

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення
корпуса 5.03.415

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МПс-41
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Плешаков В.В.</u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Паньків М.Р.</u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Ткаченко І.Г.</u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Окіпний І.Б.</u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	<u></u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)

\

Тернопіль
2023

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«24» січня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Плешаков Владислав Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення корпусу 5.03.415

Керівник роботи Паньків Марія Романівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 23 » січня 2023 року № 4/7-41 .

2. Термін подання студентом завершеної роботи 14 червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи , базовий технологічний процес виготовлення корпусу 5.03.415 річна програма випуску -5250 шт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Зміст. Вступ. Загально-технічна частина. Технологічна частина.

Конструкторська частина. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Висновки. Перелік посилань.

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

Креслення заготовки деталі. Технологічні налашки на операції. Креслення контрольних пристосіблень. Пристрій для механічної обробки деталі.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності та основи охорони праці</i>	<i>Сенчишин В.С., к.т.н, доцент</i>		

7. Дата видачі
завдання

24 січня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Реферат</i>	<i>14.06.2023</i>	
2	<i>Зміст</i>	<i>14.06.2023</i>	
3	<i>Вступ</i>	<i>11.02.2023</i>	
4	<i>Загально-технічна частина</i>	<i>11.02.2023</i>	
5	<i>Технологічна частина</i>	<i>06.06.2023</i>	
6	<i>Конструкторська частина</i>	<i>06.06.2023</i>	
7	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>11.06.2023</i>	
8	<i>Висновки</i>	<i>14.06.2023</i>	
9	<i>Перелік посилань</i>	<i>14.06.2023</i>	
10	<i>Графічна частина</i>	<i>14.06.2023</i>	

Студент

(підпис)

Плешаков В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Паньків М.Р.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

В пояснювальній записці КРБ розглянуто питання аналізу виробу, його призначення, характеристика можливого виробництва, зроблені висновки і постановка задачі на дипломне проектування. А також проведено попереднє встановлення типу виробництва відносно заданої програми, розроблено варіанти ТП та розроблено оптимальні технологічні процеси на базі аналізу технічних властивостей базових можливостей деталі. Проведені практичні розрахунки режимів різання, норм технічного часу, на базі яких розроблені операційні карти технологічного налагодження.

У конструкторському розділі розраховано та описано верстатні пристрої для обробки заданої деталі.

Також описано заходи з безпеки життєдіяльності та охорони праці.

**ЗМІСТ
РЕФЕРАТ
ВСТУП**

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1. Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва. Аналіз технічних вимог на виріб.	7
1.2. Аналіз базового технологічного процесу	8
1.3. Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу	10
ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	11
2.1. Характеристика типу та організаційної форми виробництва	11
2.2. Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки	14
2.3 Вибір методу обробки поверхонь	16
2.4 Вибір технологічних баз	18
2.5 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки	23
2.6 Розрахунок режимів різання	29
2.7 Нормування техпроцесу, уточнення типу виробництва	36
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	
3.1 Вибір технологічного оснащення	38
3.2 Силевий розрахунок параметрів приводу	39
3.3 Розрахунок на точність	42
3.4 Загальний опис конструкції, принципу дії	43
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	45
ВИСНОВКИ	54
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	55

ВСТУП

Ефективність машинобудування повинна підвищуватись за рахунок зміни структури парку металооброблюваного обладнання. Це досягається шляхом збільшення питомої ваги автоматизованого обладнання, в тому числі автоматичних ліній, верстатів з ЧПК, гнучких автоматизованих комплексів і гнучких виробничих систем, які дозволяють швидко і ефективно перебудувати виробництво на випуск нової продукції.

Важливим резервом росту виробництва в машинобудуванні є зниження трудомісткості при механічній обробці деталей на металообробних верстатах. Головний напрям використання цього резерву – це автоматизація процесів виробництва, механізація ручних робіт на основі використання спеціальних верстатів, пристосувань, а також організація поточних ліній.

Використання верстатів спеціалізованого технологічного процесу дає можливість об'єднати розрізнені багатоперехідні технологічні операції на обробку багатоінструментальною наладкою, що зменшує штучний час, не потребує спеціалістів високої кваліфікації, що забезпечує високу точність та якість поверхонь, які обробляються.

1. ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

1.1 Характеристика об'єкту виробництва, службове призначення, ТУ

Корпус 5.03.415 є деталлю редуктора приводу фрезеробарабана навантажувача ПСК-5.0А.

Деталь – корпус редуктора представляє собою відливку коробчатої форми із сірого чавуну СЧ20.

Відливка доволі проста по конфігурації, але потребує застосування стержневої формовки для утворення внутрішніх площин.

Крім того в опоці повинні бути передбачені роз'єми так, щоб враховувались наявність в деталі виступів на боковій поверхні (під лапи кріплення редуктора).

В корпусі є два отвори $\varnothing 90H7$, отвори $\varnothing 110H7$ в які запресовується підшипники в яких стоять вали редуктора. Є з обох боків закриті кришками (в корпусі наявні різьбові отвори).

В корпусі є різьбовий отвір для кріплення пробки для зливу масла, а зверху різьбові отвори для кріплення кришки корпусу.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад (в %) чавуну СЧ20

Вуглець C	Кремній Si	Марганець Mn	Фосфор P	Сірка S
3,3 – 3,5	1,4 – 2,4	0,7 – 1	<0,2	<0,15

Таблиця 1.2 – Механічні властивості чавуну СЧ20

$\sigma_{\delta} \cdot 10^{-1}$	$\sigma_m \cdot 10^{-1}$	$\sigma_{0,2} \cdot 10^{-1}$	δ
МПа			%
2,1	3,2	1,8	1,2

Таблиця 1.3 – Технічні умови

<i>Зміст умови</i>	<i>Яким способом виконується умова</i>	<i>Засоби контролю</i>
Позиційний допуск	Отвір свердлиться на рад.-свердл. верстаті 2М55	Універсальні засоби контролю ШТ-ІІ.125-0,1-2
	Отвір розточується на координатно-розточному верстаті 2Е460	
Позиційний допуск	Нарізається різьба на радіально свердлильному верстаті 2М55	Комплексними калібрами розміщення
	Свердлиться послідовно на радіально-свердлильному верстаті 2М55	Пробка 8221-3030 6Н М6-6Н

1.2 Аналіз базового технічного процесу

Базовий технологічний процес виготовлення корпусу 5.03.415 має маршрутний характер і складений для невеликої програми випуску.

Заготовка корпусу виготовлена литтям в піщані форми, що являється найдоцільнішим враховуючи потрібну точність, програму випуску, собівартість і матеріал деталі.

Деталь має поверхні з різною шорсткістю. Найбільші вимоги до якості поверхонь відносяться до одинадцятого класу шорсткості поверхонь. З такою якістю ведеться розточування отворів Ø128Н7, Ø100Н7, Ø130Н9, двох отворів Ø90Н7, інші поверхні виконуються вищими класами якості.

При виготовленні деталі використовується універсальне обладнання, ріжучий і вимірювальний інструмент.

Таблиця 1.4 – Базовий та новий технологічні процеси

<i>Базовий технологічний процес</i>	<i>Новий технологічний процес</i>
010 Токарно-гвинторізна 1. Підрізати торець 3 2. Розточити отвори 2 і 4 3. Розточити отвори 2 і 4 4. Розточити отвори 2 і 4 5. Розточити фаску 1	010 Токарно-гвинторізна 1. Підрізати торець 3 2. Розточити отвори 2 і 4 3. Розточити отвори 2 і 4 4. Розточити отвори 2 і 4 5. Розточити фаску 1
015 Токарно гвинторізна 1. Підрізати торець 5 2. Розточити фаску 6	015 Токарно гвинторізна 1. Підрізати торець 5 2. Розточити фаску 6
020 Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати послідовно поверхні 7	020 Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати послідовно поверхні 7
030 Радіально-свердлильна 1. Свердлити послідовно 4 отвори 8	030 Радіально-свердлильна 1. Свердлити послідовно 4 отвори 8
040 Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати поверхню 9 2. Фрезерувати поверхню 10 3. Фрезерувати поверхню 11	040 Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати поверхню 9 2. Фрезерувати поверхню 10 3. Фрезерувати поверхню 11
050 Горизонтально-розточна 1. Розточити отвір 12 2. Розточити отвір 12 3. Підрізати торець 13 4. Розточити фаску 14	050 Горизонтально-розточна 1. Розточити отвір 12 2. Розточити отвір 12 3. Підрізати торець 13 4. Розточити фаску 14
Продовження таблиці 1.4	
060 Радіально-свердлильна 1. Свердлити послідовно 4 отвори 15 2. Нарізати послідовно 4 фаски 16 3. Нарізати різь в отворах 15 4÷6. Повторити переходи 1÷3 для поверхонь 17, 18 7. Свердлити отвір 23 8. Нарізати фаску 24 9. Нарізати різь в отворі 23 10÷12. Повторити переходи 7÷9 для отворів 25, 26	060 Радіально-свердлильна 1. Свердлити одночасно 4 отвори 15 2. Нарізати одночасно 4 фаски 16 3. Нарізати різь в отворах 15 4÷6. Повторити переходи 1÷3 для поверхонь 17, 18 7. Свердлити отвір 23 8. Нарізати фаску 24 9. Нарізати різь в отворі 23 10÷12. Повторити переходи 7÷9 для отворів 25, 26

Продовження таблиці 1.4	
065 Радіально-свердлильна 1. Свердлити послідовно 8 отворів 19 2. Свердлити 8 фасок 20 3. Нарізати різь в отворах 19 4. Свердлити послідовно 4 отвори 21 5. Зенкувати 4 фаски 22 6. Нарізати різь в 4 отворах 21 послідовно	065 Радіально-свердлильна 1. Свердлити одночасно 8 отворів 19 2. Свердлити одночасно 8 фасок 20 3. Нарізати одночасно різь в отворах 19 4. Свердлити одночасно 4 отвори 21 5. Зенкувати одночасно 4 фаски 22 6. Нарізати одночасно різь в 4 отворах 21

1.5 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

Проаналізувавши базовий ТП механічної обробки, робимо висновок, що запропонований технологічний процес повинен забезпечити виготовлення деталі заданої кількості і якості, задовольнити вимоги до точності і продуктивності обробки деталі, найменшої собівартості продукції, безпеку та охорону праці. Також необхідно замінити діючий метод отримання заготовок на більш прогресивний та запропонувати технологічний процес механічної обробки на більш продуктивний і економічний в умовах масового виробництва, а також замінити обладнання на більш продуктивне.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика типу та організаційної форми виробництва

Коефіцієнт закріплення операцій $K_{зо}$ оцінюють стосовно до явного числа робочих підрозділів із розрахунку на одну зміну.

$$K_{зо} = \Sigma P_o / P_y, \quad (2.1)$$

де ΣP_o – сумарне число різних операцій.

P_y – явочне число робочих підрозділів, що виконують різні операції.

Кількість верстатів:

$$m_p = (N \cdot T_{шт}) / (60 F_{\partial} \cdot \eta_{зн}), \quad (2.2)$$

де N – річна програма випуску;

$T_{шт}$ – штучний час (штучно-калькуляційний) час.

