

# ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ РАЗМЕРНАЯ ОБРАБОТКА

## Методика решения задач и основные расчетные выражения

При проведении электрохимических расчетов необходимо для данного материала и решения данной технологической задачи выбрать подходящий электролит (приложения к конспекту лекций по электрофизическим и электрохимическим методам обработки). Рассчитать электрохимический эквивалент обрабатываемого материала (1) и сравнить результаты расчета с табличными значениями. Рассчитать удельную скорость электрохимического растворения (3). Дальнейший расчет связан с конкретными условиями задачи.

### Основные расчетные выражения

1. Рассчитать электрохимический эквивалент обрабатываемого материала и сравнить его с табличным значением

$$\varepsilon = \frac{1}{F \sum_{i=1}^n \frac{x_i n_i}{A_i}} \quad (1)$$

2. Рассчитать электрическое сопротивление электролитной нагрузки электрической цепи.

$$R = \frac{(U - \Delta\varphi)}{I} = \rho_{эл} a / S \quad (2)$$

3. Рассчитать удельную скорость электрохимического растворения материала.

$$v_{y\partial} = \frac{\varepsilon \eta}{\rho_m} \quad (3)$$

4. Рассчитать линейную скорость электрохимического растворения материала

$$v_l = v_{y\partial} i \quad (4)$$

5. Закон Ома для электролитной нагрузки

$$i = \frac{(U - \Delta\varphi) \chi}{a} \quad (5)$$

6. Обобщенный закон Ома и Фарадея для плоско-параллельного межэлектродного промежутка в условиях идеального формообразования

$$v_l = v_{y\partial} \frac{(U - \Delta\varphi) \chi}{a} \quad (6)$$

7. Зависимость удельной электропроводности электролита от его температуры и газосодержания.

$$\chi = \chi_0 (1 + \beta \Delta T) (1 - \alpha)^m \quad (7)$$

8 Зависимость удельной электропроводности электролита от времени и координаты  $x$  обрабатываемой поверхности вниз по потоку электролита.

$$\chi = \chi_0(1 + \beta Bx)(1 - Ax) = \chi_0(1 + (\beta B - mA)x - (\beta BmA)x^2) \quad (8)$$

*Пояснение.* Стационарный газожидкостный клин, формирующийся при обработке образца в плоско-параллельном межэлектродном промежутке, описывается выражением

$$\alpha = \frac{1}{m} [1 - \exp(-Ax)], \text{ где } A = \frac{\varepsilon_e (U - \Delta\varphi) m \chi_0}{v_{эл} \rho_e a^2} \text{ или для малых значений } \alpha$$

получаем  $\alpha = Ax$ . Здесь  $\varepsilon_e$  – электрохимический эквивалент выделения водорода,  $\rho_e$  – плотность водорода.

Решение задачи конвективной теплопроводности дает для температуры приближенное выражение

$$\Delta T = \frac{\chi_0 (U - \Delta\varphi)^2}{\rho_{эл} c_{эл} a^2 v_{эл}} x = Bx, \text{ где } B = \frac{\chi_0 (U - \Delta\varphi)^2}{\rho_{эл} c_{эл} a^2 v_{эл}}$$

Подставляя зависимости газосодержания,  $\alpha$  и разности температур,  $\Delta T$  в выражение (7), получим выражение (8), описывающее зависимость удельной электропроводности электролита от координаты  $x$ .

