

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проект (роботу)

Особливості механічної обробки деталей з титанових сплавів
(вказати тему дипломного проекту (роботи))

Студент (ка) Козушев Андрій Олександрович

Спеціальність 131. Прикладна механіка М-118М
(код, найменування спеціальності)

Обсяг проекту повний

Кількість аркушів креслень 5 креслень та 11 слайдів презентації

Кількість сторінок пояснювальної записки 125

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень 1. Технологічна частинка; 2. Конструкторська частинка з автоматизацією та розрахунком деталей на міцність; 3. Інформація про особливості механічної обробки деталей з титанових сплавів; 4. Охорона праці; 5. Оцінка екологічної ситуації.

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню дипломний проект відповідає завданню

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

усі розділи дипломного проекту відповідають останнім досягненням науки та техніки

г) негативні особливості виконання проекту (роботи) у технологічній частині використано застарілі дані

д) позитивні особливості виконання проекту автоматизація процесу - використання програм, що спрощують процес креслення

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту (роботи)

пояснювальна записка та графічне оформлення

мення відповідає діючому стандарту

є) відгук про проект (роботу) загалом виконаний у повній обсязі

ж) інші зауваження: на кресленні величка позначка ліній розсіювання ліній креслення того проектування не вказує на наявність креслення заготовки і малює її вихідні деталі величчю накресленням в різних напрямках

з) оцінка проекту (роботи) виконаний проект задовільно, добре

Рецензію склав

доц. Тихоновський Г.В.

(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)

Тих

(підпис)

«17» грудня 2019 р.

[14:31:21] Go Найдено 1% совпадений по адресу: <http://masters.donntu.org/2009/mech/sergeeecheva/diss/indexu.htm>

[14:31:22] Go Найдено 1% совпадений по адресу: http://dn.khnu.km.ua/dn/k_default.aspx?M=k0026&T=04_2&lng=1&st=0

[14:31:25] Go Найдено 1% совпадений по адресу: http://novakah.uu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/02/4_ДР-магістра-вимоги-НГІ-2016-2017-ОІО.doc

[14:31:27] Go Найдено 1% совпадений по адресу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/z0226-98>

[14:31:27] Go Найдено 1% совпадений по адресу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0779-17>

[14:31:44] Go Найдено 1% совпадений по адресу: <https://ritm-magazine.ru/ru/public/shlifovanie-aerokosmicheskikh-detaley>

[14:31:49] Go Найдено 1% совпадений по адресу: <http://zntu.edu.ua/kafedra?page=329>

[14:38:03] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №452 [3] (200039 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:38:23] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №457 [3] (200039 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:38:33] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №462 [3] (200055 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:38:46] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №467 [3] (200039 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:39:03] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №472 [3] (200039 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:39:14] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №477 [3] (200055 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:39:22] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №482 [3] (200039 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:39:31] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №487 [3] (200039 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:39:49] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №492 [3] (200071 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:39:57] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №497 [3] (200039 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:40:15] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №502 [3] (200055 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:40:15] Тип проверки: *Стандартная*

[14:40:15] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 24%)**

[14:40:15] **Уникальность текста 87%^с (Проигнорировано подстановок: 0%)**

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Пекушев А.О., провів зав. навч. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

16.12.2019р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Технології машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Магістерський (другий)

(ступінь вищої освіти)

на тему Особливості механічної обробки
деталей з титанових зварних сплавів

Виконав: студент(ка) 6 курсу, групи М-118м

Спеціальності 131. "Прикладна механіка"
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування
Жуков

(прізвище та ініціали)

Керівник Юганінов В.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Духалеска Г.В.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудування
 Кафедра Технології машинобудування
 Ступінь вищої освіти магістерський (другий)
 Спеціальність 131. Прикладна механіка
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Технології машинобудування
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМБ
Додя С.І.
 « 17 » 12 2019 року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Жушківська Андрія Олександрівна
 (прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема проекту (роботи) Особливості механічної обробки деталей з титанових зварних сплавів
- керівник проекту (роботи) Логанюк Віктор Олександрович, доц.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом закладу вищої освіти від « 26 » листопада 2019 року № 416
- Строк подання студентом проекту (роботи) _____
- Вихідні дані до проекту (роботи) Робоче креслення деталі «Стяжка» програма випуску.
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1- Технологічна частинка; 2- конструкторська частина; 3- Автоматизація та розрахунок механічних деталей; 4- Спеціальне завдання: Особливості механічної обробки деталей з титанових зварних сплавів. 5- Охорона праці; 6- оцінка економічної ефективності
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Робоче креслення деталі; 2. Креслення з'єднань; 3. Маршрут виготовлення деталі; 4. Креслення робочого пристосування; 5. Креслення калібрування приладу.
- Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1,2,3,4,6	Логомів В. О., доц.	10.09.19	13.12.19
5	Шмиря Р. І. к.т.н., доц.	4.10.19	13.12.19
Н.контр	Дядеся К.т.ч. доц.	16.12.19	

7. Дата видачі завдання « 10 » вересня 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Технологічна частинка. Опис конструкції, деталі, вибір типу вир-ва; аналіз технологічності рішень. Вибір способу отримання деталей.	20.09.2019	
2.	Проектування шліфувальної, вигрбю, МОН, МОЗ, розробка програм, проектування операційної технології. Оформлення документації.	10.10.2019	
3.	Конструкторська частинка. Проектування та розробка робочого; контрольна програмування	12.11.2019	
4.	Автоматизація та розробка на інструмент	15.11.2019	
5.	Специфікація	20.11.2019	
6.	Охорона праці	25.11.2019	
	Нормоконтроль		
	Представлення проекту в. вадарого		
	Рецензія		

Студент(ка)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 125 сторінок; 42 рисунки; 7 таблиць; 2 додатки; 18 джерел.

Об'єкт дослідження – технологія виготовлення деталі «Стакан».

Мета роботи – вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Стакан» на основі базового варіанту технологічного процесу з урахуванням особливостей механічної обробки деталей з титанових ливарних сплавів.

Вдосконалення технологічного процесу відбувається за рахунок заміни способу отримання заготовки перерозрахунком припусків на її одержання, тим самим зменшивши масу заготовки, підвищення техніко-економічних показників та зниження трудомісткості виконання операцій за рахунок сполучення декількох операцій в одну, розробки пневматичного затискного пристрою та заміни ручних слюсарних операцій віброгалтовкою, автоматизації контролю розмірів.

За допомогою програмного модулю КОМПАС-3D деталь було розраховано на міцність та були розроблені технологічні операції на високопродуктивних верстатах з ЧПК, було виконано розрахунок економічної ефективності та розглянута техніка безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Графічна частина проекту складається з робочого креслення деталі, заготовки, креслень пристосувань (верстатного і контрольного), МВД, презентації з графічним зображенням 3D моделей деталі та розглянутих заготовок, зображення обробки та розрахунку на міцність, плакату автоматизації та трьох плакатів по спецзавданню.

Окремим томом оформлено альбом технологічної документації на виготовлення деталі «Стакан» на п'ять операцій вибірково

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ПРИПУСК, ДОПУСК, ЕСКІЗ, КВАЛІТЕТ, БАЗА, ЗАГОТОВКА, РІЗЕЦЬ, ТОЧНІСТЬ, ШОРСТКІСТЬ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	7
ВСТУП	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.1.1 Призначення деталі.....	9
1.1.2 Хімічний склад та технічні властивості матеріалу.....	9
1.1.3 ехнологічний контроль креслення.....	10
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	12
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	17
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	17
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	21
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	24
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	26
1.5.1 Розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом.....	26
1.5.2 Розрахунок операційних припусків та розмірів заготовки табличним методом.....	29
1.6 Розрахунок режимів різання	32
1.6.1 Операція 015 (токарна з ЧПК)	32
1.6.2 Операція 040 (кругло-шліфувальна)	35
1.6.3 Операція 050 (свердлильна з ЧПК)	36
1.6.4 Операція 060 (фрезерна з ЧПК)	42
1.7 Технічне нормування операцій	45
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК.....	48
1.8.1 Розробка токарної операції 015	48
1.8.2 Розробка свердлильної операції 050	50

1.8.3 Розробка фрезерної операції 080	52
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	54
2.1 Проектування робочого пристрою	54
2.1.1 Визначення необхідної сили затиску	54
2.1.2 Конструкція і принцип роботи пристосування	56
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	57
3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ	58
3.1 Індуктивні та ємнісні контрольно-вимірювальні пристрої	58
3.1.1 Індуктивні контрольно-вимірювальні пристрої.....	58
3.1.2 Ємнісні контрольно-вимірювальні пристрої.....	72
3.2 Визначення напружено-деформованого стану деталі.....	77
4. ОСОБЛИВОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ	81
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	91
5.1 Аналіз потенційних небезпек	91
5.2 Заходи по забезпеченню безпеки	93
5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	98
5.4 Заходи з пожежної безпеки	106
5.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	108
6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	116
ВИСНОВОК.....	119
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	120
ДОДАТОК А.....	122
ДОДАТОК Б	124

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ПГФ	Піщано-глинисті форми
ДСТУ	Державний стандарт України
ЗВ	Засоби вимірювання
ЗОР	Змащувально-охолоджуюча рідина
КВМ	Коефіцієнт використання матеріалу
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
ОК	Об'єкт контролю
ППТЯ	Послідовність показників точності та якості
ХТО	Хіміко - термічна обробка
ТП	Технологічний процес

ВСТУП

У магістерській дипломній роботі з теми «Особливості механічної обробки деталей з титанових ливарних сплавів» проектується технологічний процес обробки в умовах серійного виробництва.

Метою проектування є впровадження більш досконалого устаткування, методів техніко-економічного аналізу, пошук шляхів підвищення продуктивності праці і якості виготовленої продукції.

Технологія машинобудування – це наука, що вивчає і встановлює закономірності протікання процесів обробки і параметри, вплив яких найбільше ефективно позначається на інтенсифікації процесів і підвищення їхньої точності. Вона вивчає напрямки і засоби обробки матеріалів необхідних для виготовлення машин (виробів), з використанням прогресивних методів і засобів виробництва.

Технологія авіаційного двигунобудування розглядає ті ж питання з врахуванням особливості конструкції виробів (складні двигуни), умов їх експлуатації (швидкість, тиск) і вимог щодо надійності виробів. Основними напрямками є розробка економічних технологій (з малими витратами часу і матеріалів на виробництво, розробка безперервних технологій автоматизованих з малою участю робітників). Розробка екологічно чистих технологій без відходів.

Усе це допомагає підвищити техніко-економічну ефективність виробництва, зменшує витрату матеріалу, витрати на інструмент, збільшує кількість і підвищує якість продукції, зменшує собівартість, збільшує рівень виробництва і продуктивності процесу.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

1.1.1 Призначення деталі

Стакан є деталлю статичного призначення (при роботі двигуна не рухається), призначена для установки та центрації підшипників з прохідним валом на корпус двигуна. Підшипники встановлюються по $\varnothing 47^{+0,039}$ та $\varnothing 50^{+0,046}$, для закріплення та центрації стакана на двигуні виконаний фланець з посадочним діаметром $\varnothing 60$ та з чотирма отворами під крипильні болти $\varnothing 6,5$. З іншої сторони деталі виконується фланець під болти $\varnothing 5,5$.

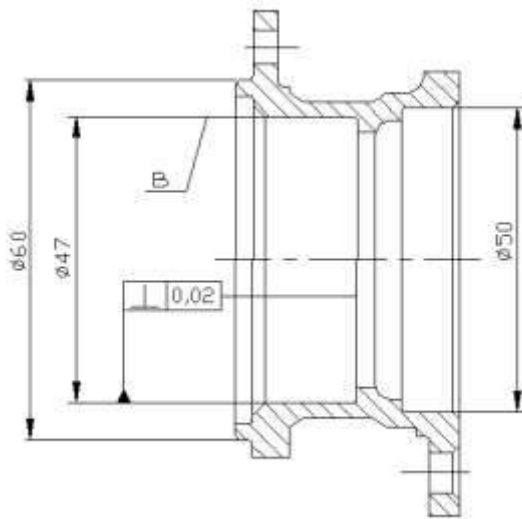


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Стакан»

1.1.2 Хімічний склад та технічні властивості матеріалу

Титановий сплав ВТ20 Л – ливарний титановий сплав. Призначений для деталей, що працюють при температурі до 750°C типу дисків, кілець, лопаток.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад матеріалу ВТ20Л ГОСТ 19807 -91

Mo,%	V,%	Ti,%	Al,%	Zr,%
0.5-2	0.8-1.8	86.2-91.7	5.5-7.5	1.5-2.5

Таблиця 1.2 – Механічні властивості ВТ20Л ГОСТ 19807-91

σ_B	σ_T	δ	ψ	Твердість НВ
кгс/мм ²	кгс/мм ²	%	%	
72-93	40-54	6-10	18-25	130-150

Технологічні властивості:

Переріз до 300 мм охолоджується на повітрі. Зварюваність – важко зварювати. Спосіб зварювання - дугове зварювання в ароні або гелії. Отримані зварні шви можуть деформуватись в холодному стані.

Оброблюваність різанням ускладнена із-за схильності до налипання, низької теплопровідності і поганих антифрикційних властивостей титана. Хімічний склад і механічні властивості дозволяє використовувати сплав для виготовлення деталі.

1.1.3 Технологічний контроль креслення

Креслення деталі перехідник містить всі необхідні відомості, що дають повне уявлення про конструкцію деталі, тобто наявність всіх необхідних проекцій, перетинів, розмірів. На кресленні вказані всі необхідні розміри з відхиленнями, шорсткістю оброблюваних поверхонь, допуск відхилення від правильних геометричних форм, а також взаємного положення поверхонь.

Креслення містить відомості про матеріал і масу деталі.

Креслення деталі зроблено згідно СТ СЭВ 1181-78. Розміри проставлені згідно ГОСТ 2307-68. Граничні відхилення наведені згідно ОСТ 141154-86.

Допуски форми і розташування поверхні виконані по ГОСТ 2.308-79.

Шорсткість на кресленні проставлена у відповідності з ГОСТ 2309-73.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

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

У серійному виробництві, у залежності від кількості виробів у серії, їхньої характеристики і трудомісткості, частоти повторюваності серії протягом року розрізняють: дрібносерійне, середньо серійне, багатосерійне. Коефіцієнт закріплення операцій: $K_{30}=1\ldots 10$ – багатосерійне виробництво; $K_{30}=10\ldots 20$ – середньо серійне виробництво; $K_{30}=20\ldots 40$ – дрібносерійне виробництво.

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

Верстатний парк повинний бути спеціалізований у такій мірі, щоб був можливий перехід від виробництва однієї серії машин до іншої. При використанні універсальних верстатів повинні широко застосовуватися спеціалізовані і спеціальні пристосування, різальний інструмент і вимірювальний інструмент у виді граничних (стандартних і спеціальних) калібрів і шаблонів, що забезпечують взаємозамінність оброблених деталей. Заготівка 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 економніше, в порівнянні з одиничним, завдяки використанню устаткування, спеціалізації робітників, збільшення продуктивності праці. Усе це забезпечує зменшення собівартості продукції.

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

- грамотного вибору варіанта технологічного процесу;
 - оснащення технологічного процесу;
 - застосування спеціальних верстатів, напівавтоматів і автоматів;
 - рівня механізації й автоматизації виробництва;
- застосування оптимальних режимів різання обробки деталей.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Порівнюємо два методи отримання заготовок: лиття у ПГФ (піщано-глинисті форми) та лиття у кокіль.

Деталь: Стакан

Спосіб отримання: ПГФ (Рис. 1.2)

Маса заготовки $m_3 = 0,28$

Матеріал: ВТ20Л

Група контролю 3 по ОСТІ 90060–92.

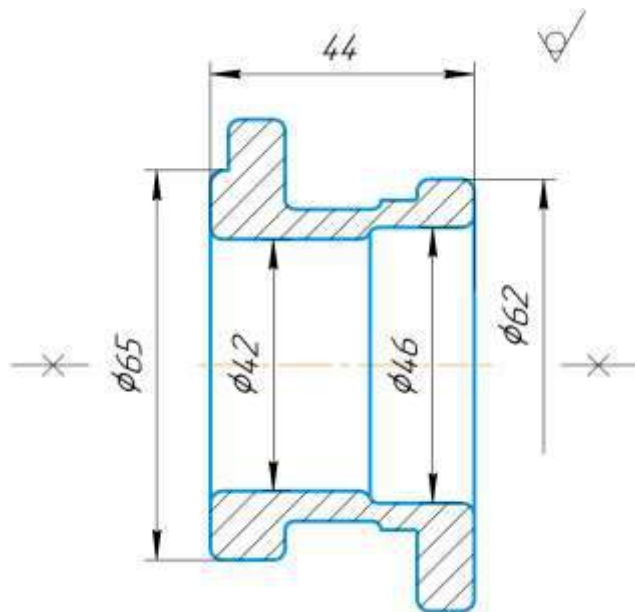


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки отриманної литтям у ПГФ

Масу заготівки визначаємо за допомогою програми КОМПАС-3D (рис.1.3).

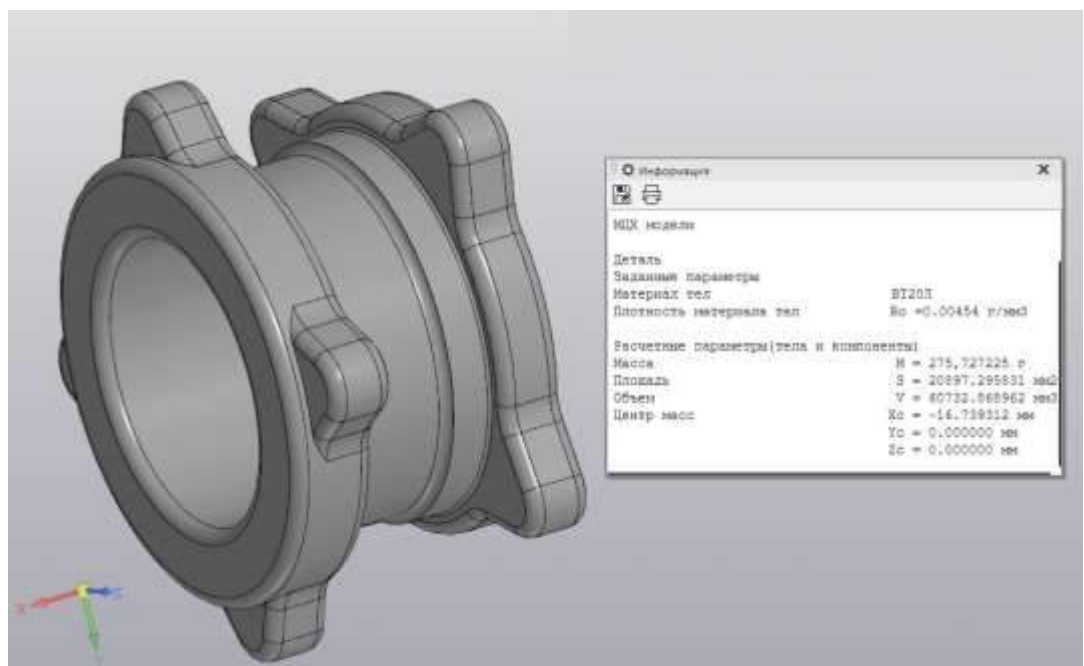


Рисунок 1.3 – Модель заготовки (ПГФ)

Деталь: Стакан

Спосіб отримання: лиття у кокиль

Маса заготовки $m_3 = 0,22$

Матеріал: ВТ20Л

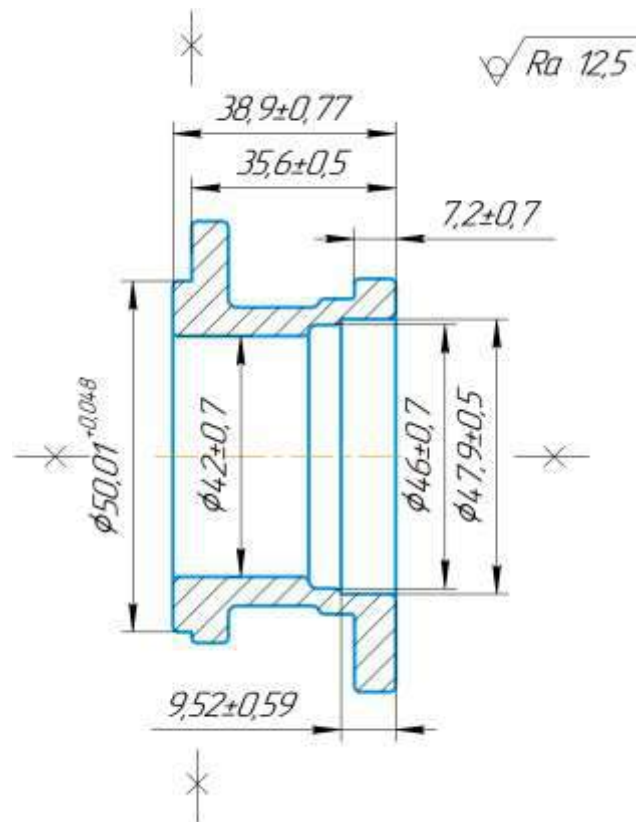


Рисунок 1.4 – Ескіз заготовки отриманної литтям у кокиль

Масу заготовки визначаємо за допомогою програми КОМПАС-3Д (рис.1.5).

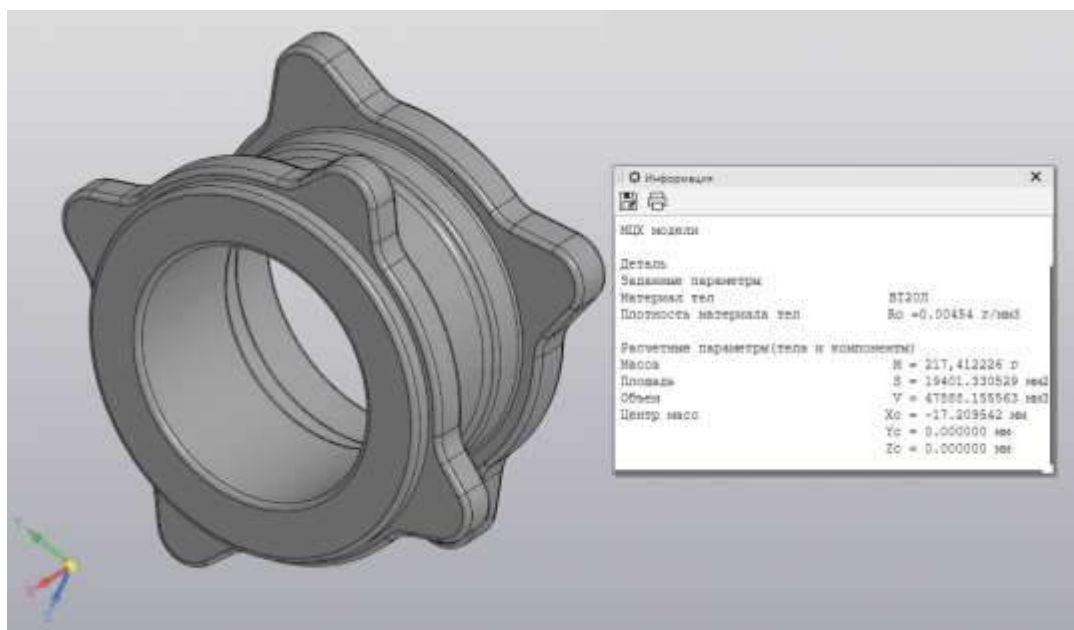


Рисунок 1.5 – Модель заготовки отриманної литтям у кокиль

Розраховуємо вартість однієї заготівки, отриманої одним зі способів:

- ПГФ (лиття у піщано-глинисті форми):

$$B_{\text{КГШП}} = \frac{B_6}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{\Pi} - (Q - q) \frac{B_{\text{отх}}}{1000} \quad (1.1)$$

де Q – маса заготівки, кг;

B_6 – базова вартість виготовлення 1 т заготовок, грн;

K_T – коефіцієнт, враховуючий точність заготівки;

K_M – коефіцієнт, враховуючий матеріал заготівки;

K_C – коефіцієнт враховуючий групу складності виготовлення заготівки;

K_3 – коефіцієнт враховуючий масу заготівки;

K_{Π} – коефіцієнт враховуючий програму випуску заготовок.

$$\begin{aligned} B_{\text{ПГФ}} &= \frac{1021130}{1000} \cdot 0,28 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 0,9 \cdot 0,89 \cdot 0,8 - (0,28 - 0,13) \frac{49290}{1000} \\ &= 289,42 \text{ грн.} \end{aligned}$$

- лиття у кокіль:

$$\begin{aligned} B_K &= \frac{1179580}{1000} \cdot 0,22 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 0,9 \cdot 0,89 \cdot 0,8 - (0,22 - 0,13) \cdot \frac{49290}{1000} \\ &= 264,96 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу (КВМ):

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.2)$$

де q – маса деталі, кг;

Q – маса заготівки, кг.

- ПГФ:

$$\eta_{\text{КГШП}} = \frac{0,13}{0,28} = 0,46$$

- Кокіль:

$$\eta_{\text{ОФ}} = \frac{0,13}{0,22} = 0,59$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.1.

При порівнянні двох способів отримання заготовки, заготовка виготовлена литтям у кокіль виявилася дешевшою ніж литтям у ПГФ, та коефіцієнт використання матеріалу її вищий, тому виготовлення заготовки литтям у кокіль є більш доцільним.

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники за варіантами

Показник	Позначення	Одиниця	Варіант	
			ПГФ	Кокіль
Маса загот.	Q	кг	0,28	0,22
Базова варт. 1т заг.	Сб	грн	1021130	1179580
Коефіцієнти	K_T	-	0,9	0,9
	K_M	-	1,8	1,8
	K_B	-	0,89	0,89
	K_n	-	0,9	1
	K_C	-	0,8	0,8
Варт. 1т стружки	$S_{\text{отх}}$	грн	49290	49290
Варт. 1шт загот.	С	грн	289,42	264,96
КВМ	η_1	-	0,46	0,59

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Під технологічністю конструкції виробу розуміють сукупність конструктивних особливостей виробу, що забезпечує зручність в експлуатації, ремонт та технічне обслуговування при використанні економічних та продуктивних методів обробки. Існує два види оцінки технологічності деталі: якісна і кількісна.

Якісна оцінка включає до себе відпрацьовування її конструкції з метою максимальної уніфікації елементів (діаметральних розмірів, різьб, фасок, канавок, шліцьових з'єднань та інше); правильний вибір та постановку розмірів, оптимальних допусків та шорсткості поверхонь; дотримання всіх вимог, які пред'являються до заготовок; дотримання всіх вимог, які пред'являються до технологічності елементів при механічній обробці (доступність обробки, можливість входу і виходу інструменту, наявність надійних поверхонь для кріплення деталі при механічній обробці) та інше.

Кількісна оцінка визначається за коефіцієнтами за формулою:

$$K_{\text{тех}} = \frac{K_{\text{ун}} + K_{\text{точ}} + K_{\text{ш}}}{3} \quad (1.3)$$

де $K_{\text{ун}}$ – коефіцієнт уніфікованих елементів;

$K_{\text{точ}}$ – коефіцієнт точності;

$K_{\text{ш}}$ – коефіцієнт шорсткості.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

$$K_{\text{ун}} = \frac{n_{\text{ун}}}{n_{\Sigma}} \quad (1.4)$$

де $K_{\text{ун}}$ – коефіцієнт уніфікації;

n_{Σ} - загальна кількість деталей.

Коефіцієнт точності визначаємо за формулою:

$$K_{\text{точ}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}} \quad (1.5)$$

де $K_{\text{точ}}$ – коефіцієнт точності;

$A_{\text{ср}}$ – середній квалітет точності визначається за формулою:

$$A_{\text{ср}} = \frac{15 \cdot n_1 + 14 \cdot n_2 + \dots + 6 \cdot n_n}{\sum n} \quad (1.6)$$

де $n_1 \dots n_n$ – кількість розмірів, що мають відповідний квалітет;

$\sum n$ – кількість усіх розмірів.

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{B_{\text{ср}}} > 0,6 \quad (1.7)$$

де $K_{\text{ш}}$ – коефіцієнт шорсткості;

$B_{\text{ср}}$ – середній квалітет шорсткості, який визначається за формулою:

$$B_{\text{ср}} = \frac{K_4 \cdot n_1 + K_5 \cdot n_2 + \dots + K_7 \cdot n_n}{\sum n} \quad (1.8)$$

де $K_{4 \dots 7}$ – клас шорсткості;

$n_1 \dots n_n$ – кількість розмірів, що мають відповідний клас шорсткості;

$\sum n$ – кількість усіх розмірів.

Виконуємо якісну оцінку (рис.1.2):

- деталь має геометричну форму середньої складності, відноситься до класу корпусів;
- деталь тонкостінна;
- деталь має тверду конструкцію;
- деталь середньої точності;

- уніфіковані елементи: фаски, що виконані з урахуванням можливості обробки;
- поверхні можна обробляти звичайним інструментом;
- усі поверхні деталі доступні для обробки.

Виконуємо кількісну оцінку.

Всі одержані дані заносяться до таблиці 1.2.

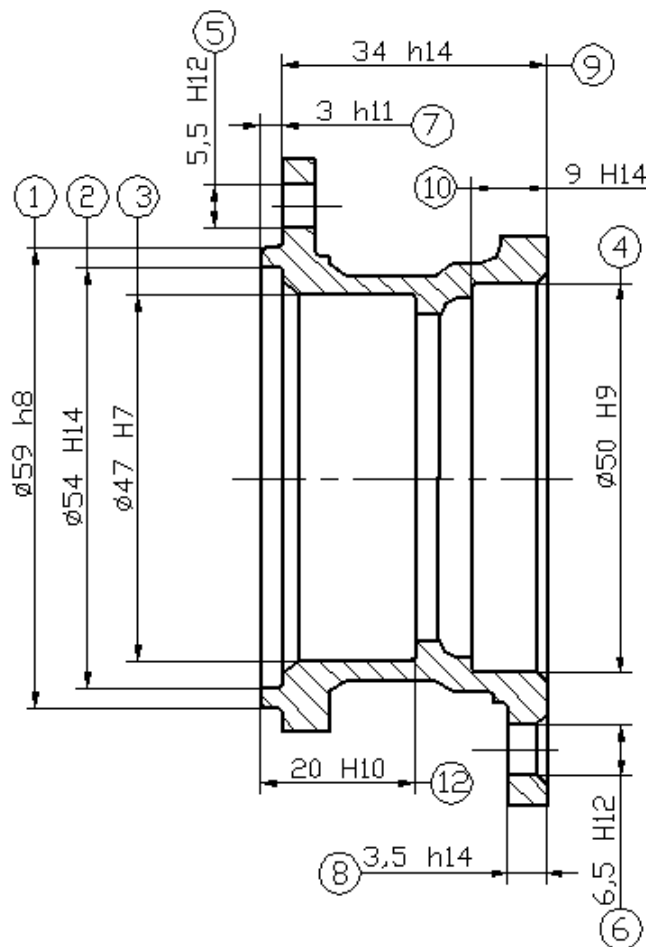


Рисунок 1.6 – Технологічна розмітка поверхонь деталі «вал турбіни компресора».

