

УДК 631.344.8

UDC 631.344.8

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОАКТИВАТОРА ВОДЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**ANALYSIS OF DESIGN PARAMETERS OF ELECTROACTIVATOR OF WATER TO IMPROVE ENERGY CHARACTERISTICS**

Курченко Николай Юрьевич
аспирант
Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Kurchenko Nikolay Yurevich
postgraduate student
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В статье представлены: на основании схемы замещения проанализирована конструкция электроактиватора, установлена зависимость сопротивления в камерах при разных производительностях. Приводится сравнение экспериментальных и теоретических значений сопротивлений

The article presents the analysis of the design of an electro activator on the basis of the equivalent circuit, the dependence of the resistance in the cells at different performance. It also provides a comparison of experimental and theoretical values of resistance

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОАКТИВАТОР ВОДЫ, ЭЛЕКТРОАКТИВАЦИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Keywords: ELECTROACTIVATOR OF WATER, ELECTROACTIVATION OF WATER SOLUTIONS

Активированные растворы воды нашли очень широкое применение во всех сферах деятельности человека ввиду своих уникальных свойств. Это растениеводство, животноводство, птицеводство, пчеловодство, медицина строительство, хозяйственно-бытовые нужды и др. Исследования по применению активированной воды очень интенсивно проводятся как в России, так и за рубежом. Развитые страны, испытывшие уже в полной мере, как достоинства, так и побочные действия химических лекарственных средств, напряженно ищут новые экологически чистые технологии, не вызывающие аллергических осложнений и резистентности (невосприимчивости), не имеющие побочных действий.

Сущность электрохимической активации состоит в том, что разбавленные растворы минеральных солей (к ним относится и обычная питьевая вода) в результате анодной или катодной (униполярной) обработки в диафрагменном проточном электроактиваторе переходит в метастабильное (активированное) состояние, характеризующееся аномальной физико-химической активностью. Полученные растворы (католитилианолит) применяют вместо традиционно используемых растворов специальных химических реагентов. Католит, имея выраженную щелочную реакцию и Eh,

равный -800 мВ, обладает восстановительными свойствами и при взаимодействии с биологическими молекулами выступает в качестве донора электронов. Анолит, имея кислую реакцию и E_h , равный $+300$ мВ, проявляет окислительные свойства. При обработке тканей анолитом электрический потенциал на их внешней стороне возрастает, а при обработке катодом или смесью катода и анода снижается. Анолит при контакте с клеточной мембраной порождает протон-движущую силу (ПДС), направленную внутрь клеток, а катод и смесь катода и анода – противоположного направления.

Предлагаемая установка для электроактивации воды представляет собой устройство полустационарного типа, работающее в постоянном режиме и обслуживаемое одним оператором. Поток воды попадая в полость приобретает змеевидную направленность, благодаря особой конструкции.

Из анализа литературных источников по видам конструкции электроактиватора, можно заключить, что они представляют собой в первую очередь проточный нагреватель жидкости. Все основные расчеты по активатору можно вести на основе расчета проточного нагревателя. Энергия, затраченная из электрической сети, уходит на нагрев воды с одновременной диссоциацией молекул. В результате увеличивается температура жидкости на выходе активатора и изменяется уровень водородного показателя (отдельно в каждой камере активатора). В связи с этим электроактиватор представим в виде проточного электроводонагревателя межэлектродное пространство которого разделено диафрагмой. Схема замещения электроактиватора представлена на рисунке 1.

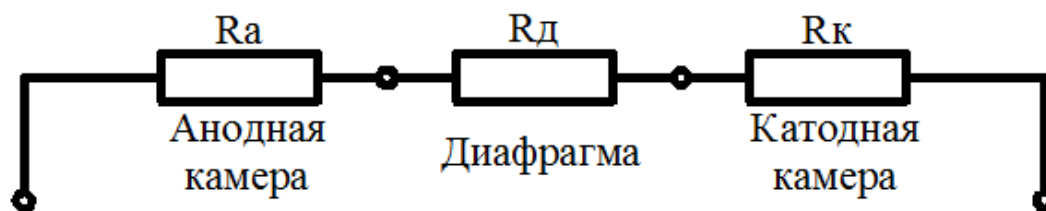


Рисунок 1 – Электрическая схема замещения электроактиватора

С учетом такой схемы замещения проводить анализ электроактиватора будет удобнее, анализируя каждую камеру и диафрагму в отдельности.

Из литературы по расчету водонагревателя [2] известно:

$$P = \frac{Q \cdot \rho_{ж} \cdot c \cdot (t_k - t_n)}{h_n}, \quad (1)$$

где Q - производительность активатора, м³/с; $\rho_{ж}$ - плотность жидкости, кг/м³; c - удельная теплоемкость воды, 4,19 кДж/кг·°С; t_k , t_n - температура соответственно в конце и начале нагрева, °С; h_n - КПД активатора по нагреву, принимается в пределах 0,9-0,98.

Разница температур t_k , t_n это фактически является превышением температуры конечной над начальной. Исходя из этого, можно рассчитать мощность, необходимую для нагрева воды до определенной температуры в каждой камере активатора в ходе его работы.

Рассчитаем мощность необходимую для нагрева воды в анодной камере до 70°С ступенчато увеличивая разность температур от 10°С до 70°С с шагом в 10°С. Расчет мощности проведем при производительности анодной камеры $Q = 80 \text{ л/ч} = 2,22 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{с}$.

Мощность необходимая для нагрева воды на 10°С:

$$P = \frac{Q \cdot r_{ж} \cdot c \cdot (t_k - t_n)}{h_n} = \frac{2,22 \cdot 10^{-5} \cdot 10^3 \cdot 4,19 \cdot 10^3 \cdot (10 - 0)}{0,9} = 1000 \text{Вт}$$

Аналогично рассчитаем мощность для других диапазонов температур, и полученные результаты сведем в таблицу 1.

С возрастанием температуры увеличивается степень диссоциации молекул солей на ионы и их подвижность, вследствие чего проводимость повышается, а сопротивление снижается. Сопротивление воды можно определить по формуле:

$$R_e = r_t \cdot \frac{l}{S}, \quad (2)$$

где l - расстояние от диафрагмы до электрода в камере м; S - площадь сечения канала протекания жидкости м², r_t - удельное сопротивление воды Ом*м.

$$r_t = \frac{1}{y_t} = \frac{r_{20}}{1 + a(t - 20)}, \quad (3)$$

где y_t - проводимость воды температуре воды отличной от 20°C; r_{20} - сопротивление воды при 20°C; a - температурный коэффициент проводимости, равный 0,025 - 0,035 °C⁻¹.

Если принять $a = 0,025$ °C⁻¹, то удельное сопротивление воды определим по формуле:

$$r_t = \frac{40 \cdot r_{20}}{t + 20}, \quad (4)$$

Подставив (4) в (2) получим окончательное выражение для определения сопротивления воды:

$$R_e = \frac{40 \cdot r_{20} \cdot l}{t + 20} \cdot \frac{l}{S} \quad (5)$$

Рассчитаем сопротивление воды при температуре 10°C:

$$R_{e(10)} = \frac{40 \cdot r_{20}}{t + 20} \cdot \frac{l}{S} = \frac{40 \cdot 1600}{10 + 20} \cdot \frac{0,8}{382,7} = 4,46 \text{ Ом}$$

Аналогично рассчитаем сопротивление воды для других диапазонов температур, и полученные результаты сведем в таблицу 1.

Таблица 1 – Зависимость сопротивления воды от подаваемой мощности и изменения температуры в анодной камере

ΔТ, °С	10	20	30	40	50	60	70
Р, Вт	1000	2000	3100	4100	5100	6200	7200
Рв, Ом	4,46	3,34	2,68	2,23	1,91	1,67	1,49

Сопротивление диафрагмы определим из формулы:

$$R_{\delta} = r_{\delta} \cdot \frac{l_{\delta}}{S_{\delta} \cdot a_{\delta}} = \frac{40 \cdot r_{20}}{t + 20} \cdot \frac{l_{\delta}}{S_{\delta} \cdot a_{\delta}}, \quad (6)$$

где r_{δ} - удельное сопротивление диафрагмы

l_{δ} - толщина диафрагмы

S_{δ} - активная площадь диафрагмы

a_{δ} - коэффициент уменьшения естественной площади для жидкости в диафрагме.