9. Рассчитать зависимость плотности тока и линейной скорости растворения, как координату точки  $x$ .

$$i = (U - \Delta\varphi)\chi(x) / a, \quad v_n = v_{y0}(U - \Delta\varphi)\chi(x)/a \quad (9)$$

10. Рассчитать профиль обработанной поверхности,  $z = z(x)$  за короткий промежуток времени  $t$  и определить погрешность формы,  $\Delta_\phi$ , связанную с зависимостью  $\chi = \chi(x)$ ,

$$z = v_{y0}(U - \Delta\varphi)\chi(x)t/a, \quad \Delta_\phi = z_{\max} - z_{\min}, \quad (10)$$

где  $z_{\max}$  и  $z_{\min}$  – максимальный и минимальный снятый припуск

11. Рассчитать зависимость величин зазора и снятого припуска от времени в условиях идеального формообразования для модели плоско-параллельного зазора.

$$a = \sqrt{a_0^2 + 2Kt}, \quad z(z + 2a_0)2Kt, \quad (11)$$

$$K = v_{y0}(U - \Delta\varphi)\chi.$$

12. Для тех же условий рассчитать зависимость межэлектродного зазора от времени при обработке с постоянной подачей электрода-инструмента,  $v_n$ . Рассчитать снятый

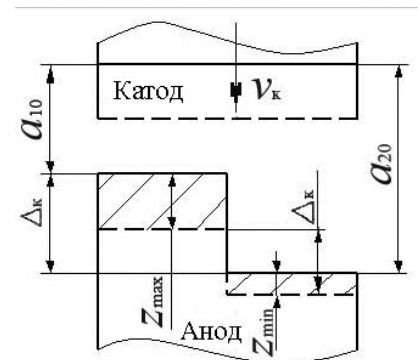


Рис. 1. Схема формирования погрешности  $\Delta_n$ .

припуск за заданное время  $t$ .

$$t = \frac{1}{v_u} \left[ a_0 - a + a_y \ln \frac{(a_0 - a_y)}{(a - a_y)} \right], \quad a_y = K/v_u = v_{y\partial}(U - \Delta\varphi)\chi/v_u, \quad (12)$$

где  $a_y$  - установившийся зазор.

13. Для условий идеального формо-образования рассчитать конечную высоту ступеньки,  $\Delta_k$  при обработке ступенчатой детали с начальной высотой ступеньки  $\Delta_0$  в плоско-параллельном межэлектродном промежутке (рис. 1).

$$\Delta_0 - \Delta_k + \frac{K}{v_{и}} \cdot \ln \frac{\Delta_0}{\Delta_k} = t v_{и} \quad (13)$$

Используя размерные цепи, представленные на рис. 4.8, получаем

$$z_{\min} = z_{\max} - \Delta_0 + \Delta_k = v_{и}t - \Delta_0 + \Delta_k.$$

Это выражение позволяет рассчитать величину припуска  $z_{\min}$ , который необходимо снять для получения заданной погрешности формы. Если эта погрешность регламентируется допуском  $\delta_{\phi}$ , то величину  $z_{\min} = z_{\max} - \Delta_0 + \delta_{\phi}$  называют *минимально необходимым припуском*.

14. Для данной схемы формообразования рассчитать расход электролита и потребное давление на входе в зазор.

Расход электролита  $Q_{эл}$  находим из уравнения неразрывности течения жидкости

$$Q_{эл} = v_i S_i = const \quad (14)$$

Выбирая среднюю скорость течения электролита в рабочем зазоре в интервале (10...30) м/с и, зная сечение межэлектродного промежутка, находим требуемый расход электролита, обеспечиваемый насосом  $Q_{н}$ . По выражению (14) находим также среднюю скорость течения электролита в любом сечении гидравлического канала.

Эффективный напор насоса определяют по выражению, вытекающему из закона Бернулли с использованием расчетной схемы, показанной на рис. 5.18,

$$H_{эф} = z_{н} + z_{вс} + (p_3 - p_0)/\rho_{эл} g + (\alpha_3 v_3^2 - \alpha_0 v_0^2)/2g + \Delta h_{н} + \Delta h_{вс}, \quad (15)$$

где  $z_{н}$ ,  $z_{вс}$  - высоты нагнетания и всасывания соответственно,  $\Delta h_{н}$ ,  $\Delta h_{вс}$  - потери напора в линиях нагнетания и всасывания.