Таблиця 1.4 – Аналіз деталі на технологічність

№розм	Розміри	Квалітет	Шорсткість	Уніфікація
1	2	3	4	5
Діаметральні				
1	Ø 59	h8	1,6/6	+
2	Ø 54	h14	3,2/5	-
3	Ø 47	H8	1,6/6	+
4	Ø 50	H8	1,6/6	+
5	Ø 5,5	H12	3,2/5	+
6	Ø 6,5	H12	3,2/5	+
Лінійні				
7	3	h11	6,3/4	+
8	3,5	h14	3,2/5	-
9	34	h14	1,6/6	-
10	9	H14	1,6/6	-
11	20	H10	1,6/6	+

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою (1.4):

$$K_{ун} = \frac{7}{11} = 0,64 \geq 0,6$$

Отже, за даним коефіцієнтом деталь являється технологічною.

Середній квалітет точності та коефіцієнт точності визначається за формулою (1.6), (1.5):

$$A_{cp} = \frac{7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 10 \cdot 1 + 11 \cdot 1 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 4}{11} = 10,55$$

$$K_{точ} = 1 - \frac{1}{10,55} = 0,9 > 0,6$$

За даним коефіцієнтом деталь являється технологічною.

Коефіцієнт шорсткості та середній квалітет шорсткості, який визначається за формулами (1.7), (1.8):

$$B_{cp} = \frac{4 \cdot 1 + 5 \cdot 4 + 6 \cdot 6}{12} = 5$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{5} = 0,8 > 0,6$$

За даним коефіцієнтом деталь являється технологічною.

Загальний рівень технологічності визначаємо за формулою (1.3)

$$K_{tex} = \frac{0,64 + 0,91 + 0,8}{3} = 0,78 > 0,6$$

На підставі вищевикладених обчислень, можна зробити висновок, що деталь відповідає коефіцієнтам якісної і кількісної оцінки технологічності конструкції, тому деталь являється технологічною.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Проектування маршруту обробки внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 50H8^{(+0,046)}$.

Дані щодо деталі та заготовки:

Заготовка:

$Td_3 = 1000$ мкм;

$Ra_3 = 12,5$;

Квалітет - IT 15;

Деталь:

$Td_d = 0,046$ мм = 46 мкм;

$Ra_d = 1,6$

Квалітет – H8 $(+0,046)$.

Уточнення за квалітетом визначається за формулою:

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{Td_{заг}}{Td_{дет}}; \quad (1.9)$$

де $Td_{заг}$ – допуск на заготовку в мкм;

$Td_{дет}$ – допуск на деталь в мкм.

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{1000}{46} = 20,83$$

Уточнення за шорсткістю визначається за формулою:

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}}; \quad (1.10)$$

де $Ra_{заг}$ – шорсткість на заготовку в мкм;

$Ra_{дет}$ – шорсткість на деталь в мкм.

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{12,5}{1,6} = 7,81$$

Кількість переходів розраховується за формулою:

$$K_{расч} = 2lg\varepsilon_{oTd} \quad (1.11)$$

$$K_{расч} = 2 \cdot lg20,83 = 2,82$$

Приймаємо кількість переходів $K=3$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{заг} - IT_{дет} = 15 - 7 = 8 = 3 + 3 + 1$$

$$IT15 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8$$

$$Ra\ 12,5 \rightarrow Ra\ 6,3 \rightarrow Ra\ 3,2 \rightarrow Ra\ 1,6$$

Перевірка:

$$\varepsilon_{oTd} \leq \Pi \varepsilon_{iTd}$$
$$20,83 \leq 20,93 - \text{вірна}$$

$$\varepsilon_{oRa} \leq \Pi \varepsilon_{iRa}$$
$$7,81 \leq 7,9 - \text{вірна}$$

Результати розрахунків занесені до таблиці 1.3. Перевірка виконана, маршрут обробки заданої поверхні являється виконаним.

Проектування маршруту обробки внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 47H8^{(+0,039)}$.

Дані щодо деталі та заготовки:

Заготовка:

$Td_3 = 1000$ мкм;

$Ra_3 = 12,5$;

Квалітет – IT 15;

Деталь:

$Td_d = 0,039$ мм = 39 мкм;

$Ra_d = 1,6$

Квалітет – $H8^{(+0,039)}$.

Уточнення за квалітетом та шорсткістю розраховуються за формулами (1.9), (1.10):

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{1000}{39} = 25,64$$

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{12,5}{1,6} = 7,81$$

Кількість переходів розраховується за формулою (1.11):

$$K_{\text{расч}} = 2 \cdot \lg 25,64 = 2,98$$

Приймаємо кількість переходів $K=3$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = 15 - 7 = 8 = 3 + 3 + 1$$

$$IT15 \rightarrow h12 \rightarrow h9 \rightarrow h7$$

$$Ra\ 50 \rightarrow Ra\ 6,3 \rightarrow Ra\ 3,2 \rightarrow Ra\ 1,6$$

Перевірка:

$$\varepsilon_{oTd} \leq P\varepsilon_{iTd}$$

$$25,64 \leq 25,82 - \text{вірна}$$

$$\varepsilon_{oRa} \leq P\varepsilon_{iRa}$$

$$7,81 \leq 7,9 - \text{вірна}$$

Результати розрахунків занесені до таблиці 1.3. Перевірка виконана, маршрут обробки заданої поверхні являється виконаним.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Удосконалення маршруту виготовлення деталі відбувається за рахунок об'єднання декількох механічних операцій в одну.

Було об'єднано: операцію 40 – вертикально-свердлильну, операцію 060 – свердлильну в операцію 40 – вертикально-свердлильну з ЧПУ. Обробка виконується на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПУ 2P135Ф2.

Таблица 1.3 – Маршрут обробки поверхонь

Характер і показники точності і якості поверхні деталі і заготовки	Показники	Уточнення	Кількість переходів k		Різниця показників і ППТК	МОП		Допуск	
			розрах.	прийняте		i	Метод обробки	розміру	шорсткості
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 50H8^{(+0,046)}$; $Ra = 1,6$. Заготовка: $\sim IT15$, $Ra = 12,5$.	T	20,83	2,82	3	$\Delta_{\text{кв.}} = 1T15 - H8 = 3 + 3 + 2$	1	Заготовка	1000	12,5
					$IT15 \Rightarrow H12 \Rightarrow H10 \Rightarrow H8$	2	Точіння чорнове	300	6,3
	Ra	7,81			$Ra\ 12,5 \Rightarrow Ra\ 6,3 \Rightarrow Ra\ 3,2 \Rightarrow Ra \Rightarrow 1,6$	3	Точіння чистове	120	3,2
						4	Шліф. однокр.	46	1,6
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 47H8^{(+0,039)}$; $Ra = 1,6$. Заготовка: $\sim IT15$, $Ra = 12,5$.	T	25,64	2,98	3	$\Delta_{\text{кв.}} = 1T15 - H8 = 3 + 3 + 2$	1	Заготовка	1000	12,5
					$IT15 \Rightarrow H12 \Rightarrow H9 \Rightarrow H7$	2	Точіння чорнове	250	6,3
	Ra	7,81			$Ra\ 12,5 \Rightarrow Ra\ 6,3 \Rightarrow Ra\ 3,2 \Rightarrow Ra \Rightarrow 1,6$	3	Точіння чистове	62	3,2
						4	Шліф. однокр.	39	1,6

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

1.5.1 Розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом

Розраховуємо припуск розрахунково-аналітичним методом на розмір $\varnothing 50H8^{(+0,046)}$.

Внутрішня поверхня $\varnothing 50H8^{(+0,046)}$ $Ra=1,6$.

МОП:

1. Заготівка
2. Точіння чорнове $H12(T_{D2} = 300 \text{ мкм})$;
3. Точіння чистове $H10(T_{D3} = 120 \text{ мкм})$;
4. Шліфування $H8(T_{D4} = 46 \text{ мкм})$.

Для заготовки нормативні значення висоти нерівностей Rz та висоти дефектного шару h приймаємо за [1, табл.3.7, с.23]. Дані занесені до таблиці 1.4.

За переходами:

1. Заготівка $Rz_1 = 160$ $h_1 = 150$;
2. Точіння чорнове $Rz_2 = 32 \text{ мкм}$ $h_2 = 50 \text{ мкм}$;
3. Точіння чистове $Rz_3 = 10 \text{ мкм}$ $h_3 = 15 \text{ мкм}$;
4. Шліфування чистове $Rz_4 = 6,3 \text{ мкм}$ $h_4 = 10 \text{ мкм}$;

Сумарне значення просторових відхилень визначається за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{3M}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (1.12)$$

де ρ_1 - допустиме значення зміщення поверхні;

$\rho_{кор}$ - допустиме значення короблення поверхні.

де $\rho_{см} = 0,5 \text{ мм}$, по [2, табл.17, с.186];

$\rho_{кор} = \Delta k \cdot l$, де $\Delta k = 4 \text{ мкм/мм}$. [2,табл.16,с.186]

$l = 17 \text{ мм}$;

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{500^2 + (4 \cdot 17)^2} = 505 \text{ мкм}$$

Точіння чорнове:

$$R_z = 32 \text{ мкм}, h = 50 \text{ мкм}, [2, \text{табл. 25, с.188}]$$

$$\Delta_1 = \Delta_\Sigma \cdot K_y, K_y=0,06 [2, \text{табл. 29, с.190}]$$

$$\varepsilon_1 = 200 \text{ мкм}$$

$$\Delta_1 = 505 \cdot 0,06 = 30,3 \text{ мкм}$$

Точіння чистове:

$$R_z = 10 \text{ мкм}, h = 15 \text{ мкм}, [2, \text{табл. 25, с.188}]$$

$$\Delta_2 = \Delta_1 \cdot K_y, K_y=0,05 [2, \text{табл. 29, с.190}]$$

$$\varepsilon_2 = 100 \text{ мкм}$$

$$\Delta_2 = 30,3 \cdot 0,05 = 1,52 \text{ мкм}$$

Шліфування однократне:

$$R_z = 6,3 \text{ мкм}, h = 10 \text{ мкм}, [2, \text{табл. 25, с.188}]$$

$$\Delta_3 = \Delta_2 \cdot K_y, K_y=0,04 [2, \text{табл. 29, с.190}]$$

$$\varepsilon_3 = 50 \text{ мкм}$$

$$\Delta_3 = 1,52 \cdot 0,04 \approx 0 \text{ мкм}$$

Визначення мінімальних припусків розраховується за формулою:

$$2z_i^{min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.13)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота нерівностей попередньої операції;

h_{i-1} – висота дефектного шару попередньої операції;

ρ_{i-1} – значення просторового відхилення попередньої операції;

ε_i – значення похибки установки даної операції, [2, табл.13, с.42].

$$2z_1^{min} = 2(160 + 150 + \sqrt{505^2 + 200^2}) = 1,71 \text{ мм};$$

$$2z_2^{min} = 2(32 + 50 + \sqrt{30,3^2 + 100^2}) = 0,37 \text{ мм};$$

$$2z_3^{min} = 2(6,3 + 10 + \sqrt{1,52^2 + 50^2}) = 0,13 \text{ мм}.$$

Допуски на розміри призначаємо за [2, табл. 32, с. 192] з урахуванням квалітету допуску розміру. Результати заносимо в таблицю 1.7.

Допуск на розмір заготовки знаходимо за [2, табл. 23, с. 147] з урахуванням маси заготовки, групи матеріалу, ступеня складності штампування і розміру заготовки.

Розрахуємо технологічні розміри методом розмірних ланцюгів.

Мінімальний розмір поверхні деталі - розмір останнього переходу механічної обробки:

$$D_{3min} = D_{3ном} + eid_3; \quad (1.14)$$

$$D_{3min} = 50 + 0 = 50 \text{ мм.}$$

Далі мінімальні розміри знаходимо за формулою:

$$D_{i min} = D_{i+1 min} - 2Z_{i+1 min} - TD_i, \quad (1.15)$$

$$D_{2 min} = D_{3 min} - 2Z_{3 min} - TD_2 = 50,0 - 0,130 - 0,120 = 49,75 \text{ мм,}$$

$$D_{1 min} = D_{2 min} - 2Z_{2 min} - TD_1 = 49,75 - 0,370 - 0,300 = 49,08 \text{ мм,}$$

$$D_{заг min} = D_{1 min} - 2Z_{1 min} - TD_{заг} = 49,08 - 1,71 - 1,0 = 46,37 \text{ мм,}$$

Максимальні розміри поверхонь для переходів розрахуємо за формулою:

$$D_{i max} = D_{i min} + TD_i, \quad (1.16)$$

$$D_{2 max} = D_{2 min} + TD_2 = 49,75 + 0,120 = 49,87 \text{ мм,}$$

$$D_{1 max} = D_{1 min} + TD_1 = 49,08 + 0,300 = 49,38 \text{ мм,}$$

$$D_{заг max} = D_{заг min} + TD_{заг} = 46,37 + 1,0 = 47,37 \text{ мм.}$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2Z_{i max} = D_{i max} - D_{i-1 min}, \quad (1.17)$$

$$2Z_{3 max} = D_{3 max} - D_{2 min} = 50,046 - 49,75 = 0,296 \text{ мм,}$$

$$2Z_{2\max} = D_{2\max} - D_{1\min} = 49,87 - 49,08 = 0,79 \text{ мм},$$

$$2Z_{1\max} = D_{1\max} - D_{\text{заг}\min} = 49,38 - 46,37 = 3,01 \text{ мм}.$$

Перевіримо правильність розрахунків, використовуючи нерівність:

$$TZ_0 = TZ_{0\max} - TZ_{0\min} = TA_{\text{заг}} + TA_{\text{дет}}, \quad (1.18)$$

$$\text{де } Z_{0\max} = D_{\text{дет}\max} - D_{\text{заг}\min} = 50,046 - 46,37 = 3,676 \text{ мм}.$$

$$Z_{0\min} = D_{\text{дет}\min} - D_{\text{заг}\max} = 50 - 47,37 = 2,63 \text{ мм}.$$

$$3,676 - 2,63 = 1,046 \text{ мм},$$

$$1,0 + 0,046 = 1,046 \text{ мм}.$$

Визначимо виконавчі технологічні розміри для переходів механічної обробки. Визначимо виконавчий розмір заготовки:

$$\text{Виконавчий розмір заготовки} - \varnothing 46,87^{+0,5}_{-0,5}.$$

Виконавчі розміри для інших переходів поставимо в системі валу – h, тобто за номінальний розмір приймемо максимальний розмір поверхні мінус допуск на обробку як нижнє відхилення см. розрахункову табл. 1.4.

1.5.2 Розрахунок операційних припусків та розмірів заготовки табличним методом

Розрахуємо операційні припуски та розміри заготовки табличним методом на розмір $\varnothing 47\text{H}8^{(+0,046)}$

Розрахуємо припуски для однієї циліндричної поверхні та однієї торцевої поверхні.

Мінімальні припуски для переходів вибираємо по [3, табл. 4.23, с. 58]. Значення допусків вибираємо по [3, табл. 3.10, с. 27].

Розрахунок технологічних розмірів робимо методом розмірних ланцюгів. Обрані значення мінімальних припусків та допусків заносимо до розрахункової таблиці (табл. 1.5).

Таблиця 1.4 – Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом

i	Найменування технологічних переходів	Елементи припуску				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм		Допуск T, мкм	Мінімальний припуск $2Z_n$, мкм	Максимальний припуск $2Z_{\max}$, мкм	Мінімальний розмір, мм	Максимальний розмір, мм	Розрахунковий номінальний розмір, мм	Виконавчий технологічний розмір, мм
		Rz	h	r	e									
		Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 50H8^{(+0,046)}$												
1	Заготовка	160	150	505	0	-		1000			$\varnothing 46,37$	$\varnothing 47,37$	$\varnothing 46,87$	$\varnothing 46,87^{+0,5}_{-0,5}$
2	Точіння чорнове	32	50	30,3	200	1710		300	1710	3010	$\varnothing 49,08$	$\varnothing 49,38$	$\varnothing 49,08$	$\varnothing 49^{+0,3}$
3	Точіння чистове	10	15	1,52	100	370		120	370	790	$\varnothing 49,75$	$\varnothing 49,87$	$\varnothing 49,75$	$\varnothing 49,7^{+0,12}$
4	Шліфування однократне	6,3	10	0	50	130		46	130	296	$\varnothing 50$	$\varnothing 50,046$	$\varnothing 50$	$\varnothing 50^{+0,046}$

Таблиця 1.5 – Розрахунок припусків та технологічних розмірів табличним методом

i	Найменування технологічних переходів			Допуск T, мм	Граничні значення припусків, мм		Граничні значення припусків, мм		Виконавчий технологічний розмір, мм
		Табл. припуск $2Z_{\min}$, мм	Розрах. розмір, мм		Dmax	Dmin	2Zmax	2Zmin	
		5	6	7	8	9	10	11	12
	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 47H8^{(+0,039)}$								
1	Заготовка	-	$\varnothing 44$	1,0	$\varnothing 44,5$	$\varnothing 43,5$	—	—	$\varnothing 44^{+0,5}_{-0,5}$
2	Точіння чорнове	1,5	$\varnothing 46$	0,250	$\varnothing 46,25$	$\varnothing 46$	2,75	1,5	$\varnothing 46^{+0,25}$
3	Точіння чистове	0,35	$\varnothing 46,6$	0,100	$\varnothing 46,7$	$\varnothing 46,6$	0,7	0,35	$\varnothing 46,6^{+0,1}$
4	Шліфування однократне	0,3	$\varnothing 47$	0,039	$\varnothing 47,039$	$\varnothing 47$	0,439	0,3	$\varnothing 47^{+0,039}$
	Торцева поверхня 34h11 $(-0,15)$								
1	Заготовка	-	35,6	0,1	36,1	35,1	—	—	$35^{+0,5}_{-0,5}$
2	Точіння чорнове	0,45	34,98	0,390	34,98	34,59	1,12	0,51	$34,98_{-0,39}$
3	Точіння чорнове	0,45	34,3	0,390	34,3	34,14	0,68	0,45	$34,3_{-0,39}$
4	Точіння чистове	0,15	34,15	0,160	34,15	33,99	0,150	0,15	$34,15_{-0,16}$
5	Точіння чистове	0,15	34	0,160	34	33,84	0,150	0,15	$34,98_{-0,15}$

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 015 (токарна з ЧПК)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.7;
- матеріал – ВТ20Л;
- заготовка – виливка в кокіль;
- верстат – токарний з ЧПК АТ220В4;
- МОР: 3-5% УКРИНОЛ-1.

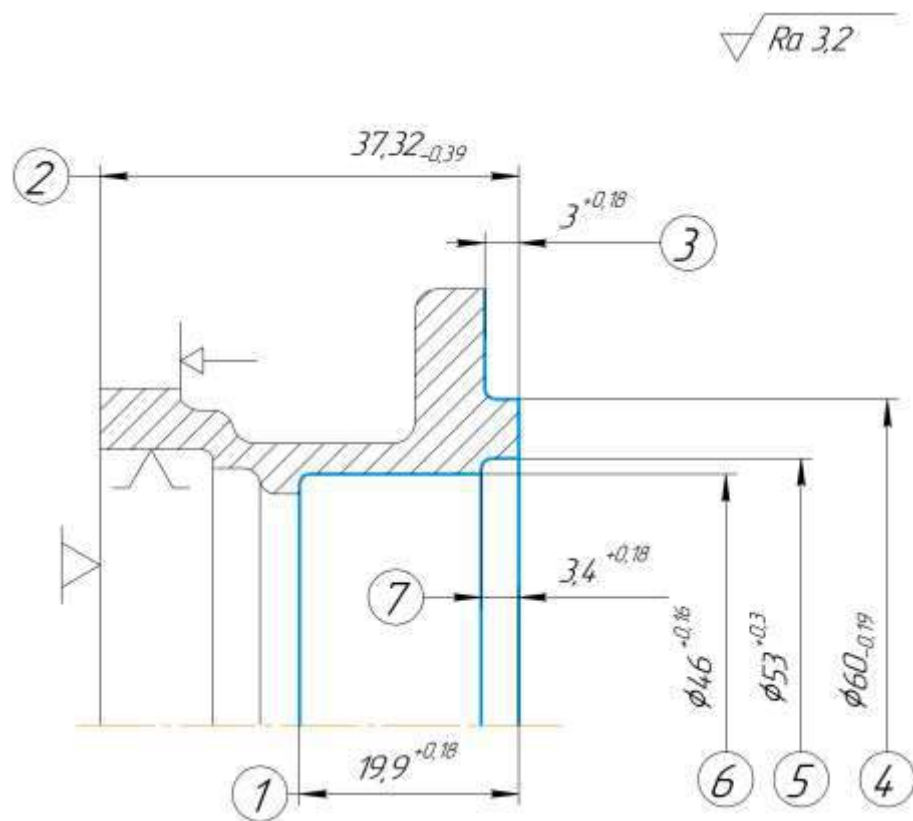


Рисунок 1.7 – Ескіз обробки деталі “Стакан” на операцію 015 Токарну з ЧПК. Верстат АТ220В4.

Обробити поверхню, витримуючи розміри за програмою.

Інструмент: різець токарний розточний ВК8 ГОСТ 18883-83, 20×35×140,
 $r = 0,9$ мм [3, таб.40, с.137]

Назначаємо режими різання.

Глибина різання $t = 2$ мм.

Подача визначається за формулою [4, с. 240]:

$$S_0 = S_0 \cdot K_{SO}; K_{SO} = K_{СП} \cdot K_{СИ} \cdot K_{СФ} \cdot K_{СЗ} \cdot K_{СЖ} \cdot K_{СМ} \quad (1.19)$$

де S_{0m} – табличне значення подачі за оберт, мм;

$K_{SOП}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

$K_{SOИ}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

$K_{SOФ}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

$K_{SOЗ}$ – коефіцієнт, що враховує вплив загартування;

$K_{SOЖ}$ – коефіцієнт, що враховує твердість технологічної системи;

$K_{SOМ}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної деталі.

Табличне значення подачі дорівнює [4, табл. 26, с. 237] –

$$S_{0m} = 0,47 \text{ мм/об.}$$

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 30, с. 239]:

$$K_{SOП} = 0,8; K_{SOИ} = 1,0; K_{SOФ} = 0,85; K_{SOЗ} = 1,0; K_{SOЖ} = 0,5; K_{SOМ} = 1,0.$$

Розрахункове значення подачі:

$$S_{0p} = 0,47 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,16 \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S_0 = 0,1 \text{ мм/об.}$

Розраховуємо швидкість різання за формулою [4, с. 240]:

$$v = v_T \cdot K_v \quad ; K_v = K_{vМ} \cdot K_{vИ} \cdot K_{vФ} \cdot K_{vТ} \cdot K_{vЖ} \cdot K_{vП} \cdot K_{vО} \quad (1.20)$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

$K_{vМ}$ – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

$K_{vИ}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

$K_{vм}$ – коефіцієнт, що враховує вид обробки;

$K_{vЖ}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи;

$K_{vП}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

$K_{vО}$ – коефіцієнт, що враховує вплив МОР.

Табличне значення швидкості різання дорівнює [4, табл. 40, с. 246]

$$v_m = 80 \text{ м/хв.}$$

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 43, с. 247-248]:

$$K_{vM} = 0,7, K_{vII} = 1,0, K_{vm} = 0,87, K_{vK} = 1,0, K_{vII} = 0,75, K_{vO} = 1,0.$$

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v_p = 80 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1,0 = 58,8 \text{ м/хв.}$$

Число обертів:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D} \quad (1.21)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 58,8}{3,14 \cdot 46} = 135,6 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_p = 125 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання:

$$v_p = \frac{1000 \cdot \pi \cdot n_{\text{вст}}}{D} \quad (1.22)$$

$$v_p = \frac{1000 \cdot 3,14 \cdot 125}{46} = 51,2 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{рез} + y, \quad (1.23)$$

де $L_{рез} = 17 \text{ мм}$ – довжина різання; $y = 5 \text{ мм}$ – довжина врізання та перебігу [5, карта 65, с. 165].

Основний час:

$$t_o = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n} \quad (1.24)$$

$$t_o = \frac{17 + 5}{0,1 \cdot 125} = 1,76 \text{ хв.}$$

1.6.2 Операція 040 (кругло-шліфувальна)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.8;
- матеріал – ВТ20Л;
- заготовка – виливка в кокіль;
- верстат – Кругло-шліфувальний 3Б161.
- МОР: 3-5% УКРИНОЛ-1.

$\sqrt{Ra\ 16}$

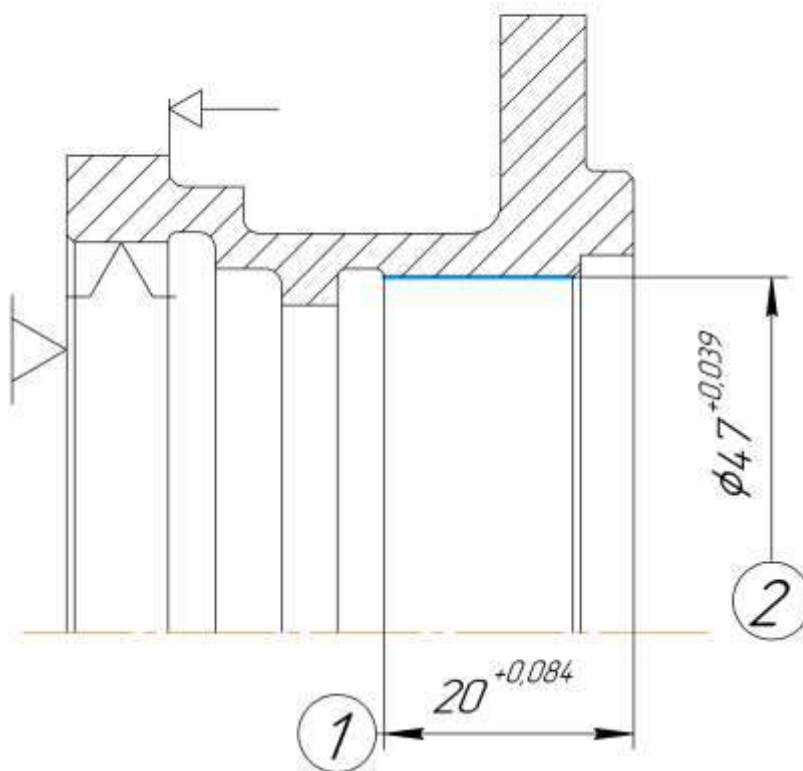


Рисунок 1.8 – Ескіз обробки деталі “ Стакан” на операцію 40 кругло-шліфувальну. Верстат Кругло-шліфувальний 3Б161.

Інструмент: шліфувальний круг $40 \times 25 \times 13$, ГОСТ 2424-83.

Назначаємо режими різання.

Величина припуску, що знімається дорівнює: $h = 0,2$ мм

Подача приймаємо $S_o = 0,5$ мм/об [3, таб.55 с.301].

Табличне значення швидкості обертання деталі та шліфувального круга приймаємо $V_{\text{дет}} = 20 \text{ м/хв}$, $V_{\text{кр}} = 25 \text{ м/с}$ [3, таб.55 с.301].

Швидкість обертів шпинделя розраховується за формулою (1.21):

$$n_{\text{дет}} = \frac{1000 \cdot 20}{\pi \cdot 50} = 77,38 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнята за паспортом верстата швидкість обертів: $n_{\text{дет}} = 50 \text{ хв}^{-1}$,
 $n_{\text{кр}} = 1100 \text{ хв}^{-1}$.

Довжина робочого ходу інструменту розраховується за формулою (1.26):

$$L_{\text{р.х}} = 3 + 17 + 0 = 20 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.24):

$$t_0 = \frac{20}{50 \cdot 0,5} \cdot 2 = 1,68 \text{ хв}$$

1.6.3 Операція 050 (свердлильна з ЧПК)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.9;
- матеріал – ВТ20Л;
- заготовка – виливка в кокіль;
- Верстат – Свердлильний з ЧПК 6М13СН2;
- МОР: 3-5% УКРИНОЛ-1.

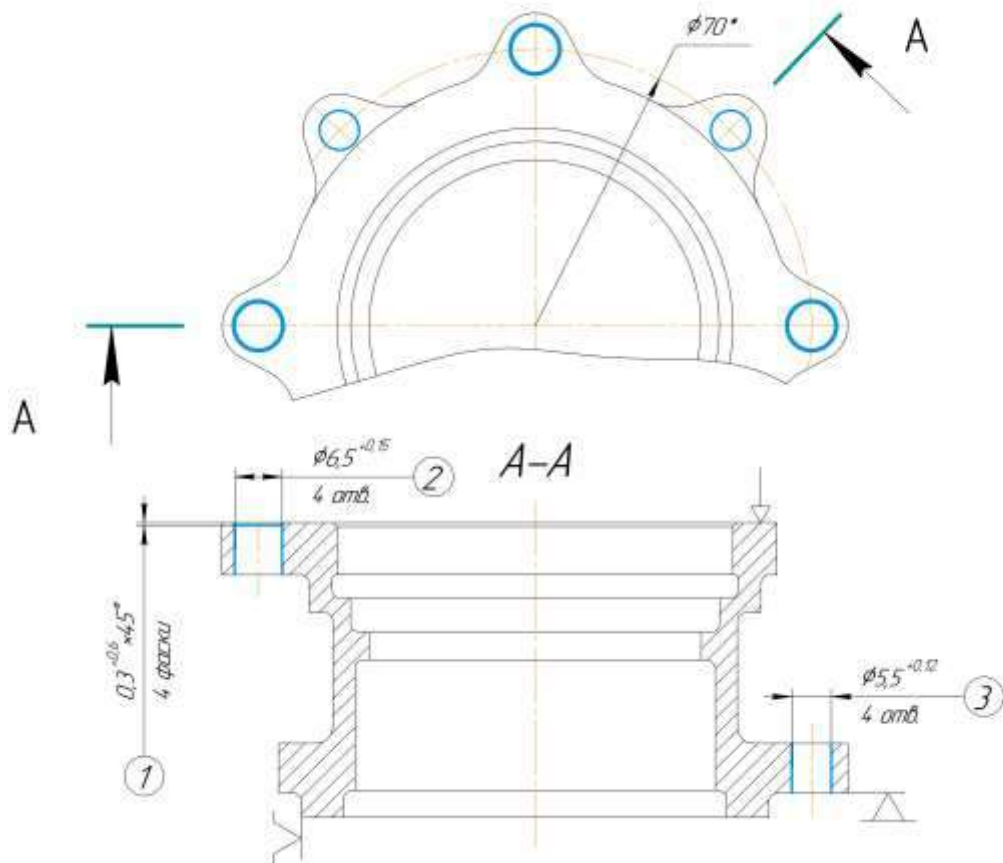


Рисунок 1.9 – Ескіз обробки деталі “Стакан” на операцію 050 свердлильну з ЧПК. Верстат 6М13СН2.

