

УДК 631.344.8

UDC 631.344.8

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОАКТИВАТОРА**ENGINEERING TECHNIQUES FOR DEFINITION OF PARAMETERS MEASURES OF AN ELECTRO-ACTIVATOR**

Оськин Сергей Владимирович
д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 2746-7547

Oskin Sergey Vladimirovich
Dr.Sci.Tech., professor
SPIN- code: 2746-7547

Курченко Николай Юрьевич
ассистент
РИНЦ SPIN-код: 8688-8320
Kalya1389@gmail.com

Kurchenko Nikolay Yurevich
assistant
SPIN- code: 8688-8320
Kalya1389@gmail.com

Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В статье представлена инженерная методика расчета параметров электроактиватора. Разработана инженерная методика расчета электроактиватора с улучшенными эксплуатационными показателями, позволяющая уменьшить трудоемкость расчетов при проектировании и включающая определение критического режима работы электроактиватора, при котором наступает процесс пассивации. Предложены схема автоматизированного управления электроактиватором на основании функциональной и электрической принципиальной схем. Одним из преимуществ полученной модели расчета электроактиватора является выявление возможности автоматизации процесса управления и поддержания стабильного режима работы. Сила тока на электроактиваторе может регулироваться в зависимости от производительности. Автоматическое поддержание производительности и регулировка производительности по камерам возможна благодаря автоматическим клапанам с аналоговым регулятором. При повышении температуры или превышении тока выше необходимого значения возможна сигнализация и полное отключение установки. Применение датчиков температуры, pH, электропроводности и расходомеров возможны; возможна и реализация централизованного сбора информации и разработки алгоритма управления. Контроль и обслуживание электроактиватора может быть полностью автоматизировано при оснащении средствами промышленной автоматизации. Также на основании предложенной инженерной методики расчета возможна разработка программного продукта. Что позволит проводить компьютерное моделирование при проектировании электроактиваторов

The article presents an engineering method for defining electro-activator parameters. We have developed an engineering method for calculating an electro-activator with improved performance that can reduce the complexity of the design calculations and include a critical mode of the electro-activator at which the process leads to passivation. We have proposed an automated management scheme based on electro-activator functional and electrical schematics. One of the benefits of the resulting model of calculations of an electro-activator is to identify a possibility of automating the process of managing and stable operation. The current in the electro-activator can be adjusted depending on performance. Automatic maintenance of performance and capacity control for the benefit of the cameras is possible, giving an automatic valve with an analog controller. When the temperature rises above or current exceeds the desired value, we can face signaling and a complete shutdown of the installation. The use of temperature sensors, pH, conductivity and flow can be implemented, as well as centralized information collection and development of the control algorithm. Monitoring and maintenance of an electro-activator can be fully automated with the equipment of industrial automation. Also, on the basis of the proposed engineering method for calculating, it is possible to develop a software product. That will allow designing computer simulation when planning an electro-activator

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОАКТИВАТОР ВОДЫ, ЭЛЕКТРОАКТИВАЦИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ, ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Keywords: ELECTRO-ACTIVATOR OF WATER, ELECTRO-ACTIVATION OF WATER SOLUTIONS, ENGINEERING CALCULATION

В ходе проведения многочисленных исследований было доказано, что для улучшения экологической безопасности и улучшения качества рабочего раствора возможно применение инновационных электротехнологий, в частности применение электроактиватора [1,3,4].

Для изучения параметров и режимов электроактиватора была представлена система, включающая в себя электроактиватор, рабочий раствор, сорную растительность и рассмотрена подсистема «Электроактиватор», математическая модель которой описывается системой уравнений (1)

(1)

Полученные уравнения системы (1) описывают параметры раствора на выходе из электроактиватора и его режим работы. Первое уравнение системы определяет степень опреснения воды на выходе относительно исходной минерализации. Второе уравнение позволяет определить температуру выходного раствора при заданной производительности, степени опреснения и учитывает при этом коэффициент газообразования. Третье уравнение позволяет произвести расчет коэффициента концентрирования без использования номограмм, что значительно упрощает процедуру расчета. Четвертое уравнение получено для расчета водородного показателя при заданном токе и производительности. Пятое уравнение системы позволяет производить расчет тока, который необходим для опреснения воды до нужной степени. Так же это уравнение позволяет рассчитать критический ток, при превышении которого начнется активное газовыделение. Уравнение позволяет определить эффективный режим управления с оптимальными энергозатратами. Энергические параметры так же учитывает предложенная математическая модель. Они отражены в пятом и шестом уравнениях системы (1) и позволяют при заданном режиме работы определить мощность электроактиватора и расход электрической энергии, что очень важно при определении экономической эффективности.

Исходя из анализа математической модели электроактиватора и в зависимости от режимных и конструктивных параметров появилась возможность получения номограмм (рис. 1-3) для уменьшения трудоемкости при решении инженерной задачи построения электроактиватора для источников воды с различным минеральным составом и получения необходимого объема раствора.