Требуемая мощность на валу двигателя привода насоса

$$N_{эф} = H_{эф} Q_{н} \rho_{эл} g / (\eta_{н} \eta_{пр}), \quad (16)$$

где  $\eta_{н}$ ,  $\eta_{пр}$  - соответственно КПД насоса и привода.

По расчетным значениям  $Q_{н}$ ,  $N_{эф}$  подбирают модель насоса по соответствующим каталогам. Наибольшее распространение получили насосы центробежного типа, обеспечивающие входное давление в диапазоне 0,2...1,2 МПа и расход 1...10 м<sup>3</sup>/ч.

## Справочное приложение к заданию по ЭХО

Таблица 1

**Удельная электропроводность водных растворов электролитов (См/м) при 18°С в зависимости от массовой доли соли, максимальное значение  $\chi_{18}^{\max}$  удельной электропроводности при 18°С и концентрация насыщения  $c_n$  при 20°С**

Электролит	Массовая доля соли, %					$\chi_{18}^{\max}$	С н.э. %
	5	10	15	20	30		
NaCl	6,72	12,11	16,42	19,57	21,35(25°С)	21,35 (25)	26,4
NaNO <sub>3</sub>	4,36	7,82	–	13,03	16,06	16,06 (30)	47
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4,09	6,87	8,86	–	–	8,86 (15)	16
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	4,51	7,05	8,36	–	–	8,36 (15)	18
NaOH	16,28	30,93	34,90	32,84	20,74	34,90 (15)	–
NH <sub>4</sub> Cl	9,18	17,76	25,86	33,65	40,25(25°С)	40,25 (25)	–
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	5,90	11,17	–	–	28,41	36,33 (50)	64
HCl	39,48	63,02	–	76,15	66,20	76,15 (20)	–
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20,85	39,15	34,32	65,27	73,88	73,88 (30)	–
KCl	6,90	13,60	20,20	26,77	28,10	28,10 (21)	25
KNO <sub>3</sub>	4,54	8,39	11,86	15,05	16,25(22°С)	16,25 (22)	24
KBr	4,65	9,28	–	19,07	29,23	35,07 (36)	39,5

В скобках указана фактическая массовая доля соли, %

Таблица 2

**Кинематическая вязкость некоторых водных растворов электролитов при температуре 20°С ( $\nu = 10^{-6}$ , м<sup>2</sup>/с )**

Электролит	Массовая доля соли, %					
	5	10	15	20	25	30
NaCl	1,05	1,11	1,22	1,36	1,59	–
NaNO <sub>3</sub>	1,01	1,01	1,05	1,11	1,19	1,31
NH <sub>4</sub> Cl	0,97	0,94	0,93	0,94	0,94	–
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	0,96	0,92	0,89	0,88	0,88	0,89
KBr	0,95	0,89	0,86	0,81	0,79	0,75

Таблица 3

**Значения электродных потенциалов и выхода по току при использовании растворов NaCl**

Материал*	$\varphi_a$ , В	$\varphi_k$ , В	$\Delta\varphi$ , В	$\eta$	Материал	$\varphi_a$ , В	$\varphi_k$ , В	$\Delta\varphi$ , В	$\eta$
Железо	0...2	– 1,3	1,3...3,3	1	X17, X17H2	0,4... 1,8	– 1,3	1,7...3,1	1
X, X12	0...2	– 1,3	1,3...3,3	1,05	12X18H10T	1,6...1,8	– 1,3	2,9...3,1	0,95
ЭИ 961	0,4...1,8	– 1,3	1,7...3,1	1,05	X28	1,5...1,8	– 1,3	2,8...3,1	0,6
Хром	1,3...1,5	– 1,3	2,6...2,8	1	ЭИ 437Б	1,3...1,8	– 1,3	2,6...3,1	0,9
Никель	0,5...2,2	– 1,3	1,8...3,5	1	ЖС6К	1,3...1,8	– 1,3	2,6...3,1	1