Перший перехід - центрувати 8 отворів.

інструмент: свердло центровочне ГОСТ 14952-75, [2,с.138,табл.40],
матеріал ріжучої частини – P18 [1,с.115-118], Ø3 мм, 2φ=120°.

Визначаємо глибину різання t в мм:

$$t = \frac{D}{2} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ мм} \quad (1.25)$$

Вибираємо подачу $S_0=0,06$ мм/об [2,с.277-278]

Оскільки верстат має безступінчасте регулювання величини подачі, то величину подачі коректувати не будемо.

Визначаємо швидкість різання, що ріжучими властивостями інструмента, у м/хв.

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m * s_{em}^Y} K_v = \frac{7,3 \cdot 3^{0,2}}{20^{0,125} 0,06^{0,55}} 0,25 = 7,6 \text{ м / мин} , \quad (1.26)$$

де $K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} * K_{lv}$ - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання.

Стійкість інструмента $T=20 \text{ хв}$ [2,с.279,табл.30].

$C_v=7,3$, $m=0,125$, $y=0,55$ [2,с.278-279,табл.28-29].

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{nv} = 0,85 \left(\frac{750}{900} \right)^{1,75} = 0,7$$

K_{mv} - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання [2,с. 261-263,табл.1-4];

$K_{nv}=1,0$ - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготівки на швидкість різання [2,с.263,табл.5];

$K_{uv}=0,35$ - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання [2,с.263,табл.6];

$K_{lv}=1$ - поправочний коефіцієнт, що враховує відношення глибини свердління до діаметра [2,с.280,табл.31].

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} * K_{lv} = 0,7 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 1 = 0,25 \quad (1.27)$$

Визначаємо частоту обертання інструмента відповідно знайдений швидкості різання

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D} = \frac{1000 \cdot 7,6}{3,14 \cdot 3} = 806,8 \quad \text{хв}^{-1} \quad (1.28)$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстату і установлюємо відповідної дійсності частоту обертання шпинделя - $n_{cm} = 730 \text{ мин}^{-1}$.

Визначаємо відповідної дійсності швидкість різання

$$V_o = \frac{\pi * D * n_{cm}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 2,5 \cdot 730}{1000} = 6,9 \text{ м/хв} \quad (1.29)$$

Визначаємо осьову силу різання P_o по формулі:

$$P_o = 10 C_p * D^q * s_{овт}^y * K_p = 10 \cdot 68 \cdot 2,5^1 \cdot 0,06^{0,7} \cdot 1,12 = 265,7 \text{ Н}$$
$$K_p = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{0,3} = \left(\frac{900}{750} \right)^{0,3} = 1,06 \quad (1.30)$$

де K_{mp} - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на силові залежності [2,с.264-265].

Визначаємо величину крутячого моменту

$$M_{кр} = 10 * C_m * D^q * S_{овт}^y * K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 2,5^2 \cdot 0,06^{0,8} \cdot 1,06 = 0,21 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $C_m=0,0345$; $q=2$; $y=0,8$ [2,с.281,табл.32]

$$K_{mp} = K_p = 1,06 \quad [2,с.264-265,табл.9-10]$$

Визначаємо потужність, що витрачається на різання

$$N = \frac{M_{кр} * n_{овт}}{9750} = \frac{0,21 \cdot 1500}{9750} = 0,04 \text{ кВт}$$

Обраний режим різання перевіряємо по потужності верстата.

Обробка можлива оскільки $N_{рез}=0,04 < N_{шп}=N_{дв}*\eta = 2,2*0,75=1,65 \text{ кВт}$,

де $N_{шп}$ – потужність на шпинделі верстата;

$N_{дв}$ – потужність електродвигуна верстата;

η - к.к.д станка.

Визначаємо час автоматичної роботи інструмента по формулі:

$$T_{o_{a1}} = \frac{L}{n \cdot S} i = \frac{2+2}{730 \cdot 0,06} 8 = 0,73_{мин} ,$$

де L – шлях інструмента в напрямки подачі в мм;

n – частота обертання інструмента (шпинделя) в $хв^{-1}$;

S – подача в мм/об.;

$$L = l + \Delta ,$$

де l – глибина отвору, що обробляється в мм;

$\Delta = 2$ – вихід ріжучого інструмента;

Другий перехід - свердлити 4 отвори $\varnothing 5,5$.

інструмент: свердло ГОСТ 4010-77, [2,с.138,табл.40], матеріал ріжучої частини – P18 [1,с.115-118], $\varnothing 5,5$ мм, $2\varphi = 120^\circ$.

Визначаємо глибину різання t в мм:

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

Вибираємо подачу $S_o = 0,06$ мм/об [2,с.277-278]

Оскільки верстат має безступінчасте регулювання величини подачі, то величину подачі коректувати не будемо.

Визначаємо швидкість різання, що допускається ріжучими властивостями інструмента, у м/хв: $V = 9,5_{м / мин}$

Визначаємо частоту обертання інструмента відповідно знайдений швидкості різання:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D} = \frac{1000 \cdot 9,5}{3,14 \cdot 5,5} = 550 \text{ } хв^{-1} \quad (1.31)$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя по паспортним даним верстату і установлюємо відповідної дійсності частоту обертання шпинделя - $n_{cm} = 400 \text{ мин}^{-1}$.

Визначаємо відповідної дійсності швидкість різання

$$V_\phi = \frac{\pi * D * n_{cm}}{1000} = \frac{3,14 * 5,5 * 400}{1000} = 6,9 \text{ м/хв} \quad (1.32)$$

Визначаємо потужність, що витрачається на різання

$$N = 0,8 \text{ кВт}$$

Обраний режим різання перевіряємо по потужності верстата.

Обробка можлива, оскільки $N_{рез} = 0,8 < N_{шп} = N_{дв} * \eta = 2,2 * 0,75 = 1,65 \text{ кВт}$,

де $N_{шп}$ – потужність на шпинделі верстата;

$N_{дв}$ – потужність електродвигуна верстата;

η - к.к.д станка.

Визначаємо час автоматичної роботи інструмента по формулі:

$$T_{o_{a2}} = \frac{L}{n \cdot S} i = \frac{6,5 + 5}{400 \cdot 0,06} 4 = 1,9 \text{ мин} \quad (1.33)$$

Основний час:

$$t_o = 0,7 + 1,9 + 1,7 + 0,9 = 5,2 \text{ хв.}$$

1.6.2 Операція 060 (фрезерна з ЧПК)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.10;
- матеріал – ВТ20Л;
- заготовка – виливка в кокіль;
- Верстат – фрезерний з ЧПК 6М13СН2;
- МОР: 3-5% УКРИНОЛ-1.

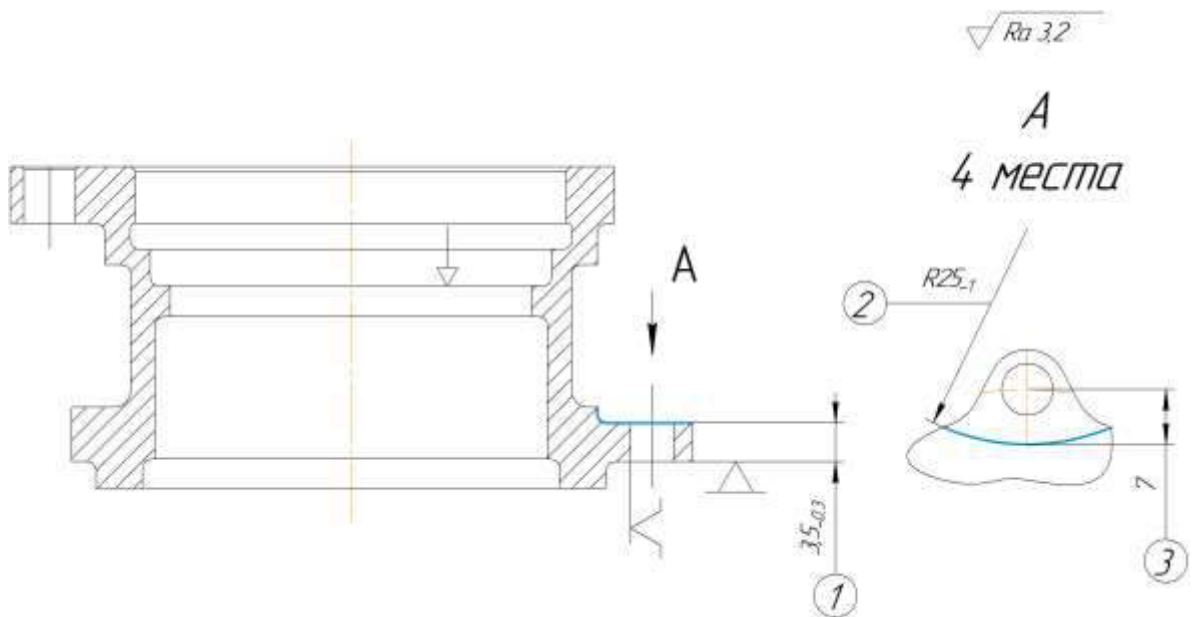


Рисунок 1.10 – Ескіз обробки деталі “Стакан” на операцію 060 фрезерну з ЧПК. Верстат 6М13СН2.

Перехід 1-4

Фрезерувати послідовно 8 пазів, після обробки кожного пазу провести індексацію заготовки.

Інструмент: фреза кінцева спеціальна Р6М5, $D = 50$ мм, $l = 7$ мм, $z = 5$

Призначаємо режими різання.

Глибина різання $t = 2,5$ мм (див. схему [4, с. 392]).

Подача визначається за формулою [4, с. 304]:

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{SZ}; K_{SZ} = K_{SZC} \cdot K_{SZH} \cdot K_{SZd} \cdot K_{SZ\Phi}, \quad (1.34)$$

де S_{Zm} – табличне значення подачі на зуб, мм;

K_{SZC} – коефіцієнт, що враховує шифр схеми фрезерування;

K_{SZH} – коефіцієнт, що враховує матеріал фрези;

K_{SZR} – коефіцієнт, що враховує шорсткість обробленої поверхні;

$K_{SZ\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні.

Табличне значення подачі дорівнює [4, табл. 111, с. 304] –

$S_{Zm} = 0,07$ мм/зуб.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 108, 109, 114, с. 299-305]: $K_{SZC} = 1,2$; $K_{SZH} = 0,85$; $K_{SZR} = 0,25$; $K_{SZ\Phi} = 0,66$.

Розрахункове значення подачі на зуб:

$$S_Z = 0,07 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 0,25 \cdot 0,66 = 0,011 \text{ мм/зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = v_T \cdot K_v; K_v = K_{vM} \cdot K_{vH} \cdot K_{vП} \cdot K_{vC} \cdot K_{v\Phi} \cdot K_{vO} \cdot K_{vB} \cdot K_{v\varphi} \quad (1.35)$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

K_{vH} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

$K_{vП}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{vC} – коефіцієнт, що враховує шифр типової схеми фрезерування;

$K_{v\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

K_{vO} – коефіцієнт, що враховує умови обробки;

K_{vB} – коефіцієнт, що враховує відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної;

$K_{v\varphi}$ – коефіцієнт, що враховує головний кут в плані.

Табличне значення швидкості різання дорівнює [4, табл. 130, с. 318] –

$$v_m = 75 \text{ м/хв.}$$

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 1, 134, 109, 135, с. 31,302,322]: $K_{vM} = 0,6$, $K_{vII} = 1,0$, $K_{vIII} = 0,5$, $K_{vC} = 1,1$, $K_{v\phi} = 1,0$, $K_{vO} = 1,0$, $K_{vB} = 1,3$, $K_{v\Box} = 1,0$.

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v = 75 \cdot 0,81 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 43,4 \text{ м/хв}$$

Число обертів:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 43,4}{3,14 \cdot 40} = 345,54$$

Приймаємо по верстату $n_{\text{вст}} = 200 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{1000 \cdot 3,14 \cdot 200}{40} = 31,4 \text{ м/хв}$$

Розрахункове значення хвилинної подачі:

$$S_{\text{хвр}} = S_{\text{зр}} \cdot z \cdot n \quad (1.36)$$

$$S_{\text{хвр}} = 0,011 \cdot 5 \cdot 200 = 11,0 \text{ мм/хв}$$

Приймаємо по верстату – $S_{\text{хв}} = 10 \text{ мм/хв.}$

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{\text{рез}} + y, \quad (1.37)$$

де $L_{\text{рез}} = 2,5 + 5 = 7,5 \text{ мм}$ – довжина різання;

$y = 5 \text{ мм}$ – довжина врізання і перебігу [5, карта 68, с. 448].

Основний час:

$$t_o = \frac{L_{p.x.}}{S_{XB}} \quad (1.38)$$

$$t_o = 4 \cdot \frac{7,5}{10} = 3,0 \text{ хв}$$

1.7 Технічне нормування операцій

Технічні норми часу в умовах серійного виробництва визначаються розрахунково-аналітичним методом по формулі

$$T_{um} = (T_o + T_e) * \left(1 + \frac{a_{обс} + a_{отд}}{100} \right), \text{ хв} \quad (1.39)$$

де T_o — основний машинний час;

T_e — допоміжний час;

$T_{п.з}$ — час на налагодження і настроювання верстата;

$a_{обс}$ - час на обслуговування робочого місця, % ;

$a_{отд}$ - час на відпочинок і особисті потреби.

Допоміжний час визначається по формулі

$$T_e = T_{уст} + T_{пер} + T_{изм}, \text{ хв}$$

де $T_{уст}$ — час на установку, закріплення деталі;

$T_{пер}$ - час, зв'язаний з переходами;

$T_{изм}$ - час, зв'язаний з вимірами.

Нормування операції 10

Модель верстата 16K20

1. Штучний час обробки деталі, визначаємо по формулі (1.39)

$$T_{шт} = (T_a + T_v) \left(\frac{a_{обсл} + a_{отд}}{100} \right), \text{ мин}$$

де $a_{обсл}=4\%$ - час на обслуговування робочого місця [4, с.223, т.45];

$a_{отд} = 4\%$ - час на обслуговування робочого місця. [4, с.235, т.46];

$T_0=1,4$ хв – машинний час

$$T_v = T_{уст} + T_{пер} + T_{изм},$$

де $T_{уст}=0,4$ хв – час на установку, закріплення деталі; установка і закріплення заготовлі виробляється в самоцентрувальному трехкулачковом патроні з автоматичним затиском від гідроприводу

$T_{пер}=0,16$ хв - час, зв'язаний з переходами, входить під час автоматичної роботи верстата

$T_{изм} = 0,3(0,09+0,08+0,07+0,05)=0,9$ хв - час, зв'язаний з вимірами. На верстаті виробляється 30% контроль.

$$T_v = T_{уст} + T_{пер} + T_{изм} = 0,34 + 0,2 = 0,54 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час:

$$T_{шт} = (T_a + T_v) \left(\frac{a_{обсл} + a_{отд}}{100} \right) = (1,4 + 0,65) \left(1 + \frac{8}{100} \right) = 2,21 \text{ мин}$$

Визначаємо підготовчо-заключний час:

$$T_{пз} = 22 \text{ хв}$$

Таблиця 1.6 - Норми часу по операціях

№ оп.	Найменування операції	Модель	T _{осн} , хв	T _в , хв	T _{шт} , хв	T _{п.з.} , хв
10	Токарна	Токарний 16K20	1,4	0,54	2,21	22
15	Токарна з ЧПУ	Токарний з ЧПУ AT220B4	1,95	0,53	6,5	29
25	Токарна	Токарний 16K20	2	0,68	2,85	22
30	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК AT220B4	4	0,54	5,76	32
40	Кругло-Шліфувальна	Кругло-шліфувальний 3Б161	1,68	0,64	6,11	18
45	Кругло-Шліфувальна	Кругло-шліфувальний 3Б161	1,52	0,59	4,5	21
50	Свердлильна з ЧПУ	Свердлильна з ЧПУ 2P135Ф2	5,2	0,82	8,27	26
60	Фрезерна з ЧПК	Фрезерний з ЧПК 6M13CH3	2,06	0,62	3,77	26
65	Фрезерна з ЧПК	Фрезерний з ЧПК 6M13CH3	2,06	0,62	3,77	26

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК

В даному розділі всі операції виконуються за допомогою програмного модулю КОМПАС-3Д.

Програма КОМПАС-3Д відноситься до систем автоматизованого проектування та характеризується великими функціональними можливостями, високою продуктивністю і стабільністю роботи. Програма КОМПАС-3Д підтримує розробку та виготовлення виробу на всіх етапах життєвого циклу - від створення тривимірних моделей деталей і креслень до формування програми для виготовлення деталі на верстаті з ЧПК.

1.8.1 Розробка токарної операції 015

Вид траєкторії інструменту та вид інструменту в процесі обробки зображено на рисунках 1.11-1.13.

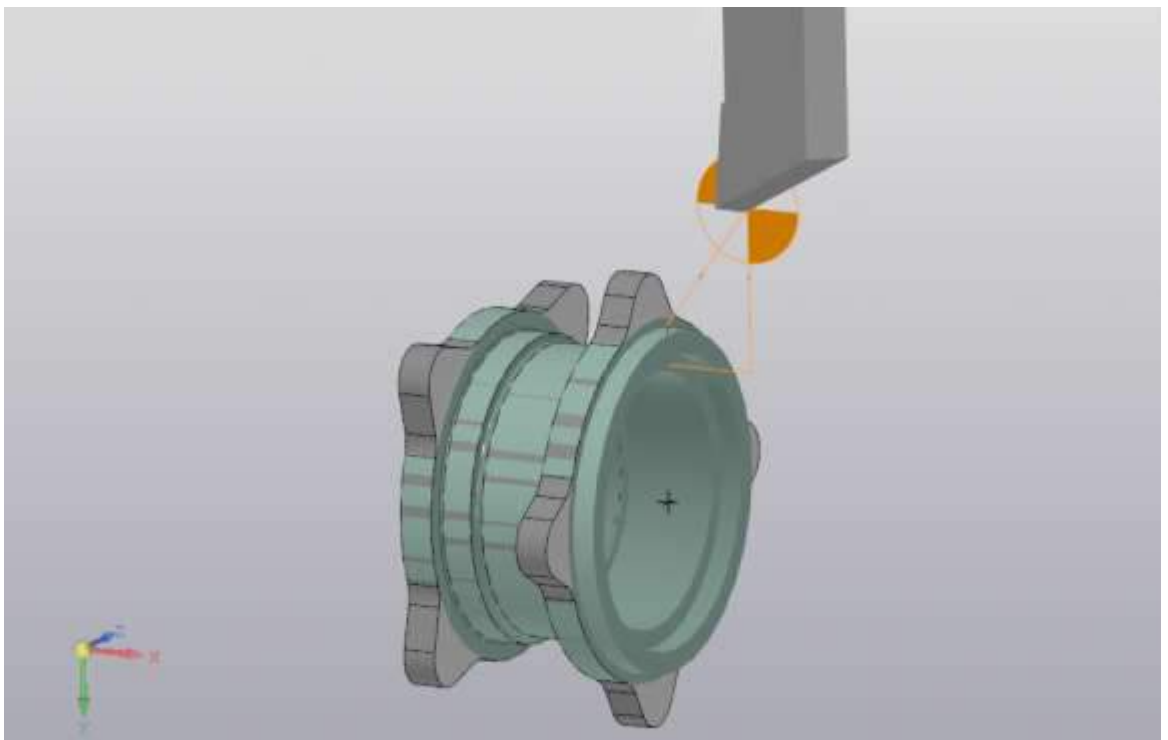


Рисунок 1.11 – Траєкторія руху різця та вид інструменту на першому переході (торцювання).

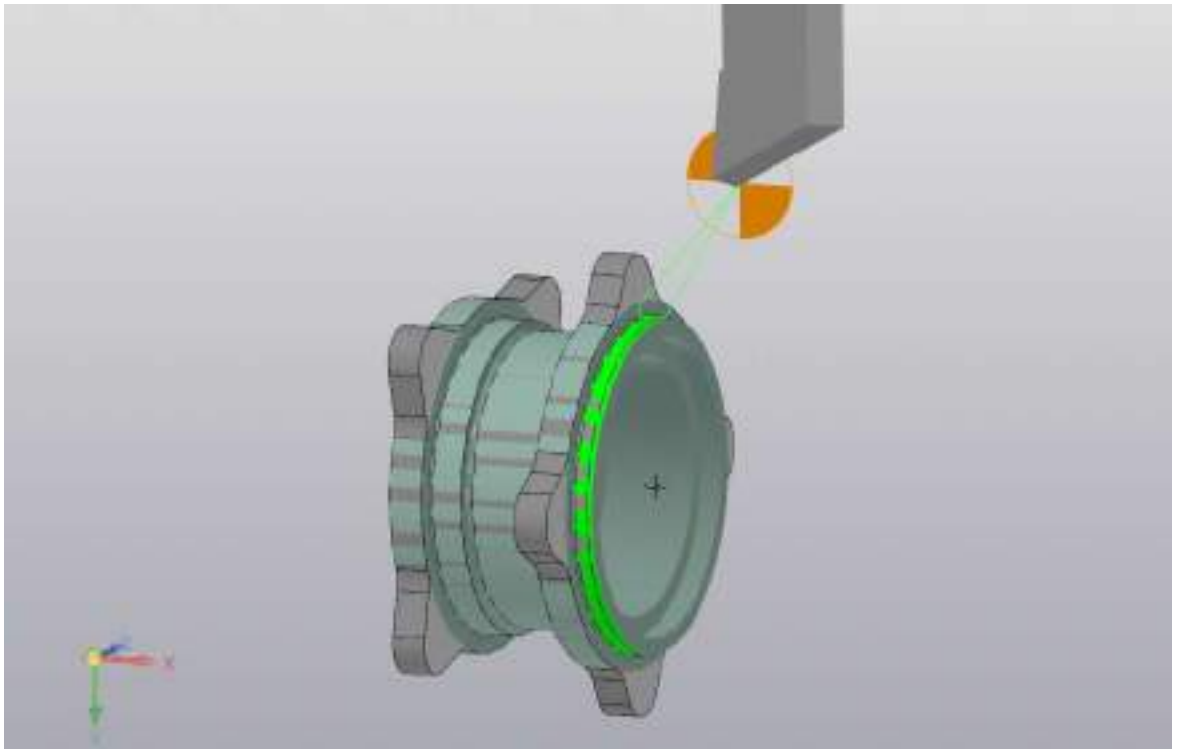


Рисунок 1.12 – Траєкторія руху різця та вид інструменту на другому переході (зовнішнє точіння).

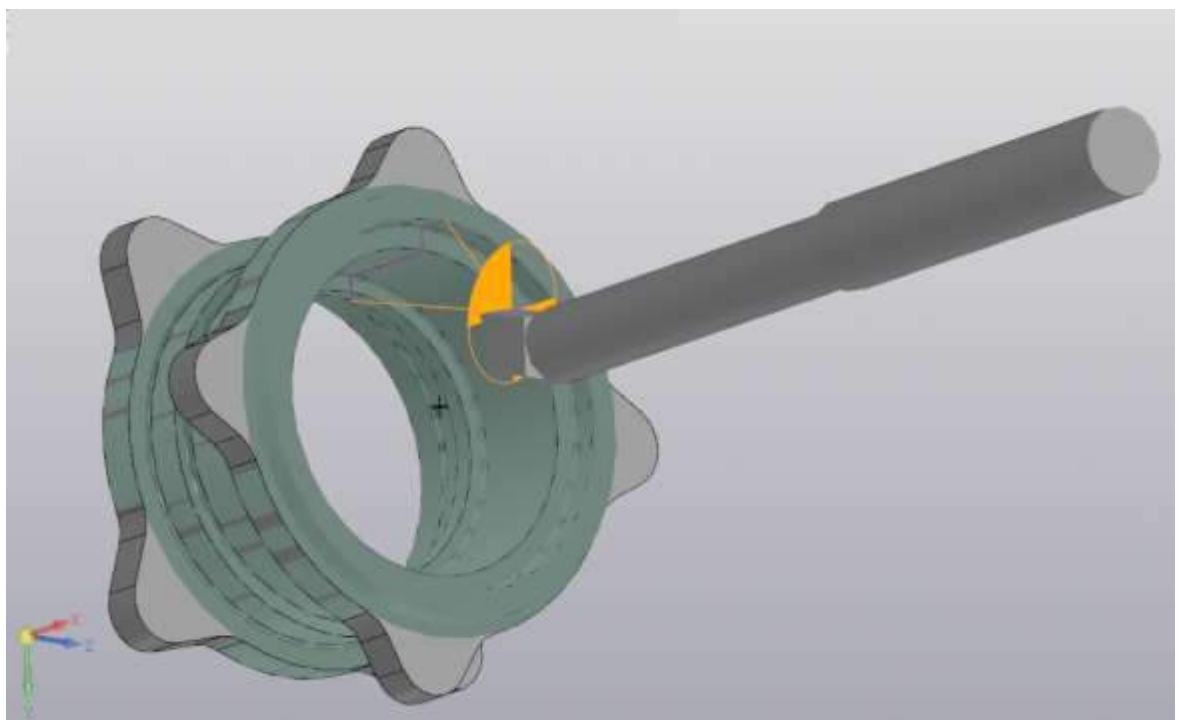


Рисунок 1.13 – Траєкторія руху різця та вид інструменту на третьому переході (розточування).

1.8.2 Розробка свердильної операції 050

Вид траєкторії інструменту та вид інструменту в процесі обробки зображено на рис. 1.14 - 1.16.

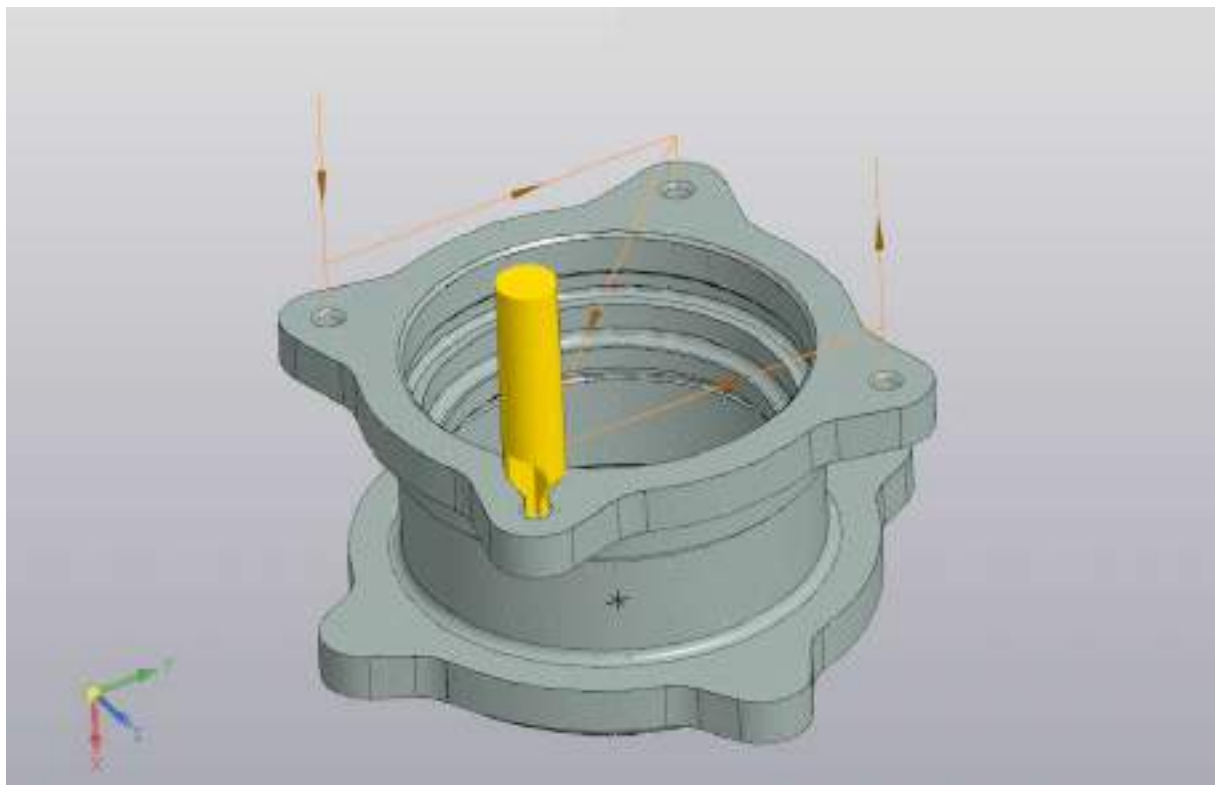


Рисунок 1.14 – Траєкторія руху та вид інструменту на першому переході (центрування).

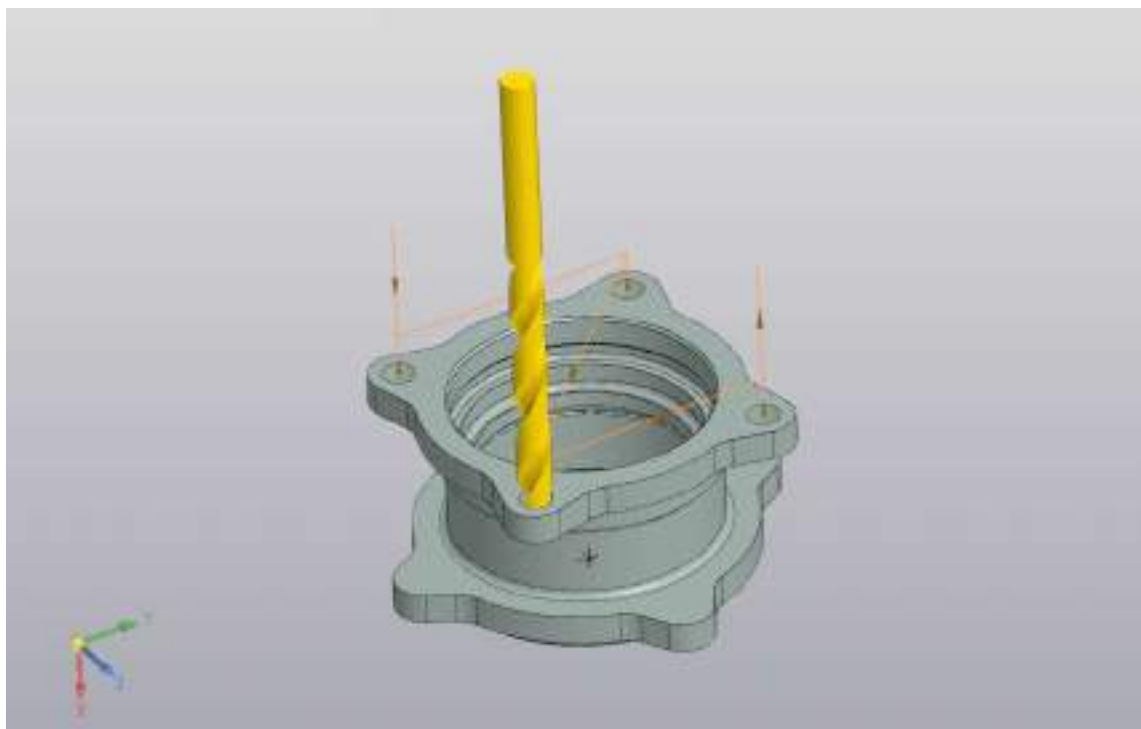


Рисунок 1.15 – Траєкторія руху та вид інструменту на другому переході (свердління).

