

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

УДК 681.51:681.513

ЖАРСКИЙ Сергей Евгеньевич

**АНАЛИЗ И СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ
ПРОМЫШЛЕННОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ
ПРИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ**

05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами
и производствами (промышленность)

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Минск 2006

Работа выполнена в Учреждении образования "Белорусский государственный технологический университет"

Научный руководитель –
кандидат технических наук, доцент Кузьмицкий Иосиф Фелицианович
(Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет", кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники)

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Шилин Леонид Юрьевич
(Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники", кафедра теоретических основ электротехники)

кандидат технических наук Василенко Александр Арсеньевич
(Производственное объединение "Беларуськалий", главный метролог)

Оппонирующая организация –

Учреждение образования "Белорусский национальный технический университет"

Защита состоится 16 ноября в 14 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.15.01 при учреждении образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" по адресу: 220013, г. Минск, ул. П.Бровки 6, корп. 1, ауд. 232, тел. 293-89-89.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Процессы водоочистки и водоподготовки широко распространены в промышленности и народном хозяйстве. Расширение производства повышает интенсивность использования ограниченных водных ресурсов, которые не всегда расходуются эффективно даже с применением новейших реагентов. Внедрение достижений химии в области реагентов требует определения четких критериев эффективности их использования. Развитие способов анализа, методов получения информации о протекании технологических процессов и датчиков на их основе обеспечивает возможность создания новых систем управления на базе эффективных критериев, учитывающих специфику процессов.

Построение высокоэффективных автоматических систем управления процессами водоподготовки и водоочистки невозможно без применения современных достижений в области теории управления, математического описания протекающих взаимодействий и новейших разработок в сфере измерения технологических параметров. Использование для очистки комплексных реагентов требует более полной оценки их влияния на состояние систем и протекание процессов в них, что делает необходимым совершенствование методов измерения. Наряду с измерением состояния системы необходимо развивать области знаний, описывающие поведение таких систем с учетом особенностей используемых материалов и реагентов.

Связь работы с крупными научными программами, темами. Тема научной работы соответствует научному направлению кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники Белорусского государственного технологического университета. Работа проводилась в рамках программы межвузовского сотрудничества ГБ 21-046 "Обезвоживания осадков сточных вод с целью снижения уровня их воздействия на окружающую среду" и программы фундаментальных исследований ГБ 26-141 "Разработка методов анализа и синтеза, алгоритмов, программного обеспечения и создания высоко эффективных систем автоматизации на основе современных информационных технологий и программно-аппаратных комплексов".

Цель и задачи исследований. Целью работы является разработка, исследование и создание средств, методов контроля и управления процессами очистки воды с учетом экономических и технологических особенностей их протекания.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) исследовать специфику протекающих при водоочистке процессов; выявить факторы, влияющие на эффективность реагентов и очистки; провести анализ возможности их использования для создания системы автоматического управления;
- 2) разработать средства повышения информативности о протекании технологических процессов в аппаратах очистки для дальнейшего их использования в составе системы управления;

3) разработать необходимые математические модели для использования в составе системы управления, учитывающие специфику процессов, протекающих в аппаратах очистки, и неопределенность параметров системы;

4) разработать структуру адаптивной системы, эффективно функционирующую в условиях неопределенности параметров.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются процессы очистки сточных вод и первичной водоподготовки, протекающие в первичных радиальных отстойниках, с учетом изменения физико-химических свойств дисперсной системы при введении в нее реагентов. Предметом исследования являются методы и способы синтеза, а также алгоритмы и приборы для управления технологическими процессами дозировки реагентов в условиях неопределенных и изменяющихся параметров системы.

Методология и методы проведенного исследования. Общая методология работы предусматривает сочетание теоретических и экспериментальных исследований, которые базировались на использовании теории управления, методах измерения электрокинетических параметров дисперсных систем, математическом аппарате решения уравнений матфизики.

Научная новизна и значимость полученных результатов. На основе выполненных исследований и разработок получены следующие *научные результаты*:

1) впервые разработана математическая модель смачивания пористого тела с учетом испарения с поверхности и внедрен прибор для измерения водоотдающих свойств осадка, позволяющий измерять косинус угла смачивания;

2) разработан и внедрен прибор для измерения электрокинетического потенциала на базе знакопеременного электроосмоса;

3) разработана математическая модель аппарата освещения с учетом распределенных параметров объекта;

4) разработана адаптивная экстремальная система управления процессом дозировки реагентов при очистке на первичных отстойниках.

Практическая значимость результатов. Результаты диссертационной работы внедрены и используются в системе автоматического регулирования процессом дозировки реагентов на СОФ-1 РУП ПО "Беларуськалий", ЗАО "Керамин Санкт-Петербург" РФ, а также в учебном процессе на кафедре промышленной экологии БГТУ.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту. На защиту выносятся *следующие положения*:

1) математическая модель времени капиллярного впитывания с возможностью получения информации об угле смачивания жидкости по поверхности пористого тела;

2) методика построения датчика времени капиллярного впитывания с возможностью измерения угла смачивания жидкости по поверхности пористого тела;

3) метод построения первичных электрокинетических преобразователей на основе нестационарных электрокинетических явлений в знакопеременном электроосмосе и при электрогидравлическом эффекте с разделением измеряемой среды;

4) математическая модель аппарата освещения с учетом распределенных параметров объекта;

5) алгоритм функционирования адаптивной экстремальной системы управления дозировкой реагентов.

Личный вклад соискателя. Все результаты разработаны и реализованы лично автором. В публикациях с соавторами вклад определяется рамками излагаемых в диссертации результатов. Научный руководитель принимал участие в постановке задачи и определении возможных путей решения.

Апробация результатов диссертации. Результаты диссертации докладывались и обсуждались на VIII Республиканской научно-технической конференции студентов и аспирантов (Минск, 2003), на VII Республиканской научной конференции студентов и аспирантов "Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях" (Гомель, 2004), на международных научно-технических конференциях "Современные технологии, материалы, машины и оборудование" (Могилев, 2002), "Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов" (Минск, 2003), "Техника и технология защиты окружающей среды" (Минск, 2002), "Организационно-техническое управление в межотраслевых комплексах" (Минск, 2004), "Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления" (Минск, 2004), "Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы развития" (Минск, 2005), "Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии" (Минск, 2005).

Опубликованность результатов. По результатам диссертационной работы опубликовано 31 печатную работу, включая 12 статей в научных журналах, 13 в материалах международных конференций, 5 тезисов научных конференций, 1 положительное решение о выдаче патента Республики Беларусь. Суммарный объем публикаций 91 печатная страница.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений.

Объем диссертации 108 листов машинописного текста. Диссертация содержит 49 рисунков на 6 страницах, 199 источников на 13 страницах, 4 приложения на 25 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В **общей характеристике** показана актуальность работы, определена цель исследований, представлены центральные положения, выносимые на защиту, рассмотрены основные результаты, научная и практическая значимость работы.

Первая глава посвящена обзору возможных вариантов построения систем управления процессами водоочистки, обесшламливания и сгущения осадков. На основании проведенного анализа современного состояния процессов очистки и современных способов управления, а также возможностей расширения информации о протекании процессов в аппаратах можно сделать выводы о недостаточности традиционных способов получения информации о протекании процессов для эффективного управления процессами очистки. Выявлена возможность использования времени капиллярного впитывания в качестве обобщающего интегрального показателя управления, и сформированы основные требования к системе его автоматического измерения. Установлено, что электрокинетический потенциал может быть использован в качестве промежуточного интегрального критерия, сформированы основные

требования к измерению электрокинетического потенциала в составе автоматической системы управления водоочисткой. Проведен анализ явлений и теоретических зависимостей, показывающий необходимость разработки моделей процесса как объекта управления. Широкий спектр изменений и размытые параметры определяют разработку адаптивной системы управления.