Примечание: X, X12, X17, X17H2, X28, 12X18H10T, ЭИ961 – стали, ЭИ437Б, ЖС6К – сплавы

Таблица 4

**Потенциалы растворения титановых сплавов в различных электролитах**

Материал	Плотность тока, А/см <sup>2</sup>			Материал	Плотность тока, А/см <sup>2</sup>			Материал	Электролит (г/л)*		
	5	10	20		5	10	20		250 NaNO <sub>3</sub>	100 NaClO <sub>4</sub>	100NaCl + 100NaNO <sub>3</sub>
BT1-0	8,0	5,5	3,2	BT8	3,0	2,2	2,1	BT1-0	10	6,5	6,5
OT4-1	5,0	3,5	2,6	BT3-1	3,8	2,5	2,0	BT5	5,5	4,2	5,0
BT9	4,0	3,0	2,3	BT5	–	3,0	2,5	BT3-1	4,0	3,8	4,0

Таблица 5.

**Температурный коэффициент электропроводности  $\beta_T$  (град<sup>-1</sup>)**

некоторых водных электролитов

Электролит	Содержание соли	$\beta_T$
NaCl	0,1М	0,0197
	2М	0,0271
	4М	0,0207
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	5%	0,0203
	10%	0,0194
	30%	0,0168
KNO <sub>3</sub>	5%	0,0208
	10%	0,0205
	15%	0,0202
	20%	0,0197

Таблица 6

**Электрохимические эквиваленты некоторых материалов**

Обозначение материала	$\epsilon \cdot 10^3$ , г/(А·мин)	Обозначение материала	$\epsilon \cdot 10^3$ , г/(А·мин)	Обозначение материала	$\epsilon \cdot 10^3$ , г/(А·мин)
BT1-0	7,44	BT22	7,29	ХН35ВТ	11,12
BT5	7,32	BT25	7,5	ХН77ТЮР	11,84
BT6	7,23	40Х13	10,06	ХН78Т	12,3
BT3-1	7,3	12Х18Н10Т	9,8	ХН60ВТ	11,2
BT8	7,35	95Х18	9,62	ХН80ТБЮ	11,7
BT9	7,40	20Х23Н18	9,61	ХН75ВМЮ	13,07
BT14	7,36	15Х25Т	8,96	ЖС6К-ВИ	12,4
BT15	7,23	37Х12Н8Г8МФБ	10,11	ЖС6У-ВИ	12,8
OT4-0	7,44	18Х2Н4МА	11,53	ЖС6Ф-ВИ	13,7
OT4-1	7,41	45Х14Н14В2М	10,48	ЖС26-ВИ	13,6
OT4	7,29	Х16Н16МВ2БР	10,48	ЖС32-ВИ	14,2
BT18	7,68	14Х17Н2	9,74	ВЖЛ12У-ВИ	11,6
BT20	7,29	3Х12Н22В6Б	10,72	ЦНК17П	12,1

Таблица 7

**Выход по току (%) при растворении титановых сплавов**

Состав электролита, концентрация соли, г/л	Марка сплава								
	BT3-1			BT8, BT9			BT5		
	Плотность тока, А/см <sup>2</sup>								
	2	10	20	2	10	20	2	10	20
50 NaCl	99	100	101	95	99	100	97	101	101
100 NaCl	103	101	101	96	99	99	97	100	102
150 NaCl	100	101	101	98	101	102	99	101	102
100 KBr	104	104	104	105	106	110	105	103	103
150 KCl	101	102	102	101	103	102	98	101	102
100 NH <sub>4</sub> Cl	102	103	104	102	103	103	100	103	103
120 NaClO <sub>4</sub>	—	—	—	175	157	152	—	—	—
85 NaNO <sub>3</sub>	—	—	—	85	94	98	—	—	—
70 LiNO <sub>3</sub>	—	—	—	89	96	100	—	—	—
100 KNO <sub>3</sub>	—	—	—	92	98	100	—	—	—
80 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	—	—	—	89	100	103	—	—	—
LiClO <sub>4</sub>	—	—	—	184	172	168	—	—	—
100 NaCl + 100 KBr	106	106	106	109	106	105	105	104	102
100 NaCl + 100 NaNO <sub>3</sub>	112	120	129	111	118	128	115	122	126
50 NaCl + 150 NaClO <sub>4</sub>	134	—	190	130	—	186	129	—	165