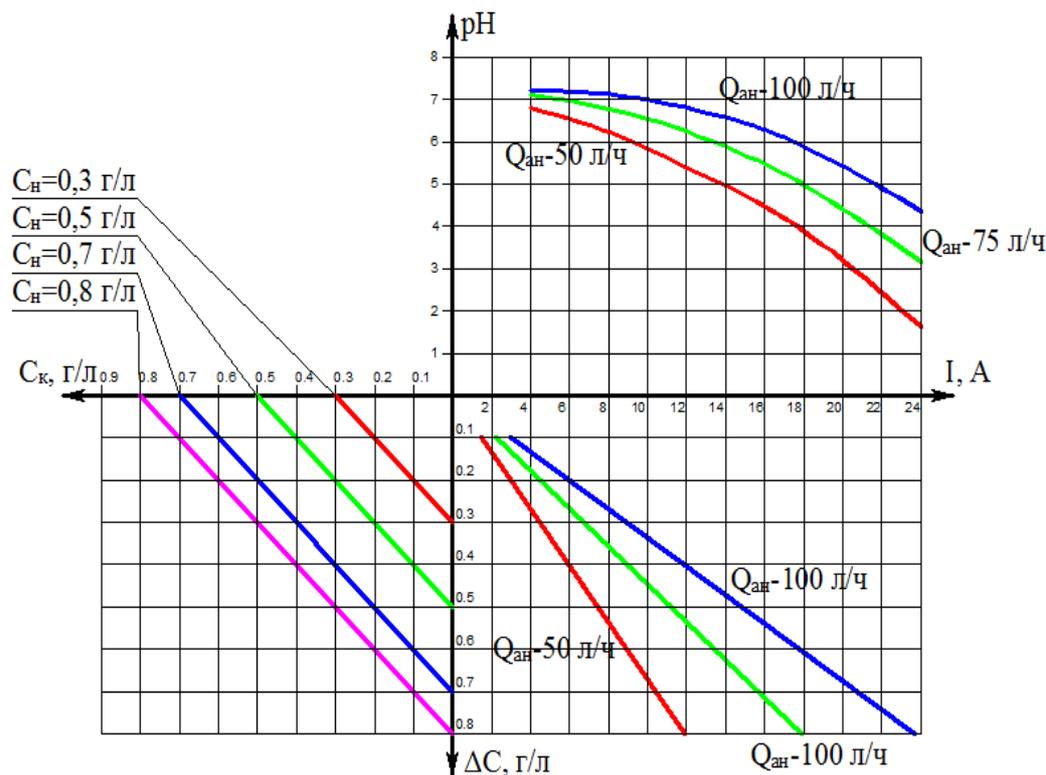


Рисунок 1.- Номограмма зависимости рН раствора от тока и конечной минерализации при различной производительности и начальной минерализации

Данная номограмма позволяет определить ток для необходимого обессоливания раствора при различной производительности установки и графически определить уровень кислотности при заданном режиме работы. Существенным достоинством данной номограммы так же является возможность определения эффективного диапазона воздействия тока при нужной степени обессоливания. Данное достоинство позволит графически определить границы режима управления тока при приближении показателя

степени минерализации к нулю и избежать превышения затрат электроэнергии и увеличению коэффициента газонаполнения.

Номограмма (рис 2.16) позволяет определить температуру раствора на выходе из камеры при различной электропроводности и конечной минерализации и известной температуре исходной воды. Так же график позволяет убедиться в возможности регулирования температуры меняя коэффициент производительности d .

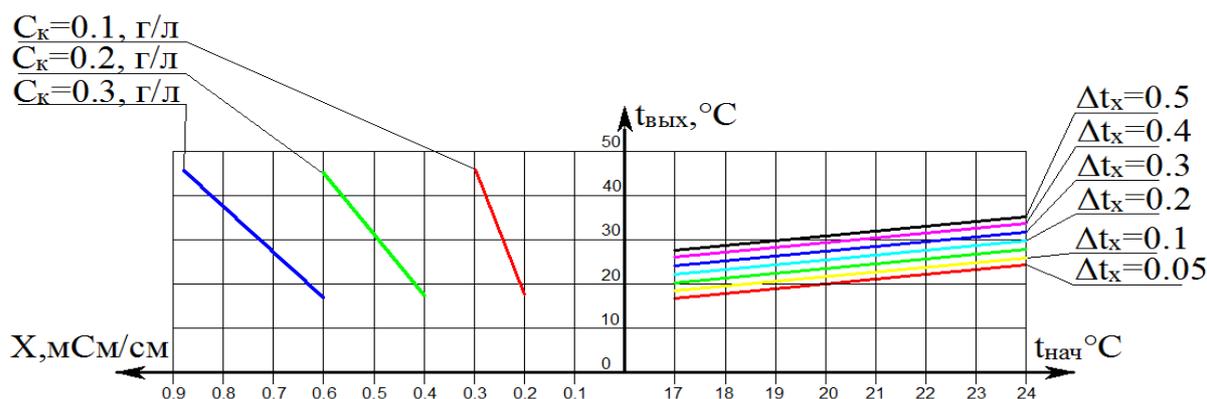


Рисунок 2.- Номограмма зависимости электропроводности от начальной температуры и температуры электролита на выходе из камеры при различных коэффициентах смещения температуры и конечной минерализации

Для получения энергетических характеристик согласно математической модели получена номограмма (рис. 2). Исходя из полученной электропроводности, при известном токе задав геометрические размеры канала протекания раствора через конструктивный параметр K_k возможно определить сопротивление камеры, что в свою очередь позволяет найти величину мощности на камере. При заданной производительности далее возможно графически определить затраты электроэнергии для производства 1 литра анолита.