Отримані дані зведемо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Штучний час обробки деталей

№ опер.	Назва операції	$T_{шт}$, хв.
010	Токарно-гвинторізна	
	1. Підрізати торець 3	1,18
	2. Розточити отвори 2 і 4 до $\varnothing 88^{+0,35}$	1,5
	3. Розточити отвори 2 і 4 до $\varnothing 89,3^{+0,22}$	1,5
	4. Розточити отвори 2 і 4	1,3
	5. Розточити фаску 1	0,13
015	Токарно-гвинторізна	
	1. Підрізати торець 5	1,22
	2. Розточити фаску 6	0,21
020	Вертикально-фрезерна	
	1. Фрезерувати послідовно 4 пов. 7	0,83
030	Радіально-свердлильна	
	1. Свердлити послідовно 4 отвори 8	0,73
040	Горизонтально-фрезерна	
	1. Фрезерувати поверхню 9	0,49
	2. Фрезерувати поверхню 10	0,23
	3. Фрезерувати поверхню 11	0,23

Продовження таблиці 2.1		
050	Горизонтально-розточна	
	1. Розточити отвір 13 до $\text{Ø}107^{+0,3}$	1,3
	2. Розточити отвір 13	1,2
	3. Фрезерувати поверхню 12	0,8
	4. Розточити фаску 14	0,18
060	Радіально-свердлильна	
	1. Свердлити одночасно 4 отвори 15	0,32
	2. Свердлити одночасно 4 фаски 16	0,05
	3. Нарізати різь в отворах 15	0,17
	4÷6. Повторити переходи 1÷3 для поверхонь 17, 18	0,52
	7. Свердлити отвір 23	0,25
	8. Свердлити фаску 24	0,08
	9. Нарізати різь в отворі 23	0,23
	10÷12. Повторити переходи 7÷9 для отворів 25, 26	0,56
	065	Радіально-свердлильна
1. Свердлити 8 отворів 19 по 4 одночасно		0,42
2. Свердлити 8 фасок 20 по 4 одночасно		0,11
3. Нарізати різь в 8 отворах 19 по 4 одночасно		0,17
4. Свердлити одночасно 4 отвори 21		0,27
5. Свердлити одночасно 4 фаски 22		0,06
6. Нарізати різь в 4 отворах 21		0,18

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця:

$$\eta_{\phi} = m_p / p, \quad (2.3)$$

Кількість операцій, що виконується на робочому місці:

$$Q = \eta_n / \eta_{\phi}, \quad (2.4)$$

Отримані дані зведемо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Необхідні дані для обчислення K_{30}

Номер операції	m_p	P_m	η_{ϕ}	Q
010	0,145	1	0,145	5,5
015	0,0369	1	0,369	2,16
020	0,0214	1	0,0214	34

Продовження таблиці 2.2				
030	0,01887	1	0,1987	36
040	0,0245	1	0,0245	32
050	0,0899	1	0,0935	7,9
060	0,0568	1	0,0589	13
065	0,03128	1	0,03328	23

$$\Sigma Q = 154,56;$$

$$\Sigma P_m = 8;$$

$$K_{zo} = 154,56/8 = 18,3$$

Тип виробництва середньосерійний.

Розглядаємо дві форми організації ТП – групову і потокову.

2) заданий добовий випуск виробів:

$$N_d = N/254 = 5000/254 = 19,68$$

2) добова продуктивність потокової лінії:

$$Q_d = F_d \eta_z / T_{сер}, \quad (2.5)$$

де $F_d = 952$ хв – добовий фонд роботи обладнання (в дві зміни)

$T_{сер}$ – середня працеемність основних операцій, хв.;

$$T_{сер} = \Sigma T_{ум.} / n = 16,44/8 = 3,055 \text{ хв,}$$

$$Q_d = 958 \cdot 0,88 / 3,055 = 15,08 \text{ хв;}$$

Оскільки $N_d > Q_d$ – приймається групова форма.

При груповій:

– кількість деталей в партії:

$$n = N \cdot a / 254;$$

де a – періодичність запуску в днях ($a=3; 6; 12; 24$ дні)

$$N = 5000 \times 6 / 254 = 118 \text{ шт.}$$

– розрахункове число змін по обробці партії деталей на дільниці:

$$c = \frac{T_{\text{штсер}} \cdot N}{476 \cdot 0,8} = \frac{3,055 \cdot 118}{476 \cdot 0,8} = 1,84$$

Приймаємо – 2 зміни

– прийняте число деталей в партії:

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 2}{3,055} = 150 \text{шт.}$$

2.2 Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки

Матеріал деталі – сірий чавун.

Для правильного вибору заготовки для розрахунку виберемо два способи отримання заготовки литтям: лиття в піщані форми з машинною формовкою по металічних моделях і лиття в кокіль.

Таблиця 2.4 – Значення припусків і допусків на лиття в разові піщані форми і в кокіль

№ пов.	Розмір поверхонь деталі	Розміри поверхонь відливки	
		в піщані форми II клас точності	в кокіль (не облицьований)
2	Ø134 (торець) 121±0,8	121+4=125±0,8	121+3=124±0,8
3	Ø90H7 (отвір)	90-3,5·2=83±0,6	90-2·2=86±0,5
4	Ø90H7 (отвір)	90-3,5·2=83±0,6	90-2·2=86±0,5
5	Ø190 (торець) 242±0,9	242+4=246±0,9	242+3=245±0,9
7	18±0,3 (вушко)	18+3=21±0,3	18+2=20±0,3
9	торець (180x135) 70±0,6	70+3,5=73,5±0,6	70+2=72±0,6
10	Ø30 (плоска) 190 _{.2}	190+3=193 _{.2}	190+2=192 _{.2}
11	Ø30 (плоска) 190 _{.2}	190+3=193 _{.2}	190+2=192 _{.2}
12	Ø110H7 (отвір)	110-3,5·2=103±0,6	110-2·2=106±0,6
13	Ø110 (торець) 130±0,3	130+4=134±0,3	130+3=133±0,3

Продовження таблиці 2.4		
Об'єм припуску і напуску	$V=577627\text{мм}^3=$ $=5,77\cdot 10^{-4}\text{м}^3$	$V=387551\text{мм}^3=$ $=3,87\cdot 10^{-4}\text{м}^3$
Маса металу припуску і напуску на механічну обробку ($\rho=7\text{кг/м}^3$)	$m=3,04\text{кг}$	$m_2=2,1\text{кг}$

Маса деталі $q=18,4\text{кг}$

Тоді маса заготовки при литті в піщані форми:

$$Q_{31}=18,4+3,04=21,44 \text{ кг},$$

а при литті в кокіль:

$$Q_{32}=18,4+2,1=20,5 \text{ кг}$$

Вартість заготовки визначаємо за формулою [1]:

$$S_{3a2}=(C_i/1000\cdot Q\cdot k_m\cdot k_c\cdot k_\theta\cdot k_M\cdot k_n)-(Q-q)\cdot S_v/1000, \quad (2.11)$$

де C_i – базова вартість 1 т заготовок в грн;

$k_m, k_c, k_\theta, k_M, k_n$ – відповідно коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу, об'єму виробництва.

$C_i=8600$ грн. за 1т–піщані форми.

$C_i=8000$ грн. за 1т–кокіл необлицьований.

Таблиця 2.5 – Значення коефіцієнтів $k_m, k_c, k_\theta, k_M, k_n$

Коефіцієнт	Піщані форми	Кокіль не облицьований
k_m	1	1
k_M	1,04	1,06
k_θ	0,84	0,84
k_c	0,7	0,7
k_n	1	0,97

Визначаємо собівартість лиття в піщані форми:

$$S_{3a21}=(8600/1000\cdot 21,44\cdot 1\cdot 1,06\cdot 0,84\cdot 0,7\cdot 0,97)-(21,44-18,4)\cdot 80/1000=190,84\text{грн}$$

Визначаємо собівартість лиття в кокіль:

$$S_{заг2}=(8000/1000 \cdot 20,5 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 0,84 \cdot 0,7 \cdot 0,97)-(21,44-18,4) \cdot 80/1000=180,58 \text{ грн}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{вм}=q/Q_3, \quad (2.12)$$

де q – маса деталі,

Q_3 – маса заготовки.

$$K_{вм1}=21,44/18,4=0,86 \text{ – в піщані форми}$$

$$K_{вм2}=20,5/18,4=0,9 \text{ – в кокіль}$$

Економічний ефект для співставлення способів отримання заготовок, при яких технологія механічної обробки не змінюється

$$E_e=(S_{заг1}-S_{заг2})N_p, \quad (2.13)$$

де N_p – річна програма випуску $N_p=5250$ шт.

$$E_e=(190,84-180,58)5250=8280 \text{ грн}$$

Економічний ефект від виготовлення заготовок литтям в кокіль складає 82800 грн.

2.3 Вибір методу обробки поверхонь

Розглянемо на прикладі Ø90Н7 визначення виду обробки і кількості переходів.

1. Вид обробки – розточування
2. Визначаємо коефіцієнт уточнення

$$k=T_3/T_0=1,2/0,035=34,2$$

де T_3 і T_0 – допуск заготовки і деталі.

3. Визначаємо кількість переходів, що відповідають коефіцієнту уточнення.

$$U=\lg k/0,46=1,53/0,46=3,7$$

4. Визначаємо розмах допуску якості

$$\Delta=15-7=8$$

5. Визначаємо по квалітету вид механічної обробки:

14 квалітет – чорнове розточування

9 квалітет – чистове розточування

7 квалітет – точне розточування

Визначимо ці дані для всіх оброблюваних поверхонь і зведемо в таблицю

2.6.

Таблиця 2.6 – Вибір методів обробки за коефіцієнтом уточнення

№ пов.	Квалітет точності	Коефіцієнт уточнення	Кількість переходів	Розмах допуску
2	9	8	2	6
3	7	10	3	8
4	7	10	3	8
5	9	8	2	6
7	14	8	1	1
8	14	4,5	1	1
9	14	5	1	1
10	14	5	1	1
11	14	5	1	1
12	7	10	3	8
13	9	8	2	6
15	14	5,5	1	1
17	9	8	2	6
19	14	5	1	1
21	14	5	1	1
23	9	8	2	6
25	9	8	2	6

Призначимо види обробки для отворів і поверхонь в яких кількість переходів > 1

2 – обточування чорнове і чистове

3, 4, 12 – розточування чорнове, чистове, тонке

5, 13 – обточування чорнове і чистове

17, 23, 25 – свердління чистове

2.4 Вибір технологічних баз

Проведемо розрахункове обґрунтування технологічних баз для механічної обробки корпусу корпусу 5.03.415.

Операція 010

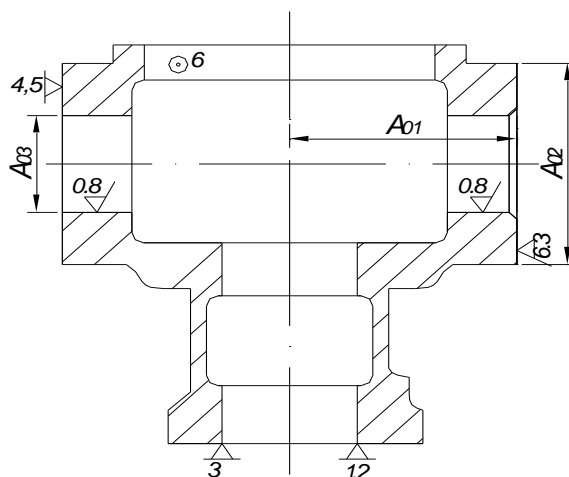


Рисунок 2.1 – Забезпечення розмірів та жорсткостей

$$A_{01}=121\pm 0,8$$

$$A_{02}=\text{Ø}90\text{H}7^{+0,035}$$

$$A_{03}=\text{Ø}90\text{H}7^{+0,035}$$

Операція 015

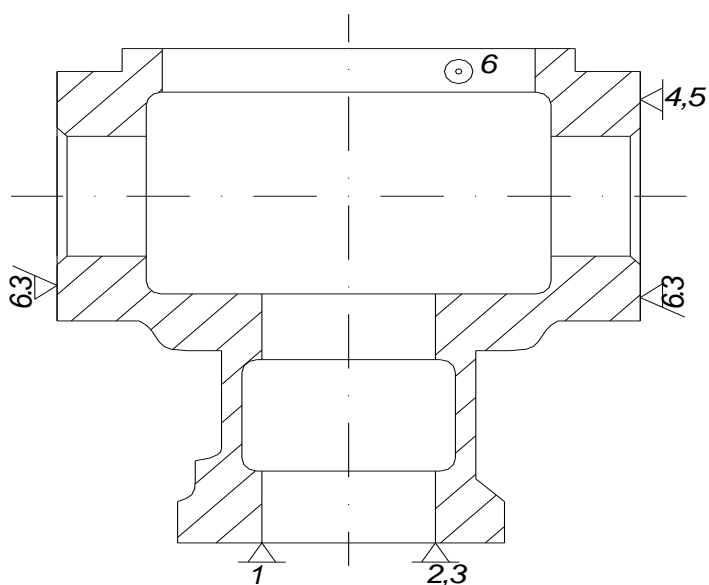
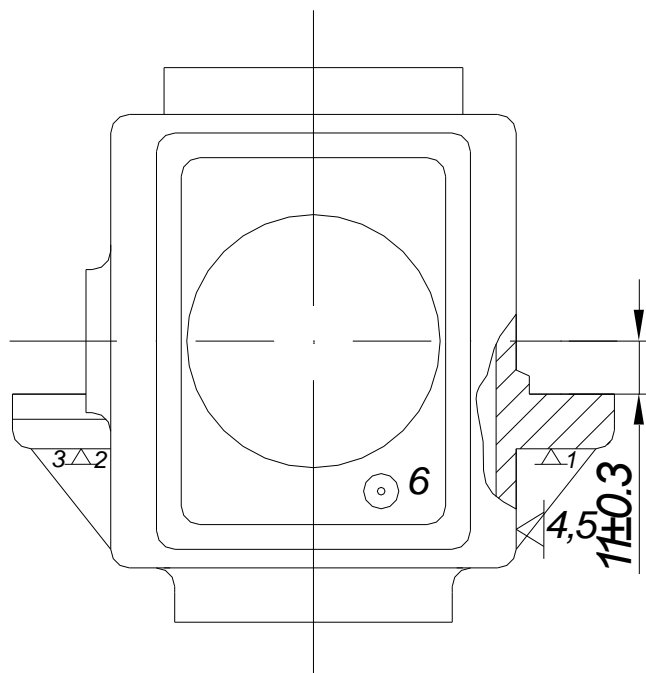