Таблица 8

**Выход по току при растворении некоторых материалов в растворах на основе хлорида и нитрата натрия**

Таблица 8.1  
Выход по току (%) при растворении сталей и сплавов в растворе 120 г/л NaCl

Материал	Плотность тока, А/см <sup>2</sup>		
	0,1	1	10
12X18H9	128	119	128
X17	—	129	126
ЭИ435	125	117	129
ЭИ435БУ	126	119	129

Таблица 8.2  
Выход по току (%) при растворении сплава ЖС6КП в 2М растворах солей

Электролит	Плотность тока, А/см <sup>2</sup>			
	1	5	10	15
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	175	175	178	176
NaNO <sub>3</sub>	180	150	130	122

Таблица 9

**Выход по току для некоторых материалов в растворах на основе хлорида и нитрата натрия**

Электролит	Материал анода						
	Железо	Никель	Хром	Углеродистая сталь	Высоколегированная сталь	Жаропрочные сплавы на основе никеля	Титановые сплавы
10-20% NaCl	0,9...0,95	0,95...1	1	0,8...1	0,8...1,2	0,7...1,3	0,95...1,1
10-20% NaNO <sub>3</sub>	0,1	0,1	1	0,4...0,7	0,4...0,6	0,6...1,3	0,9...1
Смесь солей	0,8...1	0,8...1	1	0,7...0,9	0,7...0,9	0,8...1,5	1,1...1,2

## Задачи по курсу ЭХО

### Задача 1.

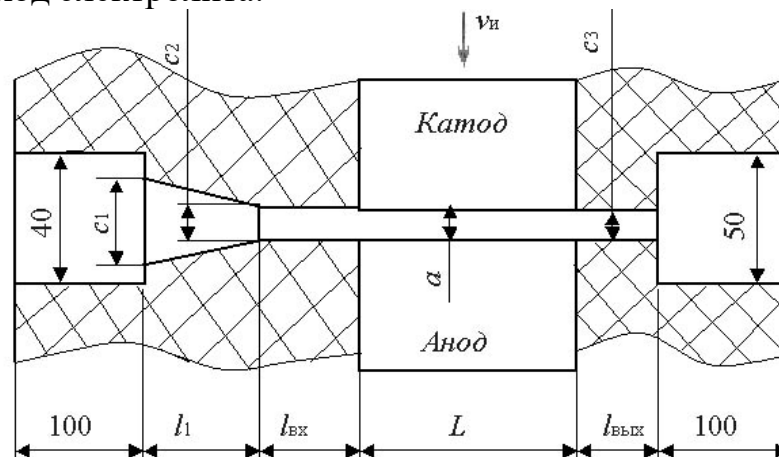
Произвести обработку плоской заготовки в плоско-параллельном МЭП, задавшись условиями (табл. 11), соответствующими выданному варианту.

1.1. Для указанного варианта (табл.11) и условий нестационарного формообразования ( $v_n = 0$ ), принимая модель «идеального процесса», то есть  $\eta = \text{const}$ ,  $\varepsilon = \text{const}$ ,  $\Delta\varphi = \text{const}$ ,  $\chi = \text{const}$ , рассчитать зависимости  $a = a(t)$  и  $z = z(t)$  и построить соответствующие графики для времени обработки 5 мин.

1.2. При заданном в табл. 11 значении  $v_n$  для идеальной модели построить график зависимости  $a = a(t)$  и провести его анализ.