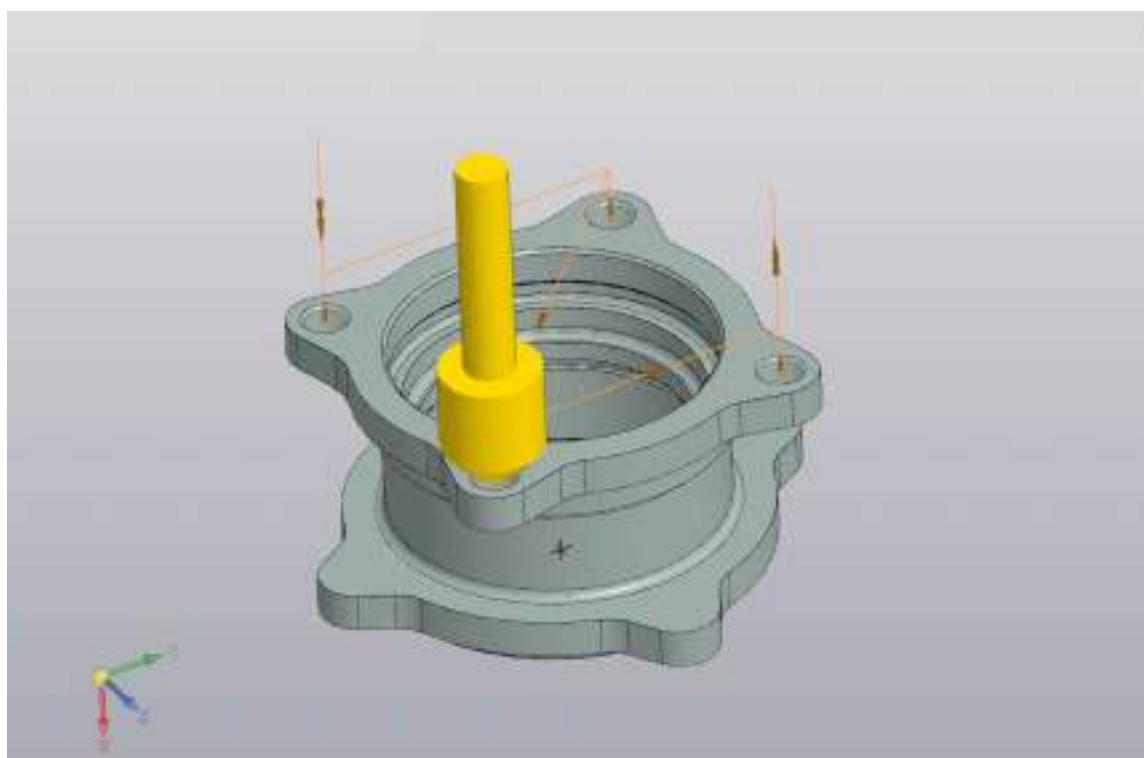


Рисунок 1.16 – Траєкторія руху та вид інструменту на третьому переході (зенковка).

1.8.3 Розробка фрезерної операції 080

Вид траєкторії інструменту та вид інструменту в процесі обробки зображено на рис. 1.17- 1.19.

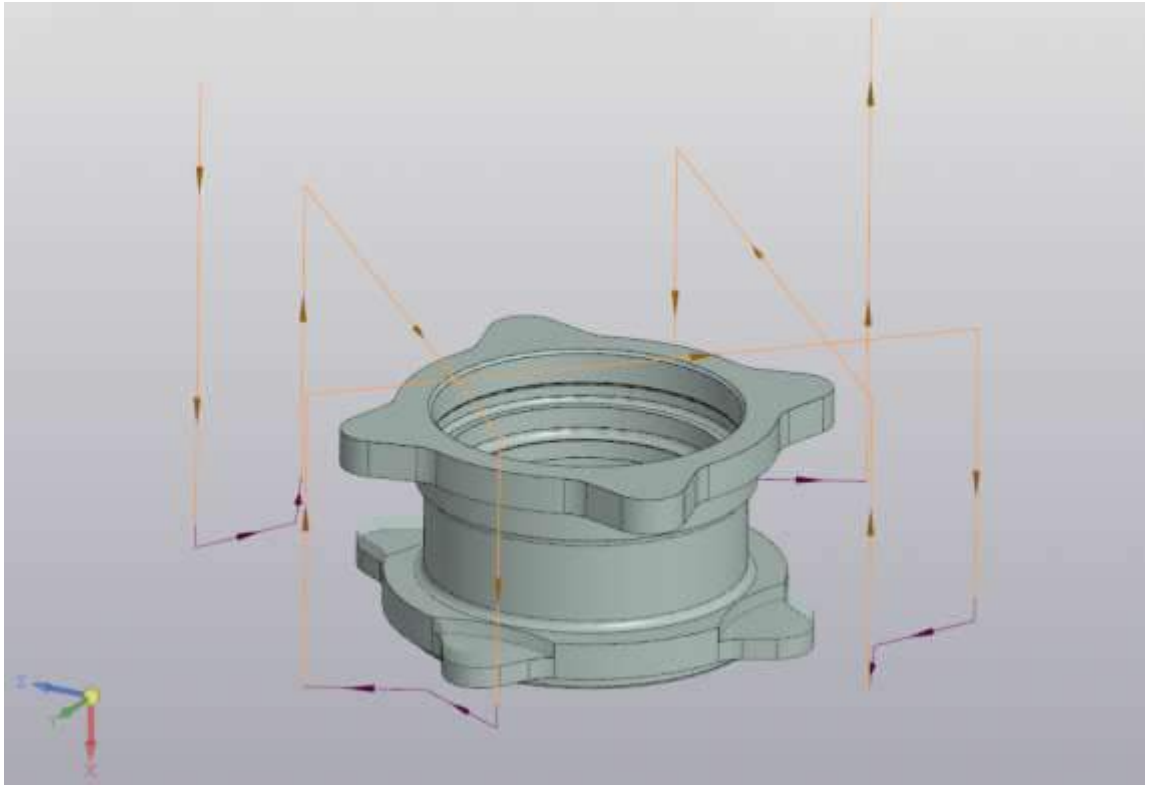


Рисунок 1.17 – Траєкторія руху фрези.

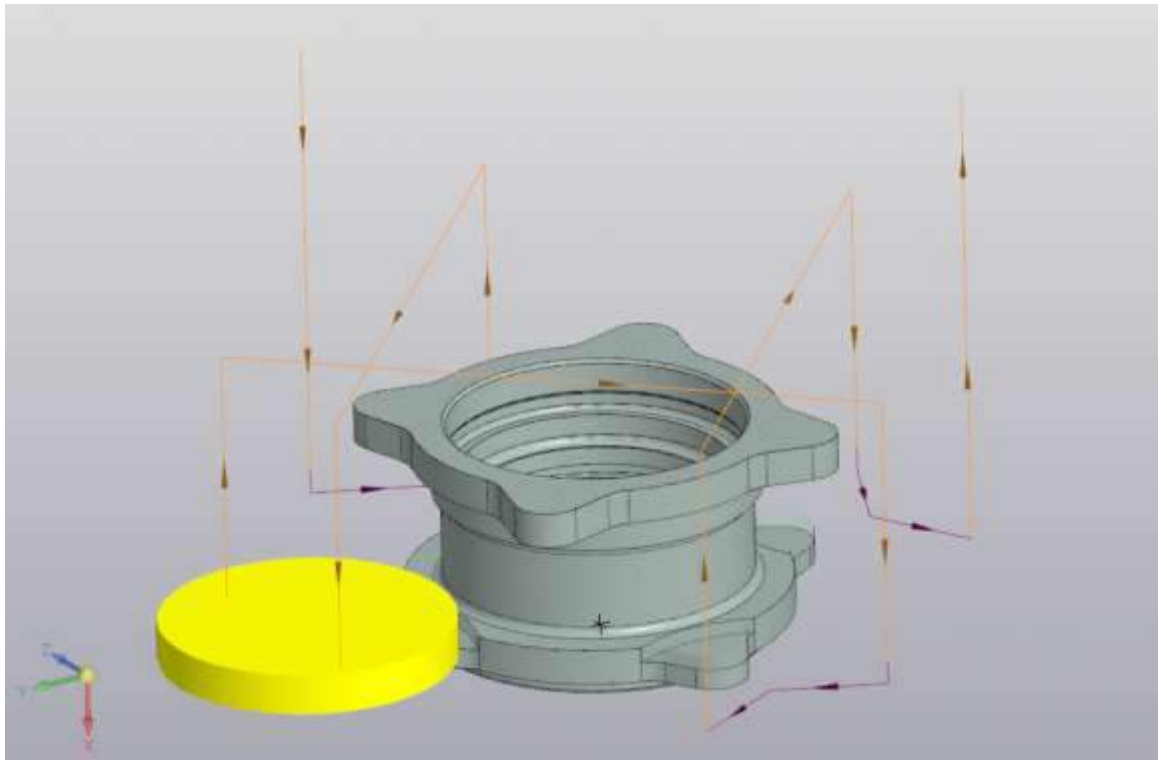


Рисунок 1.18 – Ескіз виду інструменту в процесі обробки.

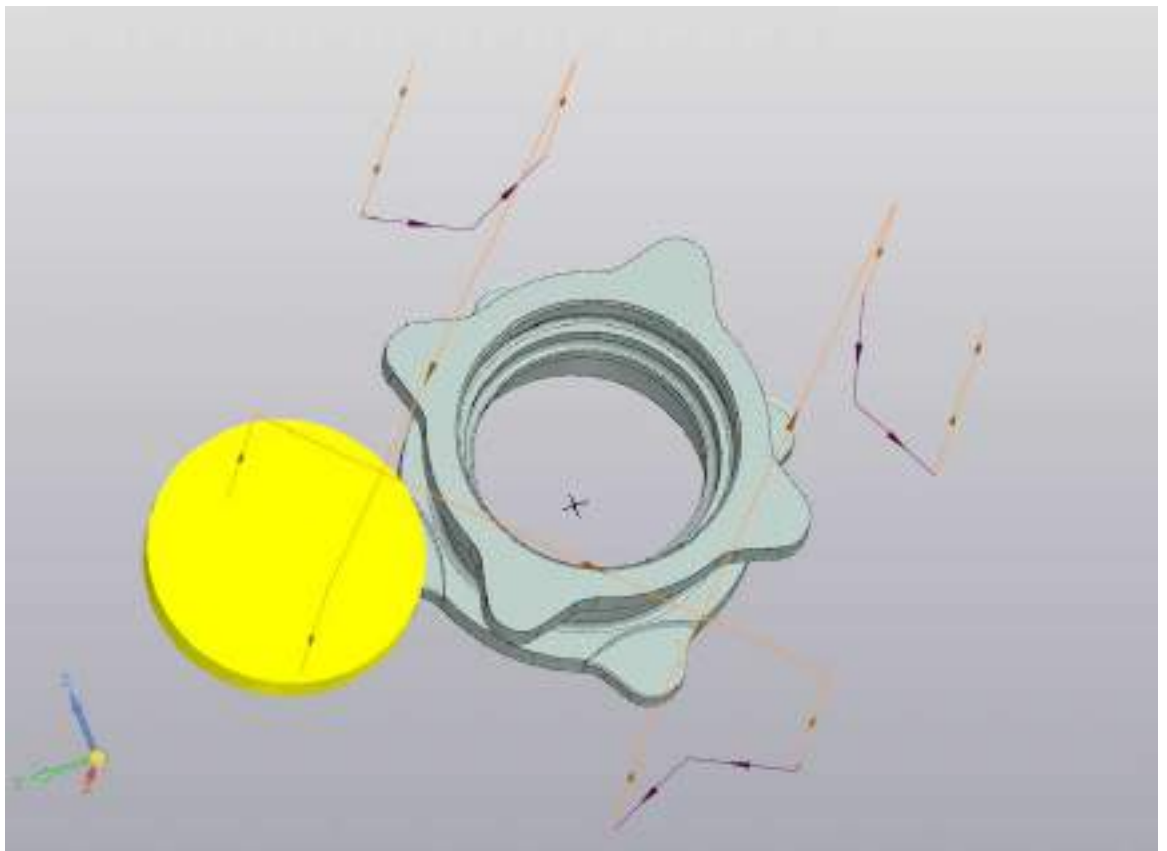


Рисунок 1.19 – Ескіз виду інструменту (зверху) в процесі обробки.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристрою

2.1.1 Визначення необхідної сили затиску

Одним із елементів пристрою є затискний елемент, який призначений для закріплення деталі в пристрої на верстаті в процесі обробки.

До затискних елементів виявляють такі вимоги:

- повинні забезпечувати точність встановлення деталі згідно технічним вимогам креслення;
- забезпечувати жорстке встановлення і закріплення деталі в момент різання;
- бути надійними і зручними в експлуатації;
- по можливості бути швидкодіючими.

Затискні елементи діляться на: гвинтові, клинові, важільні, плунжерні, ексцентрикові, комбіновані.

Переваги пневмоприводів:

- при відносно невеликих габаритах розвивають достатнє зусилля затиску;
- зручні, надійні в експлуатації;
- екологічно чисті;
- недорого коштують.

Недоліки:

- не довговічні;
- не забезпечують плавність ходу;
- гучні.

Розраховуємо параметри пневмоцилиндра по найбільшій силі різання.

Найбільша сила різання буде при точінні торця:

$$P_z = 1059 \text{ Н}$$

Необхідна сила затиску визначається по формулі

$$W = k \cdot P_z = 1,6 \cdot 1059 = 1694,4 \text{ Н} \quad (2.1)$$

де $k=1,6$ – коефіцієнт запаса.

Сила на штоці $Q=W$

Діаметр пневмоцилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{p\pi\eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1694,4}{0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,9}} = 69,3 \text{ мм} \quad (2.2)$$

де $\eta=0,9$ – коефіцієнт корисної дії;

$p=0,5$ Мпа – тиск повітря в системі.

Вибираємо діаметр пневмоцилиндра згідно ГОСТу $D_{\text{цил}}=80$ мм, діаметр штока $d_{\text{шт}}=25$ мм

Дійсна сила на штоці:

$$Q = p \frac{\pi D^2}{4} \eta = 0,5 \frac{3,14 \cdot (80^2 - 25^2)}{4} 0,9 = 2181 \text{ Н} \quad (2.3)$$

Оскільки дійсна сила на штоці більше необхідної, то обробка можлива, а закріплення буде надійним.

2.2 Проектування контрольного пристосування

Пристосування використовується для перевірки (контролю) розміру $\varnothing 47H8^{(+0,039)}$. Також цим пристосуванням можна контролювати биття та допуски форми.

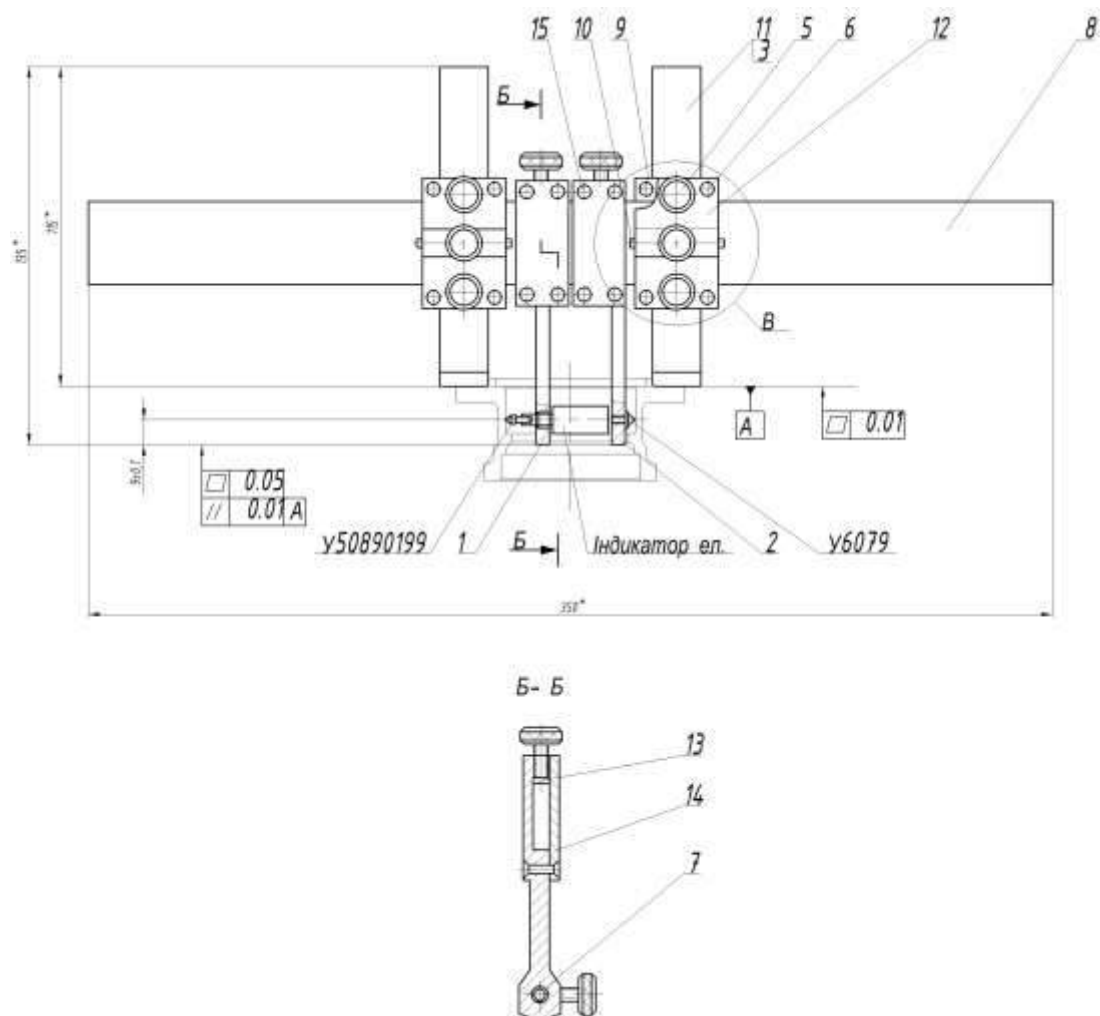


Рисунок 2.2 – Пристосування для контролю розміру $\varnothing 47H8^{(+0,039)}$

Всі елементи на лінійці поз.8 виставляються під розмір контрольованої деталі. Пристосування встановлюється и вивіряється на еталоні, після чого індикатор обнуляється. Далі відбувається контроль: пристосування встановлюється на деталь – опори поз. 11 та поз. 3 ставляться зверху на торець деталі. Пристосування обертають за годинниковою стрілкою, при цьому деталь фіксують одною рукою. На індикаторі буде вказано відхилення, які не повинні перевищувати гранично допустимі.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

3.1 Індуктивні та ємнісні контрольно-вимірювальні пристрої

Індуктивні та ємнісні контрольно-вимірювальні пристрої відрізняються високою точністю, придатні для ведення дистанційних вимірювань. Порівнянно невеликі габаритні розміри індуктивних датчиків дають змогу створювати компактні вимірювальні пристрої. Єдине джерело енергії (електричний струм) дає істотну перевагу перед пневматичними приладами, для яких потрібне живлення і електричним струмом, і стисненим повітрям.

3.1.1 Індуктивні контрольно-вимірювальні пристрої

В індуктивних пристроях використовується властивість котушки змінювати свій реактивний опір за зміни деяких її параметрів, що визначають індуктивність L . Для отримання можливо більшої індуктивності котушки, як правило, виконують з магнітопроводом (осердям) з феромагнітного матеріалу. Як відомо з електротехніки, опір такої котушки (без урахування втрат на гістерезис і вихрові струми в осерді)

$$Z = R_a + j \cdot \omega \cdot \frac{W^2}{R_m},$$

де R_a – опір котушки постійному струму;

$R_a + j \cdot \omega \cdot \frac{W^2}{R_m}$ – індуктивний опір;

$j = \sqrt{-1}$; $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f_0$ – кругова частота живлячої напруги;

f_0 – частота, Гц;

W – кількість витків котушки;

R_m – магнітний опір магнітного ланцюга котушки.

Переважно один з елементів магнітного ланцюга (Рис 3.1, а) виконують рухомим (якір), і його положення щодо нерухомої частини впливатиме на магнітний опір магнітного ланцюга, а отже, і на індуктивний опір котушки.

Якщо пов'язати переміщення якоря з вимірювальною лінійною величиною δ за постійних параметрів напруги живлення, то виникає функціональна залежність між δ і електричним опором z :

$$z = f(\delta).$$

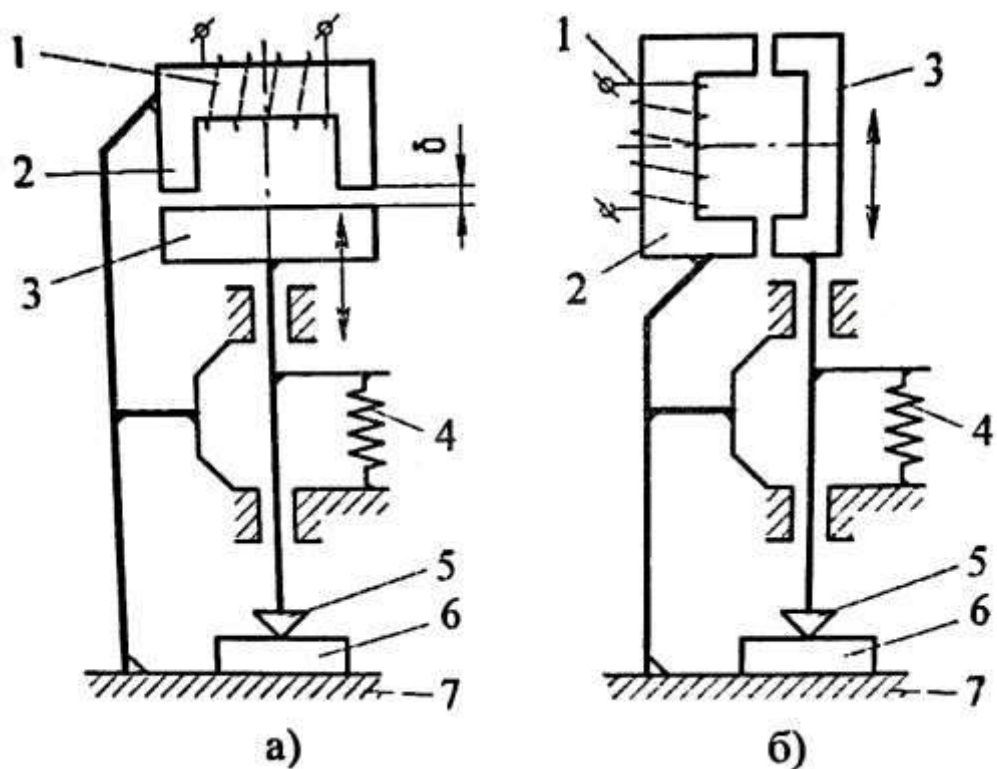


Рисунок 3.1 – Принципові схеми індуктивних датчиків:

- а – схема, в якій вимірювана величина викликає зміну величини повітряного зазора δ ; б – схема, в якій вимірювана величина викликає зміну площі повітряного зазора; 1 – котушка датчика; 2 – магнітопровід; 3 – якір;
4 – пружина, що створює вимірювальне зусилля; 5 – щуп;
6 – контрольована деталь; 7 – вимірювальна база

Пристрій, який перетворює лінійні переміщення якоря у зміну електричного параметра z за допомогою описаної котушки, називається індуктивним датчиком.

Схематично індуктивний прилад (рис 3.2) включає такі основні вузли: індуктивний датчик 2, що сприймає зміну розміру деталі 1 і що перетворює його в зміну опору; вимірювальну схему 3, яка використовується для перетворення сигналу датчика на інший (зручний для вимірювання) електричний параметр (напругу, силу струму); електронний підсилювач 4; показувальний пристрій 5; пристрій 6 для подачі команд і джерело жив. 7.

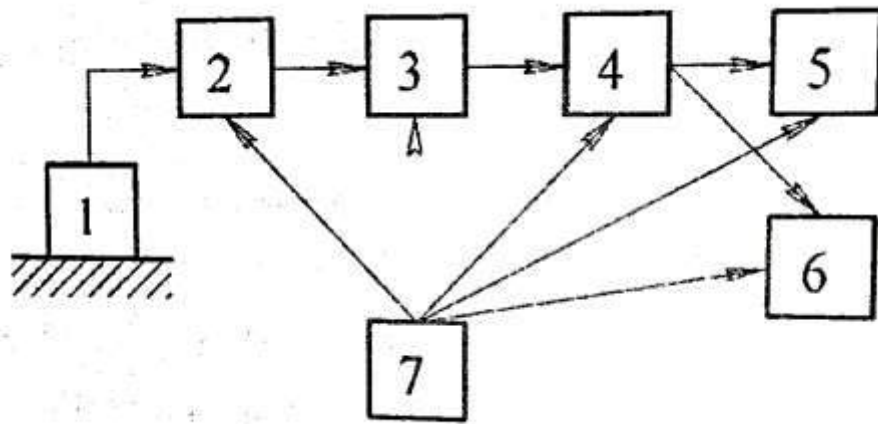


Рисунок 3.2 – Блок-схема індуктивного приладу:

1 – деталь; 2 – індуктивний датчик; 3 – вимірювальна схема; 4 – електронний підсилювач; 5 – показувальний пристрій; 6 – пристрій для подачі команд; 7 – джерело живлення

Чутливість індуктивного приладу

$$K_{\Sigma} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 ,$$

де $K_1 = \frac{dz}{d\delta}$ -- чутливість датчика;

$K_2 = \frac{dU_c}{dz}$ або $K_2 = \frac{dI_c}{dz}$ – чутливість вимірювальної схеми;

U_c і I_c – напруга і струм на виході вимірювальної схеми;

$K_3 = \frac{dU_y}{dU_c}$ – чутливість підсилювача;

U_y – напруга на виході підсилювача;

$K_3 = \frac{da}{dU_y}$ – чутливість показувального пристрою;

a – переміщення покажчика.

Отже
$$K_3 = \frac{dz}{d\delta} \cdot \frac{dU_c}{dz} \cdot \frac{dU_y}{dU_c} \cdot \frac{da}{dU_y} = \frac{da}{d\delta}.$$

Під час побудови індуктивного приладу особливо важливим є правильний вибір і принципової схеми індуктивного датчика, і його параметрів.

В індуктивних датчиках зміна індуктивного опору котушки найчастіше досягається за допомогою зміни повітряного зазора δ між якорем і нерухомою частиною осердя котушки (рис 3.1, а) або зміною площі зазора S (рис. 4.1, б). Характеристика датчика $\Delta\delta = \delta_{max} - \delta_{min}$ можна досягти того, що ступінь нелінійності характеристики (непостійність чутливості K_1) не перевищуватиме задану.

Чутливість датчика, Ом/мм

$$K_1 = \frac{dz}{d\delta}$$

Показує, наскільки зміниться опір z котушки за зміни зазора δ на одиницю довжини. Графічно (рис. 3.3) K_1 можна визначити як тангенс кута α (або, наприклад, α'), утвореного віссю абсцис і дотичною до кривої $z = f(\delta)$, що проходить через точку (у цьому прикладі точка 2 відповідає зазору δ_0), для

якої визначають K_1 . Чутливість датчика зростає у міру зменшення зазора. Причому, якщо взяти дві однакові робочі ділянки (між точками 1 і 3) $\Delta\delta$ і $\Delta\delta'$, але з різними значеннями δ_0 , то нелінійність характеристики буде більша у датчиків з меншим δ_0 .

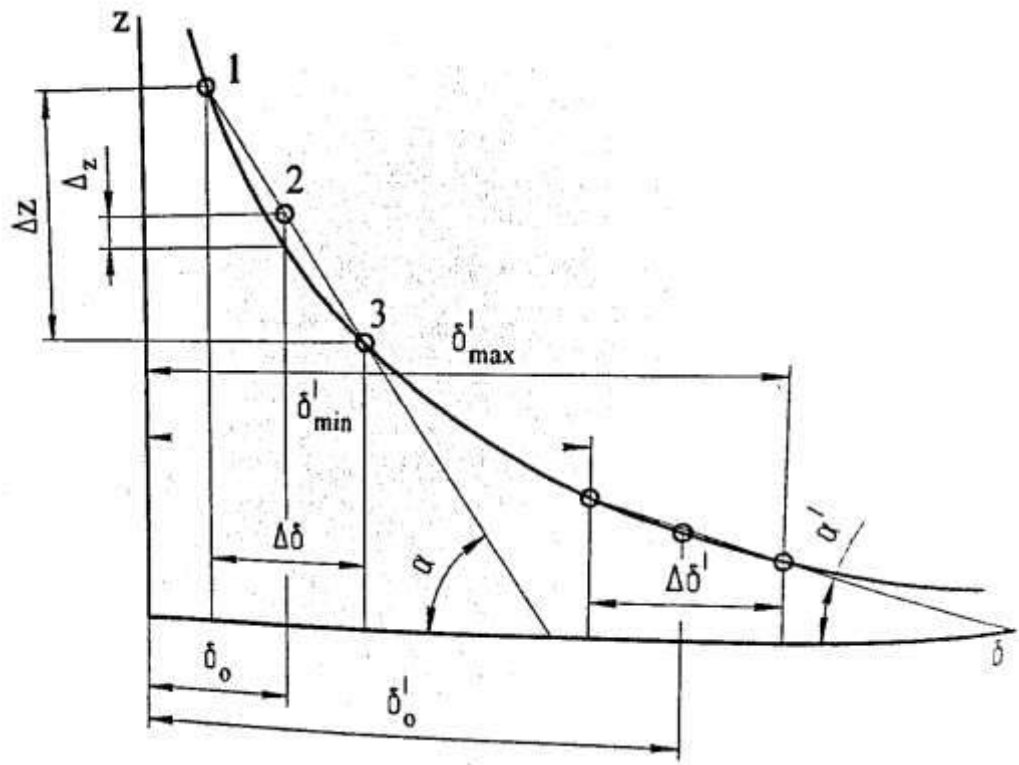


Рисунок 3.3 – Характеристика індуктивного датчика із змінною довжиною повітряного зазора

Нелінійність ε характеристики $z = f(\delta)$ може бути визначена як

$$\varepsilon = \frac{\Delta_z}{\Delta_z} \text{ або у відсотках } \varepsilon = \frac{\Delta_z}{\Delta_z} \cdot 100 \% ,$$

де Δ_z – найбільше відхилення характеристики від прямої, що проходить через точки початку і кінця діапазону вимірювання;

Δ_z – зміна опору котушки датчика при переміщенні якоря на весь діапазон вимірювання $\Delta\delta$.