Во второй главе на основании описания протекающих при смачивании процессов, предложенной структуры измерительного устройства получена математическая модель процесса смачивания в виде

$$\frac{1}{2}l \frac{d^2l}{dt^2} + \frac{1}{2} \left(\frac{dl}{dt} \right)^2 + \left(\frac{K_n}{h\Pi} + \frac{4\eta}{\rho r^2} + \frac{K_n K_v}{h\Pi} \right) l \frac{dl}{dt} + \left(\frac{4\eta K_n}{\rho r^2 h\Pi} + \frac{K_n^2 K_v}{h^2 \Pi^2} \right) l^2 = \sigma \frac{\cos \theta}{\rho r}, \quad (1)$$

где l – граница распространения фронта смачивания (линия раздела между смоченной и несмоченной частью пористого тела) в момент времени t ; K_n – объем жидкости, испаряющейся с единицы поверхности в единицу времени; h – толщина тестового материала; Π – пористость тестового материала; η – вязкость; ρ – плотность жидкости; r – радиус капилляра; K_v – коэффициент пропорциональности между средней скоростью жидкости в месте испарения и средней скоростью испаряющегося объема в направлении движения фронта смачивания; σ – коэффициент поверхностного натяжения; θ – угол смачивания жидкости по поверхности тестового материала.

Члены $\frac{1}{2} l d^2l/dt^2$ и $\frac{1}{2} (dl/dt)^2$ в (1) оказываются существенными лишь на начальных участках капиллярного всасывания (при малых l), причем на этих участках необходимо учитывать динамический угол смачивания $\theta(dl/dt, l)$.

В разработанном устройстве расстояние до первого электрода L_0 выбрано так, чтобы пренебречь изменениями θ на начальном смачивании. Тогда (1) представляется как

$$\left(\frac{K_n}{h\Pi} + \frac{4\eta}{\rho r^2} + K_v \frac{K_n}{h\Pi} \right) l \frac{dl}{dt} + \left(\frac{4\eta K_n}{\rho r^2 h\Pi} + \frac{K_n K_n K_v}{h\Pi h\Pi} \right) l^2 = \sigma \frac{\cos \theta}{\rho r}. \quad (2)$$

Для реальных капиллярно-пористых тел $K_v \leq 1$, $\rho r^2 \ll h\Pi$ и выполняются условия $4\eta / (\rho r^2) \gg 1 + K_v$, $4\eta / (\rho r^2) \gg (K_n K_v) / (h\Pi)$, при которых решение (2) преобразуется в вид

$$l \approx \sqrt{\sigma \cos \theta / (2\eta)} \sqrt{h\Pi / (2K_n)} \sqrt{1 - \exp(-2tK_n / (h\Pi))}. \quad (3)$$

На основании разработанной математической модели и исследования процесса смачивания установлено, что любое пористое тело может быть использовано в качестве чувствительного элемента для получения информации о параметрах дисперсной системы.

Для использования результатов аппроксимации решения ДУ (1) и (2) в виде формулы (3) предложено ввести измерительные расстояния L_0 , L_1 , L_2 между электродами, применяемыми в качестве датчиков достижения фронтом смачивания определенного расстояния за соответствующее время t_0 , t_1 , t_2 . Фиксация времен смачивания фиксированных измерительных участков позволяет сформировать уравнение

$$\exp\left(-\frac{2K_n}{h\Pi}(t_1+t_2)\right) = (L_1+L_2) \frac{2L_0+L_1+L_2}{L_1(2L_0+L_1)} \exp\left(-\frac{2K_n}{h\Pi}t_1\right) - L_2 \frac{2L_0+2L_1+L_2}{L_1(2L_0+L_1)}. \quad (4)$$

Численное решение уравнения (4) относительно $\alpha = 2K_n/(h\Pi)$ может быть получено в реальном времени и позволяет построить математическую модель процесса смачивания в виде

$$l = \sqrt{\frac{r\sigma \cos\theta}{2\eta}} \sqrt{\frac{1}{\alpha}} \sqrt{1 - \frac{(L_0+L_1)^2 - L_0^2}{(L_0+L_1)^2 - L_0^2 \exp(-\alpha t)} \exp(-\alpha \Delta t)}, \quad (5)$$

где Δt - текущее время распространения фронта смачивания.

Формула (5) при известных значениях σ , r и η и измеренных значениях времен t_1 и t_2 распространения границы смачивания на L_1 и L_2 позволяет определить $\cos\theta$.

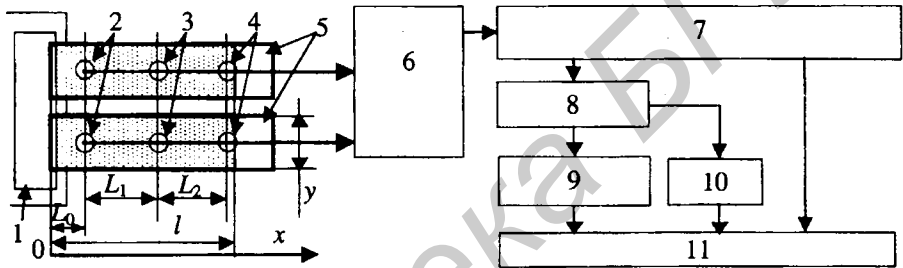


Рис. 1. Структурная схема УИСК-01: 1 – кювета с жидкостью; 2 – датчики начала первого участка; 3 – датчики конца первого и начала второго участка; 4 – датчики конца второго участка; 5 – тестовая бумага; 6 – блок компараторов; 7 – блок порядка смачивания; 8 – блок определения времени; 9 – блок определения угла смачивания; 10 – блок определения минимума; 11 – блок индикации; L_0 – расстояние от места смачивания до датчика начала первого участка; L_1 , L_2 – длины первого и второго измерительных участков; l – расстояние до границы смачивания

Структурная схема устройства измерения времени капиллярного впитывания УИСК-01 приведена на рис. 1. Синтезированная схема измерения интегрального показателя смачивания дополнительно позволяет измерять $\cos\theta$.

На основании полученных при измерении времени капиллярного впитывания (ВКВ) данных проводится экстраполяция распространения предельного значения границы смачивания. Затем определяется минимальное значение удельного сопротивления осадка и наилучшей водоотдачи $\xi\beta_c \Pi r_h^2 = 2\eta/(\rho l(\infty)\alpha)$, где $l(t \rightarrow \infty) \approx \sqrt{r\sigma \cos\theta/(2\eta)} \sqrt{h\Pi/(2K_n)}$.

Разработан алгоритм функционирования и схема автоматического измерения интегрального показателя смачивания (рис. 2).