1.3. Для начального времени обработки,  $t_m$  (п. 1.1) построить зависимости  $\chi = \chi(x)$   $i = i(x)$ , принимая линейные законы распределения газосодержания  $\alpha$  и температуры  $T$  от координаты  $x$ . Принимая эпюр  $i = i(x)$  неизменным в течение времени  $t_m$ , рассчитать средний снятый припуск  $z_{cp}$  и погрешность формы  $\Delta_f$ .

1.4. Для данной схемы подачи электролита в МЭЗ (рис. 2) рассчитать потери давления  $\Delta p$  между сечениями А и Б. При заданной средней скорости прокачки электролита через зазор  $v_{эл}$  и размере МЭП в поперечном сечении  $b$  найти требуемый расход электролита.



Примечания: сечения гидравлического тракта входного и выходного участков – прямоугольные с поперечным размером  $b$ .

Рис. 2. Гидравлическая схема рабочего участка

Таблица 11.

## Исходные данные к расчету

Условия задачи	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Материал анода	X18H10T	X17H2	BT3-1	BT8	BT9	OT4	ЖС6	ЖС32	X20H80	X15H70M15
Электролит	15% NaCl	15%NaCl + 10%NaNO <sub>3</sub>	5%NaCl+ 10%NaNO <sub>3</sub>	10%NaCl+ 8%NaNO <sub>3</sub>	10%NaCl +10% NaNO <sub>3</sub>	15%NaBr	15%NaCl+ 15%NaNO <sub>3</sub>	15%NaCl	5%NaCl + 10% NaNO <sub>3</sub>	15%NaNO <sub>3</sub> +5%NaCl
Средняя плотность тока $i$ , А/см <sup>2</sup>	10	50	20	15	30	40	40	20	25	22
Длина обработки, L, мм	80	30	50	70	40	35	40	65	50	50
Напряжение $U$ , В	8	–	12	–	15	10	–	–	–	12
Начальный зазор $a_0$ , мм	–	0,3	–	0,25	–	–	0,3	0,4	0,5	0,35
Температура на входе $T_0$ , °С	10	15	20	25	18	15	20	30	30	15
Подача инструмента $v_n$ , мм/мин	0,2	0,8	0,3	0,3	0,4	0,6	0,5	0,35	0,3	0,25
$t_M$ , с	50	10	40	40	20	15	20	30	35	35
$l_{вх}$ , мм	20	10	30	30	15	10	10	20	20	25
$l_{вых}$ , мм	10	15	15	10	20	20	10	15	20	10
$l_1$ , мм	20	30	40	80	50	20	20	30	40	50
$c_1$ , мм	10	20	30	40	40	35	30	25	25	20
$c_2$ , мм	5	10	10	10	20	15	15	10	10	5
$c_3$ , мм	10	10	20	20	30	30	25	25	15	15
$v_{эл}$ , м/с	10	30	20	20	25	40	40	20	15	15
$b$ , мм	40	30	35	45	50	42	55	32	37	47
$\lambda = 96/Re$ при ламинарном режиме течения (формула Пуазейля) $\lambda = 0,3164Re^{-0,25}$ при турбулентном режиме течения										



## Задача 2 Операция электрохимическая копирующе-прошивочная.

2.1.Обработка детали осуществляется при неподвижном электроде ( $v_{и} = 0$ ) по схеме плоско-параллельного промежутка в условиях идеального формообразования (табл. 12, рис. 3). Скорость прокачки электролита 20 м/с. Определить:

– среднюю плотность тока в начальный момент обработки (без учета переходных процессов в электрической цепи),

– конечный межэлектродный зазор и снятый припуск к моменту окончания обработки.

2.2.Для данных условий (табл. 12) найти и проанализировать зависимость зазора от времени обработки при скорости подачи электрода-инструмента 0,5 мм/мин. Найти режим течения электролита в зазоре для установившегося зазора ( $a_y$ ). Рассчитать потери давления на вязкое трение в межэлектродном промежутке с учетом входного и выходного местных сопротивлений. Длина обрабатываемой части,  $L$ , площадь обрабатываемого участка анода (прямоугольник) составляет  $S$ .