Рассчитаем сопротивление диафрагмы при изменении температуры на 10°С:

$$R_{\delta} = \frac{40 \cdot 1600}{10 + 20} \cdot \frac{0,2}{382,7 \cdot 0,666} = 0,74 \text{ Ом}$$

Аналогично рассчитаем сопротивление диафрагмы для других диапазонов температур и полученные данные сведем в таблицу 2.

Таблица 2 – Зависимость сопротивления диафрагмы от температуры

$\Delta T, ^\circ C$	10	20	30	40	50	60	70
Rд, Ом	0,74	0,56	0,45	0,37	0,32	0,28	0,25

Построим графики зависимости сопротивления воды от подаваемой мощности и изменения температуры согласно полученным расчетным данным.

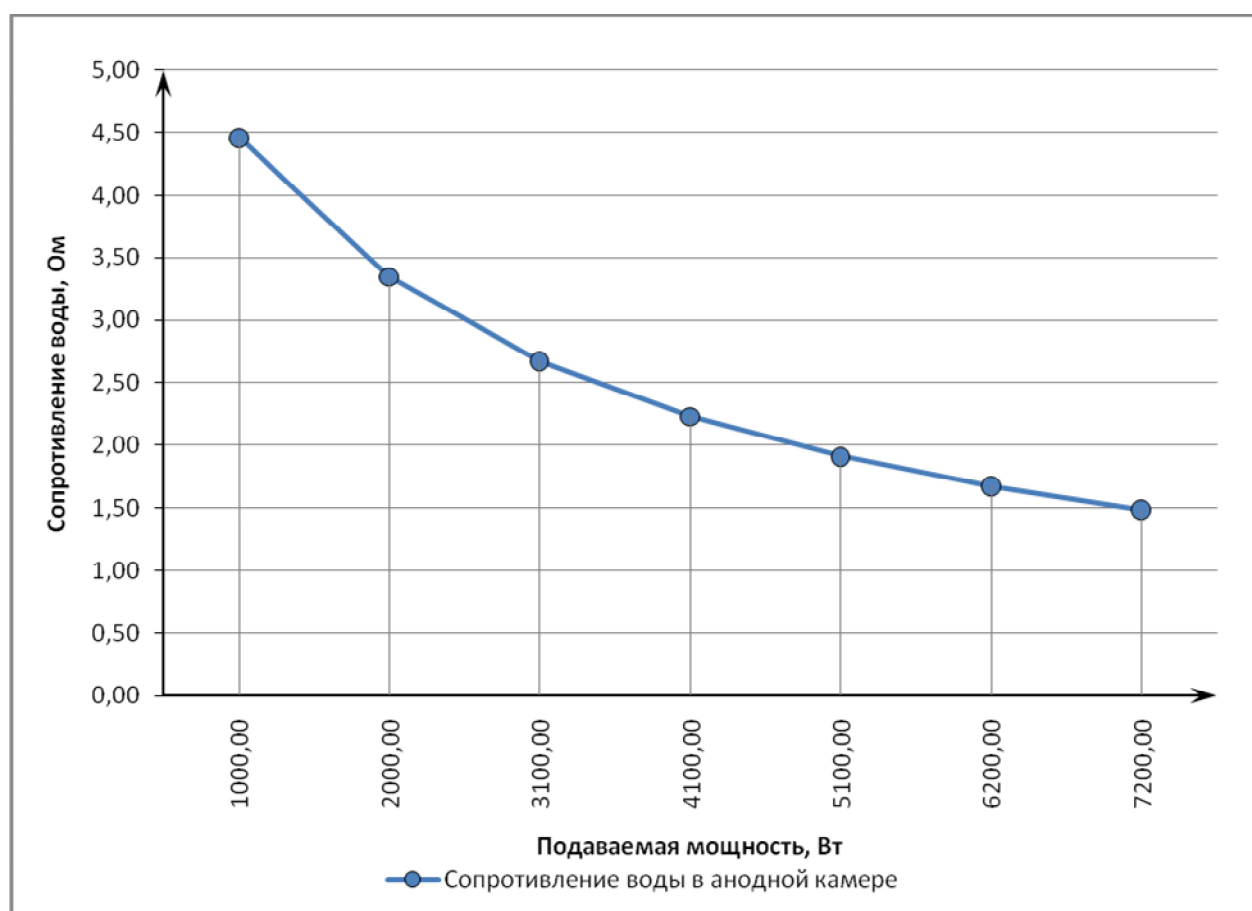


Рисунок 2 – График зависимости сопротивления воды в анодной камере от мощности подаваемой на активатор

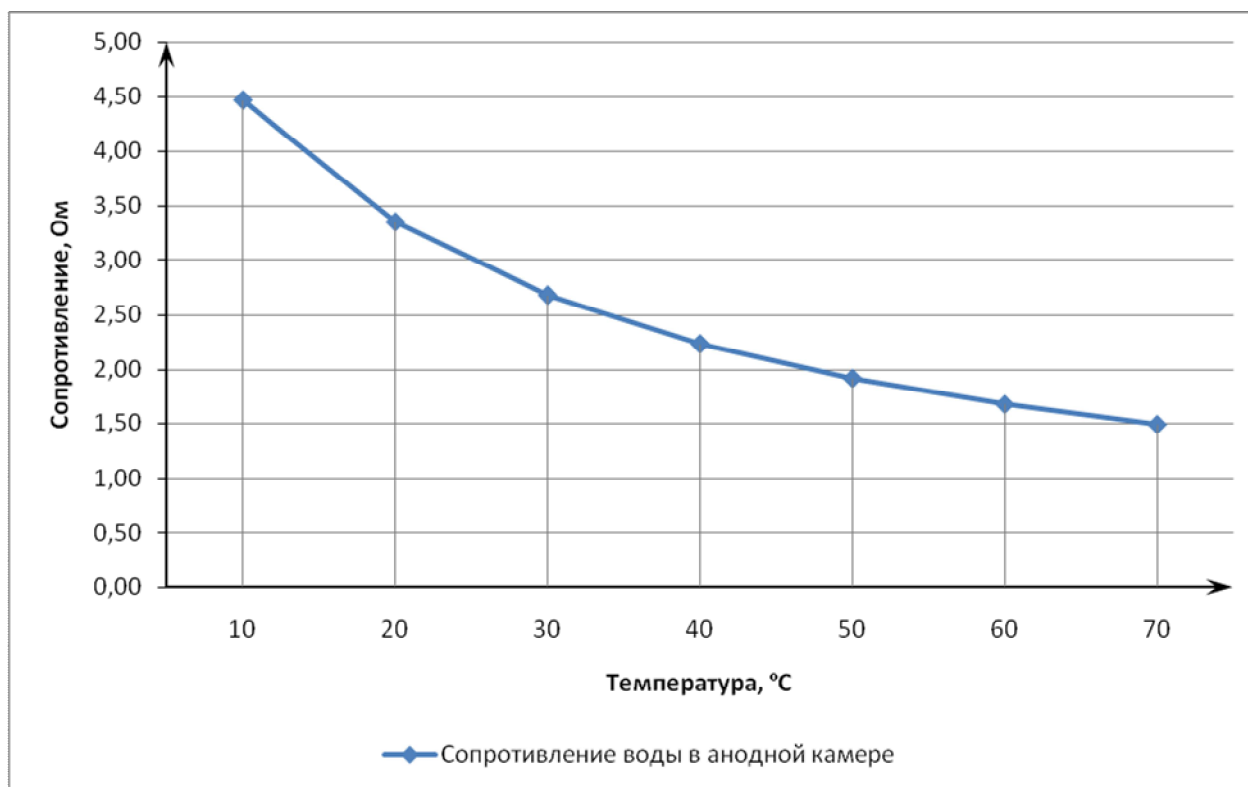


Рисунок 3 – График зависимости сопротивления воды в анодной камере от температуры

Поскольку мы рассматриваем проточный электроактиватор – вода нагревается в ходе движения по каналам отдельных камер. Зная длину канала, мы можем определить, какова будет температура, а соответственно и сопротивление элементарного объема воды при прохождении определенного участка камеры электроактиватора.

Используя выражение (5) рассчитаем сопротивление элементарного объема воды при разных температурах. Полученные результаты сведем в таблицу 3.