Математическое описание измерителя времени капиллярного впитывания использует функцию экстраполятора нулевого порядка, включенного последовательно с квантователем, имеющую вид $W(p) = (1 - e^{-T_{\text{ИЗМ}}p})/p$, где $T_{\text{ИЗМ}}$ – время, занимаемое процессом измерения ВКВ, которое является параметром передаточной функции и

само равно времени капиллярного впитывания. Введение постоянного времени основывается на выборе времени квантования и следующего запуска измерения через фиксированные временные отрезки, превышающие максимально возможный интервал измерения. Тогда формула, описывающая динамику датчика ВКВ, имеет вид: $W(p) = (1 - e^{-T_{\text{квантов}} p}) / p$, где $T_{\text{квантов}}$ – время наибольшего значения капиллярного впитывания, одновременно являющееся временем квантования. На выходе датчика через фиксированные интервалы времени, определяемые временем

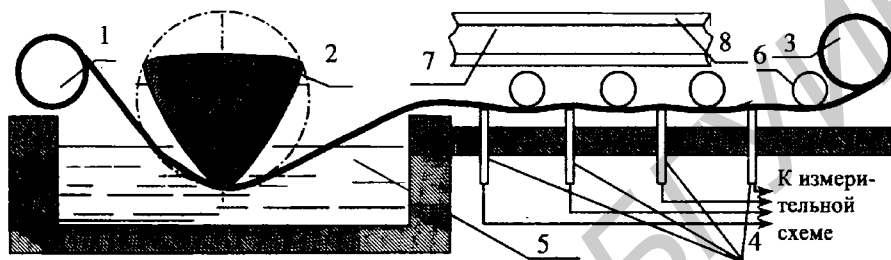


Рис. 2. Конструкция измерительного преобразователя автоматизированной системы измерения ВКВ: 1 – ведущий вал; 2 – вал-кулачок; 3 – ведомый вал; 4 – измерительные электроды; 5 – ювета с исследуемой жидкостью; 6 – направляющие; 7 – пористое лентообразное тело; 8 – лента-держатель

квантования, появляются новые значения ВКВ. В соответствии с предложением ввести фиксированное время измерения: $T_{\text{ожидан}} = T_{\text{квантов}} - T_{\text{изм}}$. Тогда уравнения динамики аналогичны динамическим уравнениям АЦП.

Третья глава посвящена синтез системы измерения электрокинетического потенциала (ЭКП) на базе знакопеременного электроосмоса.

Наложение электрического поля может приводить к поляризации электродов и изменениям свойств системы. Однако применение знакопеременного электрического поля почти устраняет эффект поляризации. Для обеспечения представительной пробы и непрерывного характера процесса измерения исследуемая среда в измерительной камере должна постоянно обновляться (например, самотеком). При этом легко создаются условия для постоянного обновления обрабатываемой пробы и динамического отслеживания ее свойств.

При использовании прибора измерения электрокинетических характеристик стоит задача выбора метода измерения расхода, поскольку от точности измерения и диапазона расходов зависят точность измерения и диапазон ЭКП. Ввиду требования работоспособности при малых скоростях движения жидкости (менее 10^{-2} м/с) и малом времени измерения (<1 с) приемлемыми являются только тепловые расходомеры, расходомеры на эффекте ЯМР и электромагнитные расходомеры.

Схема разработанного измерителя ЭКП на основе знакопеременного электроосмоса представлена на рис. 3. Измеритель работает следующим образом. Исследуемая среда через входной штуцер 1 заполняет рабочую камеру 2, ограниченную непроницаемыми для жидкости вальцами (с нулевым усилием деформации) разделительными мембранами 3, где через пористые мембраны 4 входит в

соприкосновение с сетчатыми рабочими электродами 5 и выводится через штуцер 6. В корпусе 7 разделительные мембраны отделяют рабочую камеру с исследуемой средой от промежуточных камер 8, соединенных между собой измерительным капилляром 9. Промежуточные камеры и измерительный капилляр заполнены электропроводящей

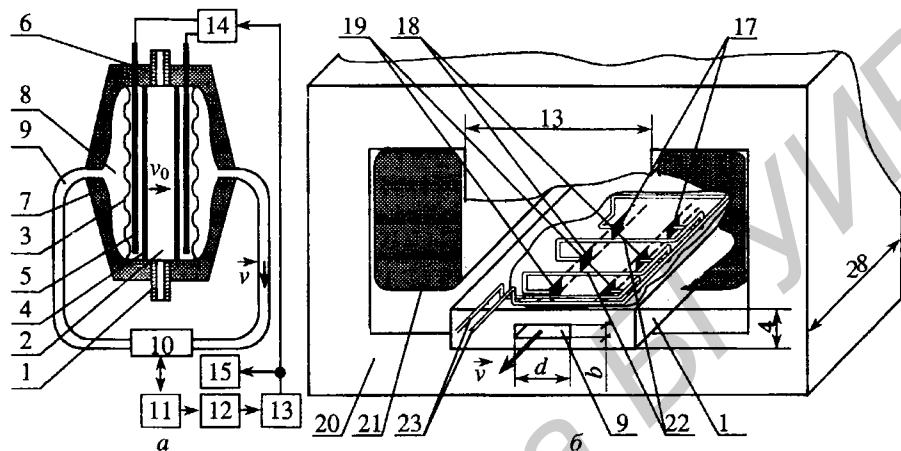


Рис. 3. Измерительный преобразователь ЭКП на переменном электроосмосе: *a* – структурная схема; *б* – первичный преобразователь электромагнитного расходомера; 1 – входной штуцер; 2 – рабочая камера; 3 – вялые разделительные мембраны; 4 – пористые мембраны; 5 – рабочие электроды; 6 – выходной штуцер; 7 – корпус; 8 – промежуточные камеры; 9 – измерительный капилляр; 10 – датчик перемещения; 11 – электронный блок электромагнитного расходомера; 12 – интегратор; 13 – триггер Шмитта; 14 – источник тока электроосмоса; 15 – микроконтроллер; 16 – корпус гидравлического тракта; 17, 18, 19 – измерительные электродные пары; 20 – ярмо магнитной системы; 21 – катушка электромагнита; 22 – межэлектродные соединения; 23 – сигнальные выводы

жидкостью (0,01 молярным раствором NaCl в воде). Вялые разделительные мембраны представляют собой непроницаемые перегородки из пленки толщиной 30 мкм с площадью поверхности большей, чем площадь, ограниченная их периметром.

Корпус и разделительные мембраны выполнены из фторопласта Ф4, сетчатые рабочие электроды – из медной сетки с серебряным покрытием, размер ячейки которой составляет 2×2 мм. В качестве пористых мембран использовались фторопластовые фильтры толщиной 3 мм, имеющие средний диаметр пор 10 мкм, а также мембраны капроновые микропористые ТУ 15/16 ЭССР 3-85 со средним размером пор 0,2 мкм. Размеры рабочей камеры составляют 5×41×20 мм, промежуточных камер - 21×41×20 мм.

Для дисперсной системы, находящейся под воздействием электрического поля (рис. 3, *a*), можно записать уравнение электроосмоса

$$\zeta = \frac{\eta v_0}{\epsilon_0 \epsilon E} = \frac{\eta v_0 L}{\epsilon_0 \epsilon S U} = \frac{\eta Q L}{\epsilon_0 \epsilon S R I} \approx \frac{\eta Q \sigma}{\epsilon_0 \epsilon I}, \quad (6)$$

где ζ – электрокинетический потенциал; η – вязкость; ϵ – диэлектрическая проницаемость; E – напряженность электрического поля; L – расстояние между

электродами; S – поперечное сечение всех капилляров в пористой мембране; U – напряжение между электродами; Q – расход жидкости при электроосмосе (объемная скорость течения жидкости); R – электрическое сопротивление между электродами; I – ток электроосмоса между рабочими электродами; σ – удельная электропроводность среды. В связи с неопределенностью S из-за адгезии к поверхности пористой мембраны частиц среды для измерения ЭКП предпочтительнее использовать экспериментально определяемые величины η , Q , σ и I .

Осмотическое движение жидкости с расходом Q приводит в движение с таким же расходом электропроводную жидкость (0,01 молярный раствор NaCl в воде) в промежуточных камерах и в измерительном капилляре, проходящем через датчик перемещения 10 – первичный преобразователь электромагнитного расходомера, соединенный с электронным блоком 11. Выходной сигнал электромагнитного расходомера поступает на интегратор 12, который через компаратор 13 и коммутатор 14 переключает знак опорного напряжения источника тока 15, задающего ток между электродами I . Частота переключений направления тока, пропорциональная ЭКП, измеряется микроконтроллером 16.