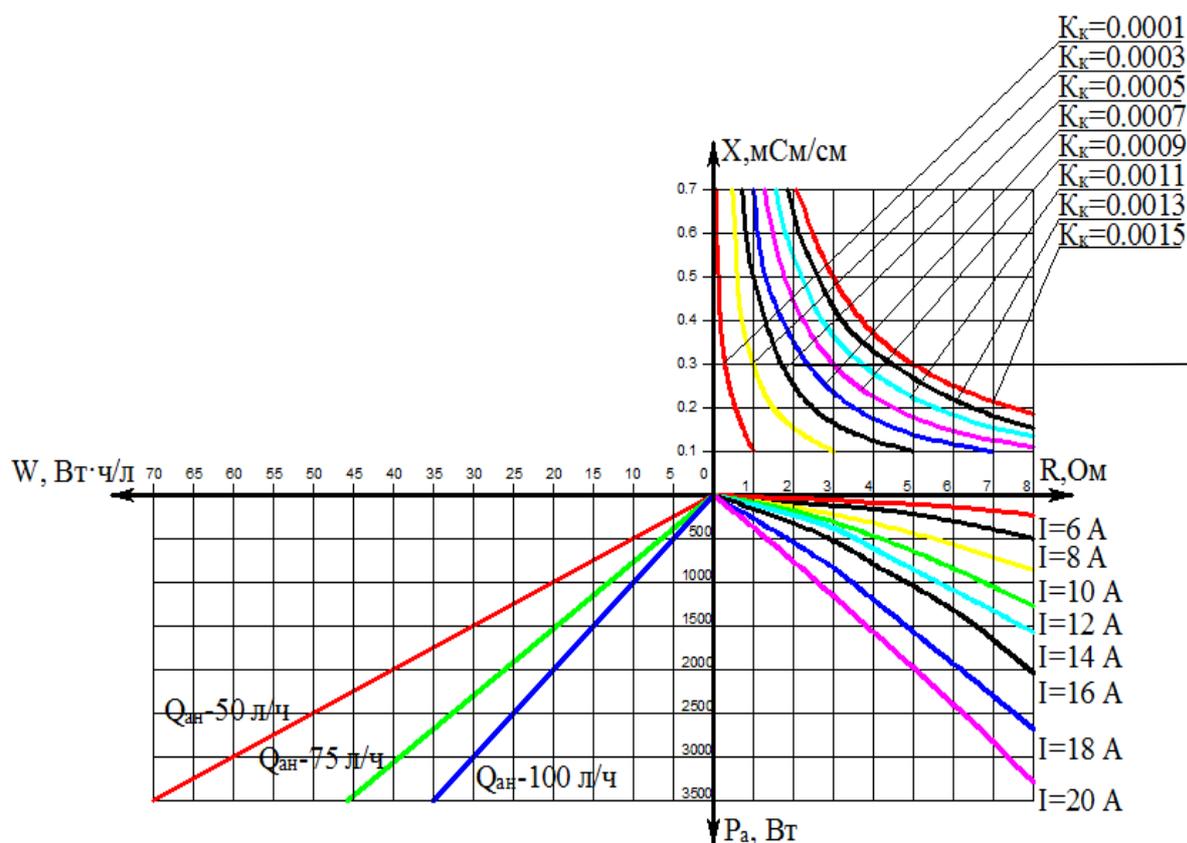


Рисунок 3.- Номограмма зависимости электропроводности, сопротивления и расхода электроэнергии при различных токах, конструктивных параметрах и производительности.

В результате графического анализа была получена следующая методика:

1. *Необходимо определить тип используемого гербицида. В зависимости от этого препарата установить соответствующие требования к качеству воды на выходе из камеры анолита. Для примера работы с методикой примем гербицид Раундап, принадлежащий к группе глифосат. Требования к качеству рабочего раствора для данного препарата: $\text{pH} = 6 \div 7; C_k = 0,15 \text{ г/л}; t_{\text{вых}} = 25^\circ\text{C}$*

2. *Определяется необходимый объем рабочего раствора, задается время обработки и производительность активатора. Предположим, площадь земель отводимых в хозяйстве под обработку гербицидом составляет 50 га. Время для проведения работ – 14 дней. Расход рабочего раство-*

ра 150 л/га. Следовательно, необходимо подготовить: 7500 литров анолита. В день необходимо получить 535 л. Предположим обработка будет происходить в утренние и вечерние часы, значит достаточная производительность по анолиту будет составлять $Q_{ан}=50\div75$ л/ч.