Рисунок 2.2 – Забезпечення розмірів та жорсткостей

Операція 020

Рисунок 2.3 – Забезпечення розміру $11 \pm 0,3$ і задану шорсткість

Операція 030

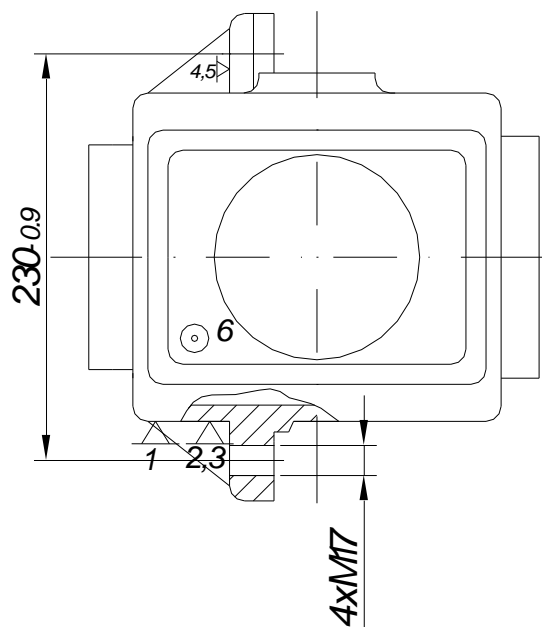
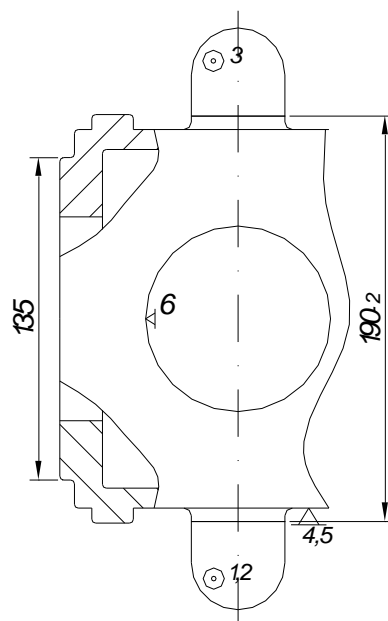


Рисунок 2.4 – Забезпечення відповідних розмірів: 4xM17

Операція 040

Рисунок 2.5 – Забезпечення відповідних розмірів і шорсткості $R_a=12,5$

Операція 050

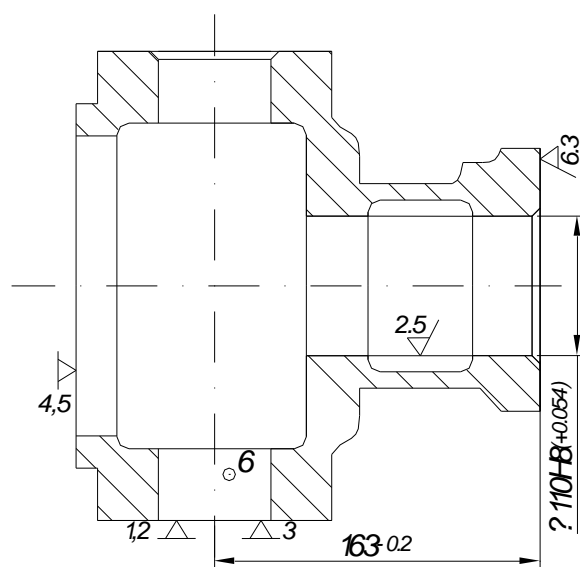


Рисунок 2.6 – Забезпечення відповідних розмірів і шорсткості

Операція 060

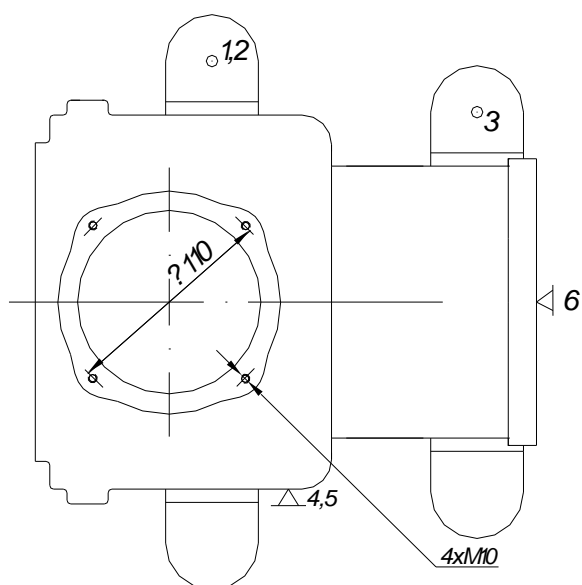
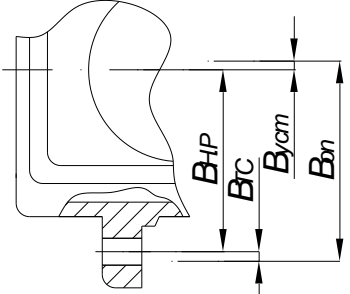
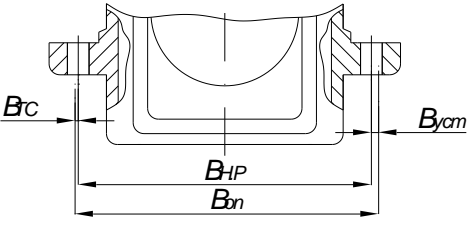
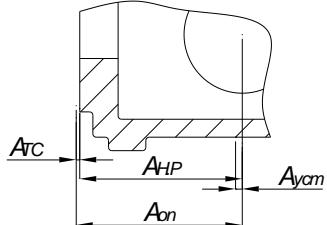
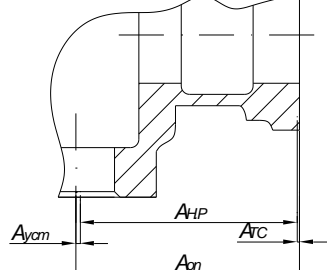
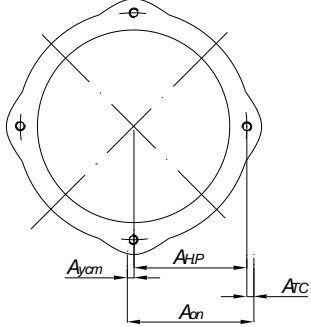


Рисунок 2.7 – Забезпечення відповідних розмірів і розташування отворів
Розрахунок похибок обробки занесено в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Аналіз варіантів базування

№ операції	Ескіз операції і спрощені розміри ланцюгів	Розрахунок похибок обробки
1	2	3
010 Горизонтально-розточна		$\omega_{Aon} = \omega_{mp} = \omega_{np} + \omega_{mc} + \omega_{ycm.}$ $\omega_c = \omega_{np} + \omega_{mc} = 0,12 \text{ мм}$ $\omega_{ycm} = 0,06 \text{ мм}$ $\omega_{Aon} = 0,18 \text{ мм}$ $T = 0,19 \text{ мм}$ $T > \omega_{Aon}$
020 Вертикально-фрезерна		$\omega_{Aon} = \omega_{mp} = \omega_{np} + \omega_{mc} + \omega_{ycm.}$ $\omega_c = 0,1 \text{ мм}$ $\omega_{ycm} = 0,05 \text{ мм}$ $\omega_{Aon} = 0,15 \text{ мм}$ $T = 0,18 \text{ мм}$

Продовження таблиці 2.7

030 Вертикально-свердлильна 1		$\omega_{Bon} = \omega_{np} + \omega_{mc} + \omega_{ycm}$ $\omega_c = \omega_{np} + \omega_{mc} = 0,1 \text{ мм}$ $\omega_{ycm} = 0,08 \text{ мм}$ $\omega_{Bon} = 0,18 \text{ мм}$ $T_{Bon} = 0,18 \text{ мм}$
2		$\omega_{Bon} = \omega_{np} + \omega_{mc} + \omega_{ycm} = 1,2 \dots 1,5 \omega_c$ $\omega_c = \omega_{np} + \omega_{mc} = 0,15 \text{ мм}$ $\omega_{Bon} = 1,5 \cdot 0,15 = 0,225 \text{ мм}$ $T_{Bon} = 0,23 \text{ мм}$
040 Горизонтально-фрезерна		$\omega_{Aon} = \omega_{np} + \omega_{mc} + \omega_{ycm}$ $\omega_c = \omega_{np} + \omega_{mc} = 0,15 \text{ мм}$ $\omega_{ycm} = 0,06 \text{ мм}$ $\omega_{Aon} = 0,21 \text{ мм}$ $T = 0,25 \text{ мм}$ $T > \omega_{Aon}$
050 Токарно-підрізна		$\omega_{Aon} = \omega_{np} + \omega_{mc} + \omega_{ycm}$ $\omega_c = \omega_{np} + \omega_{mc} = 0,12 \text{ мм}$ $\omega_{ycm} = 0,06 \text{ мм}$ $\omega_{Aon} = 0,18 \text{ мм}$ $T = 0,2 \text{ мм}$ $T > \omega_{Aon}$
060 Вертикально-свердлильна		$\omega_{Aon} = \omega_{np} + \omega_{mc} + \omega_{ycm}$ $\omega_c = \omega_{np} + \omega_{mc} = 0,15 \text{ мм}$ $\omega_{ycm} = 0,06 \text{ мм}$ $\omega_{Aon} = 0,21 \text{ мм}$ $T = 0,22 \text{ мм}$ $T > \omega_{Aon}$

Продовження таблиці 2.7		
070 Вертикально-свердлильна		$\omega_{Aon} = \omega_{нр} + \omega_{mc} + \omega_{ycm}$ $\omega_c = \omega_{нр} + \omega_{mc} = 0,1 \text{ мм}$ $\omega_{ycm} = 0,05 \text{ мм}$ $\omega_{Aon} = 0,15 \text{ мм}$ $T = 0,18 \text{ мм}$ $T > \omega_{Aon}$

2.4 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки

1. Призначаємо для отвору $\text{Ø}90\text{H}7^{0,035}$

Сумарне значення просторових відхилень для заготовок даного типу:

$$\rho = \sqrt{\rho_{ei\delta}^2 + \rho_{ci}^2}, \quad (2.14)$$

Короблення отворів слід враховувати як в діаметральному так і в осьовому напрямку, тому

$$\rho_{ei\delta} = \sqrt{(\Delta_e d)^2 + (\Delta_e l)^2}, \quad (2.15)$$

де $\Delta_k = 0,71 \text{ мкм/мм}$ – питоме короблення відливок;

$d = 90 \text{ мм}$ – діаметр оброблюваного отвору;

$l = 40 \text{ мм}$ – довжина обробки.

$$\rho_{ei\delta} = \sqrt{(0,7 \cdot 90)^2 + (0,7 \cdot 40)^2} = 286 \text{ мкм}$$

$$\rho_{ei\delta} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2}, \quad (2.16)$$

$$\rho_{ei\delta} = \sqrt{\left(\frac{1200}{2}\right)^2 + \left(\frac{800}{2}\right)^2} = 721 \text{ мкм}$$

Тоді: $\rho = \sqrt{286^2 + 721^2} = 776 \text{ мкм}$

Залишкові просторові відхилення після чорнового розточування:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho = 0,06 \cdot 776 = 46,5 \text{ мкм}$$

напівчистове:

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 46,5 = 2,3 \text{ мкм}$$

Похибка встановлення при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_d^2 + \varepsilon_c^2}, \quad (2.17)$$

Перекося виникає через наявність зазорів між найбільшим діаметром установочних отворів і найменшим діаметром штирів.

$$S_{\max} = \delta_A + \delta_B + S_{\min}, \quad (2.18)$$

де $\delta_A = 0,052$ мм – допуск на отвір

$\delta_B = 0,021$ мм – допуск на діаметр пальця

$S_{\min} = 0,02$ мм – мінімальний зазор між діаметром пальця і отвору.

$$S_{\max} = 0,052 + 0,021 + 0,02 = 0,093 \text{ мм}$$

Тоді найбільший кут повороту заготовки на пальцях

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{\sqrt{200^2 + 225^2}} = \frac{0,093}{301} = 0,0003 \text{ мм}$$

Похибка базування на креслені оброблюваного отвору ($l = 25$ мм).

$$\varepsilon_\delta = 25 \cdot 0,0003 = 0,0075 \approx 8 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення заготовки приймаємо рівною $\varepsilon_3 = 180$ мкм.