Таблица 3 – Зависимость изменения сопротивления элементарного объема воды от изменения температуры и пути пройденного по каналу анодной камеры

T, °C	10	20	30	40	50	60	70
R _{эл} , Ом	26,16	19,62	15,69	13,08	11,21	9,81	8,72
L, см	18,23	36,46	54,69	72,92	91,15	109,38	127,61

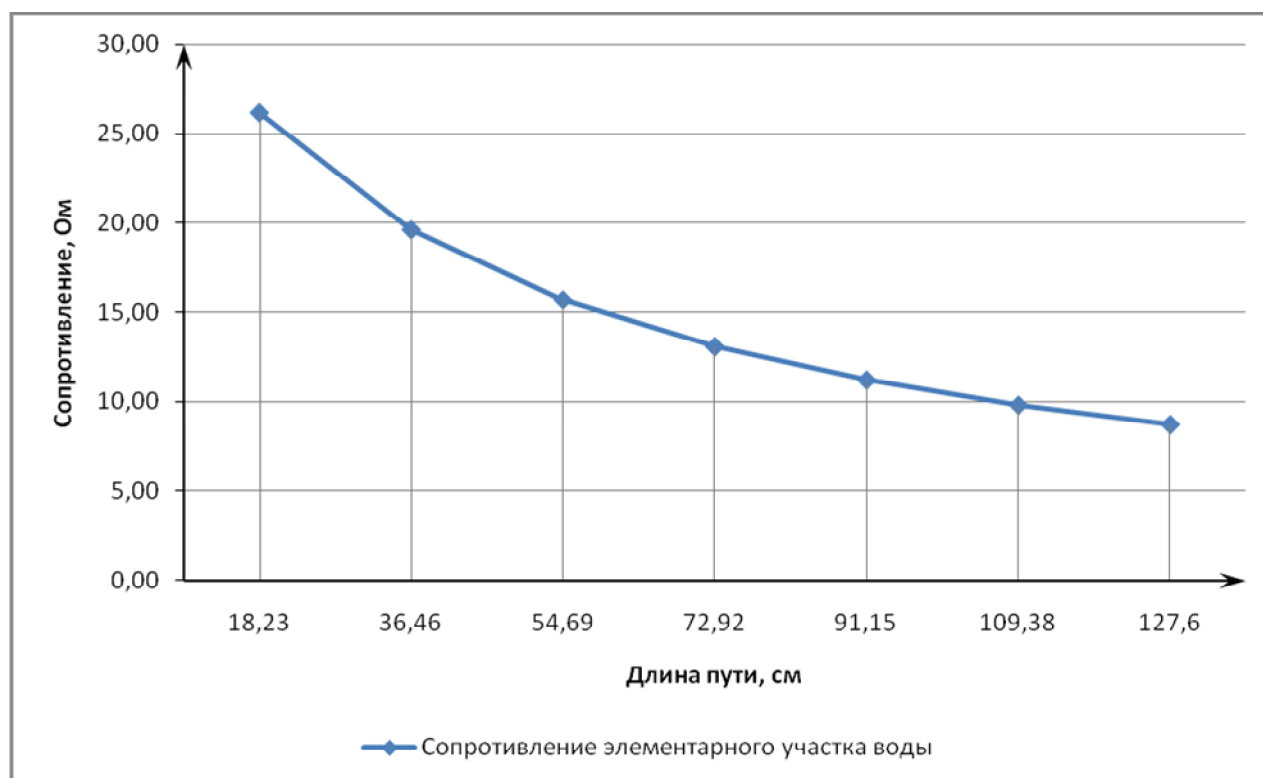


Рисунок 4 – График зависимости сопротивления элементарного объема воды от пути пройденного по каналу анодной камеры

Используя вышеприведенные формулы рассчитаем зависимости сопротивления и в катодной камере. Так как производительности камер отличаются, расчет катодной камеры проведем для производительности $Q = 60 \text{ л/ч} = 1,67 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{с}$. Полученные данные сведем в таблицу 4.

Таблица 4 – Зависимость сопротивления воды от подаваемой мощности и изменения температуры

$\Delta T, ^\circ C$	10	20	30	40	50	60	70
P, Вт	780	1550	2300	3100	3900	4670	5450
Rв, Ом	4,46	3,34	2,68	2,23	1,91	1,67	1,49

Используя данные таблицы 4 можно построить графики зависимости сопротивления воды от подаваемой мощности и изменения температуры. Поскольку производительности анодной и катодной камер отличаются, будут отличаться и графики зависимости сопротивления воды от подаваемой на активатор мощности. Графики зависимости сопротивления воды от температуры, а также зависимости сопротивления элементарного объема воды от пути, пройденного по каналу катодной камеры, будут совпадать.

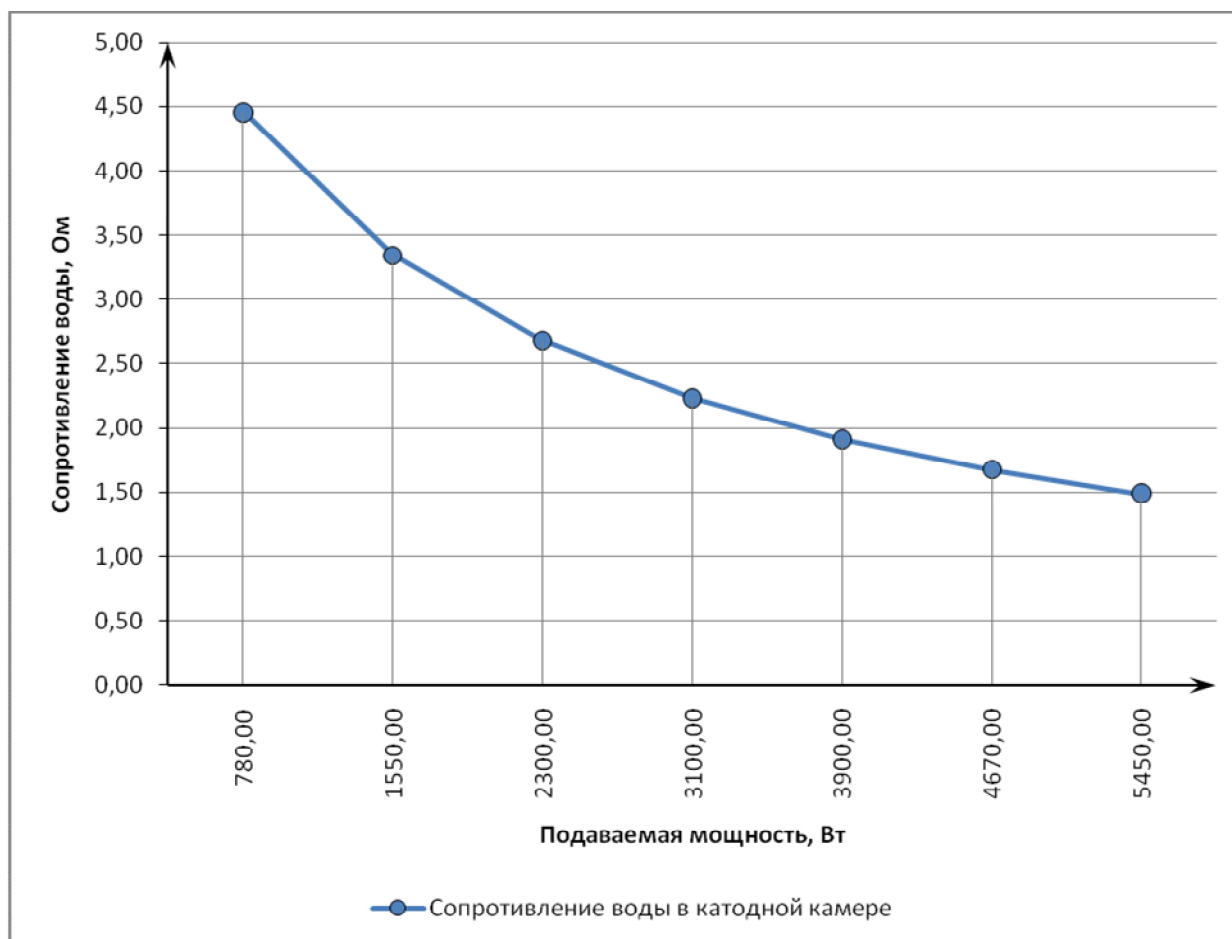


Рисунок 5 – График зависимости сопротивления воды в катодной камере от мощности подаваемой на активатор

После получения теоретических зависимостей провели эксперимент. Целью эксперимента было получить действительное сопротивление камер электроактиватора, графики зависимости сопротивления от мощности, подаваемой на активатор, а так же от температуры. Для этого был изготовлен макетный образец однофазного электроактиватора (рис.6). Активная площадь электродов которого, составила $S_{акт} = 382,7 см^2$, длина пути активации – $L_{общ} = 127,6 см$. Подключение макетного образца активатора было произведено по гидравлической схеме (рис.7).