Таблица 12.

Исходные данные к решению задачи 2

Вариант	Материал	$U$ , В	$\chi$ , $\text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$	$\Delta\phi$ , В	$a_0$ , мм	$t$ , с	$L$ , мм	$S$ , $\text{см}^2$
1	ЖС 26	10	0,1	2	0,25	30	30	9
2	ЖС6У	12	0,12	2	0,3	40	40	12
3	ЖС32	14	0,08	3	0,2	60	50	15
4	ЖС6К	15	0,08	4	0,4	90	35	10
5	Сталь Х25Т	18	0,1	6	0,35	80	45	18
6	Сталь Х28	20	0,07	1,5	0,5	60	55	18

**Задача 3. Операция электрохимическая калибровочная.** Калибровать цилиндрическое отверстие начальным диаметром  $d_1$  в размер  $d_2$  на длине  $l$  (рис.4). Параметры режима в табл.13.

Таблица 13

Исходные данные к задаче 3

Вариант	$a_0$ , мм	$U$ , В	Длина, $L$ , мм	$d_1$ , мм	$d_2$ , мм	$v_{эл}$ , м/с	Материал
1	0,15	12	15	$10^{+0,5}$	$10^{+0,1}$	20	Х15Н24В4Т
2	0,20	15	25	$20^{+0,5}$	$20^{+0,1}$	25	Х18Н12М3Т
3	0,25	18	30	$50^{+0,5}$	$50^{+0,1}$	30	Х14Н14В2М
4	0,1	8	10	$30^{+0,3}$	$29^{+0,05}$	40	Х25Т
5	0,2	10	30	$8,15^{+0,3}$	$8+0,05$	30	Х28
6	0,3	12	40	$10,2^{+0,2}$	$10^{+0,05}$	25	ЖС 6К
7	0,25	12	35	$16,2^{+0,3}$	$16^{+0,05}$	30	ЖС26
8	0,3	12	40	$20,3^{+0,05}$	$20^{+0,05}$	20	ЖС32

- а) рассчитать машинное время обработки;
- б) установить точность полученного отверстия (соответствие допуску);
- в) представить графики, отражающие изменение радиуса отверстия и допуска на его размер во времени. В случае необходимости найти время обработки, обеспечивающее требуемый допуск
- г) рассчитать падение давления на рабочем участке гидравлической цепи с учетом местных сопротивлений (входной и выходной участки)
- д) оценить погрешность формы в продольном сечении, учитывая нагревание электролита и (или) газовыделение
- е) выполнить эскиз оснастки или схему наладки с основными размерами.

**Задача 4. Операция электрохимического фрезерования.** Обработать плоскость на длине  $L$  плоским электродом-инструментом длиной  $L_{и}$  (рис. 5), перемещающимся с постоянной подачей  $v_{и}$ . Параметры режима обработки в табл. 14.

Таблица 14

Исходные данные к задаче 4

Вариант	Подача, $v_{и}$ , мм/мин	$a_0$ , мм	$U$ , В	$L$ , мм	$L_{и}$ , мм	Материал	Время, $t_{м}$ , мин
1	5	0,2	15	30	30	12X18H10T	6
2	8	0,3	12	40	40	BT20	5
3	10	0,15	10	50	40	ЖС-26	5
4	12	0,2	8	48	24	X17H2	6
5	6	0,4	14	36	18	X13	9
6	9	0,4	15	54	27	X28	6
7	15	0,5	18	75	30	X25T	6
8	16	0,35	12	80	40	BT18	5
9	18	0,35	15	90	45	BT3-1	5

- а) рассчитать и начертить профиль обработанной поверхности, пренебрегая неоднородностью электрического поля;
- б) найти машинное время обработки, при котором плоскость будет обработана равномерно;
- в) спроектировать и начертить оснастку, рассчитать падение давления в рабочей зоне с учетом местных сопротивлений при средней скорости прокачки 25 м/с;
- г) начертить график изменения снятого припуска на участке вблизи входной кромки детали.