3. *Определить параметры воды из источника, который будет использоваться для приготовления рабочего: водородный показатель, минеральный состав (Ca, Mg, Na, SO₄, HCO₃, Cl), электропроводность, температура.* Данный анализ может произвести химическая лаборатория, либо самостоятельно с помощью лабораторных приборов. Возьмем следующие данные предположительного анализа воды (табл.1).

Таблица 1.- Данные анализа воды

Характеристики	Водопроводная вода г.Краснодар
Ca ²⁺ , мг-экв/л	3,0
Mg ²⁺ , мг-экв/л	1,8
Na ⁺ , мг-экв/л	1,2
HCO ₃ ⁻ , мг-экв/л	2,58
Cl ⁻ , мг-экв/л	1,1
SO ₄ ²⁻ , мг-экв/л	8,5
Общая минерализация, мг/л	420
Удельная электропроводность, мСм/см	0,75
pH	8,3

4. *Определить по выражению (2.8) коэффициент концентрирования K_c.* При заданной характеристике воды коэффициент концентрирования будет равен:

$$K_c = 1,0223 \cdot \exp[1,823 \cdot 0,413 \cdot (\ln[3] + \ln[8,5]) + 3,713 \cdot (-0,31 \cdot \ln((3 + 1,8 + 8,5 + 0,5 \cdot 1,2 + 2,58 + 1,1) \cdot 10^{-3})) + 0,013] = 5,23$$

5. *По номограмме (рис. 2.15) при заданной производительности определяется ток, необходимый для достижения нужных параметров и далее переходя по номограмме (рис. 2.15) определяется уровень водород-*

ного показателя при заданном режиме. Для принятых параметров получено значение (рис.2.18): $I = 6,2$ А, значение водородного показателя при этом 6,8. Кроме того область 1 и 2 (рис.2.18) показывает графически область управления. Анализируя полученные данные, можно сделать заключение, что при необходимости изменения концентрации возможно производить регулирование тока, либо производительности в пределах зоны 2 (рис. 2.18). При выходе из этого диапазона режим работы будет неэффективен, т.к. основная часть энергии будет затрачена на газообразование.

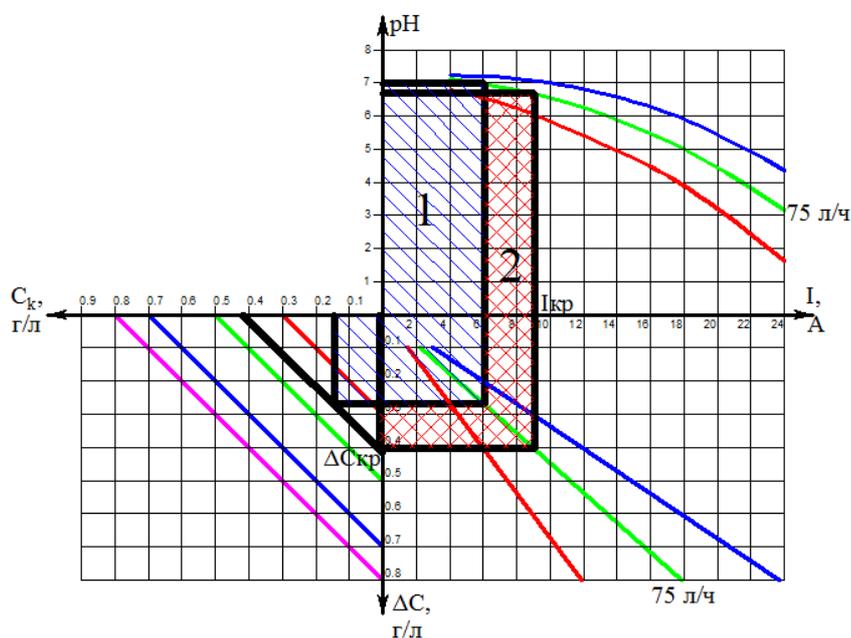


Рисунок 4. - Номограмма примера методики расчета электроактиватора

6. Следует определить температуру раствора на выходе из камеры и электропроводность раствора. Примем параметры воды для определения коэффициента смещения температуры: $d=1$; $K_c=5,3$; $Y = 0,36$. Тогда по выражению (2.13) $\Delta t_x = 0,15$, температура на выходе составит 21°C и электропроводность будет равна $X_{кан}=0,32$ мСм/см. Рисунок 2.19 отображает полученные данные.