Похибка встановлення при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon = \sqrt{8^2 + 180^2} = 182 \text{ мкм}$$

Залишкова похибка встановлення при чистовому розточуванні:

$$\varepsilon_2 = 0,05 \varepsilon + \varepsilon_{\text{итд}}, \quad (2.19)$$

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot 182 + 0 = 9 \text{ мкм}$$

де $\varepsilon_{\text{итд}} = 0$, так як чистове і чорнове розточування проводилось з одного установлення.

Залишкова похибка встановлення при тонкому розточуванні.

Розраховуємо мінімальні значення міжопераційних припусків

$$2Z_{\min} = 2 \left(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (2.20)$$

Мінімальний припуск на розточування:

чорнове –

$$2Z_{\min} = 2 \left(200 + 300 + \sqrt{776^2 + 180^2} \right) = 2 \cdot 1296 \text{ мкм}$$

чистове –

$$2Z_{\min} = 2\left(50 + \sqrt{46,5^2 + 9^2}\right) = 2 \cdot 97 \text{ мкм}$$

тонке –

$$2Z_{\min} = 2\left(20 + \sqrt{2,3^2 + 9^2}\right) = 2 \cdot 29 \text{ мкм}$$

Заповнюємо графу "Розрахунковий розмір".

– для чистового розточування

$$d_{p1} = 90,052 - 2 \cdot 0,029 = 89,994 \text{ мм}$$

– для чорнового розточування

$$d_{p2} = 89,994 - 2 \cdot 0,097 = 89,8 \text{ мм}$$

– для заготовки розточування

$$d_{p3} = 89,8 - 2 \cdot 1,296 = 87,208 \text{ мм}$$

Так для тонкого розточування значення допуску складає $\delta_1 = 52 \text{ мкм}$ (розмір на кресленні).

Для чистового $\delta_2 = 230 \text{ мкм}$, чорнового $\delta_3 = 460 \text{ мкм}$.

Допуск на отвір у відливці 1 класу точності складає $\delta_{заг} = 1000 \text{ мкм}$.

Таким чином отримаємо:

– для тонкого розточування

$$d_{\max} = 90,052 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = 90,052 - 0,052 = 90 \text{ мм}$$

– для чистового розточування

$$d_{\max} = 89,994 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = 89,994 - 0,23 = 89,764 \text{ мм}$$

– для чорнового розточування

$$d_{\max} = 89,8 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = 89,8 - 0,46 = 89,34 \text{ мм}$$

– для заготовки

$$d_{\max} = 87,208 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = 87,208 - 1 = 86,208 \text{ мм}$$

Тоді для тонкого розточування:

$$2 Z_{\min 3}^{\bar{a}\bar{d}} = 90,052 - 89,994 = 0,058 = 58 \text{ мкм}$$

$$2 Z_{\max 3}^{\bar{a}\bar{d}} = 90 - 89,764 = 0,236 = 236 \text{ мкм}$$

Для чистового розточування

$$2 Z_{\min 2}^{\bar{a}\bar{d}} = 89,994 - 89,8 = 0,194 = 194 \text{ мкм}$$

$$2 Z_{\max 2}^{\bar{a}\bar{d}} = 89,764 - 89,34 = 0,424 = 424 \text{ мкм}$$

Для чорнового розточування

$$2 Z_{\min 1}^{\bar{a}\bar{d}} = 89,8 - 87,208 = 2,592 = 2592 \text{ мкм}$$

$$2 Z_{\max 1}^{\bar{a}\bar{d}} = 89,34 - 86,208 = 3,132 = 3132 \text{ мкм}$$

Розрахунковий загальний номінальний припуск і номінальний діаметр заготовки.

$$Z_{\text{ном}} = Z_{\min} + B_z - B_{\partial} = 2844 + 500 - 52 = 3292 \text{ мкм} = 3,29 \text{ мм}$$

$$d_{\text{зном}} = d_{\text{ном}} - Z_{\text{ном}} = 90 - 3,29 = 86,71 \text{ мм}$$

Проводимо перевірку правильності виконаних розрахунків:

$$2 Z_{\max 3}^{\bar{a}\bar{d}} - 2 Z_{\min 3}^{\bar{a}\bar{d}} = 236 - 58 = 178 \text{ мкм}$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 550 - 52 = 178 \text{ мкм}$$

$$2 Z_{\max 2}^{\bar{a}\bar{d}} - 2 Z_{\min 2}^{\bar{a}\bar{d}} = 424 - 194 = 230 \text{ мкм}$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 460 - 230 = 230 \text{ мкм}$$

$$2 Z_{\max 1}^{\bar{a}\bar{d}} - 2 Z_{\min 1}^{\bar{a}\bar{d}} = 3132 - 2592 = 540 \text{ мкм}$$

$$\delta_0 - \delta_1 = 1000 - 460 = 540 \text{ мкм}$$

Таблиця 2.6 – Розрахунок припусків і крайніх розмірів на обробку отвору

$\text{Ø}90\text{H}7^{+0,035}$

Технологічні переходи	Елементи припуску				припуск $2Z_{\min}$, мкм	розмір d_p , мм	T , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$Z_{\min}^{\bar{a}\bar{d}}$	$Z_{\max}^{\bar{a}\bar{d}}$
Заготовка	200	300	776	—	—	87,208	1000	86,208	87,208	—	—
Чорнове	50	—	46,5	180	2×129	89,8	460	89,34	89,8	2592	3132
Чистове	20	—	—	80	2×97	89,994	230	89,764	89,984	194	424
Точне	6,5	—	—	9	2×29	90,052	52	90	90,052	58	236
Σ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2844	3792

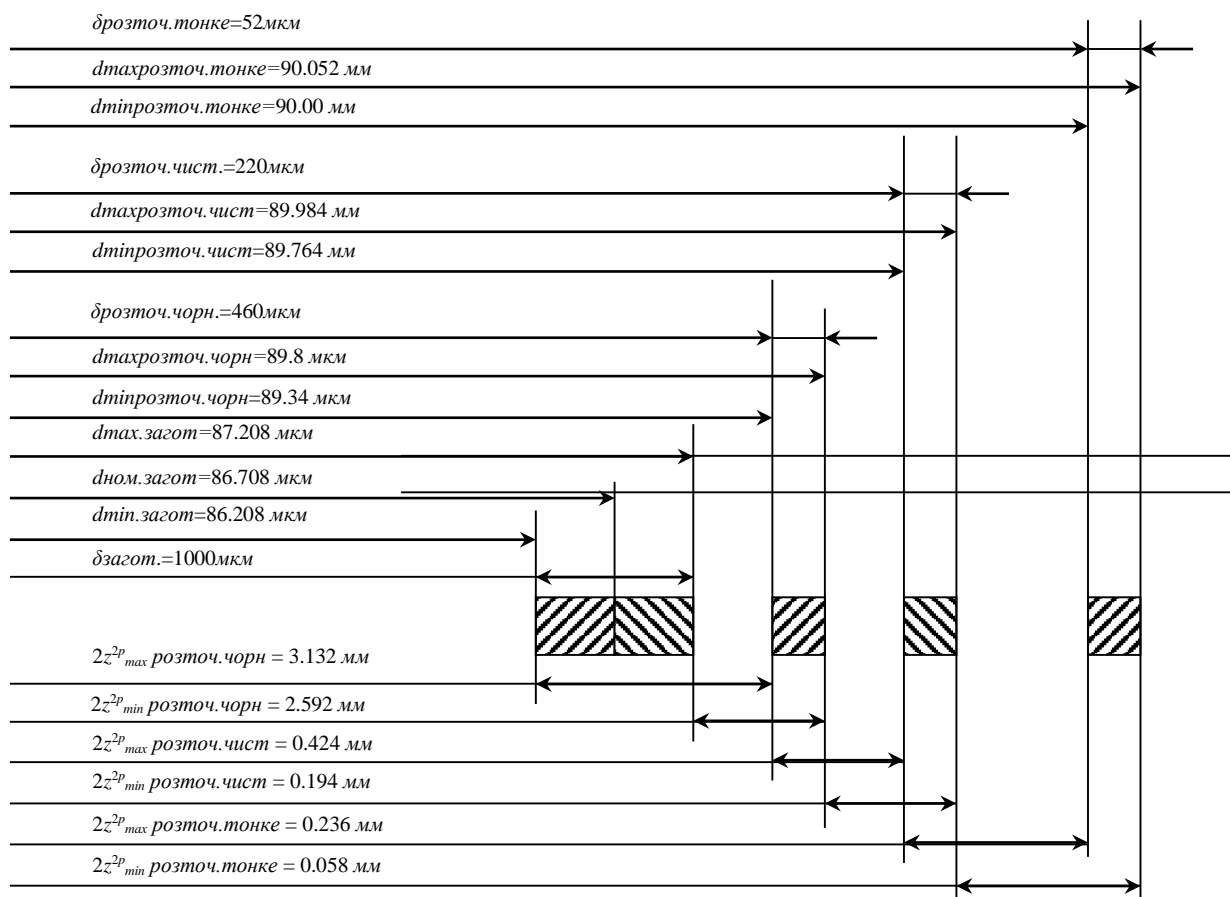


Рисунок 2.1 – Схема розташування припусків і допусків на обробку розміру
Ø90H7

Технологічний маршрут обробки поверхні в розмір $145h8^{(+0,054)}$ складається з чорнового, чистового і тонкого фрезерування.

Таблиця 2.7 – Розрахунок припусків і крайніх розмірів на обробку поверхні
в розмір $\text{Ø}145h8^{+0,054}$

Технолог. переходи	Елементи припуску				Припуск $2Z_{\min}$, мкм	розмір l_p , мм	T , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків	
	R_Z	T	ρ	ε				l_{\min}	l_{\max}	$Z_{\min}^{\bar{a}\delta}$	$Z_{\max}^{\bar{a}\delta}$
Заготовка	40	260	65	–	–	146,05	1000	146,05	147,05	–	–
Чорнове	50	50	–	81	2×365	145,32	400	145,32	145,72	$2 \times 0,365$	$2 \times 0,665$
Чистове	30	30	–	–	2×100	145,12	160	145,12	145,28	$2 \times 0,1$	$2 \times 0,22$
Точне	2	–	–	–	2×60	145,0	54	145,0	145,054	$2 \times 0,006$	$2 \times 0,113$
Σ	–	–	–	–	–	–	–	–	–	$2 \times 0,525$	$2 \times 0,998$

$$\rho = \rho_{кор} = \Delta_k \cdot l = 1 \cdot 65 = 65 \text{ мкм}$$

Похибка установки заготовки при фрезеруванні торця $\varepsilon_y = 0$ [3].