З метою поліпшення лінійності характеристики без зменшення $\Delta\delta$ застосовують індуктивні датчики, принцип дії яких показано на рис. 4.4,а. Датчик має два магнітні ланцюги із загальним якорем. Під дією вимірювальної величини обидва зазори змінюються однаково, але з різними знаками. Такий датчик називається диференціальним.

За відповідного включення обох котушок у вимірювальну схему (наприклад, в суміжні плечі мостової схеми) диференціальний датчик має приблизно в два рази більшу чутливість порівняно з недиференціальним, менш чутливий до коливань навколишньої температури, напруги живлення і її частоти.

У зв'язку з високою чутливістю, яку можна отримати в приладах з датчиками із змінною довжиною зазора, деякі прилади з цими датчиками побудовані без підсилювачів. Проте ці датчики мають порівнянно великі габаритні розміри і чимале вимірювальне зусилля. Їх застосовують для побудови приладів, призначених для контролю малих переміщень.

У приладів із зазначеними датчиками діапазон вимірювання становить 0,1-0,3 мм.

Індуктивні датчики із змінною площею повітряного зазора мають лінійну характеристику $z = f(\delta)$. Диференціальну схему такого датчика показано на рис. 3.4, б. Проте їх чутливість порівнянно невисока. Ці датчики, що використовуються для побудови імпульсних дискретних перетворювачів під час вимірювання великих лінійних або кутових переміщень, застосовуються у верстатах з програмним керуванням.

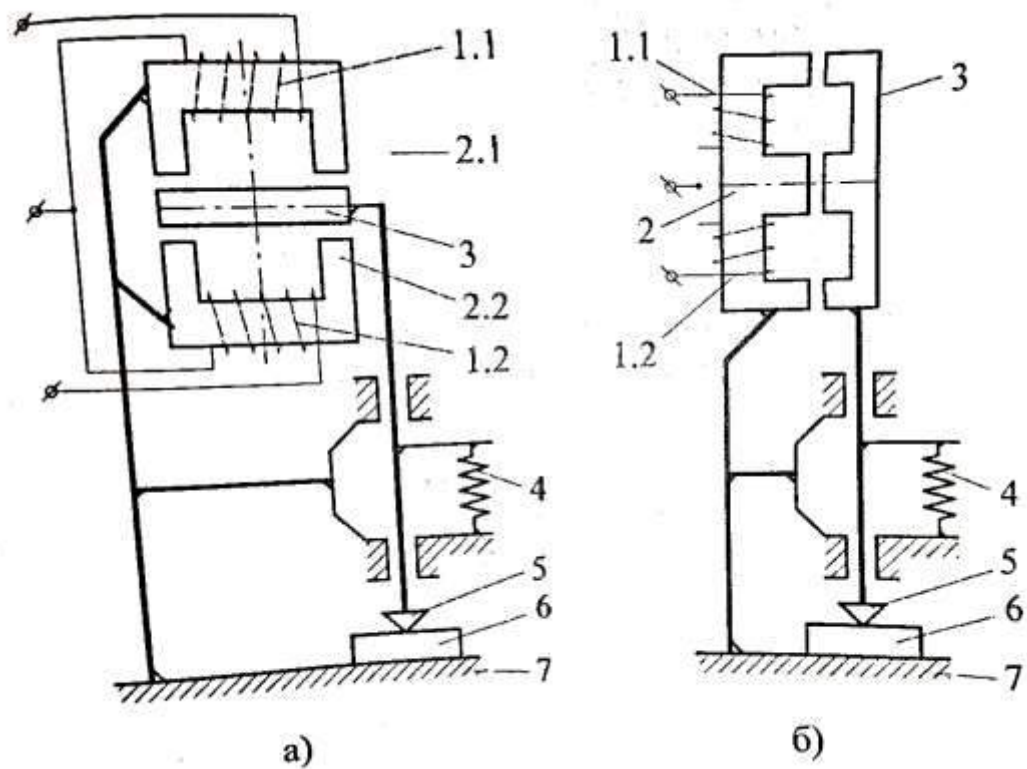


Рисунок 3.4 – Принципові схеми диференціальних індуктивних датчиків: а – із змінною довжиною повітряного зазора; б – із змінною площею повітряного зазора; 1.1 і 1.2 – котушки датчика; 2.1 і 2.2 – магнітопроводи; 3 – якор; 4 – прижина, що створює вимірювальне зусилля; 5 – щуп; 6 – контрольована деталь; 7 – вимірювальна база.

На рис. 3.5 і 3.6 показано конструкційні схеми деяких індуктивних датчиків із змінною довжиною зазора.

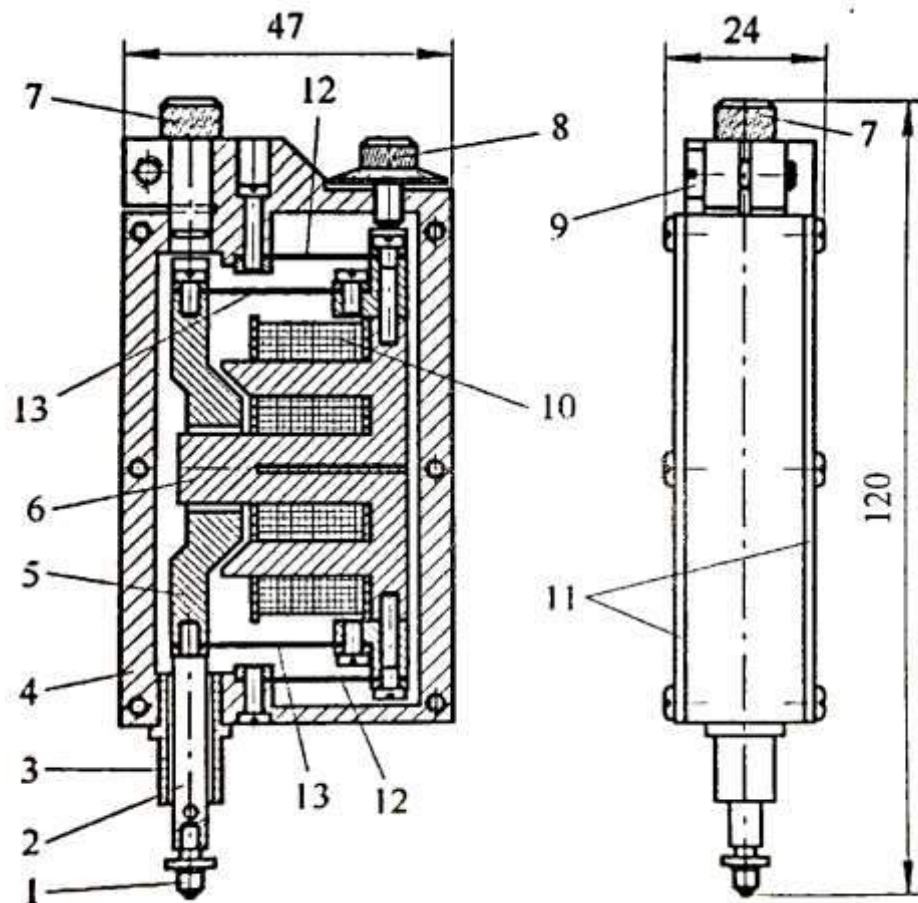


Рисунок 3.5 – Конструкційна схема індуктивного датчика із змінною довжиною зазора з Ш-подібним феритовим магнітопроводом (осердям): 1—щуп; 2 – вимірювальний шток; 3 – втулка; 4 – корпус; 5 – якір; 6 – осердя; 7 – заглушка, що закриває отвір для встановлення індикатора; 8 – мікрогвинт для налагодження датчика; 9 – гвинт кріплення індикатора або заглушки; 10 – котушки; 11 – кришки; 12,13 – плоскі прижини, що утворюють пружинні паралелограми

Розглянемо принципову схему індуктивного кругового датчика (рис. 3.7). Він утворений двома однаковими магнітними ланцюгами, котушки яких включені в диференціальну схему, що живиться напругою промислової частоти. Магнітний ланцюг складається з двох концентричних зубчастих осердь, між вершинами зубців яких є повітряний зазор δ_0 . На нерухомих осердях (статорах) 2 і 5 розташовані котушки 3 і 4. Рухомі осердя (ротори) 1 і 6 жорстко закріпленні на валу 7, кут повороту якого вимірюється. За повороту

роторів 1 і 6 змінюється взаємне положення зубців статорів і роторів, і отже, змінюються опори магнітних ланцюгів і повні електричні опори котушок.

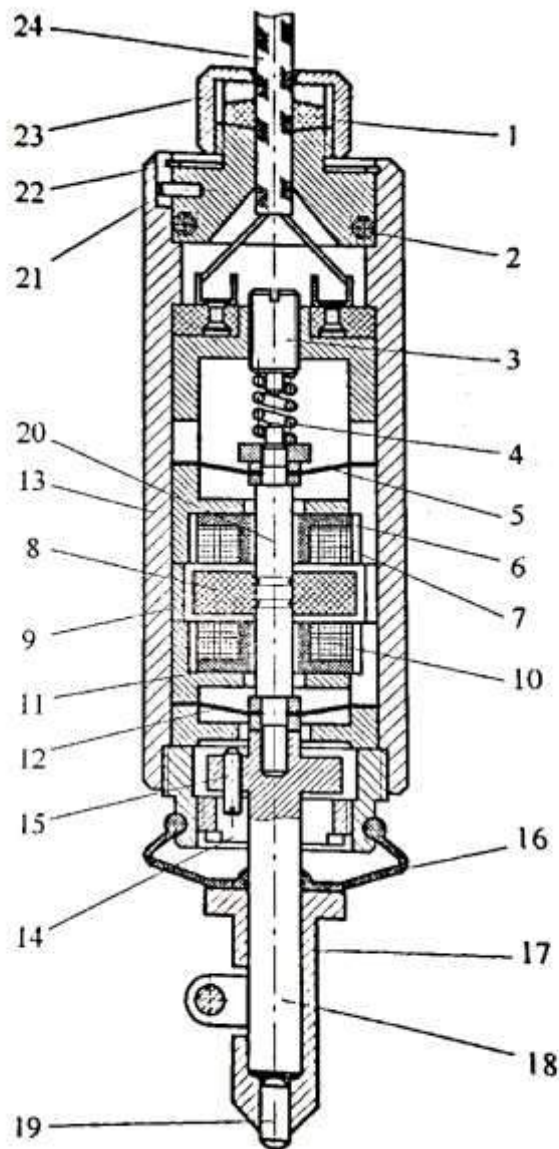


Рисунок 3.6 – Конструкційна схема індуктивного датчика із змінною довжиною зазора з циліндричними феритовими магнітопроводами (осердями):

1, 2, 16 – гумові елементи герметизації порожнини датчика; 3 – гвинт регулювання вимірювального зусилля; 4 – пружина, що створює вимірювальне зусилля; 5, 12 – плоскі круглі пружини з концентричними просічками, на яких підвишений вимірювальний шток; 6, 11 – феритові осердя; 7, 10 – котушки; 8 – феритовий якір (посаджено на стрижень на клею); 9 – дистанційне кільце; 13 – корпус; 14, 15 – різьбова втулка і гвинт, що обмежують хід вимірювального штока; 17 – кінцевик; 18 – вимірювальний шток; 19 – щуп; 20 – стрижень; 21 – штифт; 22 – кільце стопорне; 23 – гайка накидна; 24 – кабель

Диференціальна схема зрівноважена за ідентичного положення зубців роторів і статора обох магнітних лінцюгів. Статори 2 і 5 зміщені між собою на половину кроку між зубцями. За повороту вала 7 з роторами повні електричні опори котушок змінюються за періодичним законом з періодом $2\pi/p$ (p – кількість зубців ротора). Переважно кут відлічують за рівності опорів обох котушок, що відповідає нульовому сигналу схеми. Ціна поділки кутового дискретного сигналу у цьому випадку дорівнює $2\pi/p$.

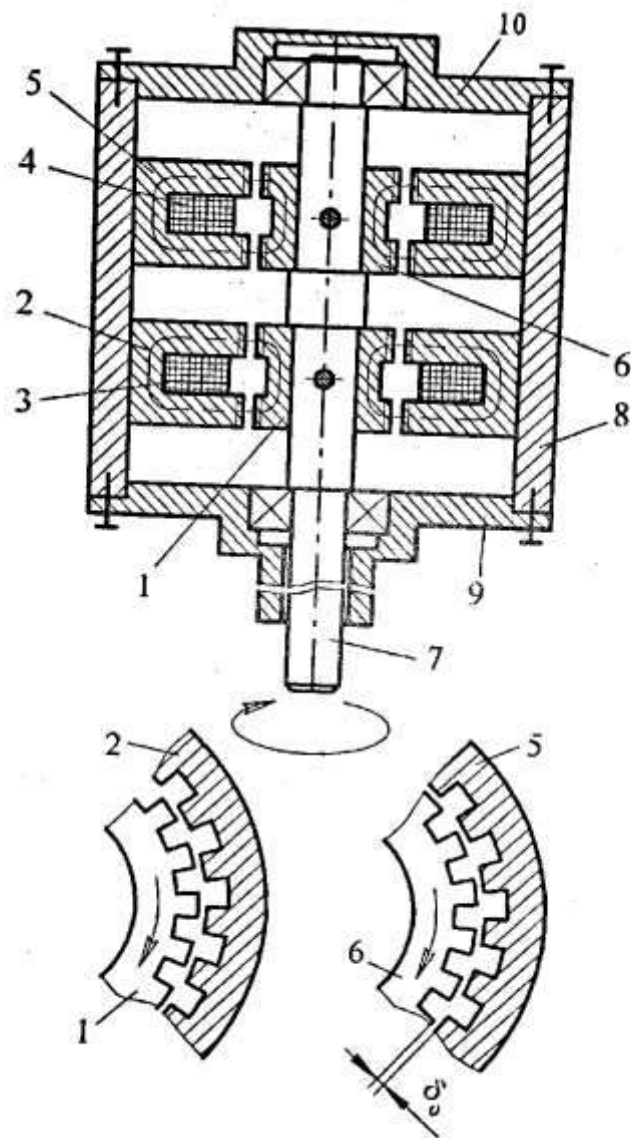


Рисунок 3.7 – Принципова схема індуктивного кругового дискретного датчика із змінною площею повітряного зазора:

1,6 – ротори; 2,5 – статори; 3,4 – котушки; 7 – вал; 8 – корпус; 9,10 – кришки

Висока точність відліку зубчастого кругового датчика забезпечується компенсацією помилок нарізання зубчастих вінців, оскільки в зміні опору котушок одночасно беруть участь усі зубці ротора і статора, а сума помилок кроків зубців, розташованих по замкнутому контуру, дорівнює нулю. Вплив інших чинників компенсується застосуванням диференціальної схеми.

У кругових датчиках зубці виконують з евольвентним профілем. На рис. 3.7 показано умовно прямокутні зубці.

Окрему групу становлять датчики трансформаторного типу, в яких використовують вплив переміщення якоря на індуктивний зв'язок між двома котушками (первинною і вторинною обмотками). На рис. 3.8, а показано принципову схему індуктивного датчика трансформаторного типу.

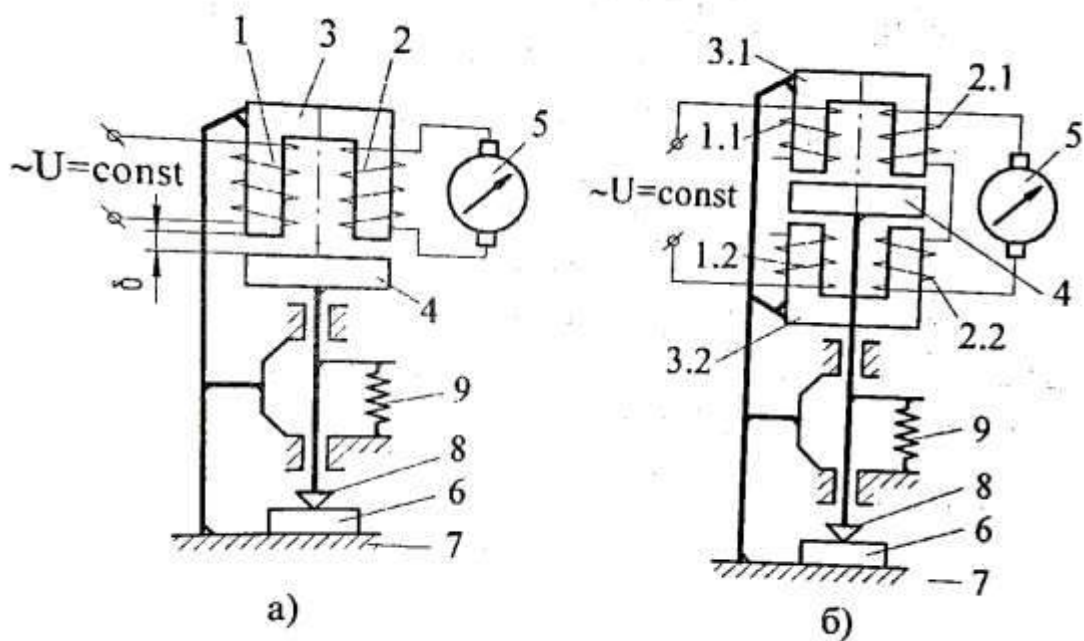


Рисунок 3.8 – Принципові схеми:

а – трансформаторного індуктивного датчика; 1, 1.1, 1.2 – первинні обмотки;
2, 2.1, 2.2 – вторичні обмотки; 3, 3.1, 3.2 – магнітопроводи; 4 – ярма; 5 –
вимірювальний прилад; 6 – контрольована деталь; 7 – вимірювальна база; 9 –
шуп; 9 – пружина

Первинна обмотка 1 живиться від джерела змінного струму. До виводів вторинної обмотки 2 підключений вольтметр. За зміни повітряного зазора δ змінюється магнітний опір магнітопроводу, а отже, і магнітний потік. Внаслідок цього змінюється індукована у вторинній обмотці електрорушійна сила. Цей датчик недиференціальний, його схема – малочутлива.

Значно кращі властивості має диференціальний трансформаторний датчик (рис. 3.8, б). Дві однакові первинні котушки 1.1 і 1.2 обох осердь сполучені послідовно, завдяки чому за симетричного положення якоря магнітні потоки в обох магнітних ланцюгах однакові. Вторинні котушки 2.1 і 2.2 також мають однакові параметри, але мполоучені назустріч одна одній. Тому за середнього положення якоря індуковані в обмотках катушок електрорушійна мила зрівноважується і струм у вимірнику 5 дорівнює нулю. За переміщення якоря з середнього положення магнітні опори, а отже, і магнітні потоки, що пронизують вторинні котушки, будуть неоднаковими, і у вимірнику з'явиться струм, визначуваний різницею індукованих у вторинних обмотках електрорушійних сил.

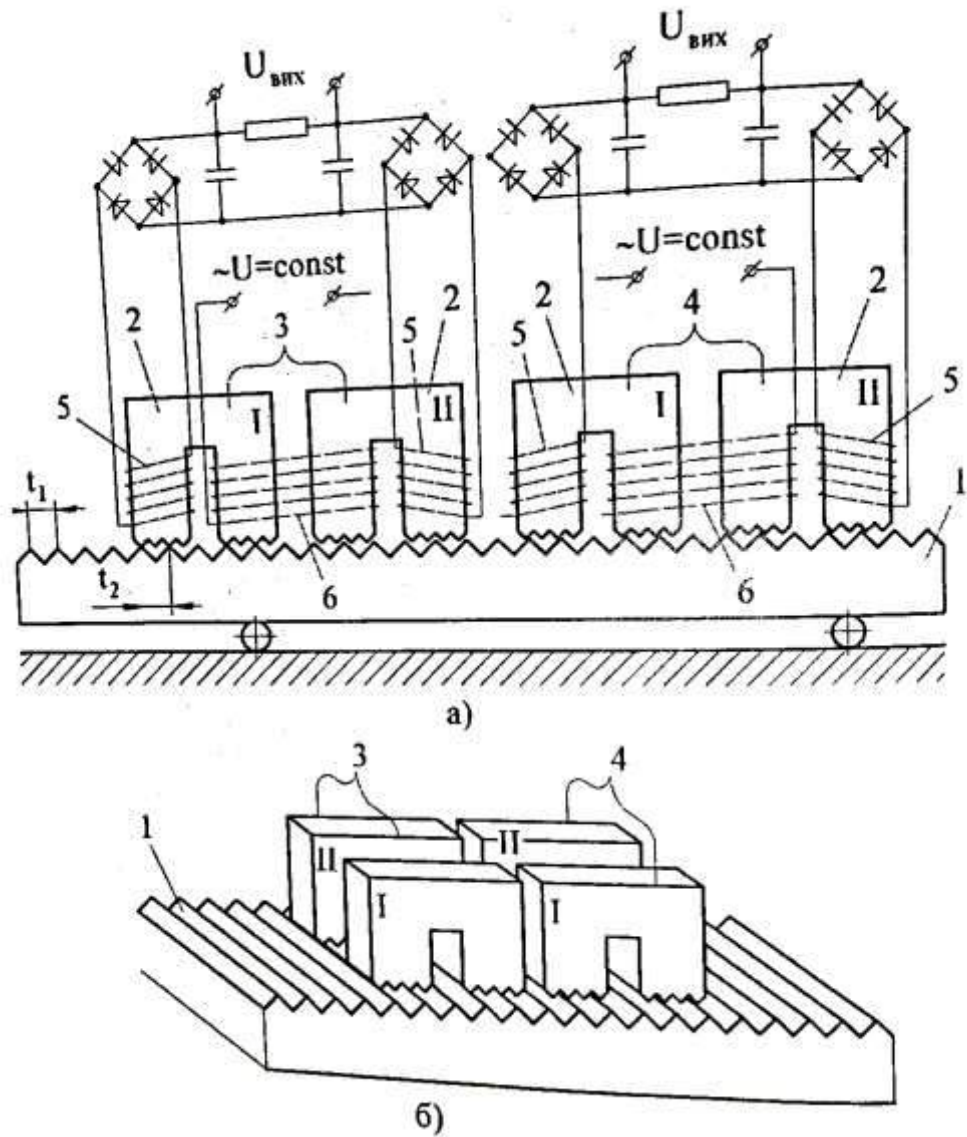


Рисунок 3.9 – Принципова схема трансформаторного імпульсного датчика великих переміщень (а) і розташування знімачів щодо рейки (б):

1 – зубчаста рейка; 2 – осердя; 3 і 4 – знімачі; 5 і 6 – обмотки

Трансформаторні датчики переважно використовують у схемах з підсилювачем, вони дають змогу здійснити диференціальну схему порівняння вихідних сигналів без гальванічного зв'язку між ланцюгами входу і виходу. Трагсформаторні датчики також використовують у верстатах з програмним керуванням як імпульсні дискретні датчики великих переміщень. У цьому випадку змінною величиною є не довжина зазора між якорем і осердям, а площа зазора.

Такий датчик переважно складається з трьох осн. частин (рис. 3.9, а): зубчатої рейки 1, виконаної із шихтованої сталі з кроком зубців t_1 і двох знімачів 3 і 4, кожен з яких складається, своєю чергою, з двох осердь 2 (І і ІІ). Осердя виготов. з шихтованої сталі, на їх торцях виконані зубці з кроком t_2 .

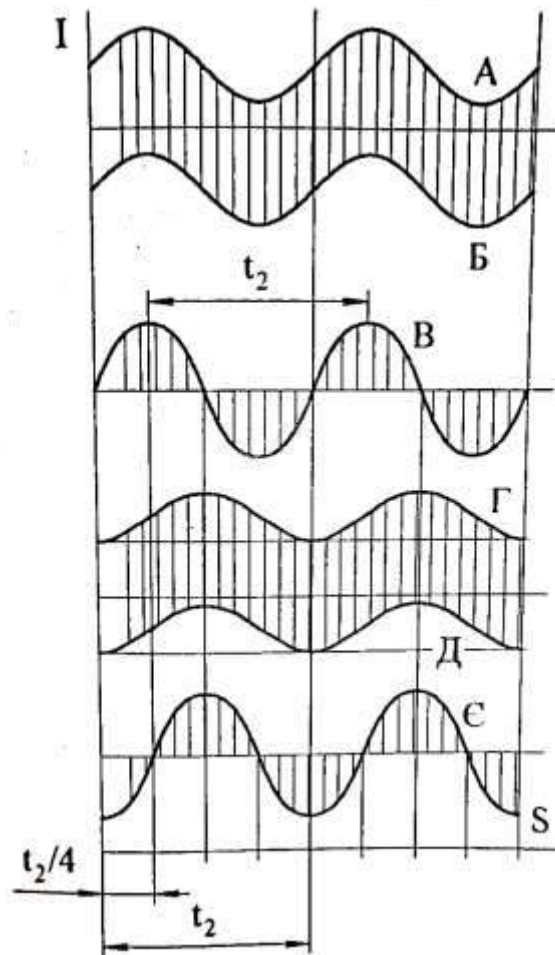


Рисунок 3.10 – Схема формування електричних сигналів в імпульсному датчику великих переміщень: А і Г – сигнал з осердь І знімачів 3 і 4 відповідно; Б і Д – сигнал з осердь ІІ знімачів 3 і 4 відповідно; В і Е – результуючий сигнал із знімачів 3 і 4 відповідно.

Під час переміщення рейки щодо знімачів у вторинних обмотках 5 створюються періодично змінні електричні імпульси. З метою створення диференціальної схеми в обох знімачах зубці одного осердя по відношенню до зубців другого осердя зміщені на половину кроку t_2 . З цієї самою метою в кожному знімачі є одна первинна обмотка 6 і дві вторинні обмотки 5, які

з'єднанні зустрічно. Для зменшення впливу коливання зазора між зубцями рейки і зуб. осердь останні розташовані паралельно між собою (рис.3,9, б).

Для отримання електричного сигналу, що відповідає меншому або кратному кроку t_1 зубців рейки, зубці на осердях виконують з кроком

$$t_2 = t_1/n.$$

Для отримання сигналу, що відповідає переміщенню рейки на величину, меншу за t_2 , а також для визначення напрямку руху зубці знімача 4 зміщені по відношенню до зубців знімача 3 на чверть кроку t_2 . Завдяки такому зсуву ціна електричного імпульсу дорівнює $1/4 \cdot t_2$, причому видача імпульсу здійснюється під час проходження результируючих сигналів через нульове значення. На рис. 3.10 показано схему формування електричного імпульсу.

Для збільшення швидкодії схеми і отримання потужнішого імпульсу живлення схеми здійснюється струмом високої частоти.

Для уникнення фазових спотворень під час порівняння двох імпульсів на змінному струмі їх порівняння проводять на постійному струмі (рис. 3.9,а). Використовуючи спеціальні логіко-обчислювальні електричні схеми, за кількістю отриманих імпульсів судять про переміщення рейки щодо знімачів.

3.1.2 Ємнісні контрольно-вимірювальні пристрої

Відомо, що ємність плоского конденсатора без урахування крайового ефекту

$$C = \frac{\varepsilon \cdot S}{L},$$

де ε – діелектрична проникність середовища між пластинами;

S – ефективна площа пластин;

L – відстань між пластинами.

Отже, ємнісним перетворювачем за відомого значення ε за величиною ємності можна визначити відстань між пластинами, а за величиною зміни ємності – зміщення пластин.

Враховуючи це, виділяють два типи схем ємнісних датчиків:

1 – схема, в якій вимірювана величина викликає зміну величини відстані між пластинами;

2 – схема, в якій вимірювана величина викликає зміну ефективної площі пластин за їх відносного переміщення.

Принципову схему ємнісного датчика, побудовану за схемою зміни величини відстані між пластинами, показано на рис. 3.11. Чутливим елементом датчика є конденсатор, що має нерухомі пластини 7 і 8, закріплені жорстко на кронштейні 9, і рухому пластину 6, закріплену до вимірювального штока 4, що переміщається у напрямній 5.

Під час переміщення штока 4 переміщається середня пластина 6 стосовно нерухомих пластин 7 і 8.

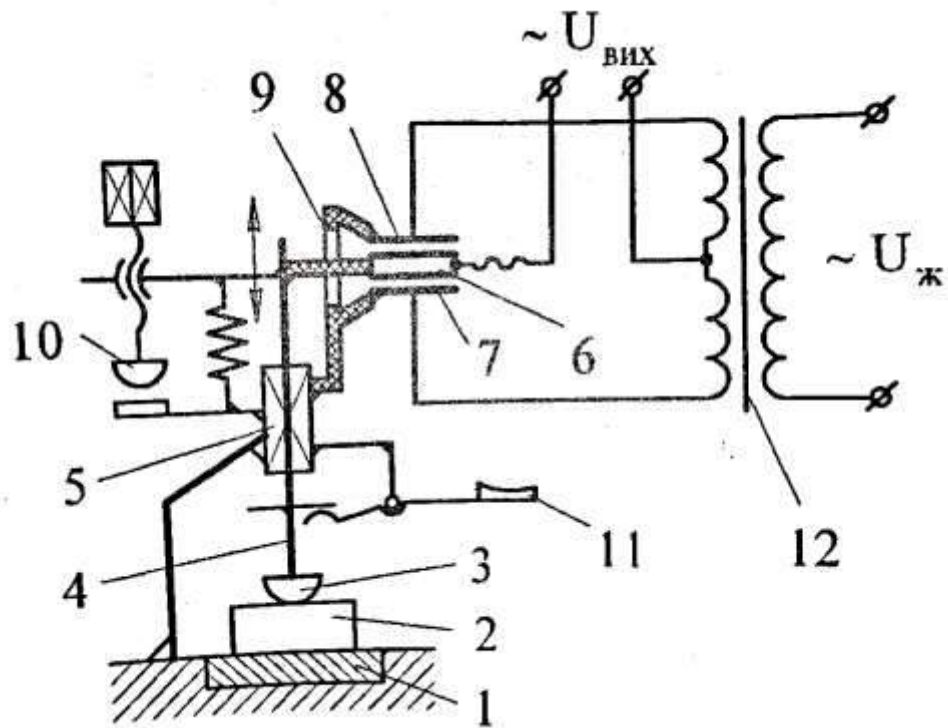


Рисунок 3.11 – Схема ємнісного датчика:

1 – вимірювальна база; 2 – деталь (об’єкт контролю); 3 – щуп; 4 – шток;
 5 – напрямна; 6 – нерухома пластина конденсатора; 7 і 8 – рухомі пластини
 конденсатора; 9 – кронштейн; 10 – обмежувач ходу; 10 – арентир;
 12 – трансформатор

Оскільки в ємнісних датчиках помітні електромагнітні зусилля відсутні, їх можна виготовляти з вимірювальним зусиллям близько 0,05 Н.