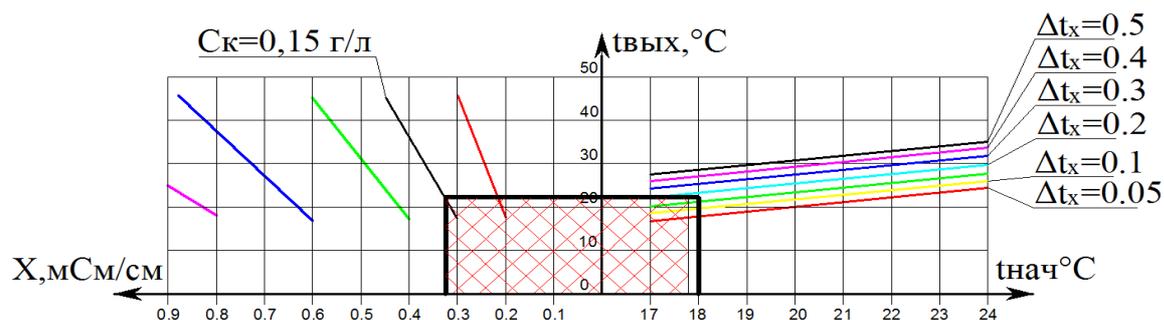
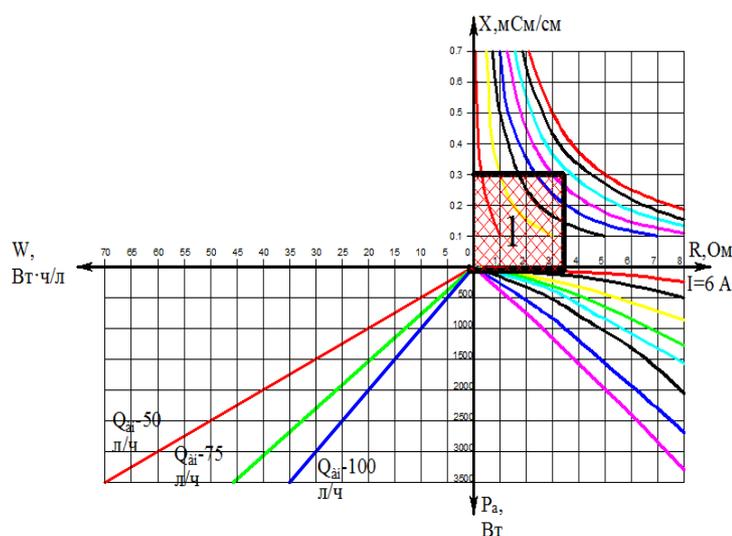


Рисунок 5. - Номограмма примера методики расчета электроактиватора по начальной температуре

Проведя анализ полученных графических данных, можно сделать заключение о возможности регулирования меняя производительность отдельно по каждой камере. При этом температура раствора будет меняться от 18 до 23°C.

7. По номограмме (рис.2.17) определяются энергетические параметры: сопротивление анодной камеры, мощность на анодной камере, и удельные затраты электроэнергии. Так же, как отмечалось ранее, достоинством данной номограммы является возможность определения геометрических параметров электроактиватора. Конструктивный параметр K_k будет характеризовать геометрические данные канала: толщину камеры (расстояние от электрода до диафрагмы), длину и высоту канала.



а)

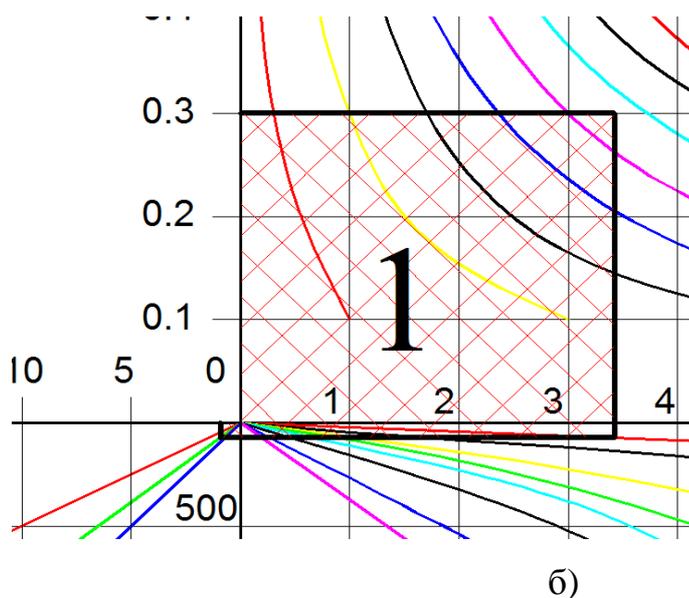


Рисунок 6. - а) Номограмма примера методики расчета электроактиватора по конструктивному параметру; б) область регулирования

По данным номограммы (рис. 6а) определяется регулирование геометрических параметров в границах указанной области (рис. 6б). Примем значение $K_k=0,001$, при этом размеры камеры примем $L_k=127$ см, $a=3$ см, $b=0,4$ см. При полученном значении конструктивного параметра, сопротивление анодной камеры составит $R_a=3,5$ Ом. Далее переходя по номограмме (рис.2.20) при заданном токе $I=6$ А определим мощность, выделяемую на анодной камере $P_a=100$ Вт, и далее при установленной производительности определяются энергозатраты для приготовления рабочего раствора нужного качества исходя из параметров исходной воды. Энергозатраты при производительности 75 л/ч равны $W_a=3,16$ Втч/л.

В результате получили режим работы установки для достижения нужного качества рабочего раствора. Ток необходимо поддерживать в диапазоне 6-9 А, производительность 75-85 л/ч, при этом водородный показатель на выходе составит 6,5-6,9, минерализация 0,05-0,15 г/л, температура 18-23 °С, электропроводность 0,28-0,32 мСм/см, мощность анодной камеры 100-130 Вт, энергозатраты составят 3,16-4,5 Втч/л.