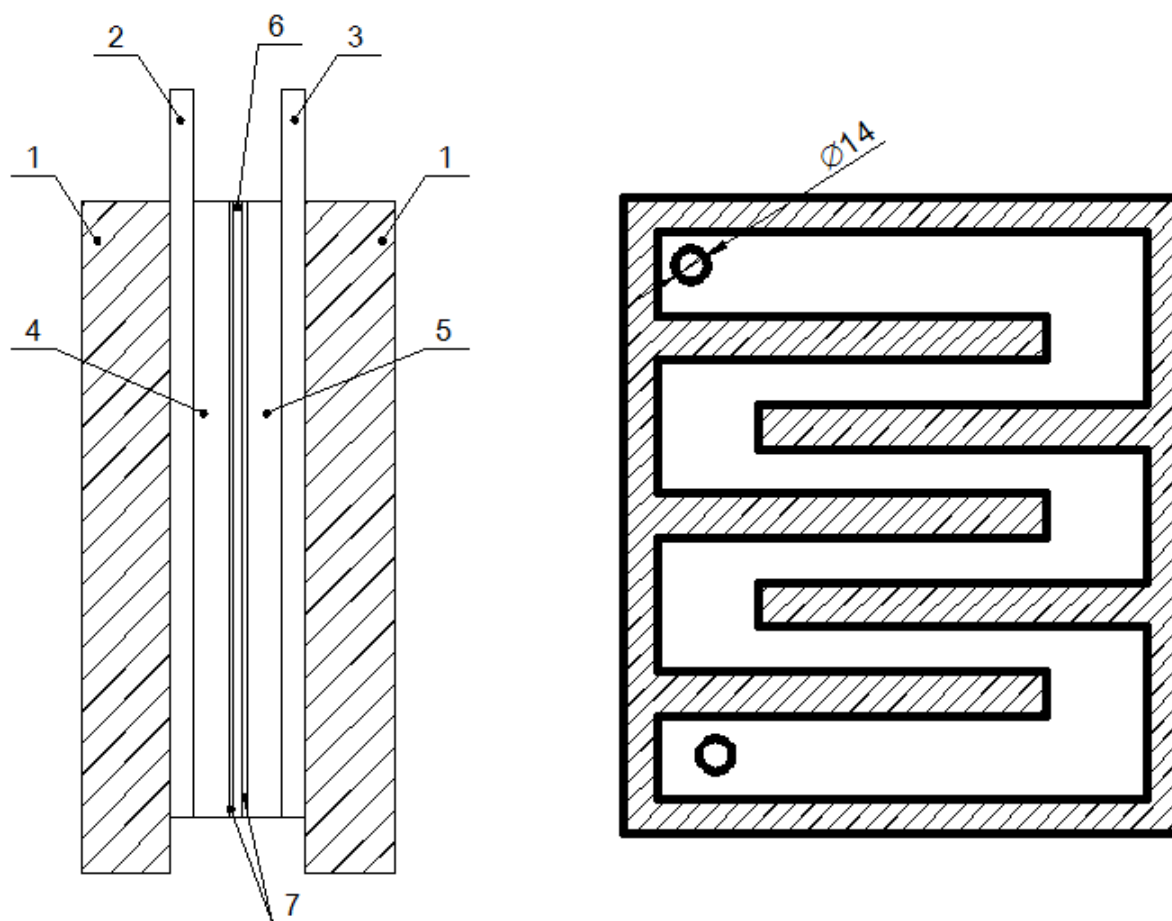


Рисунок 6 – Конструкция макетной модели однофазного активатора (1 – текстолит; 2 – электрод (анод); 3 – электрод (катод); 4 – анодная каме-

ра; 5 – катодная камера; 6 – диафрагма; 7 – сетка (по обеим сторонам диафрагмы для измерения напряжения)

Вода через расходомер и два индивидуальных вентиля подается в две камеры активатора. С помощью входных вентиля осуществляется регулировка подачи исходной воды. На выходе из анодной камеры установлен расходомер для фиксации производительности активатора по анолиту.

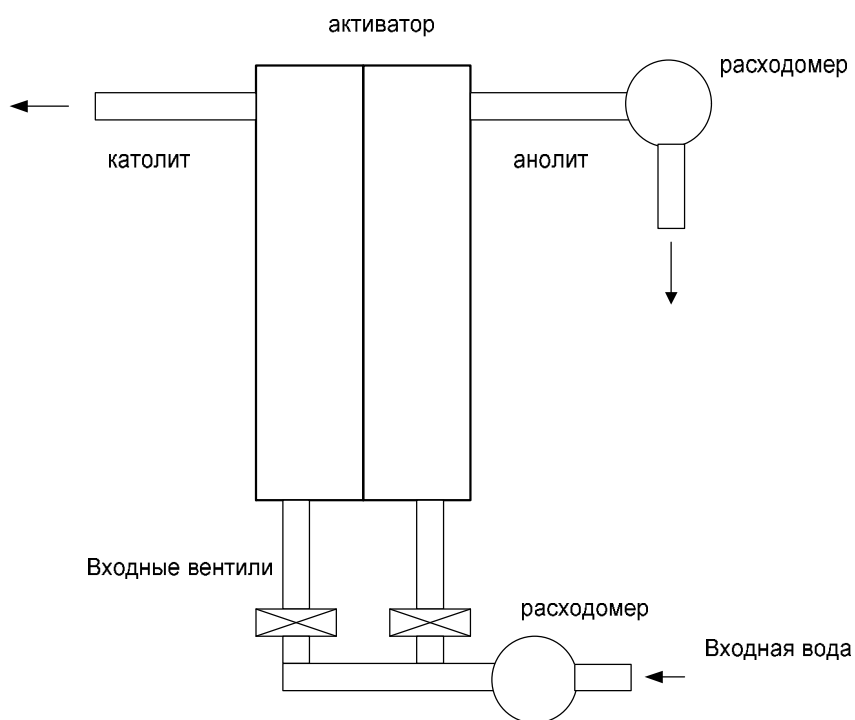


Рисунок 7 – Гидравлическая схема экспериментальной установки

Необходимые приборы по контролю электрических параметров и система управления были помещены в отдельный корпус (рис.8) и подключены по принципиальной электрической схеме (рис.9).

С помощью выключателя SA1 производится подача напряжения на установку. Переменное напряжение 220 В поступает через твердотельное реле KA1 на выпрямительный мост UZ1. Выпрямленное напряжение подается на активатор A1. С помощью переключателя SA2 производится подача напряжения на блок питания UZ2, на выходе которого имеется переменный резистор R1. Переменным резистором R1 можно регулировать ток

управления твердотельного реле КА1. Контроль тока и напряжения, поступающие на активатор производится амперметром РА1 и вольтметром РV1. Значения температуры жидкости, а также контроль водородного показателя определяются прибором Аквилон. Напряжение падающие на камерах активатора и на диафрагме замеряется дополнительным вольтметром.

