

Энергоустановка

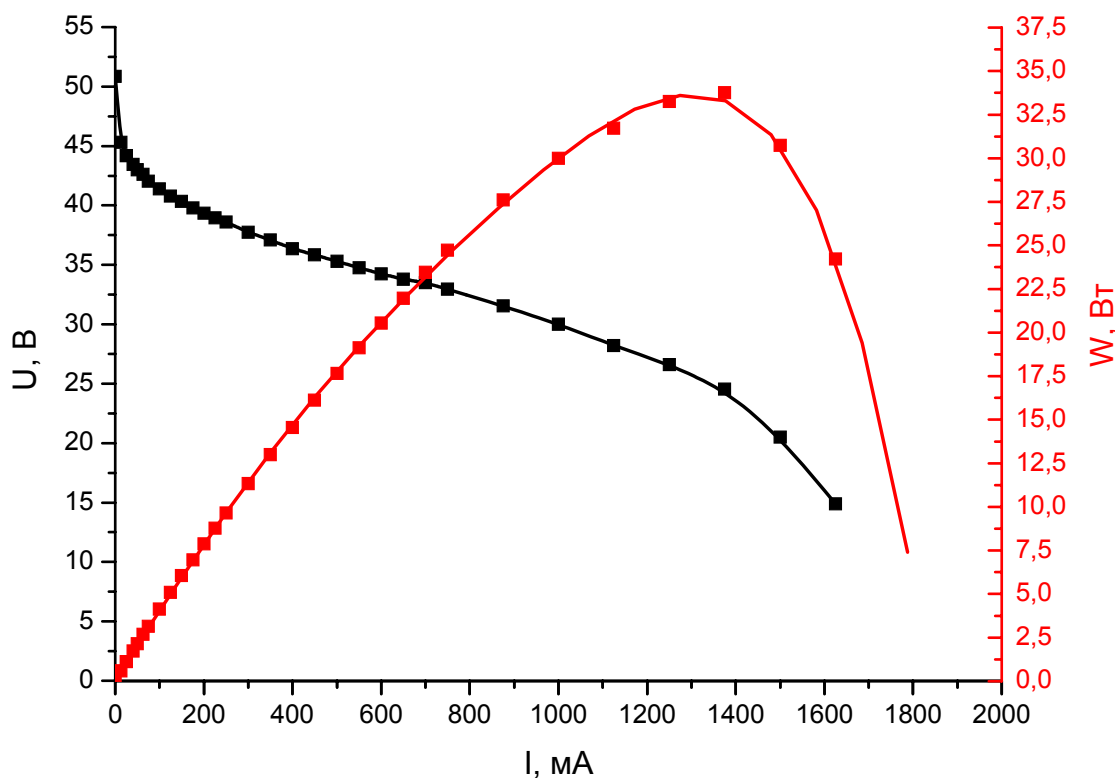
Решение

1. Мощность энергоустановки рассчитываем по формуле: $W=U_i \cdot I \cdot n$, где U_i – напряжение на единичной топливной ячейке, I – сила тока на единичной топливной ячейке, n – количество топливных ячеек. Напряжение пересчитываем по формуле: $U=U_i \cdot n$.

Таким образом, получаем следующие данные:

I, мА	U, В	W, Вт
0	50,85	0
13	45,3	0,5889
25	44,2	1,105
40	43,45	1,738
50	43	2,15
63	42,6	2,6838
75	42,05	3,15375
100	41,4	4,14
125	40,8	5,1
150	40,35	6,0525
175	39,8	6,965
200	39,35	7,87
225	38,95	8,76375
250	38,6	9,65
300	37,75	11,325
350	37,1	12,985
400	36,35	14,54
450	35,85	16,1325
500	35,3	17,65
550	34,75	19,1125
600	34,25	20,55
650	33,8	21,97
700	33,5	23,45
750	32,95	24,7125
875	31,55	27,60625
1000	30	30
1125	28,2	31,725
1250	26,6	33,25
1375	24,55	33,75625
1500	20,5	30,75
1625	14,9	24,2125

Строим зависимость W от I .