По разработанной математической модели рассчитаны конструктивные и режимные параметры для конкретной водопроводной воды. Если характеристики воды отличаются от приводимых, то при сохранении конструкции можно подобрать значения режимных параметров графически или экспериментально. Так же необходимо отметить, что при эксплуатации будут изменяться режимы работы. Это связано, в первую очередь, с выпадением солей в осадок и забиванием пор в диафрагме. Со временем живое сечение пор в диафрагме будет уменьшаться, что приведет к увеличению сопротивления диафрагмы. Как следствие начнет уменьшаться напряжение на анодной и катодной камерах. Повышенное напряжение приведет к увеличению потерь энергии в диафрагме. Некоторое время активатор сохранит свои выходные характеристики, работая с повышенным потреблением мощности. Однако, повышенная мощность в диафрагме приведет к повышению температуры воды в ячейках и, при определенных условиях, начнет увеличиваться количество выпадения солей в самой диафрагме. При дальнейшем росте температуры может происходить закипание жидкости, что увеличит удельное сопротивление диафрагмы (за счет парообразования) и будет происходить более интенсивное дальнейшее забивание пор. В конечном счете, увеличение выходного напряжения регулятора не будет приводить к увеличению тока через активатор. В таком случае нужно производить промывку диафрагмы или ее полную замену.

В результате разработки математической модели и инженерной методики расчета установлено, что необходимо изменять режим работы. Определены некоторые требования к системе управления и оснащенности оборудованием мониторинга режима работы. Функциональная схема управления представлена на рисунке 7.

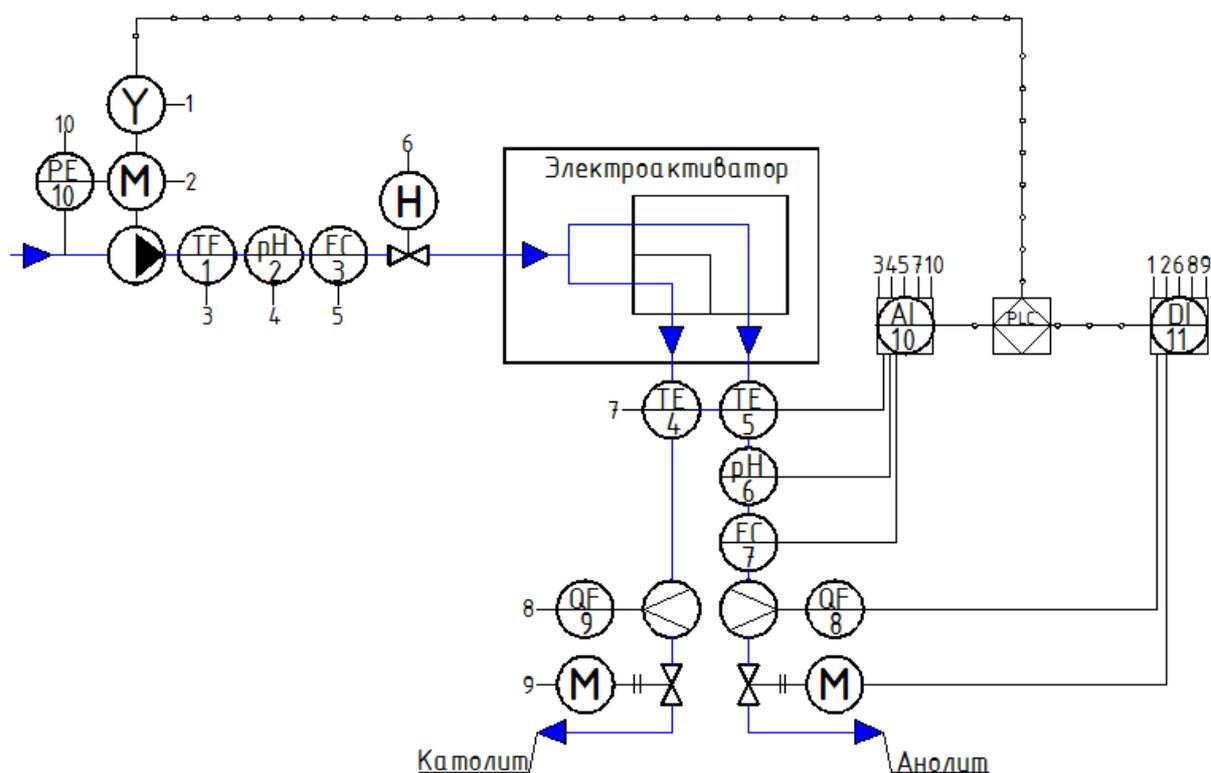


Рисунок 7. - Функциональная схема управления электроактиватором

Для выпрямления напряжения возможно использование выпрямительного моста $UZ1$ состоящего из 4-х диодов. Преобразовательное устройство должно иметь возможность регулирования тока. Для решения задачи регулирования тока управления предусмотрим твердотельное реле $KA1$ и переменный резистор $R1$. Так же в конструкции преобразовательного устройства необходимо иметь приборы измерения: амперметр $PA1$, вольтметр $PV1$. Для измерения показателей воды: водородного показателя, электропроводности, минерализации, температуры используются сертифицированные лабораторные приборы. Расход воды можно определять поверенными расходомерами. Их необходимо установить на выходных клапанах камер электроактиватора. Для регулирования производительности необходимо учесть установку кранов на выходах камер.