Эксперимент проводился по следующей методике:



Рисунок 8 – Макетный образец электроактиватора и система управления

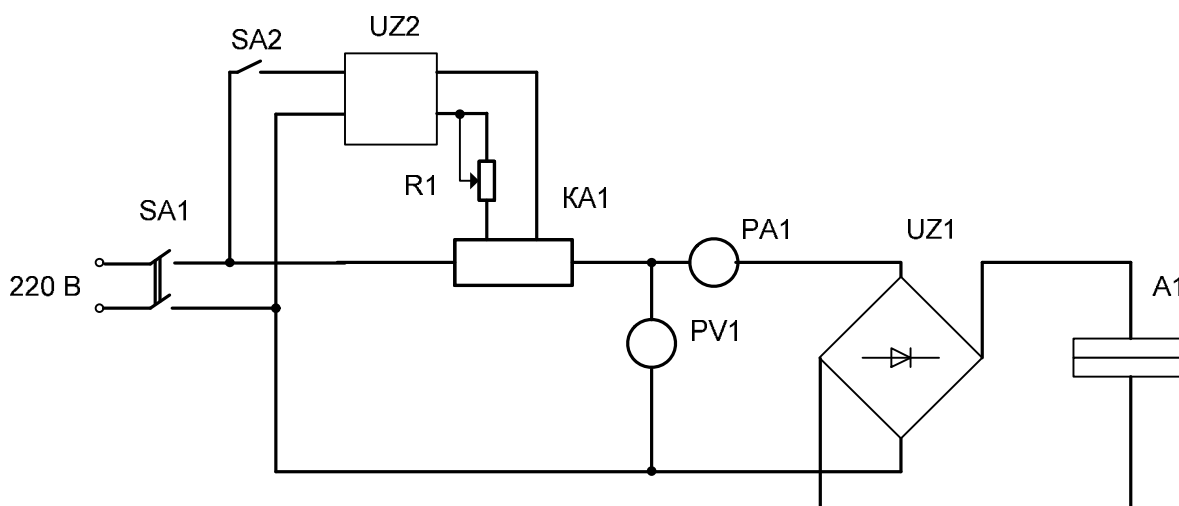


Рисунок 9 – Принципиальная электрическая схема экспериментальной установки

Включить установку выключателем SA1 и подать напряжение на цепь управления реле KA1 через SA2. С помощью резистора R1 подать ток управления, с учетом того что общий потребляемый ток (по амперметру PA1) составит 6А. Дождаться установившегося режима. Зафиксировать: производительность, значение водородного показателя и температуры по анолиту и католиту, показания амперметра PA1 и вольтметра PV1, замерить падение напряжения на диафрагме и камерах активатора. Далее необходимо увеличивать общий потребляемый ток до 20 ампер с шагом в 2 ампера и при увеличении тока на каждые 2 ампера фиксировать все вышеперечисленные параметры. Полученные результаты сводим в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты эксперимента

Ивх, А	6	8	10	12	14	16	18	20
Uвх, В	40	60	78	85	103	116	135	160
Uа, В	20	29	38	42	50	60	70	80
Uк, В	12	19	22	28	31	36	40	45
Uд, В	3	4	5	6	7	9	11	20
Tа, °С	23,2	23,4	24,3	28	31,2	34	37,8	41,5
pНа	6,88	6,76	6,52	6,35	5,97	5,73	5,35	4,48
Tк, °С	22,6	24	25,4	27,1	29,2	31	35,1	35,2
pНк	9,68	10	10,27	10,49	10,7	10,77	10,84	10,95

С помощью полученных результатов можем построить вольт-амперные характеристики электроактиватора и каждой его камеры (рис. 10). Так же можем определить зависимость водородного показателя от величины подаваемого тока (рис. 11).