Розрахунок мінімальних припусків:

$$2Z_{\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i), \quad (2.21)$$

Мінімальний припуск:

$$2Z_{1\min} = 2(40 + 26 + 65) = 2 \cdot 365 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2\min} = 2(50 + 50) = 2 \cdot 100 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3\min} = 2(30 + 30) = 2 \cdot 60 \text{ мкм}$$

Будуємо схему розташування припусків і допусків на розмір 145h8.

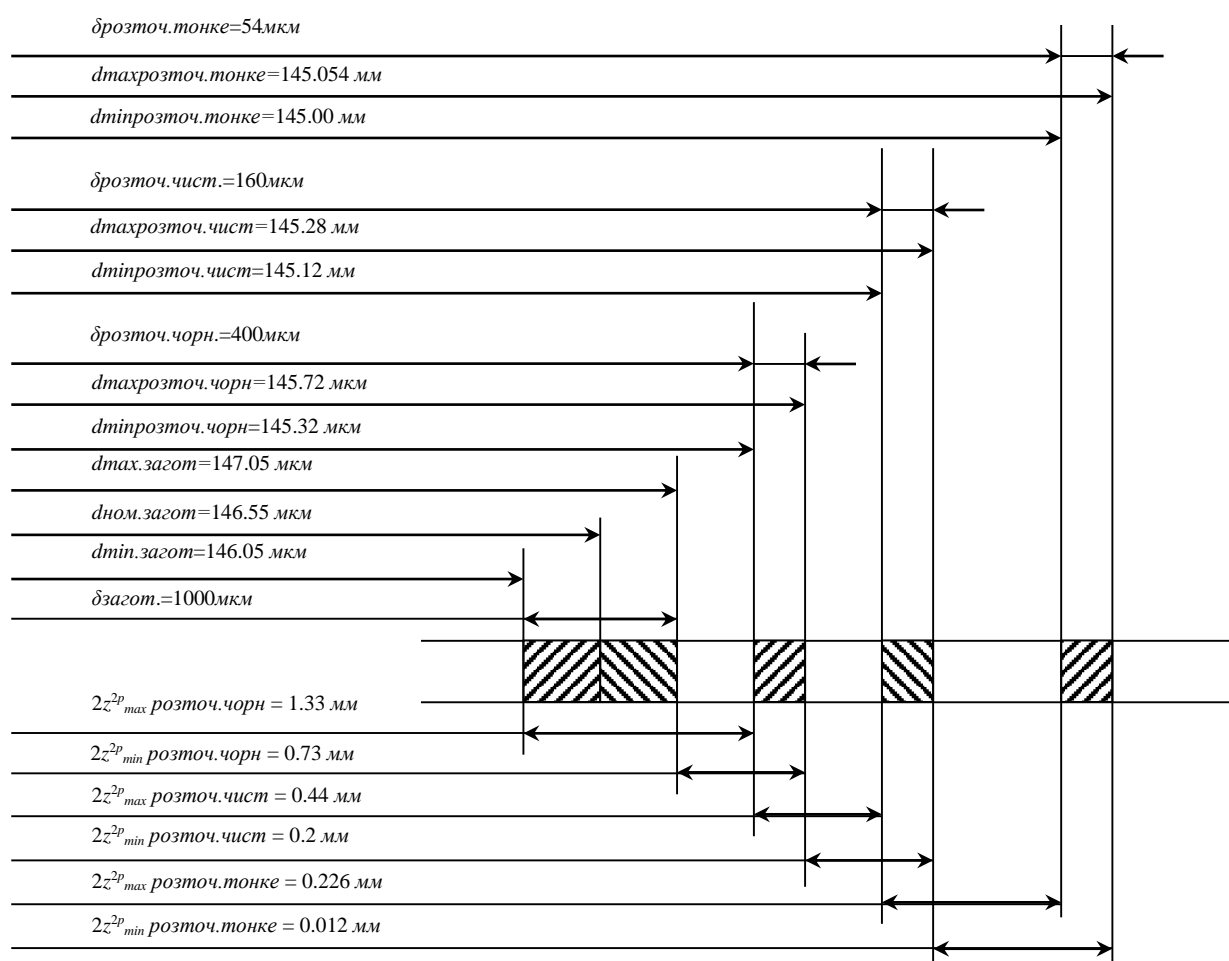


Рисунок 2.2 – Схема розташування припусків і допусків на обробку розміру 145h8

Загальний припуск $Z_{0\min}$ і $Z_{0\max}$ визначають сумарні проміжні і записують їх значення по відповідним графам

$$2Z_{0\min}=2(0,365+0,1+0,06)=2\cdot 0,525\text{мм}$$

$$2Z_{0\max}=2(0,665+0,22+0,113)=2\cdot 0,998\text{мм}$$

Правильність проведених розрахунків

$$2Z_{0\max}-2Z_{0\min}=\delta_{\Delta z}-\delta_{\Delta d}, \quad (2.22)$$

де $\delta_{\Delta z}$, $\delta_{\Delta d}$ – допуск на заготовку і деталь

$$2\cdot 0,998-2\cdot 0,525=1,0-0,054$$

$$0,946=0,946$$

Таблиця 2.9 – Загальні припуски і допуски на оброблені поверхні корпусу

№ пов	Розмір	Припуск, мкм		Допуск на	
		табличний	розрахунковий	заготовку	деталь
2	121Н9	900	880	1600	150
3	Ø90Н7	2×1310	2×1300	1000	35
4	Ø90Н7	2×1310	2×1300	1000	35
5	242Н9	900	880	1600	150
7	18Н12	1000	1020	1000	360
9	270Н9	1000	1020	1000	430
10	190Н12	1000	1020	1000	430
11	190Н12	1000	1020	1000	430
12	Ø110Н7	2×2000	2×1970	1200	35
13	130Н9	1000	1020	1000	150

Таблиця 2.10 - Значення операційних розмірів

Кількість переходів	2	3	5	7	12	13
1	$A_{10,1}=121,9^{+1,0}$	$A_{10,2}=88^{+0,35}$	$A_{15,1}=242\pm 0,9$	$A_{20,1}=11\pm 0,3$	$A_{50,1}=107^{+0,3}$	$A_{50,3}=205\pm 0,3$
2	–	$A_{10,3}=89,3^{+0,22}$	–	–	$A_{50,2}=110^{+0,054}$	–
3	–	$A_{10,4}=90^{+0,35}$	–	–	–	–

2.6 Розрахунок режимів різання

Спроекуємо токарно-підрізну операцію 010 і розрахуємо режими різання.

1. Оброблювана заготовка відноситься до середніх за масою і розмірами.

Операція по характеру – чистова і тонка. Товщина шару невелика (4мм).

Об'єм випуску деталей в рік 5000 шт. дозволяє використовувати продуктивне обладнання і оснастку.

2. Із різних верстатів зупинимось на токарно-гвинторізному верстаті 1М63.

3. При обробці за базу беремо торець 8, тобто базова поверхня корпусу (нормова база) і необроблюваний отвір $\varnothing 110$.

Комплекс цих поверхонь складають технологічну базу для даного виду обробки.

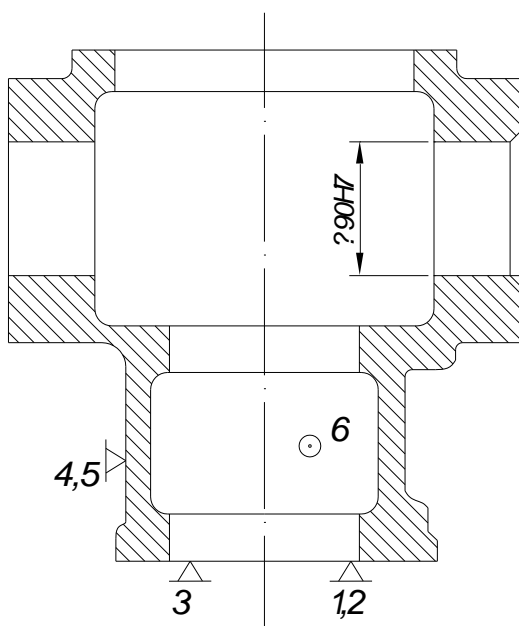


Рисунок 2.13 – Побудова технологічного розміру

4. Назва операції – токарно-підрізна (код 4221). Операція складається з одного установка і містить 5 технологічних переходів і одного допоміжного.

Таблиця 2.12 – Операція токарно-підрізна

Перехід	Назва переходу
1	Встановити і закріпити заготовку
2	Підрізати торець 3
3	Розточити отвори 2 і 4
4	Розточити отвори 2 і 4
5	Розточити отвори 2 і 4
6	Точити фаску 1

5. Закріплення заготовки на сталі верстату здійснюється в спеціальному пристосібленні розробленому для даної деталі і способу базування. Затискний пристрій механізований.

6. В якості ріжучого інструменту приймаємо різець 2103-009 ВК6 для підрізання торця 3 та різець 2140-0059 ВК8 для розточування отворів 2 і 4.

Для контролю якості обробки використовуємо: штангенциркуль ШЦІ–160–0,05

7. Проводимо розрахунок режимів різання.

Обробку розбиваємо на чорнову, чистову і тонку:

- чорнове розточування: 1,25мм
- чистове розточування: 0,75мм
- тонке розточування: 0,5мм

I Розрахунок довжини робочого ходу:

$$L_{px} = L_{piz} + y + L_{доd}, \quad (2.23)$$

де $L_{piz} = 50$ мм;

$y = 7$ мм;

$L_{px} = 50 + 7 = 57$ мм

II Назначаємо подачі

а) призначаємо по таблицях [2]

чорнове (0,4÷0,8)мм/об;

чистове (0,3÷0,5)мм/об;

тонке (0,1÷0,18)мм/об;

б) уточнюємо подачу по паспорту верстата

$S_{ч} = 0,7$ мм/об;

$S_{чист} = 0,4$ мм/об;

$S_{тонк} = 0,15$ мм/об;

III Визначаємо стійкість інструменту

$$T_p = T_{ui} \cdot \lambda$$

$$T_{ui} = 50 \text{ хв.}$$

$$\lambda_1 = L_{piz} / S_{0ч} = 50 / 0,7 = 71,4; \quad n_1 = 71,4 \text{ об/хв.};$$

$$\lambda_2 = L_{piz} / S_{0чист} = 50 / 0,4 = 125; \quad n_1 = 125 \text{ об/хв.};$$

$$\lambda_3 = L_{piz} / S_{0тонк} = 50 / 0,35 = 330; \quad n_1 = 330 \text{ об/хв.};$$

$$\lambda = L_{pi3}/L_{px} = 50/57 = 0,87 > 0,7.$$

Приймаємо $T_p \approx T_u = 50$ хв [2]

IV Розраховуємо швидкість різання і число обертів шпинделя:

а) швидкості різання, які рекомендуються

$$V_{табл} = 72 \text{ м/хв.}$$

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad [12]$$

$$K_1 = 0,9; K_2 = 1,15; K_3 = 1,0$$

$$V = 72 \cdot 0,9 \cdot 1,15 \cdot 1,0 = 74,5 \text{ м/хв.}$$

б) розраховуємо число обертів шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot d}; \quad (2.24)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 74,5}{3,14 \cdot 90} = 236 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n = 200$ об/хв.