Особое внимание уделено конструкции расходомера 10 для измерения электроосмотического движения жидкости в измерительном капилляре 9 (рис. 3, а) отличительные особенности построения расходомера позволили увеличить точность и чувствительность измерения при независимости результатов от вязкости, плотности среды и формы канала. Малый перепад давления, вызванный электроосмосом, требует малых гидравлических потерь давления в тракте измерения расхода, что явилось одной из основных причин выбора электромагнитного расходомера. Если в прямоугольном канале распределение скоростей потока при симметричном профиле скоростей можно не учитывать, получая и используя среднее значение, то требование создания однородного магнитного поля является необходимым. Однородное поле позволяет определять среднюю по сечению скорость при любом режиме течения жидкости в канале. Однородное магнитное поле в расходомере создается Ш-образным сердечником магнитопровода с геометрическими размерами полсных наконечников, значительно превосходящими длину рабочего зазора.

Дополнительные трудности для измерителя расхода создаются малыми скоростями течения жидкости и условным размером проходного сечения, так как амплитуда полезного сигнала определяется произведением скорости на расстояние между электродами. С целью увеличения полезного сигнала первичного преобразователя (рис. 3, б) введены три пары электродов, которые включаются последовательно. Это повышает площадь контура, пересекаемого вектором индукции. Контур образуют сигнальные провода с электродов, межэлектродное сопротивление и входное сопротивление усилителя. Поскольку плоскость контура не удастся ориентировать параллельно вектору поля, то по закону электромагнитной индукции в нем возникает не связанная с расходом трансформаторная ЭДС. С увеличением числа пар электродов необходимо снижать эффект действия этой ЭДС при сохранении полезного сигнала. В разработанном методе подавления трансформаторной ЭДС

налагаются ограничения только на максимальную величину сигнала (сумма полезного сигнала и трансформаторной ЭДС не должна превосходить допустимых напряжений на входе усилителя). При подборе допустимого количества пар электродов учитывалась проводимость между ними определяющая внутреннее сопротивление источника полезного сигнала. В результате анализа и подбора проводимости жидкости в полости 8 и 9 (рис. 3, а), отделенной от камеры 2 вальми мембранами 3, установлено, что для

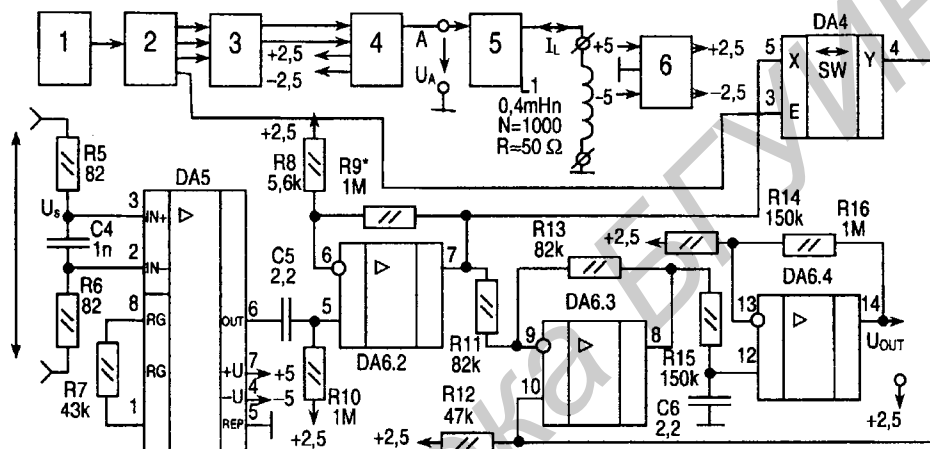


Рис. 4. Структурная схема расходомера: 1 – таймер; 2 – счетчик; 3 – дешифратор; 4 – коммутатор; 5 – источник электромагнита; 6 – источник опорных напряжений

выбранных размеров магнитной и электродной систем максимальное количество пар электродов равно 4. Однако ограничение по допустимой величине сигнала на входе усилителя уменьшило число пар электродов до 3.

Рассмотрен алгоритм устранения влияния трансформаторной ЭДС и

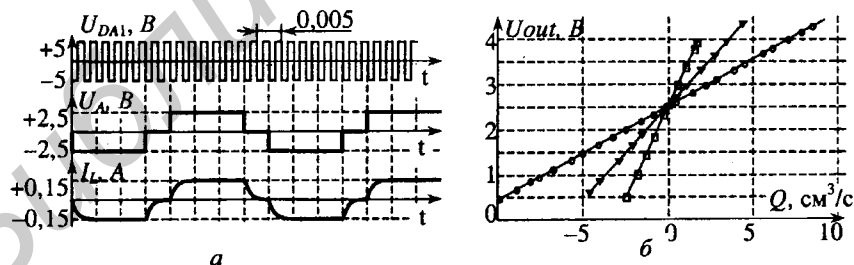


Рис. 5. Характеристики аналогового блока: а - временные диаграммы; б - статические характеристики

проанализировано влияние геометрических размеров канала на статические характеристики расходомера с упрощенной принципиальной схемой представленного на рис. 4.

В точке А формируется напряжение со временной диаграммой (рис. 5, а)

специального вида (U_{DA1} - напряжение на выходе таймера 1). Формируемый напряжением U_A ток I_L (рис. 5, а) за один период сигнала содержит несколько переходных процессов. Синхронизация сигналов на входах синхронного детектора осуществляется так, чтобы в один период попадали положительный и отрицательный броски тока. При одинаковой величине трансформаторной ЭДС на измерительных электродах и при условии окончания переходного процесса за отведенный промежуток времени (по данному параметру выбирается частота тактового генератора 1 (рис. 4, 5). Положительный и отрицательный "всплески" трансформаторной ЭДС полностью компенсируются синхронным детектором. Это позволяет улучшить метрологические характеристики расходомера и измерителя ЭКП.

В целях повышения отношения сигнал/шум в расходомере на малых расходах и при малых величинах полезного сигнала используется синхронное детектирование, так как первичный преобразователь подвержен влиянию индустриальных помех. Эти помехи обладают широким спектром, имеют амплитуды гармоник в полосе сигнала, соизмеримые с амплитудой информативного параметра. Проблема устраняется установкой перед синхронным детектором ограничителя по уровню полезного сигнала.

Известные в измерительной технике ограничители не обеспечивают

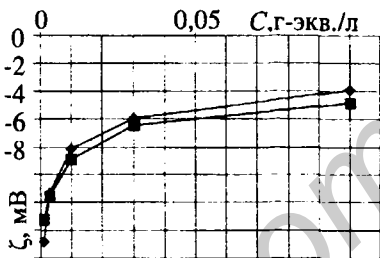


Рис. 6. График зависимости ЭКП фторопластовой мембраны от концентрации электролита: \blacklozenge - раствор NaCl; \blacksquare - раствор KCl

эффективного подавления импульсных помех в случае, когда сигнал значительно меньше максимального. Для повышения уровня защиты информативного сигнала от импульсных помех разработан синхронный детектор с управляемым ограничением.

Относительная погрешность измерений ЭКП определяется погрешностью вводимых значений вязкости и удельной электропроводности среды и не превышает 1%. С помощью разработанного измерителя исследованы зависимости ЭКП от концентрации электролитов (рис. 6).

В четвертой главе на основании сконструированных систем измерения ВКВ и ЭКП, математического описания протекающих процессов строится система управления процессом дозирования реагентов.