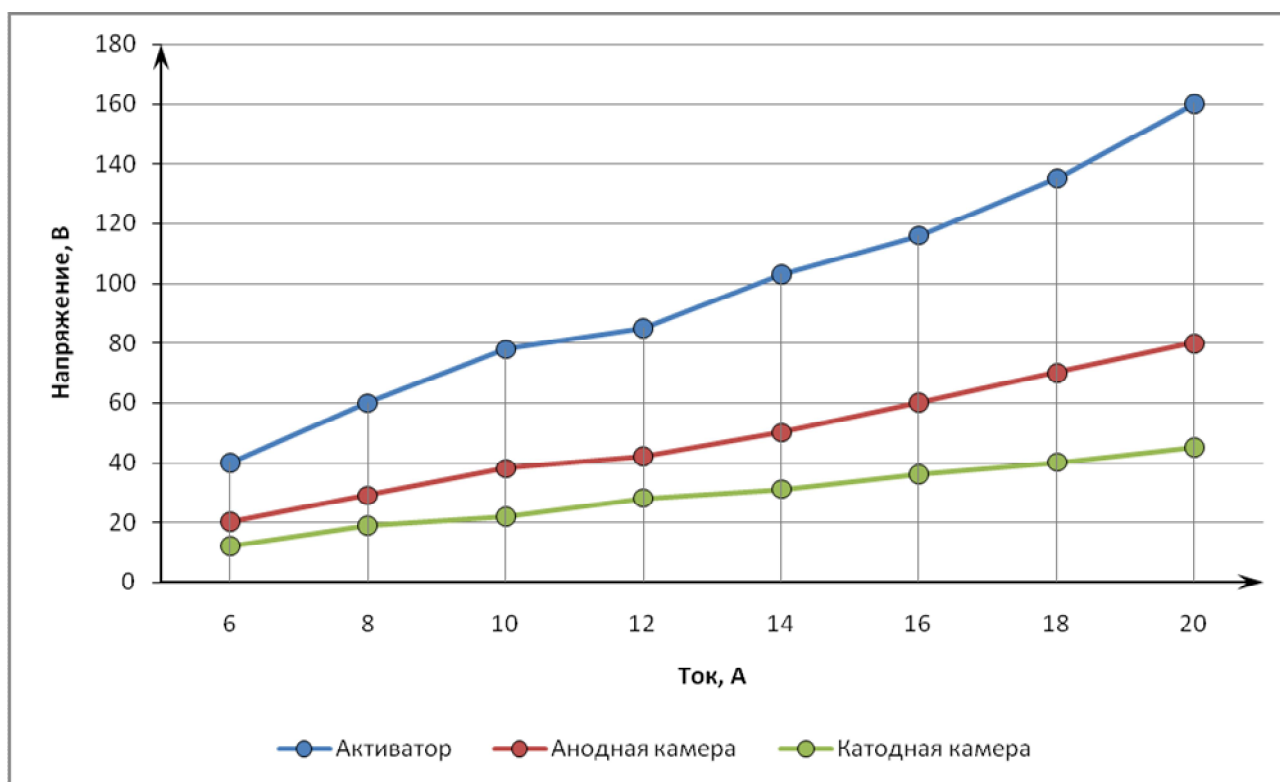


Рисунок 10 – Вольт-амперные характеристики электроактиватора и его камер

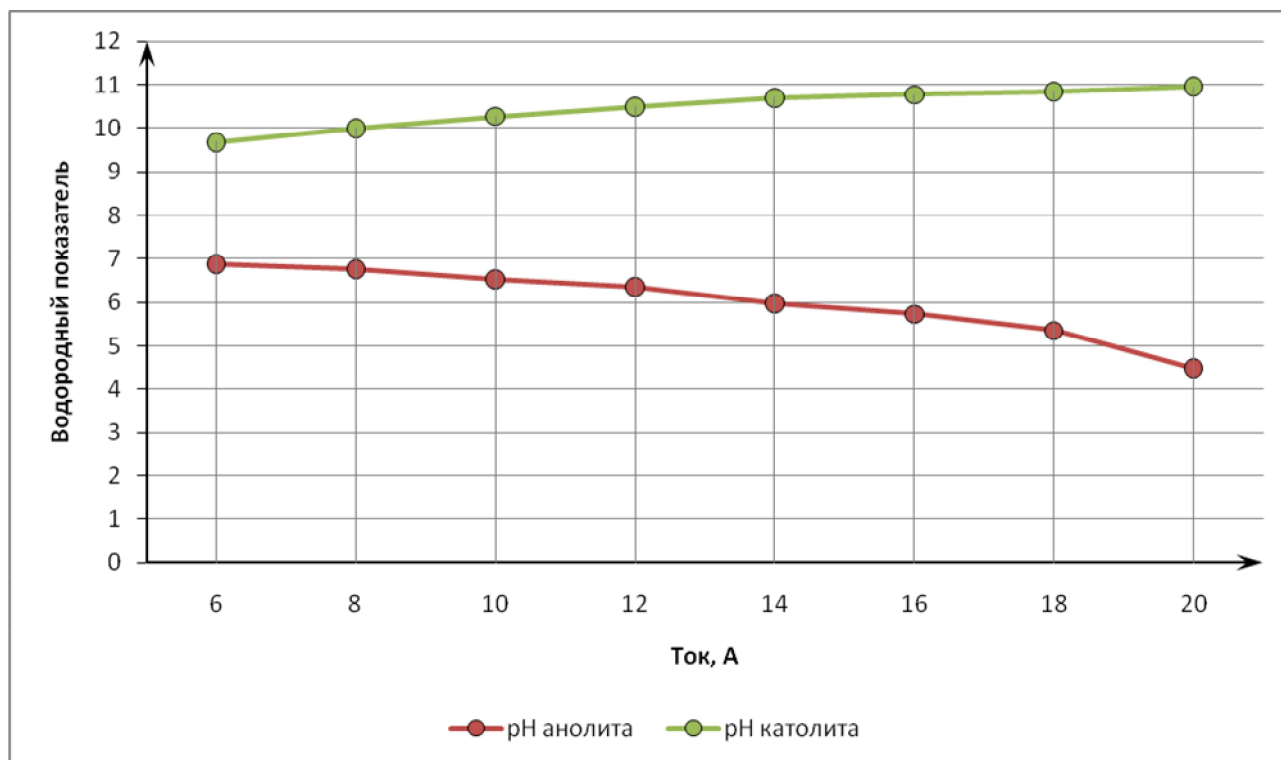


Рисунок 11 – Зависимость водородного показателя от величины подаваемого тока

Используя результаты эксперимента можно рассчитать сопротивление камер электроактиватора и сопротивление диафрагмы. Сопротивление камер рассчитаем по закону Ома.

$$R = \frac{U}{I} \quad (7)$$

Также мы можем оценить распределение мощности по камерам активатора:

$$P = \frac{U \cdot I}{h} \quad (8)$$

Пользуясь формулами (7) и (8) рассчитаем необходимые параметры, и полученные данные сведем в таблицу 6.

Таблица 6 – Расчетные данные сопротивления и мощности электроактиватора, его камер и диафрагмы.

Робщ, Ом	6,67	7,50	7,80	7,08	7,36	7,25	7,50	8,00
Ра, Ом	3,33	3,63	3,8	3,50	3,57	3,75	3,89	4,00
Рк, Ом	2,00	2,38	2,2	2,33	2,21	2,25	2,22	2,25
Рд, Ом	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,56	0,61	1,00
Робщ, Вт	266,67	533,33	866,67	1133,33	1602,22	2062,22	2700,00	3555,56
Ра, Вт	133,33	257,78	422,22	560,00	777,78	1066,67	1400,00	1777,78
Рк, Вт	80,00	168,89	244,44	373,33	482,22	640,00	800,00	1000,00
Рд, Вт	20,00	35,56	55,56	80,00	108,89	160,00	220,00	444,44

Используя полученные значения, построим графики зависимости сопротивления анолита и католита от подаваемой мощности и температуры.

