменування цехів, об'єктів, установ, вулиць, жилих районів).

Робітникам та службовцям (найменування об'єкта) негайно надягти промислові протигazi і зайняти захисні споруди (якщо в них забезпечується регенерація повітря).

Робітникам, службовцям і населенню (найменування цехів,об'єктів, установ, вулиць, районів) залишатися в будинках. Здійснити герметизацію своїх приміщень.

Населенню (найменування вулиць, районів) негайно залишитижитлові будинки, будівлі підприємств, установ і вийти в район(вказується куди).

Якщо ви не маєте при собі протигаза і не встигли до підходуухмари зараженого повітря залишити цех, будинок, установу абожитловий будинок, то укрийтеся в ньому, щільно зачиніть вікна,кватирки і двері, припиніть доступ повітря ззовні. Сповістіть проаварію і звертання своїх сусідів. Надалі дійте відповідно до вказі-вок адміністрації об'єкта (штабу цивільної оборони міста)».

Отримавши сигнал «Увага всім» і звертання, місцеві органивлади, керівники ДЕЗ (ЖЕК) організовують оповіщення населен-ня за місцем проживання з використанням усіх наявних у їх роз-порядженні засобів.

Дії робітників, службовців і населенняпри аварії з викидом (розливом) СДОР

Робітники та службовці, почувши сигнал оповіщення,негайно використовують засоби індивідуального захисту — ізо-люючі та промислові протигази, потім виконують заходи, перед-бачені на цей випадок спеціальною інструкцією підприємства(цеху), укриваються в підготовлених сховищах чи виходять із зо-ни зараження. При оголошенні безпосереднім керівником робітрішення про евакуацію зобов'язані з'явитися на збірні евакуацій-ні пункти об'єкта.

Особи, які входять до складу невоєнізованих формувань циві-льної оборони, прибувають на пункт збору формування і берутьучасть у локалізації та ліквідації вогнища хімічного зараження.Особи, які одержали незначні ураження, звертаються в медичніустанови для визначення ступеня ураження і проведення профі-лактичних заходів. В усіх випадках вхід у виробничі будівлі, під-вали й інші приміщення дозволяється тільки після контрольноїперевірки вмісту СДОР за рішенням безпосереднього керівникаробіт з ліквідації наслідків аварій.

Почувши повідомлення про аварію, населення, яке попадає внебезпечну зону, повинне швидко застосувати найпростіші засо-би індивідуального захисту органів дихання і шкіри.

Перебуваючи у квартирі чи службовому приміщенні, потрібно негайно зачинити вікна, кватирки, двері, вимкнути газ та інші нагрівальні прилади, загасити вогонь у печах. Для прослуховування звертання, інформації і вказівок необхідно ввімкнути місцеві програми радіомовлення і телебачення (не забути вимкнути перед виходом із приміщення). Якщо є можливість, повідомити про небезпеку сусідів.

Потрібно пам'ятати, що час підходу хмари зараженого повітря до місця вашого перебування на момент аварії вкрай обмежений. Він залежить від відстані до вогнища аварії і швидкості вітру.

Слід також знати, що вражаючий вплив конкретного СДОР на людину в основному залежить від його концентрації в повітрі і тривалості його впливу. Тому, якщо немає можливості залишити небезпечну зону до підходу первинної хмари, не піддавайтеся паніці і продовжуйте вживати заходи захисту.

Перебуваючи на вулиці, не слід торкатися будь-яких предметів.

Для захисту органів дихання на вулиці й у приміщенні можна використовувати вироби з тканини (маски), змочені водою, хутряні або ватяні частини одягу. При закритті ними органів дихання знижується

концентрація шкідливих домішок у вдихуваному повітрі в результаті їхньої адсорбції на волокнах фільтруючого матеріалу сухої пов'язки або їх поглинання водою, що зменшить тяжкість ураження. Для захисту шкіри можливе застосування шапок, рукавичок, штанів і т.д.