Ємність елементарного плоского конденсатора переважно дуже мала, наприклад, за площі пластин 1 см^2 і відстані між пластинами 1 мкм ємність становить $0,01 \text{ мкФ}$ і на частоті 50 Гц має опір 300 кОм . Тому у реальних конструкціях ємнісних датчиків для підвищення чутливості застосовують пакети із декількох рухомих і нерухомих пластин і значно підвищують частоту, на якій вони працюють. Точність вимірювання такими датчиками становить $\pm 0,5 \text{ мкм}$ у діапазоні $\pm 25 \text{ мкм}$.

Ємнісними перетворювачами можна контролювати товщину діелектричних покриттів на провіднику і навіть діелектрику, якщо він має відмінну діелектричну проникність від матеріалу покриття.

На рис. 3.12 показано схему ємнісного перетворювача для контролю товщини покриття на циліндричній деталі.

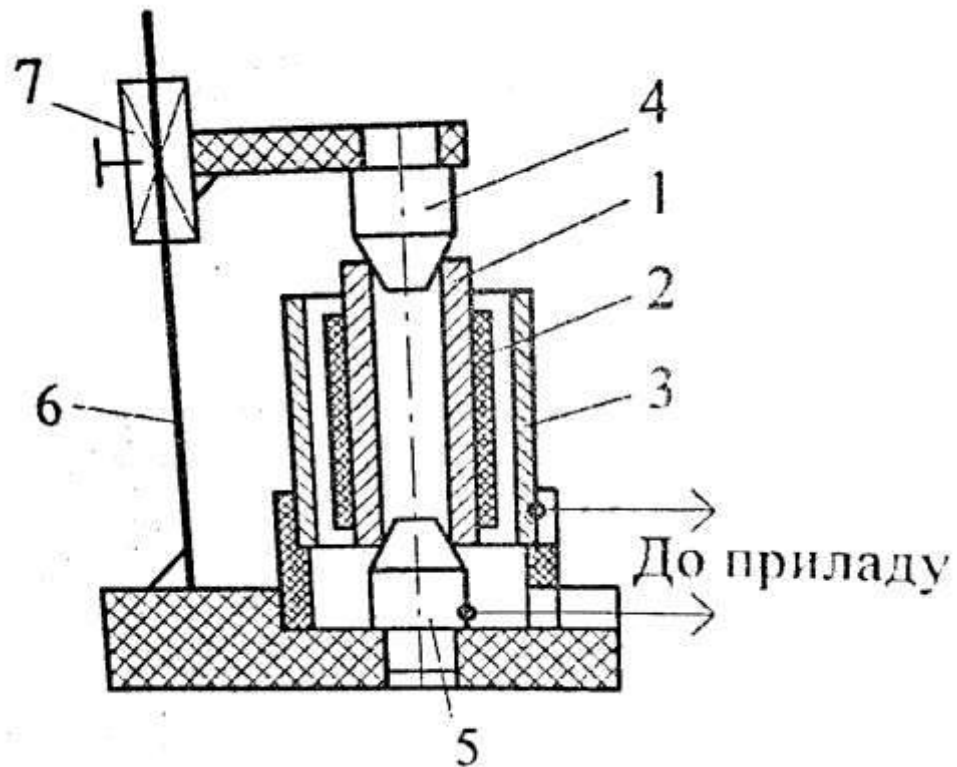


Рисунок 3.12 – Схема ємнісного перетворювача для контролю товщини покриття на циліндричній деталі:

1 – деталь; 2 – покриття; 3 – оправка; 4 і 5 – центри; 6 – стояк; 7 – повзун

Деталь базується у центрах 4 і 5 і встановлюється концентрично щодо оправки 3. У такий спосіб утворюється коаксіальний конденсатор. Якщо товщина покриття значно менша від радіуса деталі, то для ємності такої системи справедлива формула

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_0} + \frac{R}{r} \left(\frac{1}{C} - 1 \right) \cdot \frac{H}{L} ,$$

де C – ємність системи з покриттям на деталі; C_0 – ємність системи деталь-оправка без покриття на деталі; R – внутрішній радіус оправки; r – зовнішній радіус деталі без покриття; H – товщина покриття; L – довжина покриття.

Для вимірювання товщини покриттів застосовують також компланарні схеми, у яких пластини конденсатора розміщені в одній площині (рис. 3.13). Під час нанесення покриття на високоякісні діелектрики, коли можна не враховувати вплив опорів втрат R_1 і R_2 , ємність компланарного конденсатора

$$C = C_1 + \frac{0,5 \cdot C_2 \cdot C_3}{0,5 \cdot C_2 + C_3} .$$

Коли покриття нанесено на провідник, то ємність компланарного конденсатора

$$C = 0,5 \cdot C_2 + C_1 \approx 0,5 \cdot C_2 .$$

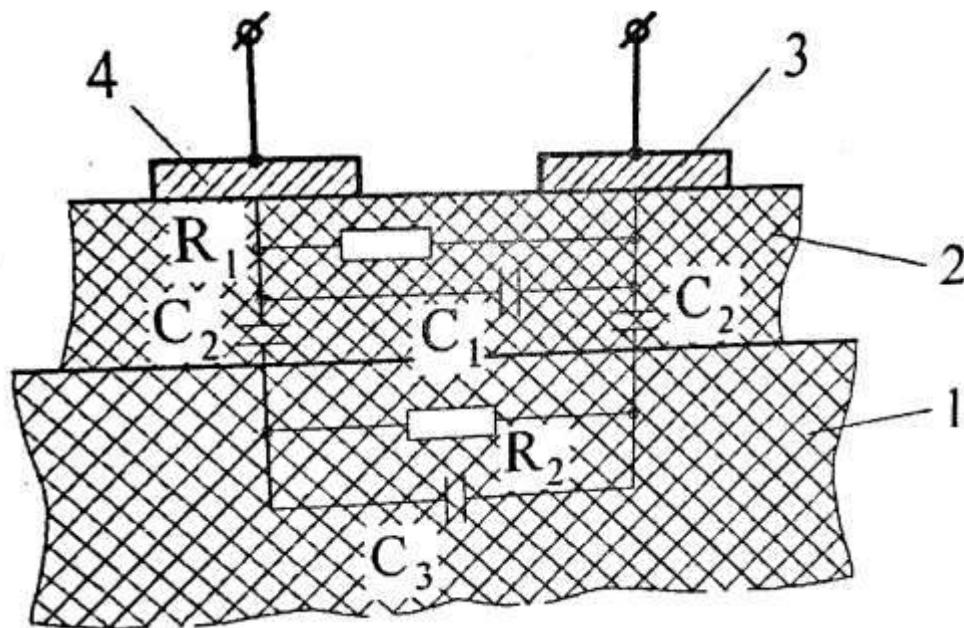


Рисунок 3.13 – Схема заміщення компланарного ємнісного перетворювача: 1 – деталь; 2 – покриття; 3 і 4 – пластини конденсатора

Під час конструювання ємнісних датчиків необхідно враховувати, що його опір повинен бути значно меншим від активного опору витоків, інакше точність вимірювання істотно знижується.

Контролюючи розміри за допомогою ємнісних пристроїв, застосовують резонансні і мостові схеми, а також схеми на битті, аналогічні до схем з індуктивними датчиками. Мостові схеми як для ємнісних, так і для індуктивних датчиків дають змогу не тільки вдвічі збільшувати чутливість схеми, але і покращувати лінійність статичної характеристики.

Необхідно зазначити, що розрахунок ємності можна провести тільки з великим ступенем наближення. Тому після виготовлення ємнісний перетворювач повинен пройти тарування, за якого визначається його стаична характеристика.

3.2 Визначення напружено-деформованого стану деталі

Знаходячись у вузлі деталь «Стакан» (рис. 3.14) фіксується за всіма шістьма ступенями волі, по 4 отворах $\varnothing 5,5$ та по 4 отворах $\varnothing 6,5$ (рис. 3.15).

Напруження 0,1 МПа діє на посадочні поверхні під підшипники $\varnothing 50H8$ та $\varnothing 47H8$ (рис 3.15).

Результатів виконаних розрахунків в програмному модулі КОМПАС-3Д зображено на рис. 3.15 – 3.18.

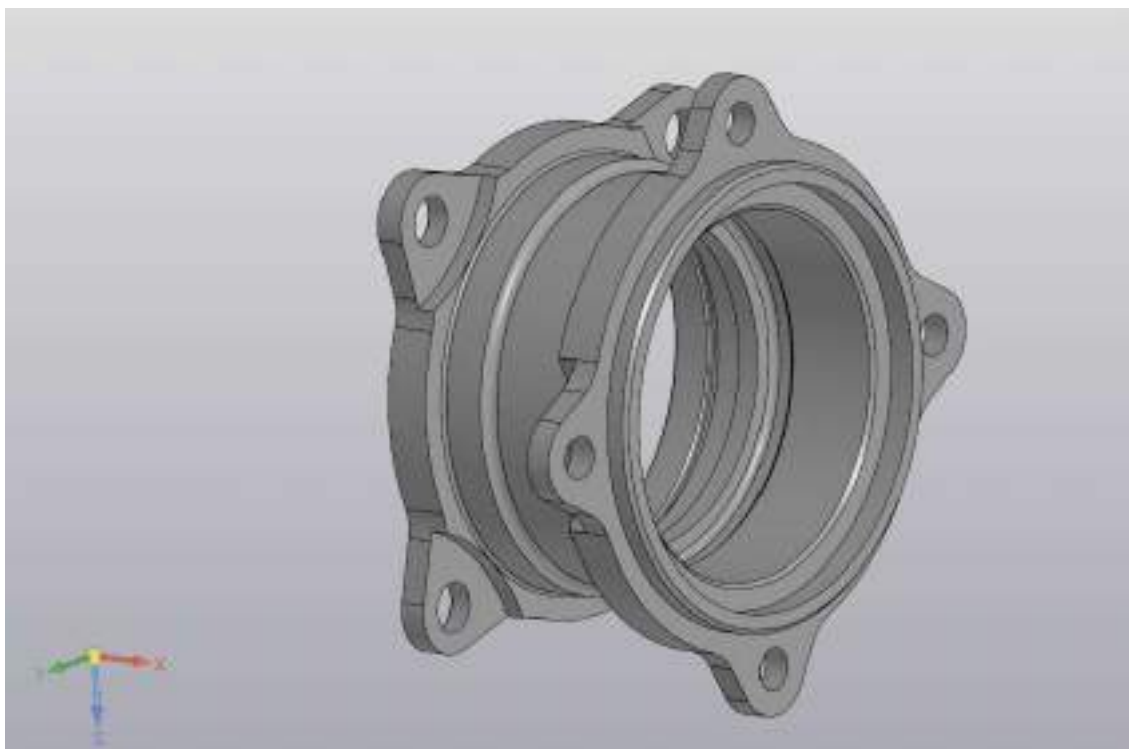


Рисунок 3.14 – Модель деталі «Стакан»

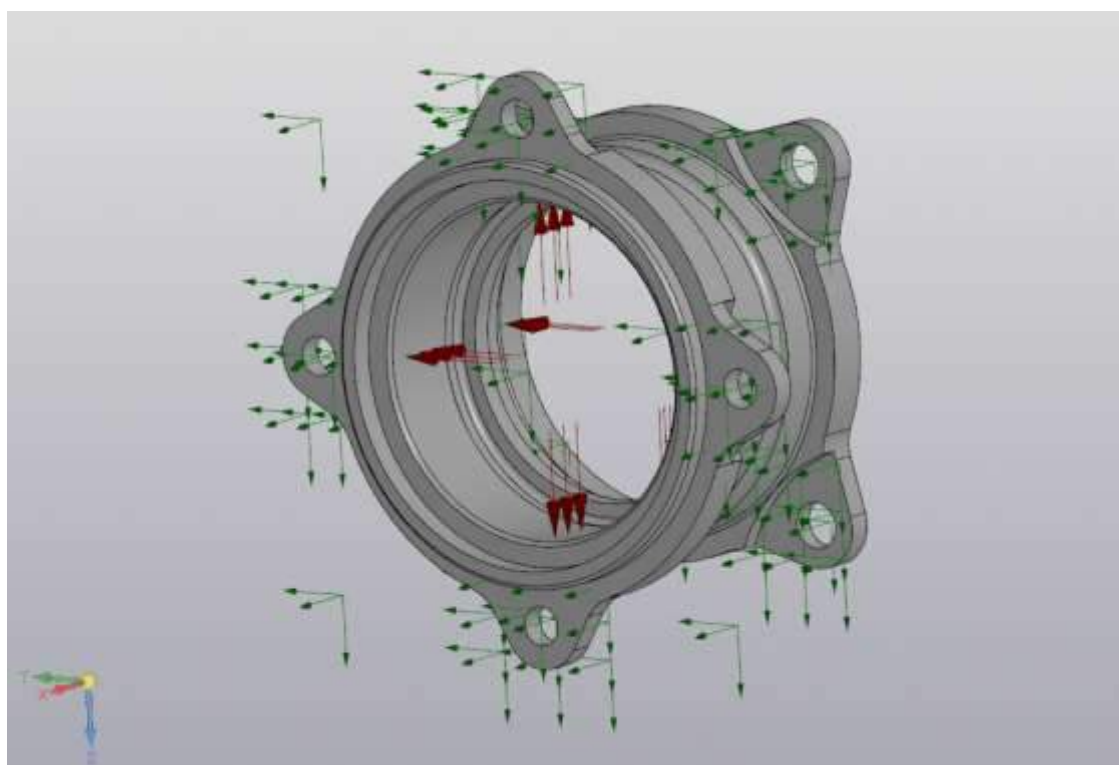


Рисунок 3.15 – Модель деталі з визначеним закріпленням та прикладеним навантаженням

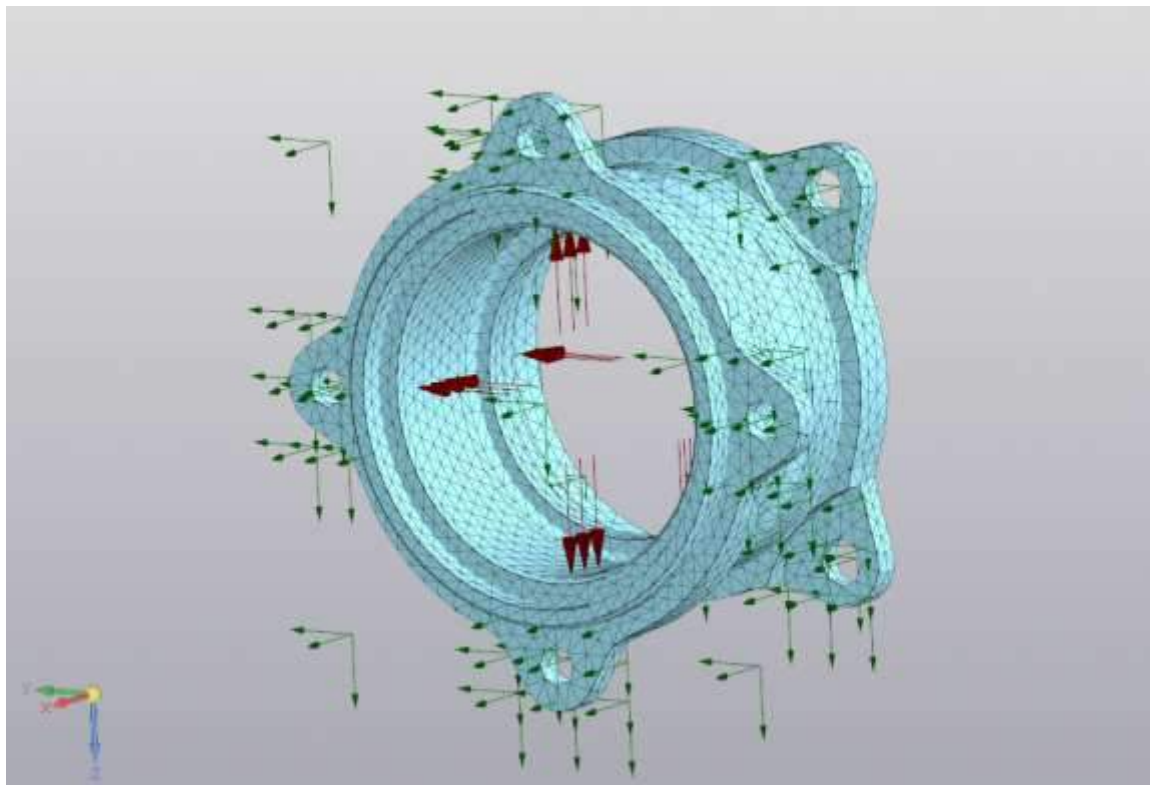


Рисунок 3.16 – Розбиття моделі на сітку кінцевих елементів

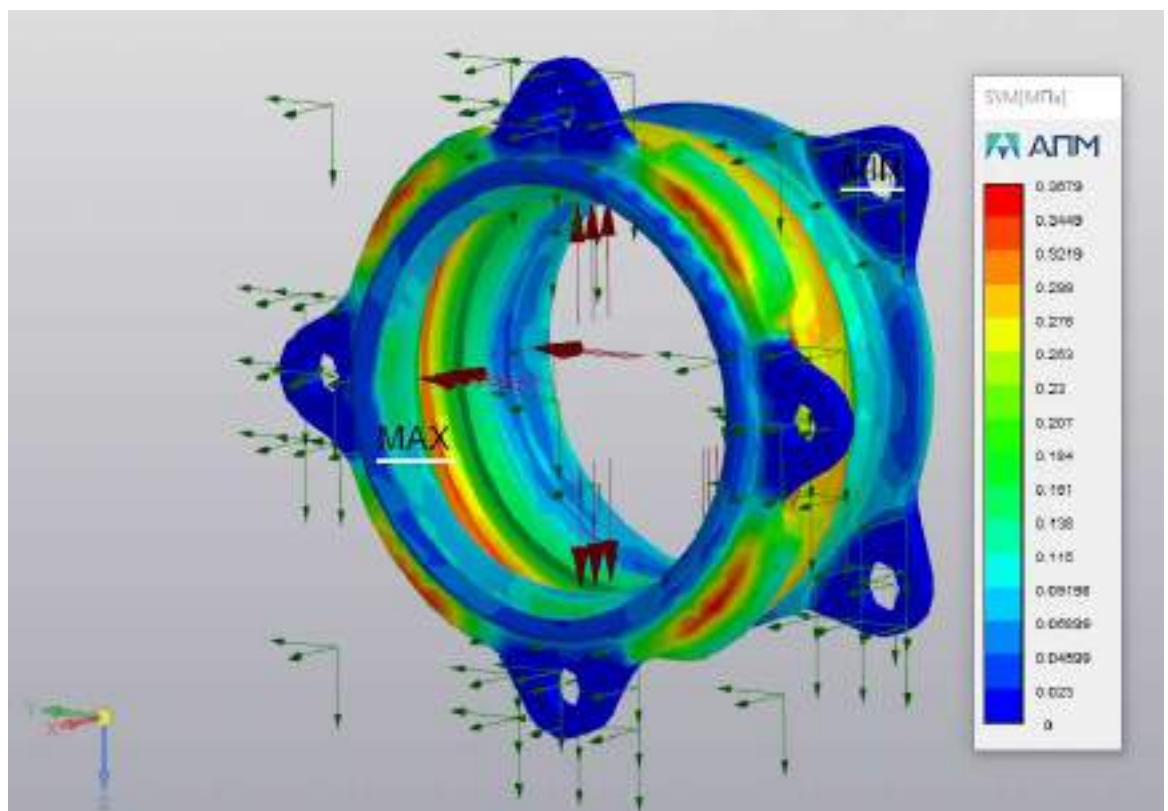


Рисунок 3.17 – Результати розрахунку (Напруження)

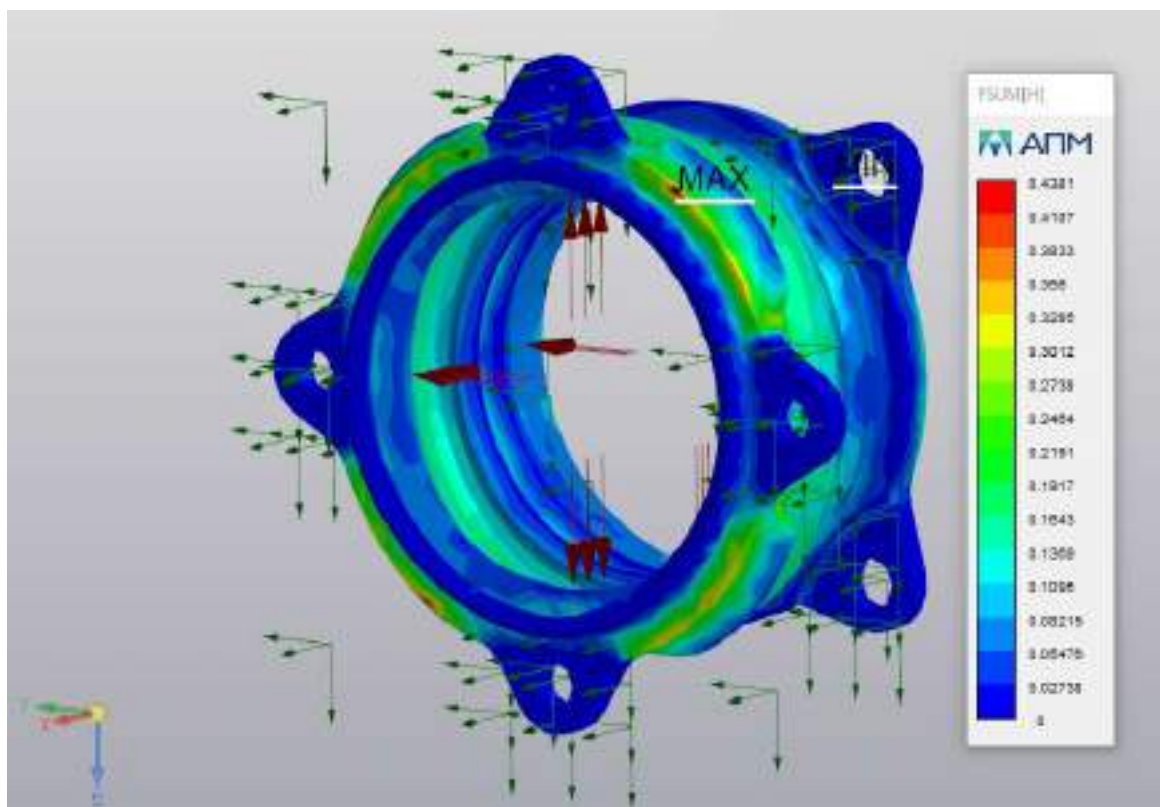


Рисунок 3.17 – Результати розрахунку (Навантаження)

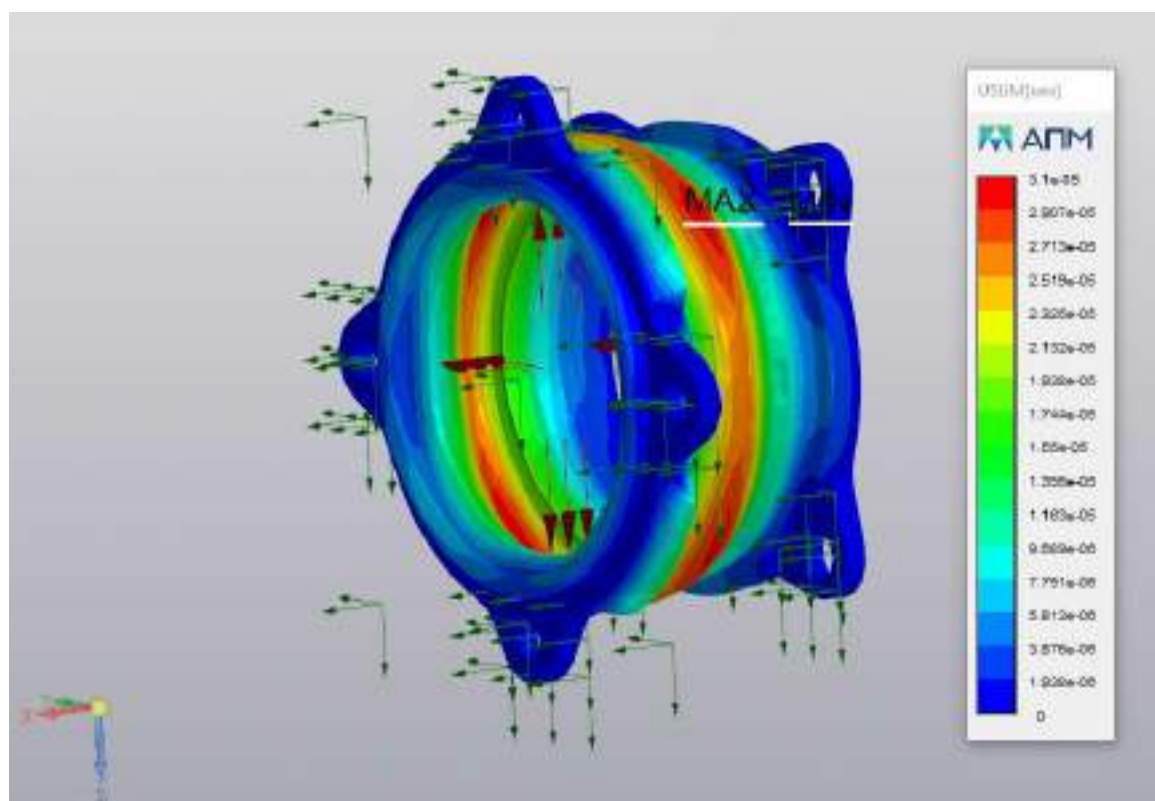


Рисунок 3.18 – Результати розрахунку (Переміщення)

4 ОСОБЛИВОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

Поширення застосування титанових сплавів в промисловості пояснюється поєднанням у них ряду цінних властивостей: малої щільності, великої питомої міцності, надзвичайно високої корозійної стійкості, значної міцності при підвищених температурах. Титанові сплави за міцністю не поступаються сталям і в кілька разів міцніше алюмінієвих і магнієвих сплавів.

Питома міцність титанових сплавів є найвищою серед застосовуваних у промисловості сплавів. Вони є особливо цінними матеріалами у тих галузях техніки, де виграш в масі має визначальне значення, зокрема в ракетобудуванні і авіації [11].

Титанові сплави в промисловому масштабі вперше були використані в конструкціях авіаційних реактивних двигунів, що дозволило зменшити їх масу на 10-25%.

Ливарні властивості титанових сплавів визначаються насамперед двома особливостями: малим температурним інтервалом кристалізації і виключно високою реакційною здатністю в розплавленому стані по відношенню до формувальних матеріалів, вогнетривими, газам, що містяться в атмосфері [11].

Обробка різанням титанових сплавів в основному аналогічна обробці нержавіючих сталей. Прийнято вважати, що трудомісткість механічної обробки сплавів титану в 2-2,5 рази більше, ніж звичайних вуглецевих сталей. Загальні режими різання визначаються властивостями титану [12].

Титанові сплави мають майже в 2 рази менший модуль пружності, що знижує жорсткість деталей і сприяє виникненню вібрацій, особливо при жорстких режимах обробки [13]. Висока хімічна активність титану є причиною підвищеного хімічного зносу інструменту.

Прийнято вважати [14], що титан насилу піддається ефективній механічній обробці. Але це нетипово, враховуючи рівень розвитку сучасних інструментів і методів обробки. Труднощі частково виникають через те, що механічна обробка титану - нова область і в ній не накопичено достатньо досвіду. Крім того, проблеми нерідко носять відносний характер - в порівнянні з очікуваннями або іншим досвідом, який стосується обробки таких матеріалів, як чавун, низьколеговані сталі, окремі сорти нержавіючої сталі, до яких пред'являють нижчі вимоги [13].

При обробці титану спостерігається значно менша площа контакту між стружкою і інструментом, ніж при обробці сталей. В результаті контактний тиск збільшується і теплота тертя ковзання стружки по різцю концентрується на меншій площі. Оскільки титан має дуже низьку теплопровідність, це призводить до надзвичайно високих температур інструменту, особливо в області контакту зі стружкою. Якщо при різанні сталі в контактній області температура досягає 300-350°C, то при різанні титанових сплавів в тих же умовах температура перевищує 1100-1200°C [12].

З підвищенням швидкості різання температура в контактній області може ще збільшитись. Це призводить до перегріву стружки, її сильному окисленню, іноді займання. Тому для титану використовують відносно невисокі швидкості різання від 5 до 80 м / хв. Через високі температури в області контакту виникає і інший фактор. Практично всі відомі метали і вогнетривки розчинні в титані. Коли титанова стружка проходить над інструментом при таких високих температурах, по суті, відбувається легування стружки матеріалом інструменту [12]. Сплав видаляється зі стружкою і в результаті цього підвищується знос інструмента, затупляються його ріжучі кромки.

Легування також може мати іншу дію. В області контакту стружки з зубом стружка може приварюватися до ріжучої кромки інструменту, утворюючи наріст. В результаті обробка деталі стає поганою через зміну геометрії ріжучої кромки з утворенням наростом. Цього ефекту можна частково

запобігти, якщо не допускати охолодження стружки в контактi з інструментом [12]. Для цього при відключенні верстата спочатку відводиться різець від оброблюваної деталі, а потім вимикається обертання шпинделя.

Наявність на поверхні сплаву твердого газонасиченого шару ще більш ускладнює процес різання і призводить до швидкого зношування контактної поверхні різців. Тому при різанні титану необхідно вершину різця розташовувати на глибині, що перевищує товщину газонасиченого шару або, принаймні, уникати попадання її в зону підвищеної твердості [12]. У зв'язку з цим і для уникнення налипання стружки на різець при різанні титану використовують велику глибину різання до 8-12 мм.

З метою зменшення зносу поверхні різця, запобігання налипання і приварювання до нього титану при різанні слід вживати активних заходів для зниження температури на робочій кромці різця. Радикальним засобом є невелике підвищення температури металу до 300-400°C. При цьому у більшості титанових сплавів опір зрушенню знижується майже в 2 рази при незначному окисленні, в'язкість стає трохи нижче, ніж при кімнатній температурі, і опір різанню різко зменшується, що дозволяє підвищити швидкість різання в кілька разів. Нагрівання поверхні металу на глибину, необхідну для різання, здійснюється від індуктора, що переміщається попереду різця. Застосування підігріву зони різання обмежене умовою отримання неокисленої стружки, яка повертається в шихту для виплавки злитків [12]. Така стружка забруднює метал що виплавляється киснем і суттєво впливає на його властивості, знижуючи пластичність.