Установлены зависимости предельной степени покрытия поверхности дисперсных частиц в представлении мономолекулярным слоем. Степень покрытия пропорциональна ЭКП, что позволяет использовать его для характеристики состояния дисперсной системы. Установлено влияние не электрических сил на предел покрытия дисперсных частиц и необходимость его учета при определении дозирования реагентов. Описание динамики протекания процесса взаимодействия реагентов со взвешенными веществами имеет вид

$$T d\zeta(t)/dt + \zeta(t) = K_1 Q_m(t), \quad (7)$$

где $\zeta(t)$ - текущее значение ЭКП в системе; K_1 - коэффициент передачи объекта, зависимость которого от концентрации и времени определяется свойствами используемых реагентов, их текущих концентраций в дисперсной системе и предела степени покрытия θ_f ; $Q_m(t)$ - расход раствора полиэлектролита постоянной концентрации на смешение с дисперсной системой.

К перечисленным параметрам, влияющим на неопределенность K_1 и предел степени покрытия θ_f , добавляется еще и степень полимеризации ν . Предельная величина степени покрытия или предела адсорбции для полиэлектролитов имеет вид

$$\frac{\theta_f}{1-\theta_f} = K_f \delta C_f \exp \left[\nu \left\{ \varepsilon + \ln(1-\varphi_0) + 2\chi\varphi_0 - \frac{\tau\alpha N\sigma}{2\pi e} - b\sigma(3\sigma - 2\sigma_0) \right\} \right], \quad (8)$$

где θ_f - предел покрытия площади в пересчете на мономолекулярный слой ПЭ; K_f - постоянный коэффициент пересчета площади и концентрации; δ - толщина сегмента; C_f - равновесная остаточная концентрация ПЭ; ε - неионная составляющая энергии адсорбции сегмента; φ_0 - потенциал поверхности; χ - параметр Флори; τ - знак заряда полиэлектролита (для катионных ПЭ $\tau = +1$, для анионных $\tau = -1$); α - степени диссоциации; N - обратный дебаевский радиус; σ - плотность заряда поверхности после адсорбции на ней ПЭ; σ_0 - плотность заряда поверхности до адсорбции; $b = 0,04$.

Описание динамики протекания осаждения на основании анализа процессов в аппарате отстаивания получено в виде

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} C(t, r, z) = & -\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (V(r)rC(t, r, z)) - V_z \frac{\partial}{\partial z} C(t, r, z) - \\ & - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(D r \frac{\partial}{\partial r} C(t, r, z) \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial}{\partial z} C(t, r, z) \right), \end{aligned} \quad (9)$$

где t - время; C - концентрация частиц диаметром d в части аппарата отстаивания с радиальной координатой r и вертикальной координатой z ; D - коэффициент температурной диффузии для частиц диаметром d .

Решение уравнения (9) в рамках граничных условий первого и второго рода, обусловленных перемещением материальных потоков в аппарате, с использованием рядов Дини и уравнений математической физики позволяет для каждого диаметра дисперсных частиц записать выход в зависимости от времени в виде уравнения с сосредоточенными параметрами:

$$C(t) = \sum_{i \in S} -C^i K_i H \exp(- (t/T_i(d) - lV_z / (2D))), \quad (10)$$

где S - множество собственных чисел разложения (9) по собственным функциям; $-C^i$ - коэффициенты, определяемые начальными условиями; $T_i(d)$ - постоянная времени процесса осаждения, удовлетворяющая условию

$$0 < \frac{1}{T_i(d)} < \frac{3\pi\eta d(V_0 r_0)^2}{kT} - \frac{\rho^2 d^3 g^2 \pi}{108\eta kT} \quad \forall i \in S; \quad l - \text{глубина отстаивания; } V_z -$$

скорость осаждения частиц диаметром d (гидравлическая крупность); η -

вязкость жидкости; V_0 – начальная скорость течения жидкости в ламинарном режиме; r_0 – радиальная координата начала ламинарного режима; T – температура жидкости; g – ускорение свободного падения.

Решение уравнения (10) в терминах ВКВ получаемых осадков имеет вид

$$CST(t) = F \left(1 - \sum_{i \in S, d \in (d_{\min}, d_{\max})} K_i \exp(-t/T_i(d) - IV_2/(2D)) \right), \quad (11)$$

где $CST(t)$ – значение ВКВ; F – заранее неопределенный постоянный для аппарата коэффициент, учитывающий степень удаления осадков из дисперсной среды и коэффициент передачи датчика.

Таким образом, математическая модель механической стадии очистки представляет собой параллельное соединение набора аperiodических звеньев с запаздыванием. Количество звеньев набора в реальности бесконечно и определяется количеством условных диаметров дисперсных частиц, практически же оно ограничивается удовлетворительной точностью модели.

Неопределенности параметров моделей аппаратов вынуждают

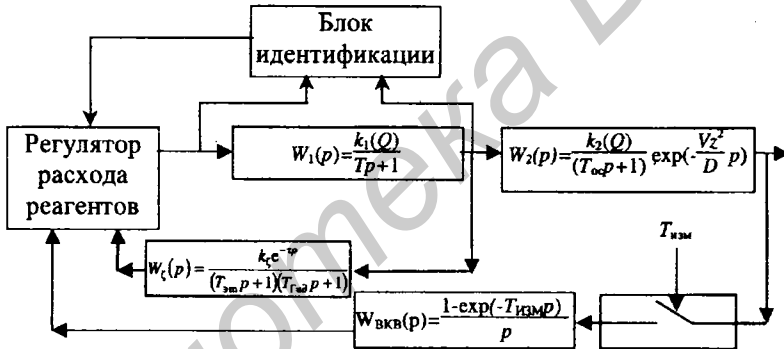


Рис. 7. Структурная схема системы управления с эквивалентными передаточными функциями $W_1(p)$ – химической части; $W_2(p)$ – механической части; $W_c(p)$ – системы измерения ЭКП; $W_{ВКВ}(p)$ – системы измерения ВКВ

формировать требования к системе управления с необходимостью устранения их влияния. На основании данных требований сформируем структурную схему системы управления (рис. 7).

Регулятор расхода реагентов имеет адаптивную структуру (рис. 7), с подстраиваемыми коэффициентами как по параметрам $W_1(p)$, так и по параметрам $W_2(p)$. Регулятор имеет два возможных варианта функционирования – П и ПИ, работающие, соответственно, в режиме поиска и удержания экстремума (рис. 8).

Идентификация текущих параметров модели объекта производится по методу скоростного градиента. Временные диаграммы функционирования системы управления приведены на рис. 9.

Недостаточная точность и наличие статической ошибки в режиме поиска не играет существенной роли, так как на данном этапе формируется лишь набор данных для получения информации об экстремуме, а его удержание и обработку возмущений выполняет ПИ регулятор.

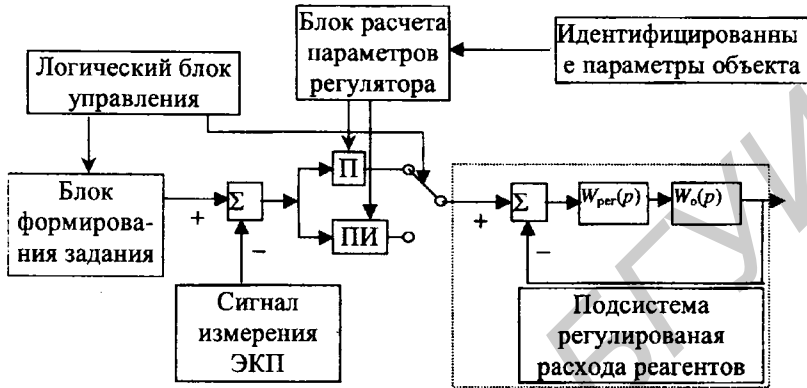


Рис. 8. Схема переключения режимов работы регулятора ЭКП

В системе всегда будут присутствовать помехи изменения состава и свойств дисперсной среды, проходящие по тракту регулирования и отклоняющие целевой параметр от заданного значения. Предлагается использовать их наличие для прогнозирования и поиска направления движения минимума по изменению ЭКП. Для