**Задача 5. Операция электрохимическая прошивочная.** Вырезать кольцевую заготовку, обеспечив размеры  $D$ ,  $d$  при следующих параметрах режима (рис.6, табл. 15).

## Исходные данные к задаче 5

Вариант	$a_0$ , мм	$U$ , В	$D$ , мм	$d$ , мм	$h$ , мм	$v_{эл}$ , м/с	Материал
1	0,15	12	70	67	5	15	ЖС-32
2	0,25	15	60	57	10	20	ЖС-6У
3	0,30	15	50	47	15	25	X23H10T
4	0,2	15	40	37	5	20	X15H24B4T
5	0,25	18	30	27	10	20	BT9
6	0,3	18	100	97	20	30	BT18У

- а) рассчитать машинное время обработки, считая электрическое поле в торцевом зазоре однородным, боковые поверхности электрода изолированы.  
 б) разработать инструмент и оснастку (эскизы), наладку на операцию  
 в) рассчитать расход электролита и перепад давления, обеспечивающий заданную скорость прокачки электролита с учетом местных сопротивлений

**Задача 6. Операция электрохимическая копировально-прошивочная.** В циклическом режиме копировать рабочие поверхности электродов-инструментов (спинки и корыта) снимая односторонний припуск  $z$  при следующих параметрах режима (табл. 16):

Вариант	$a_0$ , мм	$U$ , В	$S$ , см <sup>2</sup>	$L$ , мм	$T$ , с	$\tau_m$ , с	Материал	Электролит, г/л	Припуск, $z$ , мм
1	0,15	12	80	25	5	3	40X15H7ГФ2	125NaNO <sub>3</sub> +60 NaCl	1
2	0,25	15	90	30	6	4	40X14H14B2M	170NaNO <sub>3</sub> +60 NaCl	0,7
3	0,30	15	100	60	6	5	X23H10T	120NaCl	1,5
4	0,3	12	120	60	8	6	X15H24B4T	125NaNO <sub>3</sub> +60 NaCl	0,5
5									
6									
7									
8									

$S$  – площадь обрабатываемой поверхности (спинка + корыто),  $L$  – длина гидравлического тракта в рабочей зоне,  $T$  – длительность цикла,  $\tau_m$  – длительность обработки в цикле

- а) рассчитать количество циклов и машинное время обработки  
 б) рассчитать падение давления в рабочем канале с учетом местных сопротивлений  
 в) представить эскиз наладки с основными размерами

**Задача 7. Операция электрохимическая прошивочная** цилиндрическим инструментом.

Выполняется прошивка отверстия цилиндрическим инструментом с прокачкой электролита через тело инструмента. Диаметр наружный,  $D$ , диаметр внутренний,  $d$ , боковые цилиндрические поверхности изолированы. Глубина отверстия  $h$ .

Рассчитать время обработки и перепад давления в инструменте при заданной скорости прокачки,  $v_{эл}$  с учетом местных сопротивлений. Рассчитать установившийся зазор и сравнить его с заданным. Представить эскиз наладки и эскиз инструмента.. Параметры режима обработки указаны в табл. 17.

Таблица 17.

Исходные данные к задаче 7.

Вариант	$a_0$ , мм	$U$ , В	$v_{эл}$ , м/с	$h$ , мм	$D$ , мм	$d$ , мм	Материал
1	0,2	10	15	60	40	30	12Х18Н10Т
2	0,25	12	20	70	30	6	ВТ20
3	0,20	15	25	80	20	10	ЖС-26
4	0,25	15	30	90	16	6	12Х18Н10Т
5							
6							
7							
8							