в) уточнюємо швидкість різання

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{1000};$$

$$V = \frac{200 \cdot 3,14 \cdot 125}{1000} = 78,5 \text{ м/хв.}$$

V Розраховуємо основний машинний час:

$$t_m = \frac{L_{\delta\delta}}{S_0 \cdot n}, \quad (2.25)$$

$$t_m = \frac{57}{0,7 \cdot 78,5} = 1,03 \text{ хв.}$$

Розраховуємо сили різання, що виникають при розточуванні отвору Ø90H7 при чорновій обробці.

$$P_{x,y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.26)$$

де $K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\nu p}$

$$K_{mp} = 0,4/0,55 = 0,73;$$

$K_{\phi p}$ для $P_x, P_y, P_z = 1;$

$K_{\gamma p}$ для $P_x=1,1$; $P_y=1,4$; $P_z=1,4$;

$K_{\lambda p}$ для $P_x=1,0$; $P_y=0,75$; $P_z=1,07$;

$K_{\nu p}$ для $P_x=1,02$; $P_y=1,0$; $P_z=1,05$;

$K_{px}=0,73 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,02=0,82$

$K_{py}=0,73 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 0,75 \cdot 1,0=0,77$

$K_{pz}=0,73 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,07 \cdot 1,05=1,14$

Вибираємо: [8]

P_x : $C_p=92$; $x=1,0$; $y=0,75$; $n=0$;

P_y : $C_p=54$; $x=0,9$; $y=0,75$; $n=0$;

P_z : $C_p=46$; $x=1,0$; $y=0,4$; $n=0$;

$P_x=10 \cdot 46 \cdot 1,25^1 \cdot 0,7^{0,9} \cdot 78,5^0 \cdot 0,82=410\text{Н} \approx 41\text{кгс}$;

$P_y=10 \cdot 54 \cdot 1,25^{0,9} \cdot 0,7^{0,75} \cdot 78,5^0 \cdot 0,77=381\text{Н} \approx 38,1\text{кгс}$;

$P_z=10 \cdot 92 \cdot 1,25^1 \cdot 0,7^{0,75} \cdot 78,5^0 \cdot 1,14=1002,9\text{Н} \approx 100,3\text{кгс}$;

Свердлильна операція для отвору 23.

Розрахуємо свердлильну операцію для свердління отвору $\text{Ø}22\text{H}14^{(+0,52)}$.

I Розрахунок довжини робочого ходу:

$$L_{px}=L_{piz}+y+L_{доd}$$

де $L_{piz}=26\text{мм}$;

$y=8\text{мм}$ [12];

$L_{px}=26+8=34\text{мм}$

II Назначаємо подачі

$S_0=0,5\text{мм/об}$ [12]

III Визначаємо стійкість інструменту

$T_p=40\text{хв.}$ [12]

IV Розраховуємо швидкість різання і число обертів шпинделя:

а) швидкості різання, які рекомендуються

$V_{табл}=16\text{м/хв.}$ [12]

$V=V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$ [12]

$$\kappa_1=0,9; \kappa_2=1,3; \kappa_3=1,0 [12]$$

$$V=16 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 1,0=18,72 \approx 19 \text{ м/хв.}$$

б) розраховуємо число обертів шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot d};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 19}{3,14 \cdot 90} = 275 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n=250$ об/хв.

в) уточнюємо швидкість різання

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{1000};$$

$$V = \frac{250 \cdot 3,14 \cdot 22}{1000} = 18,27 \text{ м/хв.}$$

V Розраховуємо основний машинний час:

$$t_m = \frac{L_{\delta\delta}}{S_0 \cdot n}$$

$$t_m = \frac{34}{0,5 \cdot 250} = 0,272 \text{ хв.}$$

VI Перевірочні розрахунки:

а) визначаємо осьову силу різання

$$P_o = P_{\text{табл}} \cdot K_p$$

$$P_{\text{табл}} = 650 \text{ кг} \quad K_p = 1,25$$

$$P_o = 650 \cdot 1,25 = 812,5 \text{ кг}$$

б) визначаємо потужність різання

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{табл}} \cdot K_n \cdot n / 1000$$

$$N_{\text{табл}} = 4,9; \quad K_n = 1,25$$

$$N_{\text{різ}} = 4,9 \cdot 1,25 \cdot 250 / 1000 = 1,68$$

Таблиця 2.13 – Режими різання

№ оп.	Назва операції, тип верстата	№пер	Глибина різання t , мм	Подача		Швидк. різання V , м/хв.	Частота обертання n , хв ⁻¹	Макс. пот. N , кВт
				S_o , мм/об	S_z , мм/об			
010	Токарно- підрізна Токарно- гвинторізний 1М63	1	4	0,314	–	68	160	4,5
		2	2,5	0,404	–	44	160	
		3	0,65	0,21	–	70	250	
		4	0,35	0,115	–	70	250	
		5	1,6	0,15	–	72	250	
015	Токарно- підрізна Токарно- гвинторізний 1М63	1	0,5	0,128	–	68	160	4,5
		2	1,6	0,15	–	47	160	
020	Вертикально- фрезерна 6Р13	1	4	–	315	78	500	5,0
030	Радіально- свердлильна 2М55	1	8,5	0,45	–	17	315	6,5
040	Горизонтально- фрезерна 6Р82	1	4	–	400	126	200	5,0
		1	4	–	400	126	200	
		1	4	–	400	126	200	
050	Горизонтально- розточна 2Б22В	1	2,5	110	–	106	315	5,5
		2	1,0	47	–	109	315	
		3	4	400	–	125	200	
		4	1,6	20	–	70	200	
060	Радіально- свердлильна 2М55	1	4,25	0,16	–	17	630	5,0
		2	1,5	0,1	–	21	630	
		3	0,81	1,5	–	6	200	
		4÷6	– –	– –	– –	– –	– –	
		7	9,25	1,5	–	16	200	
		8	15	0,1	–	21	200	
		9	0,81	1,5	–	10	160	
		10÷12	– –	– –	– –	– –	– –	
065	Радіально- свердлильна 2М55	1	2,25	0,1	–	13	800	5,0
		2	1	0,1	–	18	800	
		3	0,54	1	–	4	200	
		4	4,25	0,16	–	17	630	
		5	1,6	0,1	–	23	630	
		6	0,81	1,5	–	5	200	

в) визначаємо осьову силу різання по допустимому зусиллю подачі верстата

$$N_{різ} \leq 1,2 N_{дв} \cdot \eta$$

$$N_{дв} = 5,5 \text{ кВт}; \quad \eta = 0,8;$$

$$1,68 \leq 1,2 \cdot 5,5 \cdot 0,8$$

$$1,68 \leq 3,84$$

Отже, назначені режими вірні.

2.7 Нормування техпроцесу, уточнення типу виробництва

При груповій організації технологічного процесу визначається норма штучно-калькуляційного часу

$$T_{шт-к} = T_{пз}/n + T_{шт}, \quad (2.27)$$

де $T_{пз}$ – підготовчо-заключний час, хв.

n – кількість деталей в налагоджуваній партії;

$T_{шт}$ – норма штучного часу;

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{од} + T_{відп}, \quad (2.28)$$

T_o – основний час, хв.;

T_d – допоміжний час, хв.;

$T_{об}$ – час на обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{відп}$ – час на перерви, відпочинок і особисті потреби, хв.

Таблиця 2.14 – Нормування технологічного процесу

№ і назва операції	T_o	T_d			$T_{оп}$	$T_{об}$		$T_{відп}$	$T_{шт}$	$T_{нз}$	n	$T_{штк}$
		$T_{вс} + T_{зв}$	$T_{уп}$	$T_{вим}$		$T_{тех}$	$T_{орг}$					
010 Токар.-гвинт.	2,1	0,32	0,25	0,1	0,1	0,121	0,29	0,186	3,45	0,2		3,46
015 Токар.-гвинт.	0,8	0,13	0,08	0,1	0,1	0,09	0,15	0,186	1,636	0,3		1,64
020 Верт.-фрез.	0,4	0,13	0,12	0,15	0,15	0,1	0,05	0,186	1,24	0,2		1,25

030 Рад.- сверд.	0,2	0,15	0,11	0,1	0,1	0,1	0,12	0,186	0,95	0,1	150	0,96
040 Гор.- фрез.	0,8	0,13	0,08	0,1	0,1	0,09	0,15	0,186	1,636	0,3		1,64
050 Гор.- розт.	1,2	0,12	0,12	0,1	0,1	0,09	0,15	0,186	2,06	0,15		2,07
060 Рад.- сверд.	0,8	0,13	0,12	0,09	0,12	0,11	0,14	0,15	1,66	0,18		1,67
065 Рад.- сверд.	0,6	0,13	0,12	0,1	0,15	0,1	0,05	0,186	1,5	0,2		1,51

– визначимо кількість верстатів:

$$m_p = (N \cdot T_{um}) / (60 F_{\delta} \cdot \eta_{zn}), \quad (2.29)$$

– визначимо число робочих місць, заокруглюючи до більшого цілого числа:

$$m_p \approx P_{\text{н}}, \quad (2.30)$$

– для кожної операції визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження;

– кількість операцій, що виконуються на робочому місці

Таблиця 2.15 – Значення коефіцієнтів для уточнення типу виробництва

Номер операції	m_p	P_m	η_{ϕ}	Q
010	0,089	1	0,089	8,42
015	0,043	1	0,043	16,4
020	0,032	1	0,032	22,4
030	0,025	1	0,025	29,5
040	0,043	1	0,043	16,4
050	0,054	1	0,054	13,8
060	0,043	1	0,043	16,4
065	0,039	1	0,039	18,2

$$K_{30} = \Sigma Q / \Sigma P = 141,52 / 8 = 17,69$$

Отже, після уточнення коефіцієнт K_{30} сильно не змінився і тип виробництва залишається незмінним: середньосерійне.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір технологічного оснащення

В КРБ представляємо три верстатні пристрої для таких операцій та відповідного обладнання:

020 Вертикально-фрезерна

– вертикально-фрезерний 6P12

040 Горизонтально-фрезерна

– горизонтально-фрезерний 6P82

050 Горизонтально-розточна

– горизонтально-розточний 2622В

Проаналізуємо 2 варіанти верстатних пристроїв.

Операція 020

Перший варіант. Базування проводиться по площині вушок і бокових поверхонь вушок. Затиск проводиться з бокових поверхонь вушок. Недоцільність даної схеми полягає у тому, що буде утворюватись мала площа притискання, і потрібно буде утворювати велике зусилля, щоб втримати заготовку.

Другий варіант. Базування проводиться по тій же площині, але затиск здійснюється не з бокових поверхонь вушок, а зверху, що набагато доцільніше. При даній схемі потрібно затратити менше зусилля, щоб втримати заготовку, оскільки в даному випадку затискній силі допомагає сила тяжіння.

Другий варіант базування деталі та схема пристосіблення будемо вважати оптимальним.

Операція 040

Перший варіант. Базування проводимо по циліндричній поверхні і втримується деталь за рахунок сили затиску, що притискає ту ж циліндричну поверхню. Недоцільність даної схеми полягає у тому, що буде утворюватись мала площа затиску і потрібно буде утворювати величезне зусилля, щоб втримати заготовку.

Другий варіант. Базування проводимо по тій же площині, але затиск здійснюється не з бокових поверхонь вушок, а зверну, що набагато доцільніше. При даній схемі потрібно затратити менше зусилля, щоб втримати заготовку, оскільки в даному випадку затисній силі допомагає сила тяжіння.

Другий варіант базування деталі та схема пристосування будемо вважати оптимальним.

Операція 050

Перший варіант. Базування проводимо по циліндричній поверхні і бокових поверхнях вушок. Недоцільність даної схеми полягає у тому, що буде утворюватись мала площа затиску і потрібно буде утворювати величезне зусилля, щоб втримати заготовку, при цьому може збільшитись нециліндричність деталі.

Другий варіант. Базування проводимо по площині чотирьох вушок, що виступають з обох сторін деталі. При даній схемі потрібно затратити менше зусилля, щоб втримати заготовку, утворюється велика площа затиску.

Другий варіант базування деталі та схема пристосування будемо вважати оптимальним.

3.2 Силовий розрахунок параметрів приводу

Отож вибираємо другий варіант пристроїв зі схемою базування.

Розрахуємо на операцію 020 (для інших операцій розрахунок будемо проводити аналогічно).

– визначаємо силу різання

Із даних технологічного процесу маємо.