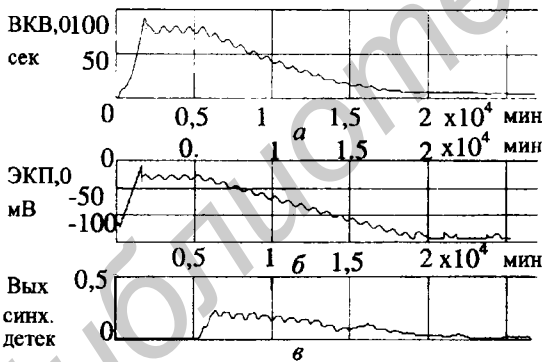


Рис. 9. Временные диаграммы системы управления с поиском и удержанием экстремума: а – поиска и удержание минимума ВКВ; б – поисковое задание по ЭКП, соответствующее минимуму ВКВ; в – выходной сигнал синхронного детектора определения минимума второй гармоники ВКВ

этого фиксируется случайное изменение ЭКП, которое потенциально может привести к уверенно фиксируемому изменению выходного параметра – ВКВ. После обнаружения возмущения достаточно большой величины начинает фиксироваться выходной параметр вместе с набором переменных, необходимых для определения сдвига минимума. После прохождения времени корреляции по изменению выходного сигнала в зависимости от его величины можно судить о смещении значения ЭКП,

обеспечивающего минимум. В качестве нового значения пары (ЭКП – минимум ВКВ) выбирается минимум, полученный в результате работы алгоритма случайного поиска.

Предложенная система поиска и удержания экстремума является одномерной, для нее можно оценивать как наиболее важный параметр – "потери на рыскание" или "среднее значение" отклонения выходного значения от минимума. Однако такая система не является тривиальной: после блока определения экстремума имеется динамическое звено, усложняющее решение проблемы устойчивости.

Рассмотрим нелинейную систему в форме:

$$e = ub(p)/a(p) + \varphi(e)c(p)/a(p), \quad (12)$$

где $e = e(t)$ – выходная переменная (раскогласование минимума ВКВ и текущего ВКВ на выходе системы); $b(p) = b_n p^n + \dots + b_1 p + b_0$, $c(p) = c_\gamma p^\gamma + \dots + c_1 p + c_0$, и $a(p) = a_n p^n + \dots + a_1 p + a_0$ – полиномы с неизвестными параметрами; $\gamma \leq n - 1$; $p = d/dt$ – оператор дифференцирования. Передаточная функция $b(p)/a(p)$ имеет относительную степень $\rho = n - m$; полином $b(p)$ – гурвицев и $b_m > 0$. Неизвестная нелинейная функция $\varphi(e)$ удовлетворяет условиям

$$\varphi(0) = 0; \quad (13)$$

$$0 \leq \varphi(e)/e \leq C_0 \forall e \neq 0, \quad (14)$$

где число C_0 полагается неизвестным. Цель управления состоит в том, чтобы, используя только измерения выхода, найти закон управления, обеспечивающий $e(t) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \infty$.

Доказательство асимптотической устойчивости системы с запаздыванием сводится к удовлетворению условия Ляпунова для системы в виде:

$$\dot{x} = Ax + B(-\kappa e + (\mu + \kappa)\varepsilon) + q\varphi(e); \quad (18)$$

$$e = C^T x, \quad (19)$$

где $x \in R^n$ – вектор переменных состояния; $\varepsilon = e - \hat{e}$ – невязка (функция отклонения); A , B , q и C – матрицы перехода от модели "вход-выход" к модели "вход-состояние-выход". В силу теоремы Фрадкова и ее следствий можно указать положительно определенную матрицу P , удовлетворяющую матричным уравнениям

$$A^T P + PA = -Q_1; \quad PB = C, \quad (20)$$

где $Q_1 = Q_1^T$ – положительно определенная матрица, значения которой зависят от μ и не зависят от κ .

Для обеспечения порядка наблюдателя не менее $\rho - 1$ на выходе датчика необходима установка фильтра низкой частоты. Расширение до порядка $\rho - 1$ связано с требованием необходимого порядка дифференцируемости \hat{e} и приводит к представлению модели датчика с фильтром низкой частоты в виде

$$\dot{\beta} = \sigma(\Gamma\beta + d\mathcal{R}_1 e(t - \tau)); \quad \hat{e} = h^T \beta; \quad (21)$$

$$\Gamma = \begin{bmatrix} 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -k_1 & -k_2 & \dots & -k_{\rho-1} \end{bmatrix}; \quad d = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}; \quad h = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (22)$$

Выбором коэффициентов k_i систему (21) и (22) можно сделать асимптотически устойчивой, если выполняется $L^{-1}\Gamma^T + \Gamma L^{-1} < -F$, $F > 0$.

Рассмотрим функцию Ляпунова $V = x^T P x + \beta^T L^{-1} \beta$, производная от которой с учетом (19) имеет вид

$$\dot{V} = x^T (A^T P + P A) x + 2(-\kappa \cdot e + (\mu + \kappa)\epsilon) e + \varphi(e) (q^T P x + x^T P q) + \\ + \sigma \beta^T (\Gamma L^{-1} + L^{-1} \Gamma) \beta + \sigma e(t - \tau) \mathfrak{R}_1 (d^T L^{-1} \beta + \beta^T L^{-1} d),$$

откуда, $\dot{V} \leq -x^T Q_2 x - \kappa e^2 + \delta^{-1} [\varphi(e)]^2 - \beta^T Q_2 \beta + \kappa^{-1} [e(t - \tau)]^2$.

Учитывая асимптотический характер устойчивости системы (18), (19), можно произвести замену $e(t - \tau) \leq E_0 e(t)$, где E_0 скорость уменьшения ошибки. Тогда, выбирая величину κ так, чтобы $\kappa > [C_0]^2 / \delta + E_0^2 / \kappa$, получаем

$$\dot{V} \leq -x^T Q_2 x - \kappa e^2 - \beta^T Q_2 \beta,$$

что доказывает асимптотическую устойчивость системы (12) с ограничениями на нелинейность (13), (14).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты диссертационной работы заключаются в разработке новых методов управления процессом реагентной очистки на основе первичного отстойника, создании новых приборов для получения актуальной информации об электрокинетическом потенциале дисперсной системы и свойствах образуемых в ней осадков, получении математической модели аппарата осветления по каналу расход реагентов – свойства получаемого осадка.

Основные научные и практические результаты:

1. Исследование процесса очистки сточных показало наличие большого числа входных и возмущающих воздействий с широким диапазоном изменения параметров при существовании экстремальных зависимостей и склонности к перезарядке двойного слоя. Существующие системы не обеспечивают эффективного режима процесса очистки, что требует разработки новой системы управления с обеспечением минимума по влагосодержанию осадков с учетом динамических свойств объекта [10, 18, 20 – 26, 30].

2. Впервые получена математическая модель процесса смачивания тестового материала с учетом поверхностного испарения, позволяющая дополнительно измерять угол смачивания. На основе модели предложена конструкция первичного измерительного преобразователя, в которой дополнительно появилась возможность измерения угла смачивания, что обеспечивает возможность управления не только по времени капиллярного впитывания, но и по величине угла смачивания, определяя тем самым способность осадка к водоотдаче и себестоимость его дальнейшей транспортировки к месту отвала или утилизации. Разработанная теория применена в приборе для измерения времени капиллярного впитывания

УИСК-01 на который получено положительное решение о выдаче патента [4, 9, 15, 18, 19, 22, 25, 31].