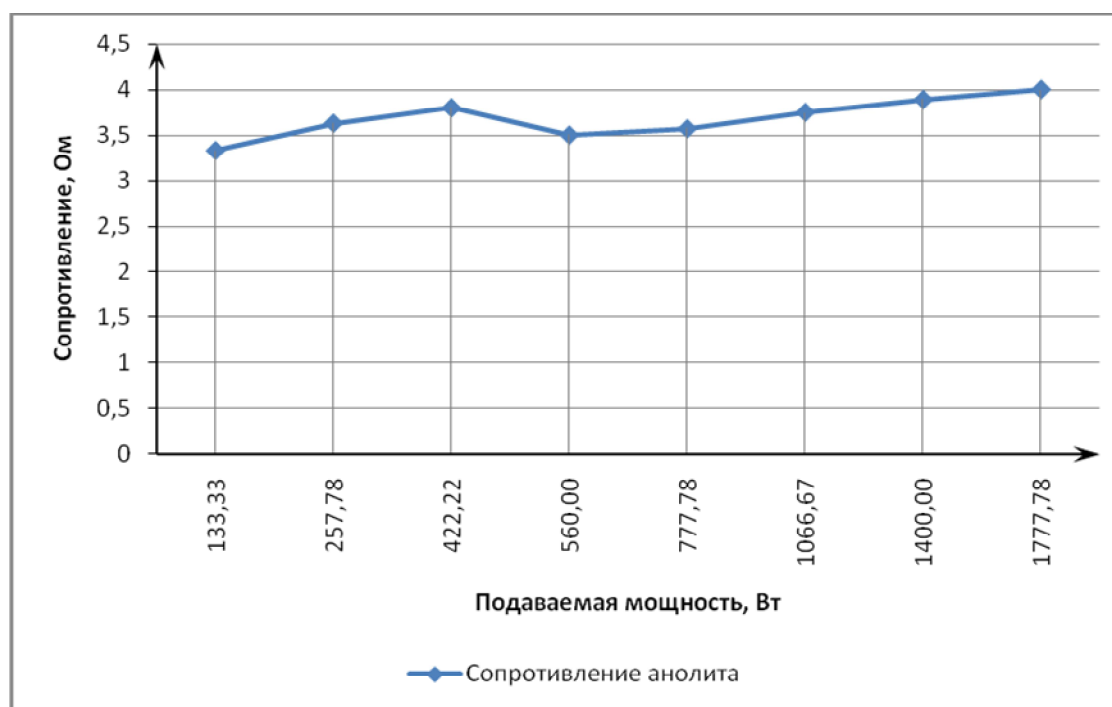


Рисунок 12 – График зависимости сопротивления анолита от подаваемой мощности

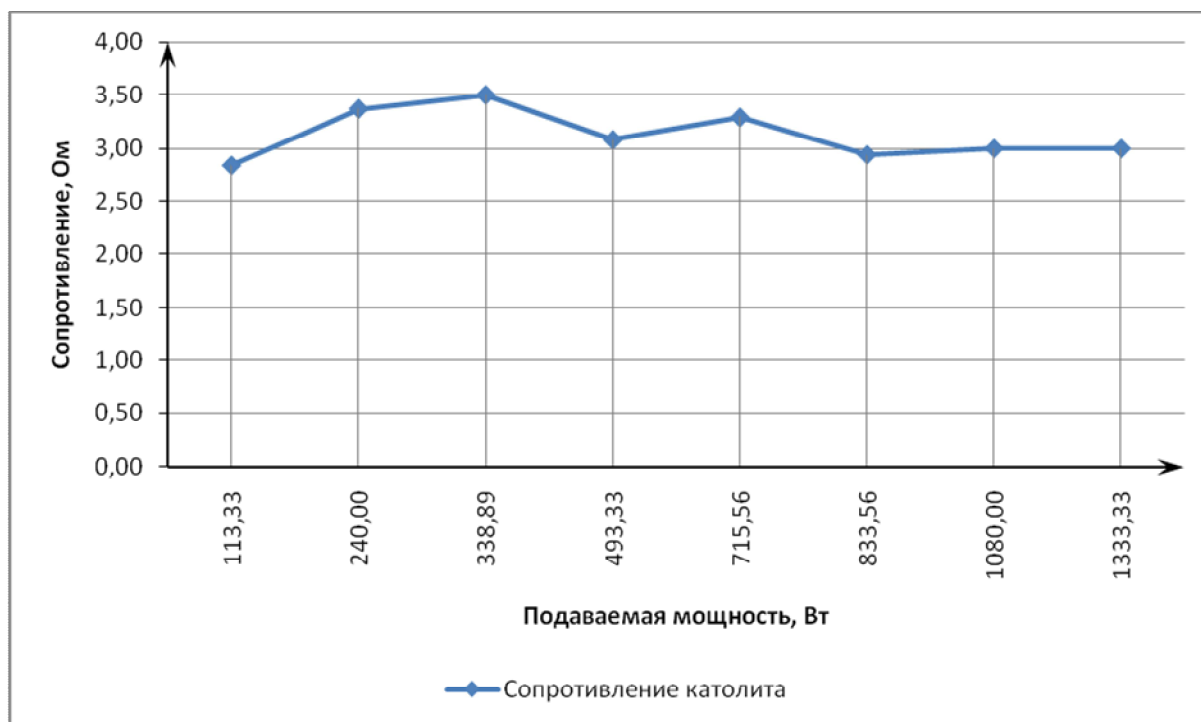


Рисунок 13 – График зависимости сопротивления католита от подаваемой мощности

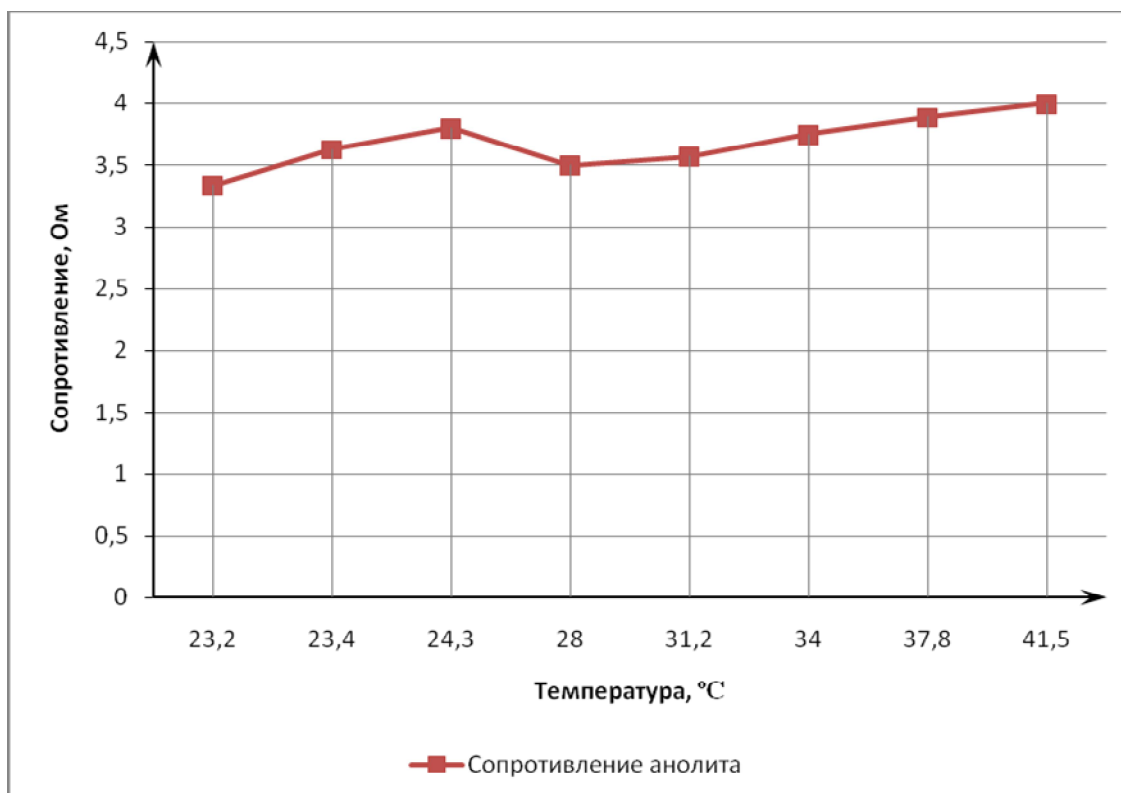


Рисунок 14 – График зависимости сопротивления анолита от температуры жидкости

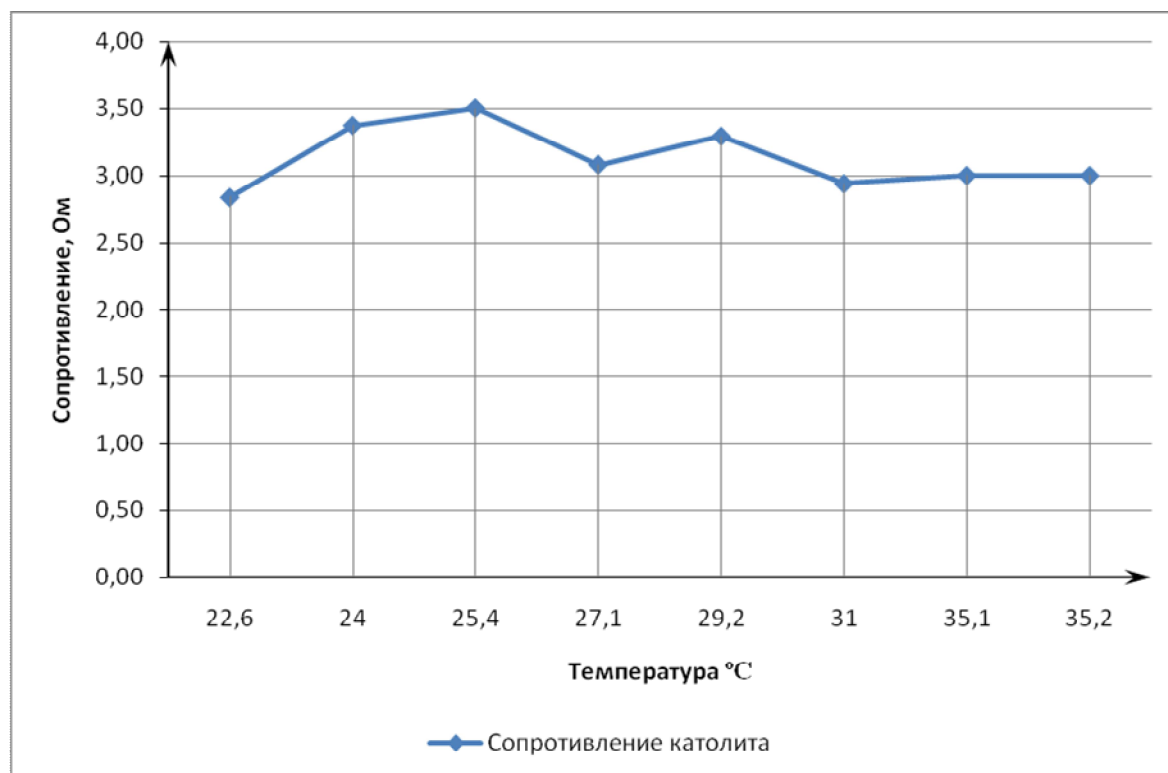


Рисунок 15 – График зависимости сопротивления католита от температуры жидкости

Проведя теоретические расчеты, и имея результаты экспериментов, можем построить графики изменения сопротивления от температуры и сравнить теоретические расчеты с результатами экспериментов.

В результате сравнения мы определили, что графики отличаются. Согласно теоретическим расчетам сопротивление анолита уменьшается при увеличении температуры, а по результатам эксперимента сопротивление увеличивается. Это связано с тем, что сопротивление воды уменьшается с увеличением температуры только до наступления газообразования, интенсивность которого зависит от давления и плотности тока в электродах. Пар не является проводником тока, поэтому сопротивление анолита растет.