Описанная выше схема учитывает только ручное управление, но имеется возможность разработки системы автоматизированного управления и мониторинга параметров. Для этого в преобразовательном устрой-

стве необходимо установить оборудование промышленной автоматизации: программируемого логического контроллера А2 (ПЛК), модуля дискретного ввода/вывода А3 (МДВВ), модуля аналогового ввода А4 (МАН), а в конструкции электроактиватора датчиков различного назначения. В качестве головного устройства будет выступать ПЛК. С его помощью возможна реализация дистанционного управления тока без использования резистора. Данные о водородном показателе, минерализации и температуре будут сниматься соответствующими датчиками, установленными в корпусе электроактиватора на входе и выходе из камер. Для определения расхода воды на подаче из источника и выходных кранах устанавливается расходомер с функцией передачи данных. Регулирование производительности, возможно, реализовать посредством аналоговых заслонок. Так же для поддержания постоянного давления в камерах электроактиватора необходимо предусмотреть насос и датчик давления. Все устройства сбора информации и регулирования подключаются к МДВВ и МАН в соответствии с типом передаваемого сигнала, которые в свою очередь необходимо подключить к ПЛК посредством канала связи RS-485. Электрическая принципиальная схема представлена на рисунке 8.

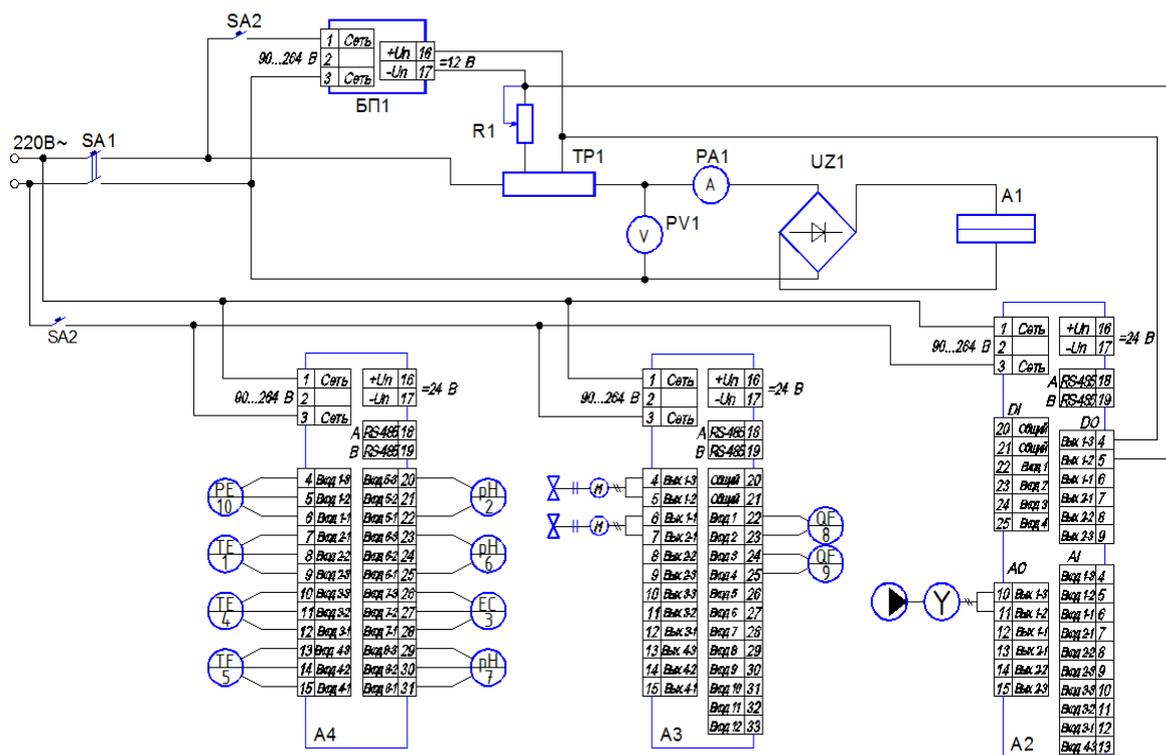


Рисунок 8. - Электрическая принципиальная схема управления электроактиватором

Функционирование схемы происходит по следующему алгоритму: установка подключается к сети переменного тока, замыкается контакт SA1...3. В это время заслонки S1 и S2 находятся в положении слива раствора. Датчик pH1, EC11, TE1 производят измерения исходной воды и передают данные в ПЛК A2 через МВА A4. Контроллер производит расчет необходимого тока и производительности. Подает сигнал на частотный преобразователь M1 подключенных к МДВВ A3. Включается насос для поддержания давления. Давление в системе измеряется датчиком давления PE7 и сигнал передается в ПЛК. Расход воды определяется расходомерами QF8 и QF9. Контроллер ожидает наступление установившегося режима производительности и после этого посылает сигнал на твердотельное реле KA1. Подается ток на активатор A1. Данные о токе и напряжении поступают с приборов PA1 и PV1 в ПЛК. Алгоритм управления поддерживает диапазон в рассчитанном диапазоне. Программа ожидает достижения необходимого установившегося режима. После этого заслонка S1 пере-