Операція 020

$t=2\text{мм}$

$S_z=0,315\text{мм/зуб};$

$n=500\text{об/хв.}$

$V=78\text{м/хв.}$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w}, \quad (3.1)$$

$$C_p=54,5; \quad x=0,9; \quad y=0,74; \quad u=1; \quad q=1; \quad w=0;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,315^{0,74} \cdot 54^1 \cdot 24}{125^1 \cdot 500^0} = 2938 \text{ Н}$$

Визначаємо силу затиску:

$$P_{заж} \geq P_{різ} \cdot n_3 = 2938 \cdot 1,2 = 3540 \text{ Н}$$

де $n=1,2$ – коефіцієнт запасу

– вибираємо силу затиску

Для фіксування деталі використовуємо два прихвати. Із схеми для розрахунку дії сили затиску маємо:

$$Q \cdot l/2 = 2NH/3$$

Операція 040

– визначаємо силу різання

Із даних технологічного процесу маємо.

$$t=3 \text{ мм} \quad S_z=0,280 \text{ мм/зуб}; \quad n=360 \text{ об/хв.} \quad V=73 \text{ м/хв.}$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w}, \quad (3.2)$$

$$C_p=54,5; \quad x=0,95; \quad y=0,73; \quad u=1; \quad q=1; \quad w=0;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 3^{0,95} \cdot 0,280^{0,73} \cdot 90^1 \cdot 12}{150^1 \cdot 360^0} = 2747 \text{ Н}$$

Визначаємо силу затиску:

$$P_{заж} \geq P_{різ} \cdot n_3 = 2747 \cdot 1,2 = 3123 \text{ Н}$$

Операція 050

– визначаємо силу різання

Із даних технологічного процесу маємо.

$$t=2\text{мм} \quad S=0,4\text{мм/об}; \quad n=450\text{об/хв.} \quad V=82\text{м/хв.}$$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u}{D^q \cdot n^w}, \quad (3.3)$$

$$C_p=50,5; \quad x=1; \quad y=0,8; \quad u=1; \quad q=1; \quad w=0,1;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 50,5 \cdot 2^1 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 130^1}{110^1 \cdot 450^{0,1}} = 2098\text{Н}$$

Визначаємо силу затиску:

$$P_{затж} \geq P_{риз} \cdot n_3 = 2098 \cdot 1,2 = 2420\text{Н}$$

Звідси:

$$N = \frac{3}{2} \cdot \frac{l}{H} \cdot Q, \quad (3.4)$$

Згідно креслення маємо: $H=90\text{мм}$, $l=50\text{мм}$.

Силу затиску визначаємо за формулою:

$$P = Q \left(1 - 3 \frac{l}{H} f \right), \quad (3.5)$$

Звідси знайдемо осьову силу:

$$Q = \frac{P}{1 - 3 \frac{l}{H} f}$$

де $f=0,1$ [11] – коефіцієнт тертя

$$Q = \frac{P}{1 - 3 \frac{l}{H} f} = \frac{1416}{1 - 3 \frac{50}{90} 0,1} = 1695,8\text{Н}$$

$$Q_{розр} = Q \cdot \kappa, \quad (3.6)$$

де κ – коефіцієнт запасу [11]

$$\kappa = \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3 \cdot \kappa_4 \cdot \kappa_5 \cdot \kappa_6 \cdot \kappa_7 = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 2,07.$$

Приймаємо $\kappa = 2,5$

$$Q_{розр} = 1695,8 \cdot 2,5 = 429 \text{ кгс}$$

В якості приводу вибираємо пневмокамеру двосторонньої дії [11].

З такими даними:

– матеріал мембрани – гума

– діаметр мембрани – 160 мм

– зусилля на штокові кгс при його ході – 615

Розрахуємо розміри пневмокамери.

– діаметр опорної тарілки

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi P}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 429}{3,14 \cdot 4}} = 12 \text{ см}$$

де $P = 4$ – тиск в системі

Приймаємо:

$$d = 120 \text{ мм за ГОСТ 9887-61}$$

Діаметр корпусу

$$D = 120 / 0,7 = 171 \text{ мм}$$

Для операцій 040 та 050 механічним затиском: границя міцності різи набагато більша сили затиску.

3.3 Розрахунок на точність

На точність обробки впливає ряд технологічних факторів, які викликають загальну похибку обробки ε_0 , котра не повинна перевищувати допуску виконуючого розміру при обробці, тобто $\varepsilon_0 \leq \delta$

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_a^2 + \varepsilon_\zeta^2 + \Delta_{i\ddot{v}}^2}, \quad (3.7)$$

$\varepsilon_0=0$ – похибка базування [18]

$$\varepsilon_3 = ((\kappa_{Rz} \cdot R_z + \kappa_{HB} \cdot HB) + C_1) \cdot Q^n / F^m,$$

$$\kappa_{Rz} = 0,004$$

$$\kappa_{HB} = -0,016$$

$$n = 0,7; \quad m = 0,7$$

$HB = 210$ – твердість матеріалу заготовки

$F = \pi r^2 = 3,14 \cdot 10^2 = 3,14 \text{ см}^2$ – площа контакту опори з деталлю.

$R_z = 2,5 \text{ мкм}$ – шорсткість поверхні деталі.

$Q = 167 \text{ Н} = 16,7 \text{ кгс}$ – сила яка діє на опору.

$$\varepsilon_3 = ((0,004 \cdot 2,5 - 0,0016 \cdot 210) + 0,4 + 0,021 \cdot 3,14) \cdot 16,7^{0,7} / 3,14^{0,7} = 0,00047 \text{ мм}$$

ε_3 – похибка закріплення виникає при закріпленні деталі в пристрої в зв'язку з коливанням величини контактних деформацій стиску деталі і опори пристрою.

ε_0 – виникає в процесі базування деталі в пристрої і визначається як поле розсіювання між вимірювальною і установочною поверхнями.

ε_{np} – похибка пристрою, виникає в результаті неточності виготовлення пристрою і його зношування при експлуатації і в загальному випадку вона не перевищує 0,1 допуску на відповідний оброблюваний розмір деталі.

$$\varepsilon_{np} = 0,0012 \text{ мм}$$

$$\varepsilon = \sqrt{0,00047^2 + 0,0012^2} = 0,0013 \text{ мм}$$

У нашому випадку одержана похибка $\varepsilon = 0,0013 < \delta = 0,012 \text{ мм}$ буде припуском міжцентрової відстані між кондукторними втулками.

3.4 Загальний опис конструкції, принципу дії

Наш пристрій складається з основи в яку впресовані чотири опори, на які ставляться вушка корпусу, по яких базується дана деталь. На двох опорах є пальці, які лишають корпус 3 ступенів свободи. Сам затиск здійснюється за допомогою двох важелів, які притискають ребра жорсткості між вушками до

опор. Привід здійснюється за допомогою пневмокамери. При надходженні повітря в циліндр, воно тисне на поршень, який одночасно є штуцером, і той рухається. Затискається пружина і деталь стає нерухомою. При відкриванні клапана повітря виходить з циліндра і пружина відкидає штуцер – деталь звільняється.

Для операцій 040 та 050 пристрій також складається з чотирьох пальців опор на які встановлюється деталь за рахунок вушок, що виступають з обох боків деталі, але на відміну від операції 020 ці опори мають направляючі пальці (один циліндричний, другий ромбічний, що виконують роль бази), що входять в отвори, що утворюються на операції 030.

Також затиск пристрою на цих операціях здійснюється механічно, що є довше, але більш надійно, оскільки в наших економічних умовах на невеликих підприємствах не завжди є окиснене повітря.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Концепція захисту населення і території у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій

Надзвичайні ситуації – це аварії, стихійні лиха, катастрофи в результаті яких є небезпека життю людини, порушено нормальні умови життєдіяльності.

Радіаційні, хімічні, вибухонебезпечні підприємства додатково створюють локальні системи виявлення загрози виникнення надзвичайної ситуації та оповіщення персоналу і населення, що проживає у зонах можливого ураження; вживають інженерно-технічних заходів, що зменшують ступінь ризику виникнення аварій, пожеж та вибухів, і несуть витрати щодо їх здійснення.

Власники потенційно небезпечних об'єктів відповідають за захист населення, що проживає у зонах можливого ураження, від аварій.

Обсяг та характер захисних заходів визначається особливостями окремих районів та промислових підприємств (об'єктів), обстановки, яка може скластися в разі аварій на хімічно-небезпечному об'єкті.

Планується та проводиться у комплексі три основні заходи захисту населення:

- укриття населення у захисних спорудах;
- розселення у заміські зони робітників та службовців підприємств, закладів та організацій, які продовжують свою діяльність у містах, а також евакуація з цих міст населення.
- використання населенням засобів індивідуального захисту.
- З метою завчасного виводу (вивозу) населення із районів можливих стихійних лих, зон ураження, катастроф, як засіб захисту населення, робітників і службовців здійснюються евакуаційні заходи, якщо життю і здоров'ю людей буде загрозувати небезпека.

Усі громадяни, що прибули у позаміську зону, повинні пройти реєстрацію на прийомних евакуаційних пунктах і розселитися на місце проживання за вказівкою робітників цих пунктів.

Об'єм і характер захисних заходів, як правило, встановлюється рішенням начальників машинобудівних заводів і рекомендаціями штабів цивільної оборони. Ними визначаються терміни і порядок проведення захисних заходів. Важливу роль належить самому населенню, яке повинно строго дотримуватися правил і норм поведінки на радіоактивно зараженій місцевості. У першу чергу необхідно підготувати необхідні засоби захисту та визначити порядок їх використання.

У ряді випадків виникне потреба поповнити захисні споруди, яких не вистачає, за рахунок пристосування під ПРУ щілин; землянок, підвалів, сховищ, підземних переходів, різних траншеїв інших споруд. Всі роботи по дообладнанню укриттів, герметизації приміщень, посиленню перекриттів і підвищенню захисних властивостей можуть бути швидко виконані лише за активної участі всього дорослого населення. За відсутності табельних засобів захисту використовують простіші (протипилові тканинні маски, ватно-марлеві пов'язки тощо), що виготовляється своїми силами.

Важко припустити, що завчасно буде повідомлено час, протягом якого треба буде знаходитися у захисних спорудах. Тому неминуче виникає складна задача забезпечення людей продуктами харчування, водою, медикаментами.

Необхідно кожному завчасно запитися ними, надійно укрити або запакувати, щоб запобігти їх зараженню.

Якщо обставини вимушують укритися у будинку (квартирі) або виробничому приміщенні, то необхідно, не гаючи часу, закривати вікна і двері, завісити їх цупкою тканиною, закрити всі щілини, що маються. У тому випадку, якщо людина вже опинилася в зоні зараження або їм треба буде подолати її, вони повинні прийняти засоби індивідуального захисту [13].

4.2 Дія електричного струму на організм людини

Електричний струм – це спрямоване переміщення електричних зарядів усередині провідної речовини (усередині металів, рідких провідників і т. д.).

Електричний струм, проходячи через тіло людини, обумовлює перетворення електричної енергії в інші види і спричиняє термічну, електролітичну, біологічну та механічну дії.

Термічна дія полягає в тому, що струм, проходячи через тіло людини, нагріває його, як і будь-який провідник, через який він проходить. Для використання цієї властивості електричного струму працюють електронагрівальні прилади.

Таким чином, проходячи через органи людського тіла, електричний струм може викликати їхні опіки, обуглювання тканин і всього тіла.

Електролітична дія полягає в тому, що електричний струм має властивість розщеплювати кислотні, лужні й інші провідні рідкі розчини на складові частини.

Проходячи через тіло людини, що, як відомо, складається на 70 % із води (протоплазма клітин, кров і т. д.), він справляє подібну електролітичну дію, розщеплюючи протоплазму і кров. У результаті клітини втрачають спроможність до нормального існування, обміну речовин і т. д.

Біологічна дія електричного струму полягає в тому, що при його проходженні відбувається подразнення і збудження живих тканин організму і порушення внутрішніх біологічних процесів. У результаті можуть відбуватися мимовільні рухи кінцівок, голови, інших органів; може змінитися ритм биття серця (настає так звана фібриляція, некерована вібрація серця); порушується робота легень.

Механічна дія електричного струму може призводити до розриву тканин внаслідок електродинамічного ефекту, а також миттєвого вибухоподібного утворення пари з тканинної рідини і крові; до вивихів, переломів. Дія

електричного струму може призвести як до травм, так і до летальних наслідків.

Вплив електричного струму на організм людини класифікують за ступенем складності:

1. Електротравми – опіки, електричні знаки (специфічне ураження тканин); металізація шкіри (частина розплавленого металу); електрофтальмія (запалення зовнішніх оболонок очей під дією ультрафіолетових променів електричної дуги); механічні ушкодження (розірвання шкіри, вивихи, переломи і т. д., викликані мимовільним скороченням м'язів).

2. Електричний удар.