Інший шлях зниження температури в осередку різання - інтенсифікація відводу тепла або охолодження різця. Як мастильно-охолоджуючі рідини (МОР) використовують розчинні масла, вуглекислоту (сухий лід), а так само аерозолі води і масел, що мають високу охолоджуючу здатність. Однак забруднення стружки охолоджуючими складами обмежує її застосування в якості шихти або викликає необхідність використання травлення або

знежирення. Тому часто при різанні використовують охолодження повітрям або аерозолями води. Для отримання задовільних результатів при обробці різанням деталь що обробляється повинна бути жорстко закріплена, необхідний гострий інструмент, щоб забезпечити безперервне різання при автоматичній подачі.

Різання рекомендується проводити інструментом з твердосплавними пластинками зі сплавів типу ВК3, ВК4, ВК8. Через хімічну активність титанових сплавів для їх обробки не використовують тверді сплави марок Т5К10, Т15К6 і т. д., так як вони містять титан. В даний час найбільш широко на практиці використовується сплав ВК8. У той же час відомо, що безперервне чистове точіння краще вести сплавом ВК3, у якого на цих операціях стійкість в два рази вище, ніж у ВК8 [12].

При токарній обробці деталь необхідно жорстко закріплювати і усувати вібрацію. Інструмент повинен знаходитися якомога ближче до ріжучої кромці, слід уникати великого вильоту його через високий тиск. Переважно застосовуються малі швидкості різання з великою подачею так само, як при фрезеруванні, свердлінні, розгортанні, протягуванні.

Фрезерування - більш складна операція, ніж точіння. Слід враховувати, що інструмент фрезерує продовж частини кожного обороту, а протягом решти обороту стружка залишається привареною до зуба фрези. При подальшому обороті стружка збивається разом з шматком зуба. Як і при точінні рекомендуються низькі швидкості різання. Фаска на фрезі допомагає розсіювати тепло. Поліпшення тепловідведення і застосування попутного фрезерування сприяє максимальному захопленню металу на початку різі і мінімальному налипанню титану на леза [12]. Для фрез застосовують тверді сплави ВК6М, ВК8.

При свердлінні титанових сплавів важливо весь час підтримувати примусову подачу і не дозволяти інструменту ковзати по деталі. Виступаюча

частина свердла повинна бути якомога коротше. Як матеріал для свердел застосовують леговані сталі P9K5, P9K10, P18Ф2, P9Ф5, для свердел з діаметром понад 5 мм добре використовувати сплав ВК8.

Шліфування. За характером зносу кіл шліфування титану різко відрізняється від шліфування сталей. При шліфуванні сталі основний знос кіл пов'язаний з руйнуванням зв'язки абразиву. При шліфуванні титану знос є результатом стирання, можливо, через взаємодію абразиву і титану. При зменшенні швидкості кола і застосуванні відповідного охолоджувача температура в контактній точці знижується і стирання зменшується, а «коефіцієнт шліфування» - відношення кількості знятого металу в см^3 до зносу кола в см^3 - збільшується.

Витрата абразивних кіл при зачистці титанових сплавів приблизно в 2 рази більше, ніж при обробці сталей. При виборі абразивних кіл по твердості необхідно мати на увазі, що чим твердіше оброблюваний матеріал, тим м'якше повинно бути коло, так як робота з м'якими колами більш продуктивна, хоча і пов'язана з підвищеною їх витратою. Зернистість круга вибирають в залежності від допуску і необхідної шорсткості оброблюваної поверхні - чим нижче шорсткість, тим більше номер, що характеризує зернистість. Для шліфування титану використовують кола з карбіду кремнію, рідше з електрокорунду.

Початковий досвід [15] показав, що шліфування титану пов'язано з наступними труднощами:

1. Виключно високий знос шліфувального круга, що викликає порушення контакту між кругом і оброблюваною деталлю.
2. Високі температури, що призводять до зниження стійкості шліфувального круга і прижогів поверхні титану.
3. Налипання титану на шліфувальний круг і зниження його абразивної дії.

4. Результатом спільного впливу зазначених вище факторів є погана якість поверхні оброблюваної деталі.

Прижоги утворюються через низьку теплопровідність титану і негативно позначаються на втомних характеристиках сплаву. Контролюють прижоги зазвичай методом травління, коли вони виявляються у вигляді світлих непротравлених ділянок, а іноді і сітки мікротріщин. Освіти прижогів можна уникнути, дотримуючись режимів шліфування.

Залежно від системи легування і міцності всі сплави титану по трудомісткості обробки різанням діляться на 5 груп - зростання номера групи говорить про збільшення трудомісткості обробки (табл. 5.1) [13].

Численні дослідження підтверджують низьку оброблюваність титанових сплавів шліфуванням. Іншими словами, шліфування титанових сплавів - досить нова, погано вивчена область теорії і практики шліфування металів.

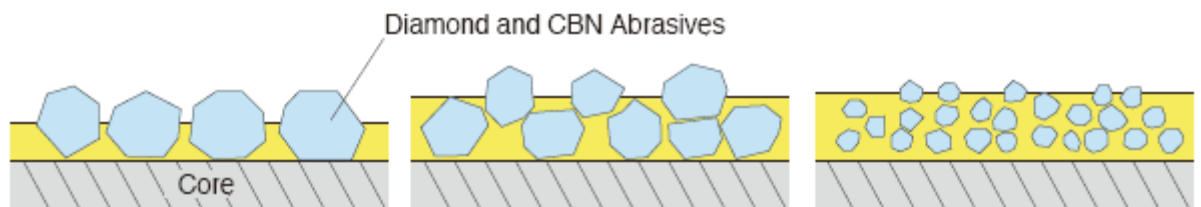
В роботі [17] показано, що зносостійкість зерен з алмазу і кубічного нітриду бору (ельбор, CBN) при контакті з титановими сплавами в 30-100 разів вище, ніж у карбїду кремнію.

Тому особливий інтерес представляє дослідження процесу шліфування титанових сплавів з використанням шліфувальних кругів з алмазу та ельбору.

Через високу пластичність титану мікрорізання відбувається при значно більшій глибині впровадження абразивних зерен в метал з утворенням більш великих стружок, значна частина яких застряє в порах шліфувального круга. Зменшити кількість стружок які закріпилися в порах можна збільшенням розмірів пір.

Таблиця 5.1 - Класифікація титанових сплавів за оброблюваністю
різанням [16]

Група оброблюваності	Марка сплаву		
	Злитки	Прутки	Прутки середньосортні
1	BT1-00, BT1-0 ПТ-1М, ПТ-7М 2, 2В, Т40	BT1-00, BT1-0 ПТ-1М, ПТ-7М Т40	BT1-00, BT1-0 ОТ4-0, ОТ4-1, ОТ4
2	BT14, ОТ4-0, ПТ-3В, ПТ-3М, АТ3, ЭТ2, ЭТ3, ЭТ5	ОТ4-0, ОТ4-1, ОТ4, ПТ-3М, ПТ3В, АТ3, 2В, 3В,3М	BT5, BT5-1, BT6, BT8, BT9, BT14, BT16, BT20, BT18, BT18У, ПТ-3В, ПТ-3М
3	BT5, BT5-1, BT6, BT16, ОТ4, 17,19, АТ6, TC5, ЭТ7	BT5, BT5-1, BT6, BT14, BT16, АТ6, TC5	BT3-1, 8-1-1, 3.7164, Grade 5,6.12, Ti-6-4, ТА4V
4	BT3-1, BT8, BT9, BT18, BT18У, BT20, BT23, BT25, BT25У, Ti-6Al- 2Sn-4Zr-2Mo, Ti-6Al-2Sn- 4Zr-4Mo	BT3-1, BT8, BT9, BT18, BT18У, BT20, BT21,ЭТ7, Ti-15-3-3-3, Ti- 6Al-2Sn-4Zr-2Mo, Ti-6Al-2Sn-4Zr- 4Mo	BT22, BT25, BT25У Ti-15-3-3-3, Ti-6Al- 2Sn-4Zr2Mo, Ti- 6Al2Sn-4Zr-4Mo
5	BT22, TC6 Ti- 4Al-4Mo-2V, Ti-10-2-3, Ti-6- 6-4	BT22, BT23, BT25, BT25У, TC6, Ti-10-2-3 Ti-4Al-4Mo-2V, Ti-6-6-4	Ti-4Al-4Mo-2V, Ti- 10-2-3, Ti-6-6-4



Одношарові кола

Двошарові кола

Багатошарові кола

Рисунок 5.1 - Схема поперечного перерізу шліфувальних кругів з різною структурою електролітичного покриття [12]

На рис. 5.2 можна побачити порівняльні залежності питомої (на 1 мм^3 знімання металу) потужності шліфування від сумарного знімання (тривалості обробки) для кіл з різних абразивних матеріалів: карбіду кремнію - SiC, алмазу і CBN.

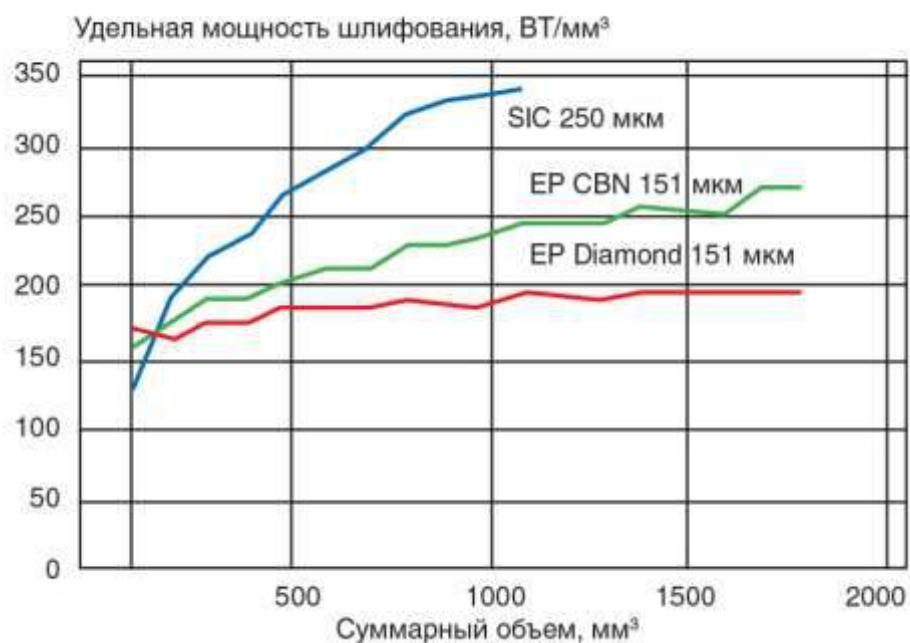


Рисунок 5.2 - Залежність питомої потужності шліфування (Вт/мм^3) від сумарного знімання титанового сплаву (мм^3) для кіл із SiC, а також кіл із алмазів и CBN на гальванічній зв'язці [18]

При шліфуванні алмазним кругом спостерігається низький приріст питомої потужності в порівнянні з колами SiC і CBN. Збільшення потужності на SiC-колах призводить до розтріскування і невеликих прижогів на поверхні зразка. При використанні кіл з ельбору й алмазу тріщин не спостерігалось після видалення 1800 мм^3 матеріалу. Насправді алмазні кола здатні витягувати 48000 мм^3 матеріалу без пошкодження зразків.

Пошкодження в зразках можна віднести до адгезії металу на вершинах зерен. Це зчеплення найбільш поширено для SiC-кіл. Адгезія спостерігалася також і на ельборових зернах, але в набагато меншому ступені, ніж SiC. Ще менше адгезія спостерігалася на вершинах алмазних зерен. Прилипання металу до поверхні зерен, як відомо, призводить до різкого зменшення ефективності шліфування (тобто збільшення тертя та зниження здатності зерен до видалення матеріалу).

Алмазні круги явно перевершують інші [18] за обсягом сукупного знімання без пошкодження зразків, але в окремих процесах шліфування і раніше можуть використовуватися кола з SiC. Це процеси, які вимагають часткої правки круга для того, щоб підтримувати жорсткі вимоги до точності профілю, та й вартість кола SiC істотно нижче, а форма легко підтримується за допомогою правки.

Аналіз публікацій, зокрема робіт [15-18], дозволив сформулювати переваги застосування шліфувальних кругів з алмазу і CBN при обробці титанових сплавів:

1. Висока зносостійкість: алмазні і CBN-круги зношуються набагато повільніше, ніж кола з карбіду кремнію, через більш високу твердість. Висока зносостійкість призводить до більш високого коефіцієнту шліфування. Зерна алмазу і CBN досить гострі в порівнянні з традиційними абразивами, які викликають значні сили тертя, температуру і великі сили шліфування, що вимагають високих значень енергії шліфування.

2. Термічна стабільність: CBN може підтримувати високу ступінь стабільності до близько 1000°C, але він буде вступати в реакцію з водою при температурі 800°C. Алмаз має тенденцію до перетворення в графіт при температурах близько 800°C, а потім втрачає свою зносостійкість.

3. Хороша теплопровідність: алмазні та CBN-шліфувальні крути мають гарну теплопровідність, яка дозволяє швидко розсіювати тепло із зони шліфування.

4. Гострі та менші кути нахилу зерен: алмазні і CBN-зерна характеризуються більш гострими ріжучими крайками з кутом нахилу від -60 до -70 градусів (зерна у звичайних кіл від -85 до -90 градусів). Найгостріші зерна і менші кути нахилу викликають знижені тертя і температуру.

5. Електрична зв'язка являє собою 100% металеву зв'язку, яка добре підходить для «витягування» тепла з теплочутливі матеріалу.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз потенційних небезпек

Оскільки тема магістерського проекту "Особливості механічної обробки деталей титанових ливарних сплавів", тому нижче розглянемо заходи з охорони праці, виробничої санітарії та гігієни праці, пожежної безпеки на ділянці механічного цеху, відповідно до методичних вказівок.

На підставі аналізу роботи існуючого устаткування і технологічних процесів механічної дільниці, згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) "ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники. Класифікація", виявлені наступні небезпечні і шкідливі виробничі чинники, здатні привести до травм і погіршення здоров'я працівників і завдати шкоди довкіллю :

1. Механічні травми, внаслідок організаційних причин:

а) нерационального планування робочого місця;

б) захащення заготівками і деталями робочого місця;

в) ушкодження шкірного покриву рук гострими кромками, задирками на поверхні заготовок, інструменту, устаткування, відходів при роботі без рукавиць.

г) Під час токарної обробки деталей можливе травмування очей пиловими частками або стружкою, що відлітає в процесі обробки матеріалів. Причини травматизму - порушення технологічного процесу та робота без захисних окулярів або щитків для захисту обличчя.

2. Поразка електрострумом, у зв'язку з невиконанням правил техніки безпеки при використанні електроустаткування, відсутності захисного заземлення.

3. Кістково-м'язові порушення, у зв'язку з довгим статичним навантаженням, яке призводить до стомлення, порушення координації рухів, збільшенню помилок, травм (соціальні причини).

4. Нервово-емоційне навантаження, у зв'язку із стресовими ситуаціями, які можуть привести до захворювання загального невротичного характеру і нервовим зривам.

5. Санітарно-гігієнічні причини:

а) незадовільне освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з виходом з ладу освітлювального устаткування, що може привести до втоми очей;

б) втома очей внаслідок пульсації світлового потоку від ламп типу ДРЛ, яка впливає на погіршення зору при управлінні технологічним процесом і устаткуванням;

в) підвищена запиленість в зоні дихання, за відсутності засобів захисту, при обробці деталей із титанових сплавів може викликати захворювання дихальних шляхів (титан належить до четвертого класу шкідливості та викликає подразнення дихальних шляхів);

г) підвищений рівень шуму може привести до дратівливості, збільшення помилок;

д) вібрація (локальна) на руки, яка може привести до віброзахворювань;

е) роздратування слизових оболонок верхніх дихальних шляхів можуть викликати мастильно-охолоджувальні технічні засоби (МОТЗ) при порушенні правил безпеки. Аерозоль нафтових олій, які входять до складу СОТС, може також привести до зниження імунобіологічних реакцій.

6. Психофізіологічні шкідливі чинники:

а) фізичне перевантаження при установці, закріпленні і зніманні великогабаритних деталей;

б) монотонність роботи.

7. Незадовільних параметрів мікроклімату робочого місця, у зв'язку з відсутністю або неправильною роботою засобів забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату, що може привести до загальних захворювань.

8. Вірогідність пожежі у зв'язку з несправністю електричного устаткування, не дотримання або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом.

9. Неправильних дій персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, що може привести до травмування і загибелі людей.

5.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Небезпека ураження електричним струмом при використанні верстатів, приладів з'являється при недотриманні заходів безпеки, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища.

Категорія приміщення, відповідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» - підвищеної небезпеки (сухе – відносної вологості не більше 60%, металевий пил в повітрі, температура до 30°C, залізобетонна підлога).

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом; НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок».

Відповідно до вимог ПУЕ в електроустаткуванні застосовують такі системи засобів: захисне заземлення ізоляції токоведучих частин, захисне відключення, напруга (до 42 В) для переносного освітлення і роботи електроінструменту, повна недоступність працівників до неізованих проводів.

Відповідно до вимог ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» обладнання має подвійну ізоляцію: робочу – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустаткування, що забезпечує її нормативну роботу та захист від ураження електричним струмом; додаткову ізоляцію – для захисту від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції.

Для попередження електротравматизму усе електричне устаткування і інструменти заземлені відповідно до ДСТУ EN 60204-32:2018 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1» і перевіряється один раз в 6 місяців. При цьому проводиться зовнішній огляд, перевіряється робота на неодруженому ході не менше 5 хв., вимірюється опір ізоляції, перевіряється справність ланцюга заземлення.

При використанні електроінструменту передбачені засоби індивідуального захисту від поразки струмом (спеціальні гумові рукавички і спеціальні гумові килимки). Робітники забезпечені раціональним спецодягом (халат х/б, рукавички х/б) і спеціальним взуттям.

Безпека технологічного устаткування забезпечується правильним вибором принципів дії, конструктивних схем, матеріалів і робочих процесів і відповідає «Технічному регламенту безпеки машин». Обладнання не створює небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами. З метою уникнення ризиків травмування робітників під час обробки деталей рухомі частини виробничого обладнання огорожені та мають інші види засобів захисту відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож».

Внутрішнє планування цеху розроблене відповідно до ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення».

Вибраний спосіб планування верстатів на дільниці механічного цеху відноситься до прямоточного – в порядку технологічних операцій.

При розробці планування передбачається організація проходів, що забезпечують вільний доступ до усіх робочих місць і які є шляхами евакуації власного складу на випадок надзвичайної ситуації.

Відстані між верстатами забезпечують безпечну роботу і обслуговування устаткування і залежать від габаритів верстатів.

Площа і об'єм виробничої ділянки забезпечує виконання вимог мінімального об'єму 15 м^3 на одного робітника і мінімальні норми виробничій площі $4,5 \text{ м}^2$ на одного робітника і відповідає вимогам ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення». Передбачені місця для збору та утилізації промислових відходів. Плануванням безпосередньо біля робочого місця передбачені місця для зберігання тари із заготовками і готовою продукцією, стелажі для зберігання технологічної документації і інструменту. Для роботи сидячи робоче місце оператора має стілець з регульованим нахилом спинки і заввишки сидіння.

На кожному робочому місці є дерев'яні ґрати на всю довжину робочої зони, і шириною не менше 0,6 м від частин верстата, що виступають. Зручне розташування інструменту і пристосувань в тумбочках, а заготовок в спеціальній тарі. Використання планшетів для креслення дозволяє понизити втому і виробничий травматизм.

Звільнена тара має бути видалена з робочого місця в спеціально відведене для неї місце. Висота штабелів заготовок на робочому місці вибрана з урахуванням їх стійкості і зручності зняття з них деталей. Вона дорівнює 0,7 м; ширина між штабелями 0,8 м.

Крім того, безпека праці забезпечується:

- використанням в конструкціях технологічного устаткування спеціальних захисних засобів;
- дотриманням ергономічних вимог відповідно ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування»;

- включенням вимог безпеки в технічну документацію по монтажу, експлуатації, ремонту устаткування.

- застосуванням знаків безпеки для попередження про небезпеку відповідно до «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118).

Передбачено огорожування частин верстатів, що рухаються та представляють небезпеку для людини, відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». Захисні пристрої не погіршують стеження за роботою устаткування і максимально захищають від проникнення небезпечних і шкідливих чинників в робочий простір.

Верстат відключається від мережі при зміні робочого інструменту, установці насадок і регулюванні; при перерві в роботі; після закінчення роботи або зміни. Гальмування двигунів після останову приводу здійснене за рахунок кінематичного тертя, тобто мимоволі.

На усіх металорізальних верстатах діляниці є блокування дверей силового устаткування і верстатів з вимикачем струму, щоб при включеному положенні не можна було відкрити дверці, а при відкритих дверцях – не можна було включити устаткування (ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору»).

Блокуючі пристрої виконують фіксацію робочих частин устаткування у відповідному робочому або неробочому положенні. При автоматичному управлінні устаткуванням без участі оператора спрацьовує автоматична сигналізація (звукова або візуальна), яка оповіщає про небезпеку. Передбачені сигнальні знаки "блискавка" на усіх дверцях, кришках, кожухах електроапаратури і чіткі написи, що не стираються, "заземлення" на верстаті біля виведення заземлення.

Матеріали, що використані в конструкціях устаткування, не є шкідливими, а ті елементи, з якими безпосередньо контактує людина, не мають гострих кутів, країв, нерівних, гарячих або переохолоджених поверхонь.

Для попередження негативного впливу змащувально-охолоджувальних рідин (ЗОР) і технологічних мастил (ТМ) в технологічному процесі передбачено застосування тільки речовин, що відповідають вимогам узгодженої з санітарно-епідемічною службою нормативно-технічною документацією. В інструкціях по експлуатації зазначені хімічні сполуки, що підлягають обов'язковому контролю, наприклад, аерозоль масла, оксид вуглецю, триетаноламін, нітрит натрію, формальдегід, та визначені можливі супутні газовиділення. Металообробне устаткування, при роботі на якому використовується ЗОР, забезпечене місцевими витяжними пристроями типу вентильованих укриттів зони обробки металів (панелей рівномірного всмоктування). Наявність блокуючих пристроїв забезпечує одночасний пуск устаткування та місцевої витяжної вентиляції. Для захисту шкірного покриву від дії ЗОР працюючі забезпечені засобами індивідуального захисту та дерматологічними захисними засобами (профілактичні пасти, мазі, креми).

З метою зменшення важкої фізичної праці та запобіганню травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м, що відповідає вимогам НПАОП 63.11-7.02-87 ОСТ 113.18-014-87 «ССБТ. Роботи вантажно-розвантажувальні. Загальні вимоги безпеки». На проектуємій ділянці передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогу Технічного

регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається.

Для всіх працівників необхідним є проходження навчання відповідно вимог, що зазначено в НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Також обов'язковим є проходження медичного огляду один раз на два роки, а для окремих категорій робітників і один раз на рік, за рахунок роботодавця відповідно Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

Таким чином кожен працівник повинен дотримуватися заходів з охорони праці, до яких належать дотримання правил техніки безпеки та особистої гігієни, дотримання виробничої дисципліни і правил внутрішнього розпорядку, утримання в чистоті і порядку робочого місця, дотримання місцевих виробничих інструкцій, застосування індивідуальних захисних засобів та вміння надати першу медичну допомогу при невідкладних станах.

5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії і гігієни праці відповідають вимогам ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 "Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості і небезпеки чинників виробничого середовища, труднощі і напруженості трудового процесу".

У відповідності ДСанПиН 173-96 "Державних санітарних правил планування і заселення населених пунктів" за наявності шкідливих виробничих чинників встановлюємо четвертий клас виробництва.

Метеорологічні умови в робочому приміщенні цеху визначаються за ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень».

Для підтримки необхідної температури повітря і компенсації втрат в холодну пору року, передбачено облаштування системи опалювання, поєднаної з припливною вентиляцією, відповідно ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень". Встановлені опалюючі повітряні завіси біля входу. Застосована центральна система водяного опалювання.

У теплий період часу передбачена природна і механічна вентиляція з поданням повітря на робітника $20 \text{ м}^3/\text{годину}$.

Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочому місці згідно ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень". При категорії робіт середньої тяжкості температура повітря $17-23^{\circ}\text{C}$, відносна вологість 75%, швидкість повітря $0,1-0,3 \text{ м/хв.}$, температура повітря на робочому місці $13-24^{\circ}\text{C}$.

Природного освітлення недостатньо для забезпечення нормальної освітленості робочої зони. Для робочого загального освітлення застосовані в якості джерела світла газорозрядні лампи, які щоб уникнути стробоскопічного ефекту підключені на різні фази електромережі. На робочих місцях встановлено місцеве освітлення. Норми освітленості робочих місць визначені ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення" залежать від характеристики робіт. Розрахуємо загальне освітлення на механічній ділянці методом світлового потоку з метою забезпечення комфортної та безпечної роботи

Приймаємо розміри приміщення:

Довжина $A = 42\text{м}$, ширина $B = 30\text{м}$, висота $H = 4,5 \text{ м}$.

Згідно з ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування» освітлення в кабінеті масажу нормуються як $E_n = 200 \text{ Лк}$.

Розряд зорової роботи – IVa.

Коефіцієнти відбиття поверхонь приміщення (від: стелі – ρ_C ; стін – ρ_{CT} ; підлоги – ρ_P) у світлому приміщенні $\rho_C=70\%$; $\rho_{CT}=50\%$; $\rho_P=30\%$;

Обираємо світильник типу ЛПО (IP=54 – ступінь захисту світильника, $[L/h] = 1,4$ – числове значення коефіцієнта світильника).

Коефіцієнт запасу k_z враховує зниження рівня освітленості з часом в результаті забруднення та старіння ламп, світильників і поверхонь приміщення, приймається в залежності від виробничих умов.

Приймаємо $k_z = 1,4$.

Коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення z (відношення середньої освітленості до мінімальної освітленості), для люмінесцентних ламп низького тиску, як правило дорівнює $z = 1,1$.

Розрахуємо кількість рядів світильників у приміщенні:

$$N_p = \frac{B}{(H - h_p) \cdot [L/h]} = \frac{30}{(4,5 - 0,8) \cdot 1,4} = 5,79 \approx 6$$

Визначимо максимально припустиму відстань між рядами світильників

$$L_{max} = \frac{B}{N_p} = \frac{30}{6} = 5 \text{ м}$$

де B – ширина приміщення, N_p – кількість рядів

Розраховуємо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею

$$h = \frac{L_{max}}{[L/h]} = \frac{5}{1,4} = 3,57 \text{ м}$$

Знайдемо висоту звисання світильника від стелі

$$h_3 = H - h_p - h = 4,5 - 0,8 - 3,57 = 0,13 \text{ м}$$

де H – висота приміщення,

h_p – висота робочої поверхні,

h – висота підвісу світильника над робочою поверхнею.

Чисельне значення індексу приміщення визначаємо за рівнянням:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} = \frac{42 \cdot 30}{3,57(42+30)} = 4,9$$

де A – довжина приміщення, m ;

B – ширина приміщення, m ;

h – висота розміщення світильників над робочою поверхнею, m

Значення коефіцієнта використання світлового потоку η вибирається в залежності від виду джерела світла, типу обраного світильника, коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення (ρ_C , ρ_{CT} , ρ_{II}) та індексу приміщення. В нашому випадку $\eta = 0,63$.

Визначаємо сумарний світловий потік освітлювальної установки у даному виробничому приміщенні:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_z \cdot z}{\eta} = \frac{200 \cdot 1260 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,63} = 660000 \text{ лм}$$

де Φ_{Σ} – розрахункове значення сумарного світлового потоку у приміщенні, $лм$;

E_n – нормоване значення освітленості, $лк$;

S – площа освітлюваної поверхні, $м^2$;

k_z – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості;

η – коефіцієнт використання світлового потоку

Визначаємо умовну загальну кількість світильників у приміщенні:

$$N^* = \frac{AB}{L_{max}^2} = \frac{42 \cdot 30}{5^2} = 50,4$$

Розрахуємо світловий потік умовного джерела світла:

$$\Phi_{\text{л}}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{\text{л}}} = \frac{660000}{50,4 \cdot 4} = 3273,81 \text{ лм}$$

де Φ_{Σ} – розрахункове значення сумарного світлового потоку у приміщенні, лм;

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

n – кількість ламп у світильнику (в ЛВП світильнику знаходиться 2 лампи)

Обираємо тип стандартної лампи з найближчим значенням фактичного світлового потоку лампи $\Phi_{\text{л}}$ і знайти коефіцієнт m (співвідношення між розрахунковим світловим потоком лампи $\Phi_{\text{л}}^*$ та фактичним світловим потоком вибраної стандартної лампи $\Phi_{\text{л}}$):

Обираємо лампу $\Phi_{\text{л}} = 3800$ лм

$$m = \frac{\Phi_{\text{л}}^*}{\Phi_{\text{л}}} = \frac{3273,81}{3800} = 0,86$$

Визначаємо оптимальну (фактичну) кількість світильників у приміщенні:

$$N = N^* \cdot m = 50,4 \cdot 0,86 = 43,42$$

Фактична кількість ламп у приміщенні:

$$N_{\text{фл}} = N_{\text{ф}} \cdot n = 42 \cdot 4 = 168$$

Визначаємо загальну розрахункову освітленість E_p у приміщенні, що створюється при застосуванні стандартних ламп:

$$E_p = \frac{\Phi_l \cdot N_{\text{фл}} \cdot \eta}{S \cdot k_z \cdot z} = \frac{3800 \cdot 168 \cdot 0,63}{1260 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 193,45 \text{ лк}$$

Тобто виконується умова $E_p = (-10\% \dots +20\%) \cdot E_n$, лк

Розрахуємо загальну потужність освітлювальної установки:

$$P_{\Sigma} = N_{\text{фл}} \cdot P_l = 168 \cdot 80 = 13440 \text{ Вт}$$

де P_l – потужність вибраної стандартної лампи.