3. На основе сформулированных повышенных требований к измерению ЭКП в промышленных условиях, а также анализа влияющих факторов разработан метод измерения электрокинетического потенциала на базе знакопеременного электроосмоса, отличающийся тем, что измерения проводятся на проточной среде. Предложенная конструкция осмотического расходомера на основе разделения сред при помощи вялых мембран обладает возможностью самоочистки, повышенным быстродействием, легко автоматизируется и просто обслуживается. Использование для выбора величины переключаемого напряжения и его формы позволило улучшить точность измерений [13, 16, 17].

4. Разработан способ устранения помех при измерениях малых расходов при помощи сигналов специальной формы, устройства фиксации значений расхода и предложена конструкция первичного измерительного преобразователя, позволяющая увеличить точность измерения расхода при знакопеременном электроосмосе [5 – 7].

5. Впервые получена математическая модель радиального аппарата отстаивания в рамках используемого канала управления "дозировка реагентов – свойства осадка" [10, 12].

6. С целью улучшения параметров быстродействия системы управления разработана нелинейная адаптивная система управления по промежуточному "быстрому" параметру – ЭКП. Предложена структура системы с замкнутой обратной связью с поиском экстремума и подстройкой регулятора по внутреннему контуру. Доказана асимптотическая устойчивость полученной адаптивной системы с поиском задания по экстремуму [10, 18, 20 – 26, 30, 31].

Эффективность разработанных системы управления и приборов, подтверждена практическим применением при решении реальных производственных задач. Система дозирования реагентов внедрена на СОФ-1 РУП ПО "Беларуськалий" и ЗАО "Керамин Санкт-Петербург" (Российская Федерация). Система оценки эффективности использования реагентов применяется в курсе "Технические основы охраны окружающей среды" кафедры промышленной экологии БГТУ.

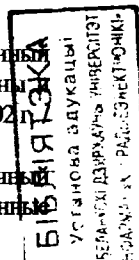
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Статьи в научных журналах

1. Оробей И. О., Кузьмицкий И. Ф., Гринюк Д.А., Жарский С.Е., Сарока В.В., Максимова М.В. Магнитометр на датчике Холла // Приборы и техника эксперимента. – 2003. – № 2. – С. 141–144.
2. Orobei I. O., Kuz'mitskii I. F., Grinyuk D. A., Zharskii S. E., Saroka V. V. A Magnetometer Based on a Hall-Effect Transducer // Instrument and Experimental Techniques. – 2003. – Vol. 46, No. 2. – P. 271–274.
3. Жарский С.Е., И.О. Оробей, Д.А. Гринюк, И.Ф. Кузьмицкий, В.Н. Маргуль Измеритель времени капиллярного впитывания // ИФЖ. – 2004. – Т. 77, № 5. – С. 160–164.
4. Zharskii S. E., Orobei I.O., Grinyuk D. A., Kuz'mitskii I. F., Martsul' V. N. A Meter of the Time of Capillary Soaking // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2004. – Vol. 77, No 5 – P.1049–1054.
5. Оробей И. О., Гринюк Д. А., Жарский С. Е., Кузьмицкий И. Ф. Электромагнитный измеритель микрорасходов // Датчики и системы. – 2005. – № 3. – С. 46–49.
6. Оробей И. О., Гринюк Д. А., Жарский С. Е., Кузьмицкий И. Ф. Измеритель электрокинетического потенциала // Приборы и техника эксперимента. – 2005. – № 3. – С. 118–121.
7. Orobei I. O., Kuz'mitskii I. F., Grinyuk D. A., Zharskii S. E. An Electrokinetic Potential Meter // Instruments and Experimental Techniques. – 2005. – Vol. 48, No. 4. – P. 531–534.
8. Гринюк Д. А., Жарский С. Е., Оробей И. О., Струневская Т. Н. Оптимизация параметров фильтра с управляемым ограничителем для слабых сигналов // Вестник БНТУ. – 2003. – №5. – С. 32–34.
9. Жарский С.Е., Оробей И.О., Гринюк Д.А., Сарока В.В. Измеритель параметров смачивания // Труды БГТУ. Сер. физ.-мат. наук и информ. Вып. XI.-2003.-С. 89-92.
10. Жарский С.Е., Оробей И.О., Гринюк Д.А. Модель и система регулирования реагентной очистки сточных вод // Труды БГТУ. Сер. физ.-мат. наук и информ. Вып. XII. – 2004. – С. 122–126.
11. Жарский С.Е., Оробей И.О., Гринюк Д.А., Кузьмицкий И.Ф. Электрокинетические преобразователи для технологического контроля // Труды БГТУ. Сер. физ.-мат. наук и информ. Вып. XII. – 2004. – С. 136–140.
12. Жарский С.Е. Система управления процессом водоочистки с представлением аппарата в виде объекта с распределенными параметрами // Труды БГТУ. Сер. физ.-мат. наук и информ. Вып. XIII. – 2005. – С. 144–147.

Материалы международных конференций

13. Оробей И. О., Гринюк Д. А., Сарока В. В., Жарский С. Е. Широкодиапазонный магнитометр на датчике Холла // Современные технологии, материалы, машины и оборудование: Материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 16–17 мая 2002 г. УО МГУП – С. 393.
14. Оробей И. О., Гринюк Д. А., Жарский С. Е., Сарока В. В. Первичный преобразователь ЯМР спектрометра для систем управления // Современные



- технологии, материалы, машины и оборудование: Материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев 16–17 мая 2002 г. / УО МГУП–С. 392.
15. Гринюк Д. А., Жарский С. Е., Кузьмицкий И. Ф., Марцуль В. Н., Оробей И. О. Прибор контроля процесса очистки сточных вод // Техника и технология защиты окружающей среды: Материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск 23–25 окт. 2002 г. / Мн.: БГТУ–2002.–С. 107.
16. Сарока В. В., Жарский С. Е., Максимова М. В. Преобразователь системы стабилизации магнитного поля на датчике Холла // Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов: Материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск 22–24 окт. 2003 г. / Мн.: БГТУ – 2003. – С. 7.
17. Гринюк Д. А., Жарский С. Е., Оробей И. О. Измеритель электрокинетических свойств гидродисперсных систем с помощью знакопеременного электроосмоса // Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов: Материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск 22–24 окт. 2003 г. / Мн.: БГТУ – 2003. – С. 30.
18. Гринюк Д. А., Жарский С. Е., Оробей И. О., Кузьмицкий И. Ф. Экстремальная система регулирования процессов водоочистки // Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов: Материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск 22–24 октября 2003 г. / Мн.: БГТУ – 2003. – С. 73.
19. Гринюк Д. А., Жарский С. Е., Оробей И. О. Экспериментальное исследование динамики пропитки пористых сред // Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов: Материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск 22–24 окт. 2003 г. / Мн.: БГТУ – 2003. – С. 168.
20. Жарский С. Е., Оробей И. О., Гринюк Д. А. Экстремальные системы управления в системах водоподготовки и водоочистки // Организационно-техническое управление в межотраслевых комплексах: Материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 28–29 окт. 2004 г. / Мн.: БГТУ – 2004. – С. 287–290.
21. Жарский С. Е., Сухорукова И. Г., Оробей И. О., Гринюк Д. А. Построение эффективных систем управления очистки сточных вод // Организационно-техническое управление в межотраслевых комплексах: Материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 28–29 окт. 2004 г. / Мн.: БГТУ, 2004. – С. 291–294.
22. Жарский С. Е., Оробей И. О., Гринюк Д. А., Кузьмицкий И. Ф., Марцуль В. Н., Сухорукова И. Г. Система регулирования процессов водоочистки с использованием показателя ВКВ и дзета-потенциала // Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления: Материалы докл. Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 24–26 нояб. 2004 г. / Мн.: БГТУ – 2004. – С. 62–65.
23. Жарский С. Е., Гринюк Д. А., Оробей И. О., Сухорукова И. Г. Информационное обеспечение систем управления процессами очистки воды // Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления: Материалы докл. Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 24–26 ноября 2004 г. / Мн.: БГТУ – 2004. – С. 65–68.
24. Жарский С. Е., Оробей И. О., Гринюк Д. А. Экстремальная система управления процессом водоочистки // Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы развития: Материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 25–26 мая 2005 г. / Мн.: БГТУ – 2005. – С. 138.
25. Жарский С. Е., Оробей И. О., Гринюк Д. А., Сухорукова И. Г. Построение двухпараметрической системы экстремального управления // Ресурс- и

энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: Материалы докладов Междунар. науч.-техн. конф. – Мн.: БГТУ – 2005. – Ч.2. – С. 194–197.