Розрізняють 4 ступені електричного удару:

1 ступінь – судорожне скорочення м'язів без утрати свідомості;

2 ступінь – судорожне скорочення м'язів з утратою свідомості, але зі збереженням дихання і роботи серця;

3 ступінь – втрата свідомості; порушення дихання або роботи серця;

4 ступінь – клінічна смерть.

Варто пам'ятати, що однією з особливостей небезпеки електричного струму є те, що частини устаткування, які знаходяться під напругою, найчастіше нерухомі, не мають високої температури, видимого випромінювання і т. д. Тому аналізатори людини не фіксують небезпеку, що насправді існує.

Наслідок враження людини електричним струмом залежить від багатьох факторів: опору тіла, тривалості протікання струму, шляху струму, роду і частоти струму, напруги.

З погляду безпеки розрізняють три ступені впливу струму:

а) граничний відчутний струм – це мінімальний струм, що викликає чуттєві, контактні подразнення відповідних аналізаторів шкіри. Величина змінного відчутного струму дорівнює 0,5–1,5 мА, постійного – 5–7 мА. Як бачимо, постійний суттєвий граничний струм на порядок більший змінного;

б) граничний струм (невідпускний) – це мінімальний струм, що викликає судорожне скорочення м'язів. Величина змінного невідпускного струму – 6–

10 мА; постійного – 50–80 мА. Знову простежується та закономірність, що постійний струм на порядок більший змінного, тобто нервова система більш чутлива до змінного струму;

в) граничний фібриляційний струм – це струм, при якому починається фібриляція серця. Величина змінного фібриляційного струму – 80–100 мА; постійного – 300 мА. Виходячи з цього, правилами безпеки встановлено, що електричний струм силою 0,1 А (100 мА) – смертельний. При цьому струм не поділяють на постійний або змінний. Для жінок зазначені граничні значення струму в 1,5 рази нижче.

Основним опором тіла людини є верхній роговий покрив шкіри – епідерміс. Його товщина коливається від 0,05 до 0,2 мм. При знятому епідермісі опір тіла не перевищує 1 000 Ом, при сухій і грубій шкірі – досягає 100000 Ом. Таким чином, опір тіла людини коливається від 1000 до 100000 Ом і залежить від дуже багатьох причин: стану шкіри, щільності контакту, площі контакту, вологості шкіри, часу проходження і розміру струму, частоти струму, стану і настрою людини.

При розслідуванні нещасних випадків і розрахунків береться опір тіла людини, що дорівнює 1000 Ом.

Практика свідчить, що опір тіла людини зменшується при тривалому протіканні через нього електричного струму. Навіть якщо струм не справляє небезпечної вражаючої дії, організм починає виділяти більше поту, шкіра зволожується і втрачає опір. Це призводить до збільшення струму, який може досягти одного з небезпечних граничних значень.

Має значення і шлях струму через тіло людини. Найбільш небезпечний – через серце і м'язи легень, а також через мозок. Величина струму, що проходить по організму через серце людини, залежить від шляху його проходження.

Статистичні дані про величину струму: рука – рука 3,3 %; ліва рука – ноги 3,7 %; права рука – ноги 6,7 %; нога – нога 0,4 %

Струм проходить через тіло не тільки найкоротшим шляхом, а шляхом

найменшого опору, який різний у різних тканин (кісткова, м'язова, жирова).

Найнебезпечніший шлях – це права рука – ноги, а також голова (скронева частина) – будь-які частини тіла. Але ні в якому разі не свідчить, що інші шляхи не є небезпечними.

На дію електричного струму впливають вид і частота струму. Встановлено, що змінний струм частотою 50 Гц більш небезпечний, ніж постійний. Той самий вплив викликається більшим значенням постійного струму, ніж змінного.

Крім того, потрібно пам'ятати, що за інших рівних умов змінний струм високих частот менш небезпечний, ніж змінний струм промислової частоти.

Величина струму, що проходить через тіло людини, залежить від напруги дотику.

Гранично допустима напруга дотику і величина струму при короткочасних дотиках () і відсутності додаткових умов безпеки наведені нижче.

При змінному струмі: $I = 6 \text{ mA}$ (0,006 A).

При постійному струмі: $I = 15 \text{ mA}$ (0,015 A).

Ці значення дозволяють самостійно звільнитися від дії струму.

В особливо небезпечних умовах (усередині металевих ємкостей, в умовах підвищеної вологості, у ямах, каналах і т. д.) гранично допустима напруга дотику повинна бути не більше 12 В:

Дія електричного струму на організм залежить від індивідуальних властивостей, фізичних і психічних станів людини. Нездужання, втома, голод, сп'яніння та емоційне збудження приводять до зниження опору тіла.

Опір тіла людини залежить і від параметрів середовища приміщення: вологості, температури, наявності струмопровідного пилу та підлоги тощо.

Виходячи з цього, правила будови електроустановок, усі приміщення, в яких знаходиться устаткування і персонал, щодо техніки електробезпеки поділяються на приміщення з підвищеною безпекою, особливо небезпечні

приміщення та приміщення без підвищеної небезпеки.

Приміщення з підвищеною небезпекою характеризуються наявністю одного із небезпечних факторів: вологість (більше 75 %); висока температура (вище +350С); наявність струмопровідної пилюки; струмопровідна підлога; можливість одночасного дотикання до металоконструкцій, що мають з'єднання із землею, технологічним апаратом, з одного боку, і до заземленого електричного устаткування – з іншого; наявність хімічно активного середовища (пари кислот, лугів і т. д.).

Особливо небезпечні приміщення характеризуються наявністю 2-х і більше ознак підвищеної небезпеки.

Зовнішні установки прирівнюються до особливо небезпечних приміщень.

Приміщення без підвищеної небезпеки характеризуються відсутністю умов, що створюють “підвищену небезпеку” і “особливу небезпеку”.

Захисні заходи в електроустановках .

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є такі:

1. Застосування малих напруг і електричний поділ мереж. Для забезпечення безпеки електроспоживачів варто застосовувати напругу до 42 В, приміщеннях із підвищеною небезпекою – 36 В, в особливо небезпечних – 12 В. Як правило, при використанні електроустаткування з такою напругою враховується те, що одяг, взуття мають певний опір, немає щільного (зварного, болтового) контакту з землею і т. д.; в аварійних ситуаціях струм через тіло людини не досягає невідпускаючого порогу.

Необхідно пам'ятати, що для одержання малої напруги необхідно використовувати автономні джерела (акумулятори, спеціальні мотор-генератори і т. д.).

Можна використовувати і перетворювачі напруги, але при цьому пам'ятати про обов'язкову умову: мережа малої напруги повинна бути електрично ізольована, відділена від мережі високої напруги.

У зв'язку з цим категорично заборонено використовувати в якості джерела

малої напруги автотрансформатор, тому що в ньому обидві обмотки електрично пов'язані.

2. Контроль ізоляції. При порушенні ізоляції мереж і устаткування корпусу, конструкції, на яких вони змонтовані, труби, в яких прокладені проводи, можуть виявитися під небезпечною напругою. Тому контроль ізоляції є необхідною мірою, що попереджує небезпеку ураження електричним струмом.

В установках до 1 000 В опір ізоляції повинен бути не нижче 0,5 м Ом.

3. Захисне заземлення – це навмисне з'єднання із заземленим пристроєм металевих частин електроустаткування, що нормально не знаходяться під напругою, але можуть виявитися такими у випадку ушкодження ізоляції.

Металеві частини устаткування – це корпуси, кожухи, постійні огороження, арматура і т. д.

Зміст заземлення полягає в тому, щоб знизити напругу доторкання при ушкодженні ізоляції до безпечної для людини величини.

4. Захисне відключення – це система захисту, що забезпечує безпеку шляхом автоматичного відключення (протягом не більш 0,2 сек.) електроустановки у випадках замикання струмоведучої частини на землю, зниження опору ізоляції, несправності заземлення і т. д.

При замиканні струмоведучої частини на корпус, кожух, огороження і т. д. спрацьовує спеціальне реле захисту, яке відключає електричну установку від мережі.

5. Захист від випадкового дотику до струмоведучих частин досягається шляхом використання огорожень і відповідних конструкцій електроустановок; блокувань; розташування струмопровідних частин на недоступній висоті (наприклад лінії електропередач); застосування подвійної ізоляції.

Під подвійною ізоляцією розуміють застосування, крім основної ізоляції струмопровідних частин, ще одного прошарку, що ізолює людину від металевих неструмопровідних частин, які можуть випадково виявитися під напругою. Часто це використовують при виготовленні електроінструмента, корпус якого

покриває пластмаса: пластмасова ізоляція проводів обмотки електричного двигуна – перша ізоляція, пластмаса, що покриває корпус електродвигуна – друга ізоляція.

6. Вирівнювання потенціалів для того, щоб зняти існування і необхідність вирівнювання потенціалів, познайомимося з таким поняттям, як “крокова напруга”, уточнимо поняття “напруга дотику”.

При з’єднанні струмопровідної частини із землею (пробій ізоляції, падіння проводу ЛЕП на землю) точка входу струму в землю буде мати найвищий потенціал, який має і струмопровідна частина. У міру віддалення від цієї точки у будь-яку сторону потенціал землі буде зменшуватися за експоненціальним законом. На відстані від точки замикання, що дорівнює 20 м, потенціал землі стає рівним нулю.

Людина, що потрапила в зону замикання і виходить із неї в будь-яку сторону кроками, потрапляє в ситуацію, коли одна нога знаходиться в одній точці землі, а інша – у другій. Потенціал першої точки більший, ніж потенціал другої. Отже, на відстані кроку людини буде існувати різниця потенціалів. Ця напруга називається “кроковою”.

Різниця потенціалів між двома точками землі в зоні замикання на землю на відстані кроку (0,8 м) по радіусу до точки замикання називається кроковою напругою.

Різниця потенціалів між точкою замикання на землю і точкою землі, у якій знаходиться людина при торканні точки замикання, називається напругою дотику.

Про існування крокової напруги і напруги дотику потрібно знати і пам’ятати для того, щоб правильно виходити із зони замикання на землю, якщо потратив у неї (виходити “тусячим” кроком).

ВИСНОВКИ

В результаті вирішення задач , винесених на КРБ можна сказати наступне:

- проаналізовано діючий варіант виготовлення деталі, виявлені недоліки і вказані шляхи їх усунення;
- запропоновано нова більш точна і металомістка заготовка деталі;
- проведено структурний аналіз можливих варіантів технологічного процесу виготовлення деталі, вибраний оптимальний по собівартості варіант;
- для нового варіанту заготовки розраховані величини загальних і проміжних припусків операційних розмірів;
- для нового ТП визначені режими різання, норми часу та операційної механічної обробки;
- модернізовано існуючі і вибрано нове технологічне оснащення;
- проведено розрахунок очікуваного економічного ефекту від впровадження нового технологічного процесу і порівняння існуючого, термін окупності 3,8 роки;
- розглянуті та проаналізовані питання безпеки життєдіяльності та здійснено економічне обґрунтування даного рішення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Классификатор ЕСКД. Иллюстрированный определитель деталей. Классы 71,72,73,74,75,76 (в отдельных книгах). М.: Издательство стандартов, 1986. 235 с.
3. Орлова П. Н., Скороходова Е. А. Краткий справочник металлиста. М.: Машиностроение, 1986. 456 с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Дьячков В. Б. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения: справочник. М.: Машиностроение, 1983. 328 с.
6. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 2. 496 с.
7. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
8. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
9. Косилова А.Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 1. 1986. 656 с.
10. Барановский Ю. В. Режимы резания металлов. М.: Машиностроение, 1972. 258 с.
11. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
12. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск: Вышэйшая школа, 1975. 288 с.

13. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1966. 650 с.

14. Кухарський О. М. Методичні вказівки на тему “Проектування калібра-пробки, калібра-скоби” для виконання конструкторської частини дипломного проекту. Тернопіль, 2005.

15. Жидецький В. Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.

16. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці : Неавчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с. 1

17. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення валів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 198 с.

18. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

20. Дячун А. Є. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.

21. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.

22. Пилипець М. І., Данильченко Л. М., Ткаченко І. Г. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Організація виробництва». Тернопіль : ТНТУ, 2018. 60 с.