При недоцільності чи неможливості термінової евакуації, відсутності сховищ або інших герметичних укриттів можна тимчасово, хоча б на період проходження первинної хмари, залишатися в житлових чи службових приміщеннях, уживши заходи щодо їх герметизації.

Знаючи тип СДОР і його властивості, зокрема вагу парів відносно повітря, можна зорієнтуватися, в яких приміщеннях доцільно укритися. Якщо пари СДОР важчі за повітря потрібно укритися на верхніх поверхах будинків і навпаки, якщо пари СДОР легші за повітря, доцільніше укриватися на нижніх поверхах багатопверхових будинків.

У ряді випадків передбачається можливість тимчасового укриття людей у сховищах, обладнаних фільтровентиляційними установками. Однак після

проходження первинної хмари при не-сприятливій обстановці організовується евакуація. При укривті населення у сховищах, укриттях, розташованих, як правило, упідвалах будинків, слід пам'ятати, що багато СДОР, важчі за повітря, можуть накопичуватися в низьких місцях і потрапляти упідвали. Крім того, ряд СДОР не затримуються фільтрами. У та-ких випадках сховища використовуються в режимі повної ізо-ляції.

На об'єктах народного господарства надання першої медичної допомоги здійснює особовий склад медико-санітарних частин, пунктів охорони здоров'я у взаємодії з рятувальними формуваннями об'єкта.

Організація надання медичної допомоги населенню, уражено-му СДОР, покладається на місцеві органи охорони здоров'я.

Слід пам'ятати, що чим швидше буде надана допомога пост-раждалому, тим сприятливішим буде для нього результат. Тому перша медична допомога повинна надаватися особовим складом рятувальних формувань, санітарними постами, санітарними дружинами об'єкта, санітарними дружинами, які вводяться у вогнище хімічного зараження, а також робітниками, службовцями і населенням у порядку само- і взаємодопомоги. Отже, робітники та службовці хімічно небезпечного об'єкта, особовий склад формувань і населення, яке проживає поблизу об'єкта, повинні знати і вміло використовувати основні найпростіші заходи першої медичної допомоги потерпілим при ураженні конкретними СДОР.

Обсяг першої медичної допомоги ураженим СДОР у вогнищі ураження в порядку само- і взаємодопомоги полягає у захисті органів дихання, видаленні і знезараженні стійких СДОР на шкірі, слизових оболонках очей, одязі і негайній евакуації за межі зараженої зони.

Перша медична допомога у вогнищі ураження, яка надається санітарними постами і санітарними дружинами, включає пошук уражених, медичне сортування за складністю ураження, а також першу медичну допомогу (захист органів дихання, видалення і знезараження крапельстійких СДОР: введення протиотрути при ураженні деякими СДОР).

При отруєнні СДОР, як правило, не можна робити штучне дихання, бо це може ускладнити ураження.

На ураженого необхідно надягти протигаз. При відсутності протигазу можна використовувати ватно-марлеву пов'язку, руш-ник, зволожений 2-процентним розчином харчової соди. Для захисту шкіри використовують плащі, гумові рукавички, чоботи. Населення як підручні засоби може використовувати накидки, плащі з прогумованої тканини, хлорвінілу або поліетилену.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно заданию на дипломный проект, разработан цех механической обработки по изготовлению фланца двигателя АИ-25ТЛК

Подробно разработан технологический процесс изготовления фланца двигателя АИ-25ТЛК. Выбран и экономически обоснован метод получения заготовки. Назначены припуски на заготовку. Режимы резания и технические нормы времени назначены и определены по рекомендациям нормативных документов авиационной промышленности. Разработана расчетно-технологическая карта для обработки фланца на токарном станке с ЧПУ.

Технологический процесс разработан с учетом требований охраны труда и устойчивости к чрезвычайным ситуациям. Спроектированные станочные приспособления позволяют быстро и надежно закреплять заготовку во время обработки, что в условиях серийного производства очень важно.

Выполнено специальное задание по виброполированию деталей из титановых сплавов.