Отсюда следует, что максимальная мощность (W_{\max}) энергоустановки соответствует $\approx 33,76$ Вт при токе $I_{\max}=1375$ мА и напряжении $U_{\max}=24,55$ В.

2. Максимально возможную величину напряжения водородно-воздушной топливной ячейки можно рассчитать по формуле: $E^{\circ}(T) = -\Delta G^{\circ}(T) / zF$.

Для реакции $\frac{1}{2}O_2 + H_2 \rightarrow H_2O$ количество перенесенных электронов $z = 2$.

$F = 96500$ Кл/моль – постоянная Фарадея.

Таким образом, $U^{\circ} = -\Delta G^{\circ}_{H_2O(газ)} / (z \cdot F) = 237,3$ кДж/моль / $(2 \cdot 96500$ Кл/моль) = 1,23 В.

3. КПД единичной ячейки рассчитывается по формуле:

$$\eta = \Delta G^{\circ} / \Delta H^{\circ}, \text{ где } \Delta G^{\circ} = -z \cdot F \cdot U^{\circ}$$

при максимальной мощности энергоустановки ток равен $I_{\max}=1375$ мА. При этом напряжение на единичной ячейке $U_{1\max}=0,491$ В. Подставляем все в формулу, получаем:

$$\eta_{\max} = -z \cdot F \cdot U_{1\max} / \Delta H^{\circ} = 2 \cdot 96500 \text{ Кл/моль} \cdot 0,491 / 241800 \text{ Дж/моль} = 0.392 \text{ (39,2\%)}$$

Для обратной задачи надо выразить U .

$$\text{Таким образом, } U_{56\%} = \eta \cdot \Delta H^{\circ} / z \cdot F = 0,56 \cdot 241800 \text{ Дж/моль} / (2 \cdot 96500 \text{ Кл/моль}) = 0,702 \text{ В.}$$

4. По закону Фарадея $Q = z \cdot n \cdot F$, где Q – электрический заряд, z – число электронов в обменной реакции, n – количество вещества.

Продифференцировав это выражение по времени получаем: $dQ/dt = I = z \cdot (dn/dt) \cdot F$. Отсюда $dn/dt = I / (z \cdot F)$.

Для ионизации молекулы водорода требуется 2 электрона, для молекулы кислорода – 4.

Таким образом, для энергоустановки с 50 топливными ячейками при работе в условиях вырабатывания максимума электрической мощности величина потока, считая, что газы находятся при н.у. ($V_m=22,4$ л/моль), должна составить:

$$dn/dt(\text{H}_2, \text{ л/мин}) = 1,375 \text{ А} \cdot 50 \cdot 22,4 \text{ л/моль} \cdot 60 \text{ с} / (2 \cdot 96500 \text{ Кл/моль} \cdot 0,7) = 0,68 \text{ л/мин.}$$

$$dn/dt(\text{O}_2, \text{ л/мин}) = 1,375 \text{ А} \cdot 50 \cdot 22,4 \text{ л/моль} \cdot 60 \text{ с} / (4 \cdot 96500 \text{ Кл/моль} \cdot 0,3) = 0,80 \text{ л/мин.}$$

Но, принимая во внимание, что парциальное давление кислорода в воздухе (1 атм) составляет 0.21 атм, то для воздушного потока выражение будет иметь вид:

$$dn/dt(\text{воздух, л/мин}) = 1,375 \text{ А} \cdot 50 \cdot 22,4 \text{ л/моль} \cdot 60 \text{ с} / (4 \cdot 96500 \text{ Кл/моль} \cdot 0,3 \cdot 0,21) = 3,80 \text{ л/мин.}$$

Скорость генерации воды (г/час) ($M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18$ г/моль) в энергоустановке при работе в условиях вырабатывания максимума электрической мощности можно рассчитать по следующей формуле:

$$dn/dt(\text{H}_2\text{O, г/час}) = 1,375 \text{ А} \cdot 50 \cdot 3600 \text{ с} \cdot 18 \text{ г/моль} / (2 \cdot 96500 \text{ Кл/моль}) = 23,08 \text{ г/час.}$$