Тезисы докладов

26. Жарский С. Е., Гринюк Д. А. Построение системы управления осветлителем с использованием измерения ζ - потенциала // Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов: Тез. Междунар. науч.-тех. конф., Минск, 22–25 сент. 1998 / Мн.: БГТУ. – 1998. – С. 95.
27. Бондарчук Н. М., Жарский С. Е., Матюшенко Ю. И. Первичный преобразователь электрокинетических свойств на знакопеременном электроосмосе // НИРС–2003: VIII Респуб. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов, Минск 9–10 окт. 2003г. / Мн.: БГТУ. – 2003. – С. 168–169.
28. Бондарчук Н. М., Жарский С. Е., Матюшенко Ю. И. Исследование динамики пропитки пористых сред // НИРС–2003: VIII Республиканская научно-техническая конференция студентов и аспирантов, Минск 9–10 окт. 2003г. / Мн.: БГТУ. – 2003. – С. 169–170.
29. Бондарчук Н. М., Жарский С. Е., Матюшенко Ю. И. Использование знакопеременного электроосмоса для измерения электрокинетического потенциала // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях: Материалы VII Республиканской научной конференции студентов и аспирантов, Гомель, 22–24 марта 2004 г. / Мн.: БГУ. – 2004. – С. 80.
30. Жарский С. Е., Оробей И. О., Гринюк Д. А. Система дозирования реагентов при очистке сточных вод на первичных отстойниках // Техника и технология пищевых производств: тез. докл. V Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 18–20 мая 2005 г. / Мн.: БГУ. – 2005. – С. 245.

ПАТЕНТЫ И ЗАЯВКИ НА ИЗОБРЕТЕНИЯ

31. Способ определения распространения границы смачивания и красного угла внутри капилляров пористого материала, устройство и автоматизированная система измерения его реализующие / Жарский С. Е., Оробей И. О., Гринюк Д. А., Кузьмицкий И. Ф., Марцуль В. Н., Сарока В. В. Положительное решение от 21.08.2006 по заявке на патент Республики Беларусь № а20030871 от 17.09.2003.



дысертацыі Жарскага Сяргея Еўгенавіча

**"Аналіз і сінтэз сістэмы кіравання працэсам прамысловай
водападрыхтоўкі пры нявызначанасці параметраў"**

Ключавыя словы: электракінетычны патэнцыял, час капілярнага усмактвання, алгарытм адаптацыі, фільтрацыя сігналу, пошук мінімуму, расход реагентаў, карэляцыя, змяненне параметраў, порыстасць, удзельнае супраціўленне, абязводжванне асадкаў, згущэнне шламаў

Аб'ект даследавання – аналіз і сінтэз сістэмы кіравання з выкарыстаннем датчыкаў комплекснай ацэнкі уласцівасцей дысперснай сістэмы.

Мэта працы – тэарэтычнае і эксперыментальнае абгрунтаванне пабудовы сістэмы кіравання працэсамі водаачысткі, абязводжвання асадка і згущэння шламаў.

Абгрунтаваны выбар датчыкаў і вызначаны іх параметры для пабудовы сістэм атрымання інфармацыі пра стан працэсу. На аснове выбраных датчыкаў сінтэзавана сістэма кіравання з дынамічным пошукам экстрэмуму і адаптыўнай падстройванем узроўню электракінетычнага патэнцыялу, які забяспечвае экстрэмальны характар працэсу асаджэння з мінімальным расходам флакулянту.

На аснове праведзеных даследаванняў распрацаваны і выкарыстаны ў вытворчасці датчык электракінетычнага патэнцыялу, датчык часу капілярнага усмактвання з дадатковай магчымасцю вымярэння вугла усмактвання, а таксама сістэма ачысткі асадкаў сточнай вады з выкарыстаннем пералічаных датчыкаў, якая забяспечвае мінімальны расход флакулянтаў пры максімальнай водааддачы атрыманых асадкаў.

диссертации Жарского Сергея Евгеньевича

"Анализ и синтез системы управления процессом промышленной водоподготовки при неопределенности параметров"

Ключевые слова: электрокинетический потенциал, время капиллярного впитывания, алгоритм адаптации, фильтрация сигнала, поиск минимума, расход реагентов, корреляция, изменение параметров, пористость, удельное сопротивление, обезвоживание осадков, сгущение шламов

Объект исследования – анализ и синтез системы управления с использованием датчиков комплексной оценки свойств дисперсной системы.

Цель работы – теоретическое и экспериментальное обоснование построения системы управления процессами водоочистки, обезвоживания осадков и сгущения шламов.

Обоснован выбор датчиков и определены их параметры для построения системы получения информации о состоянии процесса. На основании выбранных датчиков синтезирована система управления с использованием динамического поиска экстремума и адаптивной подстройкой уровня электрокинетического потенциала, обеспечивающего экстремальный характер процесса осаждения с минимальным расходом флокулянта.

На основе проведенных исследований разработаны и внедрены в производство датчик электрокинетического потенциала, датчик времени капиллярного впитывания, дополнительно обладающий возможностью измерения угла смачивания, а также система очистки осадков сточных вод с применением перечисленных датчиков, обеспечивающая минимальный расход флокулянтов при максимальной способности образуемых осадков к обезвоживанию.

of Zharski Siarhei dissertations

"The Analysis and synthesis of a control system of process industrial water treatment at uncertainty of parameters"

Keywords: electrokinetic potential, capillary suction time, algorithm of adaptation, signal filtering, search of a minimum, reagent consumption, the correlation, change of parameters, porosity, specific resistance, sediment decantation

Object of research – analysis and synthesis of a control system with use of gauges of a complex rating of properties of disperse system.

The purpose of work – theoretical and experimental substantiation of construction of a control system of processes industrial water treatment, sediment decantation and thickening of sludge.

The choice of gauges is proved and their parameters for construction of system of reception of the information about a status of process are determined. On the basis of the chosen gauges the control system with use of dynamic search of extremum and adaptive tuning of a level electrokinetic potential providing extreme character of capillary suction time of sediments with the minimal charge reagents is synthesized.

On the basis of the carried out researches are developed and are introduced into manufacture the gauge of electrokinetic potential, gauge of time capillary suction time in addition having by an opportunity of measurement of a corner of wetting, and also system of clearing of deposits of waste water with application of the listed gauges providing the minimal charge reagents at the maximal ability of formed deposits to dehydration.

Жарский Сергей Евгеньевич

**АНАЛИЗ И СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ
ПРОМЫШЛЕННОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ ПРИ
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ**

Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Подписано в печать	02.10.2006.	Формат 60x84 1/16.	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Печать ризографическая.		Усл. печ. л. 1,63.
Уч.-изд. л. 1,6.	Тираж 60 экз.		Заказ 605.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровка, 6.