В экономической части дипломного проекта рассчитаны основные фонды и амортизационные отчисления, заработная плата основных и вспомогательных рабочих, произведен расчет цеховых расходов и составлена смета расходов по содержанию и эксплуатации оборудования. Для полного представления о производственной мощности цеха составлена таблица технико-экономических показателей.

В части по охране труда приведена полная характеристика участка механической обработки вала с точки зрения безопасности проведения работ, рассчитана стационарная установка для гашения пожара углекислотой в помещении цеха.

Составлен альбом технологической документации на изготовление фланца двигателя АИ-25ТЛК

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник технолога-машиностроителя. / Под редакцией А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т.1.
2. Справочник технолога-машиностроителя. / Под редакцией А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т.2.
3. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Справочник технолога. М: Машиностроение, 1976 - 288 с.
4. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» (8.090202) та «Двигуни та енергетичні установки літальних апаратів» (7.100102) усіх форм навчання./ Склали: Яценко В.К., Коренівський Е.Я., Ципак В.І. і др. – Запоріжжя, ЗДТУ, 2000. 245с.
5. Богуслав В.А., Качан А.Я., Мозговой В.Ф., Кореневский Е.Я. Технология производства авиационных двигателей. – Запорожье, изд. ОАО «Мотор Сич», 2000-945с.
6. Справочник нормировщика-машиностроителя. Техническое нормирование станочных работ. Том 2. / Под редакцией Е.И. Стружестраха. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1961. – 892с.
7. В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов Станочные приспособления, монография.- г. Запорожье, изд. ОАО «Мотор Сич», 2000 г. – 461 с.
8. Богуслаев В.А., Мозговой В.Ф., Качан А.Я., Дудников А.С., Ярошенко А.М., Смирнов А.С. Конструкции приспособлений. Справочное пособие Под общей редакцией В.А. Богуслаева. Изд. ОАО «Мотор Сич», г. Запорожье – 2004 г. – 203 стр.
9. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высш. шк., 1983. – 256 с.



Ф.т.	Знак	Поз.	Позначення	Найменування	Кол.	Прим.
				Документація		
				Складальне креслення	1	
				Стандартні вироби		
		1		Пневмоциліндр	1	
		2		Патрубок	2	
				Деталі		
		4		Стакан	1	
		5		Направляюча	1	
		6		Ричаг	2	
		7		Прихват	2	
		9		Коромисло	1	
		10		Тяга	1	
		15		Корпус	1	
		17		Ось	2	
		18		Ось	2	
		19		Палець	1	
		20		Шпонка спеціальна	1	
				Стандартні вироби		
		3		Болт М6-6dх90.58	1	
				ГОСТ 7798-70		

ЗНТУ 29.5221.018

Зм. Лист № докум. Підп. Дата

Розроб. Надзельський

Перев. Камарюк

Начальн. Гончар

Замб. Дядько

Пристосування  
для фрезерування  
(операция 080)

Формат А4

Лист Лист Лист

1 2

ЗНТУ

гр. М-113м

[illegible]

Ф.п.	Зна	Поз.	Позначення	Найменування	Кол.	Прим.
				Документація _____		
			ЗНТУ.402111.018	Складальне креслення		
				Деталі _____		
		1		Плита	1	
		2		Зажим	1	
		3		Ніжка	1	
				Стандартні вироби _____		
		4		Гвинт М6-6dх6.66.05 ГОСТ 17473-80	1	
		5		Гвинт М3х16 ГОСТ 14731-69	1	
		6		Наконечник ГОСТ 11007-66	1	
		7		Штир ГОСТ 20122-74	1	
		8		Штифт ГОСТ 26862-86	1	

ЗНТУ 402111.018

Зн. Лист № докум. Підп. Дата

Розроб. Надзельський

Перев. Канаркин

Начальн. Гончар

Дізн. Дізн.

Прийняття для  
контролю  
неперпендикулярності

Лист Лист Лист

1

ЗНТУ  
зр. М-113м

Формат А4