Схему розміщення світильників зображено на рис.5.1

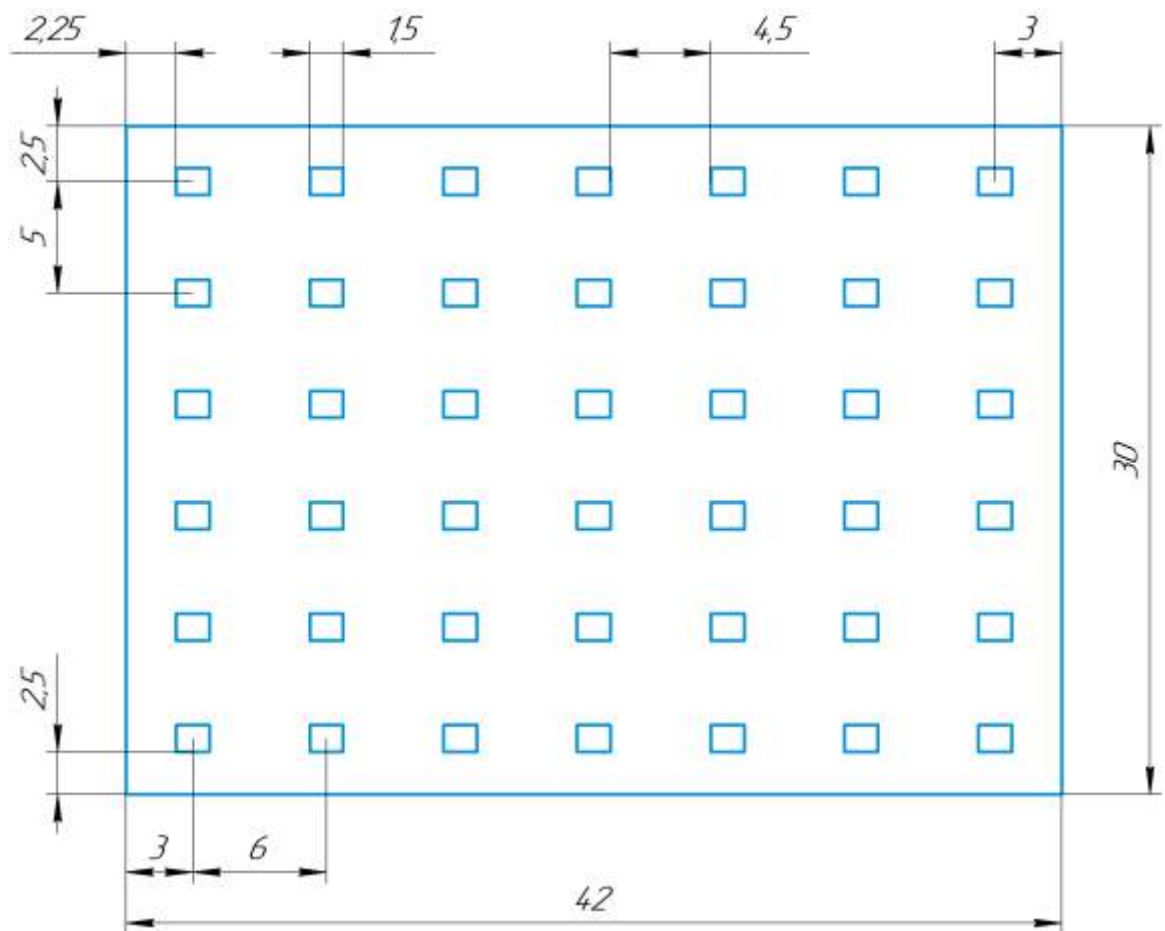


Рисунок 5.1 – Схема розміщення світильників у технологічному бюро

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не перевищує гранично допустимих концентрацій, вказаних за ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень" за рахунок застосування загальної припливно-витяжної вентиляції.

Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 "Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку і інфразвуку" рівень звуку на робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБа. Так як у механічному цеху рівень шуму лежить в межах норм (<80дБ), застосування індивідуальних засобів захисту і спеціальні заходи не передбачені. При цьому рекомендується перевірка робочих місць і устаткування для встановлення рівня шуму мінімально один раз впродовж року.

Додатковими засобами для забезпечення техніки безпеки є використання робітниками індивідуальних засобів захисту відповідно до ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація». Допустимі рівні ультразвуку в зонах контакту рук і інших частин тіла оператора з робочими органами приладів і установок не перевищують 110 дБ. Для захисту від цієї небезпеки передбачений екран між працівником і установкою, в якості індивідуального захисту працівників навушники.

Рівень вібрації не перевищує значення 25 кГц (ССБТ і ДСН 3.3.6.039-99 "Державні норми виробничої загальної і локальної вібрації"), для цього на кожному робочому місці передбачені спеціальні прокладення під ніжки.

Згідно ГОСТ 12.1.012-90 методів віброзахисту за організаційними ознаками діляться на колективні і індивідуальні.

Колективні методи віброзахисту передбачають такі заходи:

- зменшення вібрації в джерелах її виникнення – усі деталі верстатів і агрегатів, що рухаються, ретельно урівноважені, а для зменшення динамічних сил, які створюють вібрації, деталі змащуються;
- зменшення параметрів вібрації на шляхах її поширення від джерела збудження;

- організаційно-технічні – планово-запобіжний ремонт і контроль за вібраційними параметрами;
- гігієнічні і лікувально-профілактичні.

До засобів індивідуального віброзахисту відносяться рукавиці, що віброгасять, і спеціальне взуття – ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація».

Рівень електромагнітних полів контролюється і визначається перепадом потенціалів на робочому місці. Різниця в перепадах зон які контролюються встановлюється 1 кВ/м (для магнітного поля частотою 50 Гц). Рівень напруженості магнітного поля частотою 50 Гц при постійній дії не повинен перевищувати 1,4 кА/м упродовж робочого дня. Час перебування людини в магнітному полі напруженістю більше 1,4 кА/м регламентується відповідно до ДСанПиН 3.3.6-096-2002 "Державні санітарні норми при роботі з джерелами електромагнітних полів".

Для вимірів в діапазоні частот 300 МГц – 300 ГГц використовуються прилади, призначені для визначення середніх значень щільності потоку енергії, з погрешністю 40% в діапазоні частот 300 МГц – 2 ГГц і 30% в діапазоні частот зверху 2 ГГц.

Відповідно до ГОСТ 12.1.006-84 "Електромагнітні поля радіочастот. Допустимі рівні на робочих місцях і вимоги до проведення контролю" виміру напруженості і щільності потоку енергії ЕМП проводяться не рідше за один раз в рік, а також в наступних випадках:

- при введенні в дію нових установок;
- при внесенні змін до конструкції, розміщення і режиму роботи діючих установок;
- в час і після проведення ремонтних робіт, які супроводжуються зміною випромінюваної потужності;
- при внесенні змін до засобів захисту від ЕМП;
- при організації нових робочих місць.

Виміру напруженості або щільності потоку енергії ЕМП допускається не проводити у випадках, якщо установка не працює в режимі випромінювання на відкритий хвилевід, антену або інший елемент, призначений для випромінювання ЕМП в довкілля, і її номінальна потужність, згідно з паспортними даними, не перевищує:

- 2,5 Вт в діапазоні частот від 60 кГц до 3 МГц;
- 400 мВт в діапазоні частот понад 3 МГц до 30 МГц;
- 100 мВт в діапазоні частот понад 30 МГц до 300 ГГц.

На території проекрованої ділянки повною мірою забезпечений захист персоналу від дії електромагнітних полів згідно ДСанПиН 3.3.6-096-2002, ДСН 476-2002 "Державні санітарні норми при роботі з джерелами електромагнітних полів", ДСН 476-2002 "Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів". Засоби захисту використовуються при усіх видах робіт узгоджено ДСанПиН 3.3.6-096-2002 з дотриманням усіх норм і правил.

На спроектованій ділянці і в цеху не використовуються радіоактивні речовини, а також прилади, випромінюючі рентгенівські, іонізуючі і інші небезпечні випромінювання відповідно до норм НРБУ- 97 "Норми радіаційної безпеки України".

5.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи по пожежній безпеці виконані відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

На випадок виникнення пожежі в цеху забезпечена можливість безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи. Двері, призначені для евакуації, відкриваються в сторони виходу з будівлі. Переходи, проїзди, евакуаційні виходи передбачені відповідно до вимог згідно НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Відстань від найбільш віддаленого місця до найближчого виходу без обмежень.

Для миття і знежирення устаткування, виробів і деталей, застосовуються негорючі технічні миючі засоби, а також безпечні в пожежному відношенні установки і способи. Механізми для самозакривання протипожежних дверей утримуються в справному стані. Вогнеперегоржуючі пристрої після закінчення робочого дня закриваються. Регулярно перевіряється справність вогнеперегоржувачів і робиться чистка їх вогнегасячих насадок, а також справність мембранних хлипаків. Терміни перевірки вказані в цеховій інструкції.

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної небезпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані.

Згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» механічний цех має II ступінь вогнестійкості.

Клас пожежонебезпечної зони відповідно до ПОЕ – клас П-III. При розміщенні в приміщеннях або на відкритому повітрі поодинокого пожежонебезпечного технологічного устаткування, якщо спеціальні заходи проти поширення пожежі не передбачені, зона в межах до 3м по горизонталі і вертикалі від цього устаткування вважається пожежонебезпечною.

На дільниці встановлені три пожежні крани з рукавами і брансбойтами. На території цеху передбачені пожежні щити (з розрахунку – один щит на площу 5000 м²), в нім розміщені: вогнегасники ОУ- 5 – 3 шт; ящик з піском – 1 шт; покривало з теплоізолюючого матеріалу, що не згорає – 1 шт; багри – 3 шт; лопати – 2 шт; сокири – 2 шт; ломы – 2 шт.

Вуглекислотний вогнегасник призначений для гасіння тільки електроустановок. У електроустановках передбачені наступні заходи пожежної безпеки:

- усі іскристі частини устаткування вкладені в пилонепроникні ковпаки;
- силова розводка виконана схованою в трубах;
- силова апаратура забезпечена захистом від короткого замикання.

У складському господарстві передбачаються наступні заходи пожежної безпеки :

- чітка організація зберігання матеріальних цінностей, забезпечення вільного доступу до стелажів;
- суворе дотримання правил спільного зберігання матеріалів, хімікатів;
- оснащення складів пожежною сигналізацією і засобами індивідуальної пожежогасінні.

Проектом передбачено облаштування пожежної сигналізації на механічних дільницях і в допоміжних приміщеннях цеху, з урахуванням 1 оповісник на 65 м² площі, який замикається на приймальну станцію пожежної сигналізації типу Т10Л-10/100.

Для захисту від блискавок передбачені громовідводи. З метою захисту від статичної електрики на ділянках промивання передбачені заземлення неструмопровідних електропровідних частин устаткування. Металеві повітропроводи встановлюються через кожні 40-50 м. Застосовують також зволоження повітря до 60-70%, що дозволяє понизити електризацію матеріалу.

5.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Аварії на радіаційно-небезпечних об'єктах.

Об'єкти, на яких використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються небезпечні радіоактивні, хімічні й біологічні речовини, пожежовибухові, гідротехнічні й транспортні споруди, транспортні засоби, а також інші об'єкти, що створюють загрозу виникнення НС є потенційно небезпечними об'єктами. Особливу небезпеку для людей і навколишнього середовища становлять радіаційно небезпечні об'єкти (РНО).

До РНО належать: атомні електростанції (АЕС), підприємства з виготовлення і переробки ядерного палива, підприємства поховання радіоактивних відходів, науково-дослідні організації, які працюють з ядерними реакторами; ядерні енергетичні установки на об'єктах транспорту та ін.

В Україні діють 5 атомних електростанцій з 16 енергетичними ядерними реакторами, 2 дослідних ядерних реактори та більше 8 тис. підприємств і організацій, які використовують у виробництві, науково-дослідній роботі та медичній практиці різноманітні радіоактивні речовини, а також зберігають і переробляють радіоактивні відходи.

З усіх можливих аварій на РНО найбільш небезпечними є радіаційні аварії на атомних електростанціях з викидом радіоактивних речовин у навколишнє середовище.

Радіаційні аварії - це аварії з викидом радіоактивних речовин або іонізуючих випромінювань за межі, непередбачені проектом для нормальної експлуатації радіаційно небезпечних об'єктів, у кількостях понад установлену межу їх безпечної експлуатації.

Потенційною небезпекою для України є можливі аварії на АЕС інших держав з викидом радіоактивних речовин.

При аваріях на АЕС можуть бути пошкодження конструкцій, технологічних ліній, пожежі, викиди в навколишнє середовище радіоактивних речовин. У 1998 р. на АЕС було 44 надзвичайних подій об'єктового характеру.

Прогноз і оцінювання радіаційної обстановки передбачають два види можливих аварій: гіпотетична аварія і аварія з руйнуванням реактора.

Гіпотетична аварія - це аварія, для якої проектом не передбачаються технічні заходи, що забезпечують безпеку АЕС. Може утворитись небезпечна радіаційна обстановка при викиданні в атмосферу радіоактивних речовин, що може призвести до опромінення населення;

Аварія з повним руйнуванням ядерного реактора може відбутися в результаті стихійного лиха, вибуху боєприпасів, падіння повітряного транспорту на споруди АЕС та ін. Така аварія може бути з розривом

трубопроводів із теплоносієм, ушкодженням реактора і герметичних зон, виходом з ладу систем керування і захисту, що може призвести до миттєвої втрати герметичності конструкцій реактора, сплавлення тепловидільних елементів і викиду радіоактивних речовин з парою в навколишнє середовище, можливе розкидання радіоактивних осколків, уламків конструкцій паливних елементів.

З моменту зруйнування реактора до його накриття проходить тривалий час, який розділяють на 3 етапи - ранній, проміжний і відновний.

1. Ранній - від моменту аварії до кількох годин після її початку.

2. Проміжний - від кількох годин до кількох діб після початку аварії. Більша частина викиду вже відбулася і радіоактивні речовини в основному вже осіли на поверхні ґрунту.

3. Відновний - характеризується поступовою відміною введених раніше засобів захисту і прийняттям рішень пов'язаних з поверненням людей до нормального способу життя.

В результаті аварії на АЕС при викиді радіонуклідів в атмосферу утворюється хмара або факел. В процесі її поширення відбувається розсіювання радіоактивних продуктів, що в ній містяться. Це зумовлює зовнішнє опромінення населення від хмари (факелу), а також надходження радіонуклідів в організм за рахунок вдихування радіоактивних аерозолів.

Осідання радіоактивних аерозолів з хмари (факелу) на поверхню землі і відкриті водоймища створює радіоактивне забруднення цих середовищ, а також людини. Це призводить до зовнішнього опромінення від радіоактивних продуктів, що осіли на ґрунт, а також контактного опромінення за рахунок радіоактивного забруднення одягу та відкритих ділянок тіла. В подальшому радіонукліди включаються в обмінні процеси, що призводить до їх нагромадження в організмі і наступної міграції харчовими ланцюгами.

Основні фактори, що визначають радіаційну ситуацію при ядерній аварії на АЕС наступні:

характер надходження радіоактивних речовин в навколишнє середовище;

загальна кількість радіоактивних речовин, що потрапили в навколишнє середовище;

радіонуклідний склад аварійного викиду;

метеорологічні умови в момент радіоактивного викиду (напрямок, швидкість вітру, опади);

віддаль від джерела аварійного викиду до населених пунктів;

гідрогеологічні і ґрунтові характеристики місцевості, їх рельєф;

характер сільськогосподарського використання території, яка зазнала радіоактивного забруднення;

умови водопостачання і харчування населення, характер його трудової діяльності;

щільність населення і характер забудови території, що зазнала впливу радіоактивних опадів;

час, що пройшов з моменту радіаційної аварії.

Масштаби і характер викидів радіонуклідів в значній мірі визначається конструктивними особливостями АЕС, її потужністю, особливістю руйнування будівельних конструкцій, захисної оболонки та ін. факторами, що сильно утруднює задачу прогнозування наслідків аварій.

Тому, розробку заходів із захисту людей в районах розміщення АЕС потрібно проводити на основі розрахунку на найважчий варіант перебігу і розвитку аварії. У відповідності з таким варіантом в атмосферу може бути викинуто до 100 % благородних газів, йоду, цезію і телуру, 10-30 % стронцію і до 3 % таких ізотопів, як рутеній і лантан. Загальна активність викиду при аварії може досягти 10 % від загальної активності реактора на момент його зупинки або руйнування.

Радіаційні аварії на АЕС можуть супроводжуватись як одноразовим (короткочасним) так і багаторазовим (тривалим) викидом радіонуклідів в навколишнє середовище.

При одноразовому викиді радіонуклідів в атмосферу, як правило, потрібний радіаційний захист населення в напрямку руху радіоактивної хмари.

При багаторазових і тривалих викидах радіоактивному забрудненню може піддаватись значна територія. Найбільша кількість радіонуклідів викидається протягом перших годин. Потім можуть бути повторні викиди, але вони, як правило, менш значні. В такій ситуації потрібно провести крупно масштабні заходи з радіаційного захисту населення.

Поширення газоаерозольних сумішей при аваріях на АЕС може привести до ураження незахищеного населення на віддалі до 20-30 км. Окремі вогнища радіоактивного забруднення місцевості можуть відмічатися на віддалі до 80 км і більше.

Біологічна дія викинутих з реактора радіонуклідів різна і зумовлена з одного боку, їх фізичними властивостями (вид і енергія випромінювання, період піврозпаду), а з другого - їх біологічними особливостями (величина резорбції, характер розподілу в організмі та ін.).

Виходячи з цього, розробку заходів захисту населення в районах розміщення АЕС необхідно проводити на основі розрахунків на найважчий варіант розвитку аварії. При такому варіанті в атмосферу може бути викинуто до 100 % благородних газів, йоду, цезію і телуру, 10-30 % стронцію і до 3 % рутенію і лантану. На момент аварійного зупинення або руйнування реактора загальна активність викиду радіонуклідів може становити до 10% загальної активності реактора.

На території України розташовано понад 8000 різних установ і організацій, діяльність яких призводить до утворення радіоактивних відходів (РАВ). Виробниками і місцями концентрації радіоактивних відходів є:

- 1) АЕС (накопичено 70 тис. м³ РАВ);
- 2) уранодобувна і переробна промисловість (накопичено 65,5 млн м³ РАВ);

3) медичні, наукові, промислові та інші підприємства і організації. Збирання, транспортування, переробку і тимчасове зберігання радіоактивних відходів та джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ) від цих підприємств і організацій незалежно від їх відомчої підпорядкованості здійснює Українське державне об'єднання "Радон" (накопичено 5 тис. м³ РАВ);

4) зона відчуження Чорнобильської АЕС (понад 1,1 млрд м³ РАВ).

Всі підприємства і організації (крім АЕС) незалежно від відомчої належності передають радіоактивні відходи на міжобласні спеціалізовані комбінати (МСК) державного об'єднання "Радон", яке має у своєму складі 6 спецкомбінатів: Київський, Львівський, Донецький, Дніпропетровський, Одеський і Харківський. Львівський, Харківський, Одеський і Дніпропетровський спецкомбінати приймають і ховають низько- і середньоактивні радіоактивні відходи. Донецький спецкомбінат не має вільних сховищ для зберігання та поховання РАВ. Київський комбінат може приймати для тимчасового зберігання відходи низької та середньої активності.

На Київському і Харківському державних міжобласних спеціалізованих комбінатах через недосконалі конструкції старих сховищ для радіоактивних відходів виникло забруднення підземних вод поза межами сховищ радіонуклідами тритію. Причиною поширення радіонуклідів поза межами сховищ РАВ, у тому числі законсервованих, є недосконалість конструкції сховищ. Міграція радіонуклідів зі сховищ відбувається внаслідок порушення гідроізоляції. У сховищах радіоактивних відходів і джерел іонізуючого випромінювання накопичується вода, яка проникає з атмосферними опадами та утворюється внаслідок конденсації.

На території України розташовані 2 дослідні реактори (у Києві та у Севастополі) та одна критична збірка (в Харкові), яку на цей час зупинено. Можливі аварії на цих реакторах з радіоактивним забрудненням є загрозою насамперед містам, у яких вони розташовані. Небезпекою є й те, що реактори знаходяться в зоні польотів повітряного транспорту. На Київському реакторі були аварії у 1968, 1969 і 1970 рр.

У 1968 р. у навколишнє середовище було викинуто 40 кюрі радіоактивного йоду, що перевищувало допустиму норму в 400 разів. 4 лютого 1970 р. у результаті аварії на реакторі було опромінено 17 осіб.

Важливим завданням є поховання джерел іонізуючого (гамма-та нейтронного) випромінювання (ДІВ) тільки у спеціалізованих сховищах шляхом безконтейнерного розвантаження джерел (в Україні ДІВ ховають здебільшого у захисних контейнерах), а також необхідно переховати тверді радіоактивні відходи зі сховищ.

Потребують особливої уваги як потенційно небезпечні об'єкти і підприємства з видобутку і переробки уранових руд, розташованих у Кіровоградській, Миколаївській та Дніпропетровській областях. Видобування уранової руди головним чином проводиться на Жовтководському, Смолінському та Кіровоградському рудниках. Новокостянтинівське, Давлатівське та Братське родовища (Дніпропетровська та Миколаївська області), передані для промислового виробництва, декілька років не експлуатуються.

Для отримання закису-окису урану проводиться переробка уранових руд на гідрометалургійному заводі ВО СГЗК, що розташований у промзоні міста Жовті Води Дніпропетровської області. Характерним для уранодобування є те, що майже всі його відходи є джерелами радіоактивного забруднення навколишнього середовища.

У сільському господарстві, в медицині, промисловості й наукових досліджах використовуються ДІВ. В Україні є близько 8000 підприємств та організацій (тільки в Києві близько 400), які використовують понад 100 тис. джерел іонізуючого випромінювання.

Експертами Міжнародного Агентства з атомної енергії та Агентства з ядерної енергетики Організації економічного співробітництва та розвитку створена міжнародна школа ядерних подій, яка використовується для оперативного та узгодженого оповіщення про значення з погляду безпеки подій на ядерних установах.

Висновки

Таким чином, охорона праці це - система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Недотримання правил и вимог нормативно-правових актів та законів України може призвести до негативних наслідків, травмуванню або погіршенню здоров'я фахівців, появі професійних захворювань, втраті працездатності працівника.

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Проектуванням нового технологічного процесу, на відміну від заводського, досягається економія матеріальних ресурсів за рахунок зміни виду і підвищення точності виготовлення заготовлі, а також зниження трудомісткості за рахунок сполучення операцій, виключенням окремих операцій, розробкою пневматичного затискного пристрою (для зменшення часу на встановлення та закріплення деталі і можливості багатOVERSTATного обслуговування на операції 015 спроектоване пневмооснащення) та заміною ручних слюсарних операцій віброгалтовкою.

Зниження трудомісткості виконання операцій в % відбувається за рахунок сполучення операції 040 (вертикально-свердлильної) та операції 060 (свердлильної) в операцію 050 (Свердлильну з ЧПУ).

Зниження трудомісткості виконання операцій в % за рахунок сполучення операцій технологічного процесу визначається по формулі:

$$a = \frac{T_{um.1} - T_{um.2}}{T_{um.1}} * 100\% \quad (6.1)$$

де $T_{шт1}$, $T_{шт2}$ - норма штучного часу до і після впровадження заходів щодо зниження трудомісткості операцій, хв

Штучний час по операціям до:

$$T_{шт.оп40}=5,72 \text{ хв}, T_{шт.оп60}=5,15 \text{ хв}$$

Штучний час по операціям після:

$$T_{шт.оп50}=6,62 \text{ хв}$$

$$a = \frac{10,9 - 6,62}{10,9} \cdot 100 = 37\%$$

Таким чином, зниження трудомісткості за рахунок сполучення операцій технологічного процесу склало 37 %.

Зниження трудомісткості в годинник на річну програму визначається по формулі:

$$E_T = \frac{T_{um1} \cdot T_{um2}}{60} \cdot N, н / год \quad (6.2)$$

$$E_T = \frac{10,9 - 6,62}{60} \cdot 14400 = 1027,2 н / год$$

Отже, зниження трудомісткості в годинник на річну програму 14400 шт. складає 1027,2 нормо-години по тех. процесу.

Економія по фонду заробітної плати з відрахуванням на соціальне страхування визначається по формулі:

$$\mathcal{E}_{\PhiЗП} = \mathcal{E}_T \cdot C_{час} \cdot 1,5 \cdot 1,3955, грн \quad (6.3)$$

де $C_{год.сер.}$ - середня годинна тарифна ставка основних робітників;

1,3...1,5 - коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату;

1,3955 - коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальне страхування.

$$E_{\PhiЗП} = 1027,2 \cdot 13,56 \cdot 1,4 \cdot 1,3955 = 29,159 грн$$

Отже, економія по фонду заробітної плати склала 29,159 грн

Приріст продуктивності праці за рахунок зниження трудомісткості виконання операції визначається по формулі

$$\Delta\P\P = \frac{100 \cdot \alpha}{100 - \alpha} \% , \quad (6.4)$$

$$\Delta\P\P = \frac{100 \cdot 39}{100 - 39} = 63,93\%$$

Отже, приріст продуктивності праці за рахунок зниження трудомісткості виконання деталі по проектуваному техпроцесу складає 63,93%, унаслідок сполучення операцій технологічного процесу.

ВИСНОВОК

Згідно завданню на магістерський дипломний проект, було вдосконалено процес виготовлення деталі «Стакан». Обрано доцільніший метод отримання заготовки. Було призначено припуски на заготовку. Режими різання та технічне нормування часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів.

Розроблено 3D модель деталі та заготовки за допомогою програмного модулю КОМПАС-3Д. Технологічний процес розроблено з урахуванням вимог охорони праці. Спроектовано пристосування верстатів, що дозволяють швидко та надійно затискати та закріплювати заготовку під час обробки, що в умовах серійного виробництва є дуже важливою особливістю. Було виконано автоматизацію контрольно-вимірювальних приладів, що дуже спрощує процес контролювання під час виготовлення деталі та є вагомим чинником в серійному виробництві.

Виконано спеціальне завдання на тему "Особливості механічної обробки деталей з титанових ливарних сплавів". За допомогою програмного модулю КОМПАС-3Д деталь було розраховано на міцність а також були розроблені технологічні операції на високопродуктивних верстатах з ЧПК.

Оформлено альбом технологічної документації на виготовлення деталі «Стакан» на п'ять операцій вибірково.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 6.05050201 – технологія машинобудування всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 2-е). Під ред., Гончар Н.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 – 62 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя Т1. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 694 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя Т2. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 652 с.
4. Нефедов Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту / Нефедов Н.А., Осипов К.А. – М.: Машиностроение, 1984. -345с.
5. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика.М.: Машиностроение, 1961.-Т2.-890с.
6. Курсовое проектирование по технологии машиностроения /Под ред. А.Ф. Горбачевича. - Минск: Высшая школа, 1983 – 256 с
7. Богуслаев В. А. Станочные приспособления / В. А. Богуслаев, В. А. Леховицер, А. С. Смирнов. – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 461 с.
8. Е.М. Левинсон. Контрольно-измерительные приспособления в машиностроении / Е.М. Левинсон. – М.: Государственное научно-техническое изд-во машиностроительной литературы, 1952. -82 с.
9. Методичні рекомендації до проектування магістерської роботи з технології авіадвигунобудування та машинобудування / В.К. Яценко, В.І. Ципак, Є.Я. Кореневський. – Запоріжжя: ЗДТУ, 2000. – 245 с.

10. Кодра Ю. В. Контрольно-вимірювальні пристрої технологічних машин / Ю.В. Кодра, З.А. Стоцько. Під редакцією проф. З.А. Стоцька –Львів: Львівська політехніка, 2008. – 312 с.

11.<http://www.stroitelstvo-new.ru/liteynoe-proizvodstvo/titanovye-splavy.shtml>

12. Илларионов, А. Г. Технологические и эксплуатационные свойства титановых сплавов: учебное пособие / А. Г. Илларионов, А. А. Попов. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 137 с

13. Ермолаев, В. К. Шлифование деталей из титановых сплавов / В. К. Ермолаев // РИТМ машиностроения. - 2018. - №5. - С. 18-24.

14. Абковиц, С. Титан в промышленности / С. Абковиц, Дж. Бурке, Р. Хильц - М.: Оборонгиз, 1957.

15. Технологическое обеспечение качества. Лекции МГТУ «СТАНКИН». Лекция 11. <http://www.stankin.ru/science>.

16. Иноземцев, А.А. Современные титановые сплавы и проблемы их развития / А.А Иноземцев, И.Г Башкатов, А.С. Коряковцев - М.: ВИАМ, 2010. С. 43–45.

17. Emerging Trends in Grinding of Materials. K. Philip Varghese, Ph. D. Group Leader, Advanced Application Engineering. 12–17 сентября 2016. McCormick Place. Чикаго, Иллинойс.

http://www.mapyourshow.com/MYS_Shared/imts16/handouts/KPhilipVargheseIMT...

<http://www.nortonabrasives.com/en-us/resources/expertise/grinding-gamma-...>

18. Handbook of Machining with Grinding Wheels / J. Marinescu [et al.]. New York: CRC Press Taylor and Francis Group, 2007. 596 p.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.				Документация			
	A1		НУЗП 298129.020	Складальне креслення			
				Сборочные единицы			
		1		Цилиндр пневматичний	1		
				Детали			
		2		Корпус	1		
		3		Коромисло	1		
		4		Прихват	2		
		5		Тяга	2		
Справ. №		6		Центратор	2		
				Стандартные изделия			
		7		Штифт 8x20	2		
				СТ СЭВ 240-75			
		8		Опора М10х35	2		
				ГОСТ 4084-68			
		9		Гайка М10	2		
				ГОСТ 8529-70			
		10		Шайба М10	2		
				ГОСТ 11371-78			
Подп. и дата	НУЗП 298129.020						
Взам. инв. №	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Инв. № подл.	
	Разработ.	Пекушев А.О.					
Подп. и дата	Пров.	Логоминов В.О.					
	Н.контр.	Дядя С.І.					
Инв. № подл.	Утв.	Дядя С.І.					
	Токарний пристрій					Лит.	Лист
						1	2
НУЗП гр.М-118м							

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №					Документация		
	A2			НУЗП 401123.020	Складальные кресления		
					Детали		
			1		Движок	1	
			2		Движок	1	
			3		Опора	1	
			4		Опора	1	
					Стандартные изделия		
Подп. и дата			5		Винт М4х16	9	
					ГОСТ 14 731-69		
Инв. № дудл.			6		Винт М4х14	8	
					ГОСТ 174 75-80		
Взам. инв. №			7		Втулка	1	
					У 508.90.779		
Подп. и дата			8		Линейка	1	
					У 508.90.780		
			9		Крышка	2	
					У 508.90.786		
			10		Пружина	2	
					ГОСТ 13766-71		
			11		Колодка	4	
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НУЗП 401123.020	
	Разраб.	Пекушев А.О				Лит.	Лист
	Пров.	Логоминов В.О					1
	Н.контр.	Дядя С.І.				НУЗП	
	Утв.	Дядя С.І.				гр.М-118м	