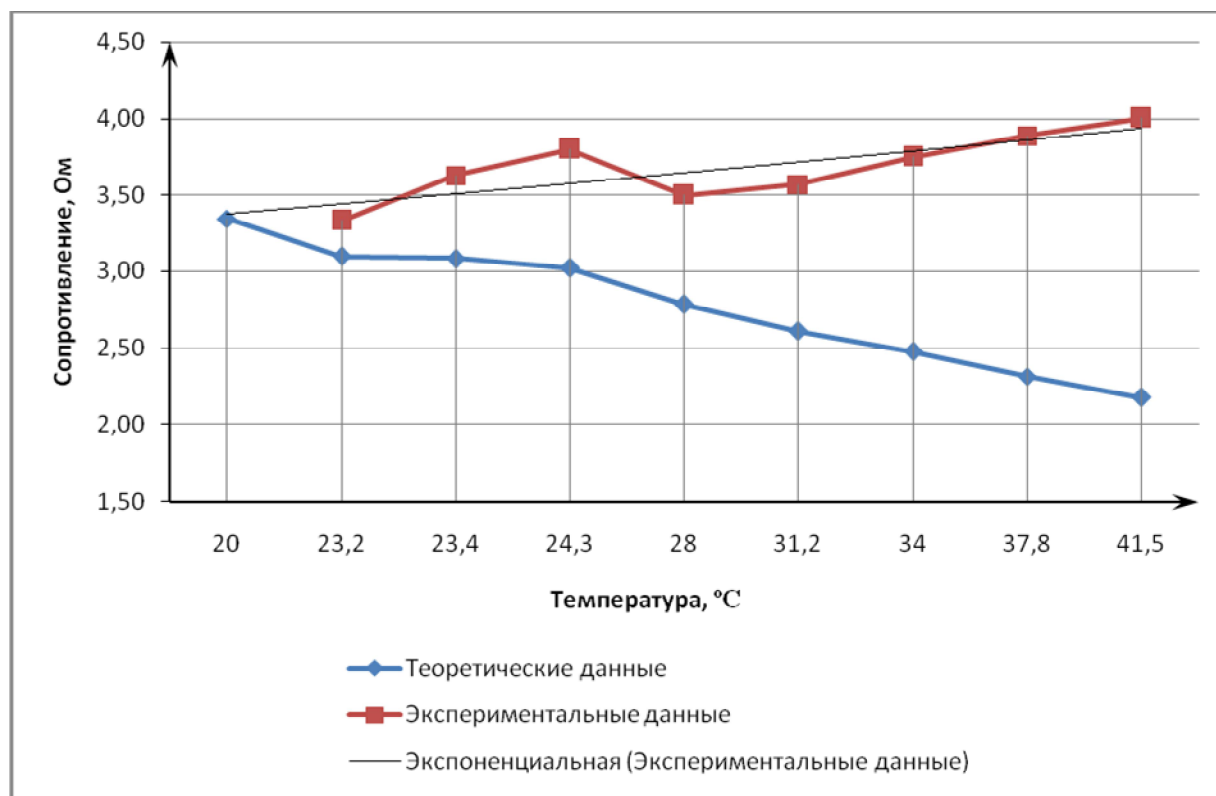


Рисунок 16 – График сравнения теоретических и экспериментальных данных изменения сопротивления анолита

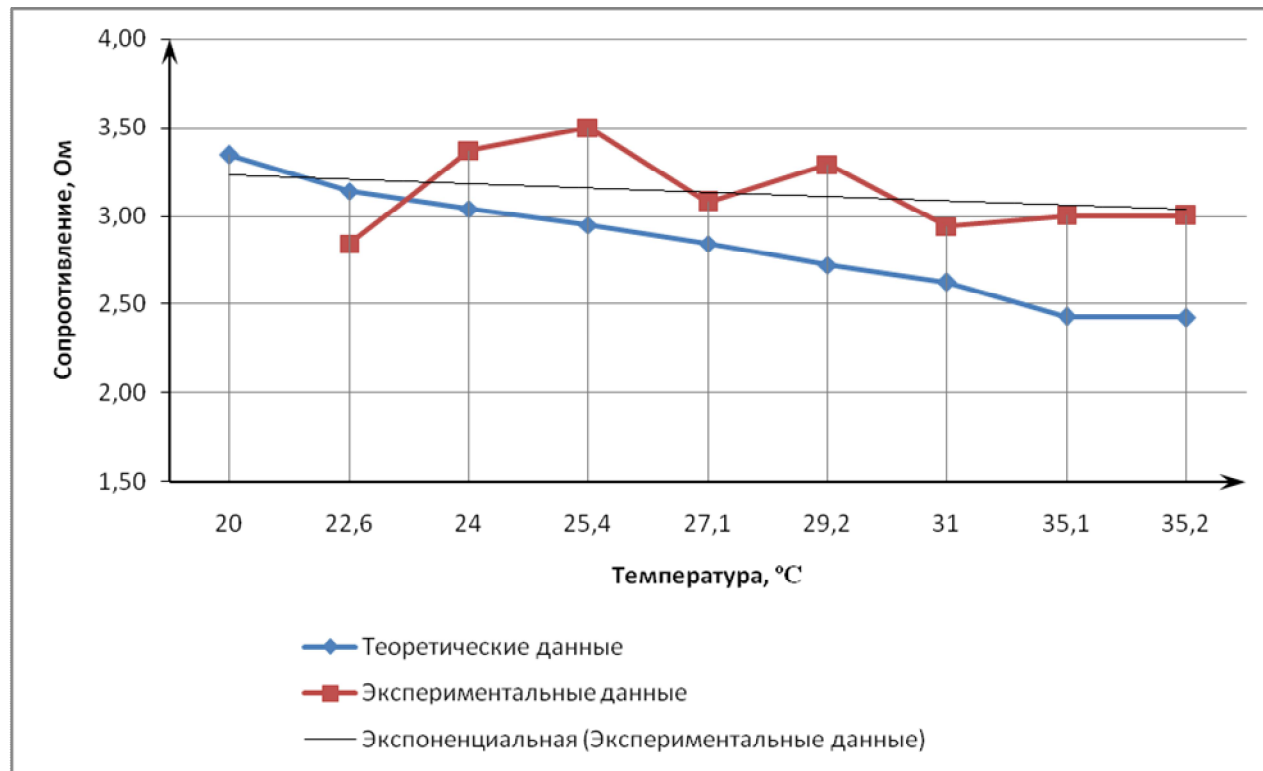


Рисунок 17 – График сравнения теоретических и экспериментальных данных изменения сопротивления католита

С помощью полученных графиков можем сравнить как отличаются результаты экспериментов от теоретических расчетов. Результаты сравнения сведем в таблицы 7 и 8. Поскольку на изменение сопротивления жидкости в камерах электроактиватора влияет процесс газообразования, то анализируя полученные данные можем определить коэффициент газообразования, который в дальнейшем можно будет использовать для теоретических расчетов сопротивления анолита и католита. Коэффициент определим следующим образом:

$$k = \frac{R_{\text{э}}}{R_{\text{т}}}, \quad (9)$$

Результаты расчетов по анолиту внесем в таблицу 7, а по католику – в таблицу 8.

Таблица 7 – Сравнение теоретических расчетов и экспериментальных значений сопротивления анолита

Температура раствора, °С	23,2	24,2	28	31,2
Теоретическое сопротивление, Ом	3,11	3,06	2,8	2,55
Экспериментальное сопротивление, Ом	3,45	3,55	3,6	3,07
Коэффициент газообразования	1,11	1,16	1,29	1,45

Таблица 8 – Сравнение теоретических расчетов и экспериментальных значений сопротивления католита

Температура раствора, °С	22,6	24	29,2	31
Теоретическое сопротивление, Ом	3,2	3,1	2,7	2,6
Экспериментальное сопротивление, Ом	3,24	3,22	3,15	3,07
Коэффициент газообразования	1,01	1,04	1,17	1,18

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании предложенной схемы замещения была проанализирована конструкция электроактиватора.

2. Установлено: при изменении температуры в отдельных камерах сопротивление будет меняться неодинаково при разных производительностях.

3. На основе анализа формул расчета водопаронагревателей установили, что процесс газообразования, возникающий в камерах электроактиватора при определенной температуре влияет на сопротивление воды.

4. Необходимо создать экспериментальную модель и провести экспериментальные исследования при разных производительностях и разных токах для получения действительного сопротивления камер электроактиватора и его вольт-амперных характеристик.

5. Экспериментальным путем были определены зависимости сопротивления растворов от температуры.

6. Проведено сравнение теоретических расчетов и экспериментальных значений сопротивления и введен коэффициент газообразования.

Библиографический список

1. О.А. Пасько «Активированная вода и её применение в сельском хозяйстве». Издательство ТПУ, Томск 2000г., с 132
2. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия.- М.: Высшая школа,1984.-518 с.
3. Оськин С.В. «Повышение экологической безопасности сельскохозяйственной продукции. Механизация и электрификация сельского хозяйства» №5, 2011, с.21-23.
4. Оськин А.С., А.С. Оськин, Н.Ю. Курченко «Использование электротехнологического способа получения консерванта для кукурузного силоса.» Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы 4-й Всерос. науч.-практ. конф. молод. ученых.-Краснодар: КубГАУ, 2010, с.418-420.

References

1. O.A. Pas'ko «Aktivirovannaja voda i ejo primenenie v sel'skom hozjajstve». Izdatel'stvo TPU, Tomsk 2000g., s 132
2. Antropov L.I. Teoreticheskaja jelektrohimiya.- M.: Vysshaja shkola,1984.-518 s.
3. Os'kin S.V. «Povyshenie jekologicheskoy bezopasnosti sel'skohozjajstvennoj produkcii. Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva» №5, 2011, s.21-23.
4. Os'kin A.S., A.S. Os'kin, N.Ju. Kurchenko «Ispol'zovanie jelektrotehnologičeskogo sposoba poluchenija konservanta dlja kukuruznogo silosa.» Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: materialy 4-j Vseros. nauch.-prakt. konf. molod. uche-nyh.-Krasnodar: KubGAU, 2010, s.418-420.