ключается в режим подачи раствора и происходит наполнение емкости опрыскивателя. Во время работы измеряется измерение температуры исходной воды и воды на выходе из камеры при помощи датчиков температуры TE1,4,5. В случае возрастания температуры выше расчетной критической согласно алгоритму управления с помощью заслонок S1 и S2 происходит регулирование производительности по камерам (регулирование коэффициента производительности d). В случае достижения при регулировании тока критической система переходит в аварийный режим работы. Снижается ток управления до нуля. Заслонка S1 переключается в режим слива воды. После восстановления система по алгоритму возобновляет процесс получения анолита.

Регулировать и отслеживать за системой возможно через ПК либо программируемой панели оператора. Кроме того предложенная система позволит сохранять данные о изменении параметров в системе, строить графики изменения параметров, учитывать аварийный режим работы и выводить сообщение о приближении режима к критическому.

Литература

1. Курзин Н.Н. Расчет электроактиватора воды /Курзин Н.Н., Оськин А.С.// Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2011 №32 с.169-199
2. Курченко Н.Ю. Классификация установок для электрохимической активации жидкостей /Курченко Н.Ю., Ковка В.А.// Научное обеспечение агропромышленного комплекса. 2012. С 355-357.
3. Курченко Н.Ю. Анализ конструктивных параметров электроактиватора воды для улучшения его энергетических характеристик. Политематический сетевой электронный журнал научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 95. С.470-485.
4. Оськин С.В. Повышение экологической безопасности сельскохозяйственной продукции. Механизация и электрификация сельского хозяйства №5, 2011, с.21-23.
5. Оськин С.В. Инновационные способы повышения экологической безопасности сельскохозяйственной продукции. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2013. №8 (104). С 75-80.
6. Оськин С.В. Инновационные установки для повышения экологической безопасности. Журнал Чрезвычайные ситуации: Промышленная и экологическая безопасность. 2013. №3-4 (15-16). С. 174-183.

7. Оськин С.В., Инновационные пути повышения экологической безопасности сельскохозяйственной продукции. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2010. №24. С.147-154.

8. Оськин С.В., Использование электроактивированной воды в технологическом процессе экологически безопасного выращивания овощных культур в условиях закрытого грунта / С.В. Оськин, Д.С. Цокур // Чрезвычайные ситуации: Промышленная и экологическая безопасность, №2(18), Изд.: НЧОУ ВПО "Кубанский социально-экономический институт", г. Краснодар, 2014. – С. 148-154.

References

1. Kurzin N.N. Raschet jelektroaktivatora vody /Kurzin N.N., Os'kin A.S.// Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011 №32 s.169-199

2. Kurchenko N.Ju. Klassifikacija ustanovok dlja jelektrohimicheskoj aktivacii zhtdkostej /Kurchenko N.Ju., Kovka V.A.// Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa. 2012. S 355-357.

3. Kurchenko N.Ju. Analiz konstruktivnyh parametrov jelektroaktivatora vody dlja uluchsheniya ego jenergeticheskikh harakteristik. Politematicheskij setevoj jelek-tronnyj zhurnal nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universite-ta. 2014. № 95. S.470-485.

4. Os'kin S.V. Povyshenie jekologicheskoj bezopasnosti sel'skohozjajstvennoj produkcii. Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva №5, 2011, s.21-23.

5. Os'kin S.V. Innovacionnye sposoby povysheniya jekologicheskoj bezopasnosti sel'skohozjajstvennoj produkcii. Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel'. 2013. №8 (104). S 75-80.

6. Os'kin S.V. Innovacionnye ustanovki dlja povysheniya jekologicheskoj bezopasnosti. Zhurnal Chrezvychajnye situacii: Promyshlennaja i jekologicheskaja bezopasnost'. 2013. №3-4 (15-16). S. 174-183.

7. Os'kin S.V., Innovacionnye puti povysheniya jekologicheskoj bezopasnosti sel'skohozjajstvennoj produkcii. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010. №24. S.147-154.

8. Os'kin S.V., Ispolzovanie jelektroaktivirovannoj vody v tehnologicheskom processe jekologicheski bezopasnogo vyrashhivaniya ovoshhnyh kul'tur v uslovijah zakrytogo grunta / S.V. Os'kin, D.S. Cokur // Chrezvychajnye situacii: Promyshlennaja i jekologicheskaja bezopasnost', №2(18), Изд.: NChOU VPO "Kubanskij social'no-jekonomicheskij institut", г. Краснодар, 2014. – С. 148-154.