

Автор ер,

Г 14

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ им. М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ГАЙДАБУРА ИВАН ПЕТРОВИЧ

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВИХРЕВОГО
АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСВЕННЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

Специальность 05.13.07 - автоматическое управление и
регулирование, управление технологическими процессами
(промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1982

Работа выполнена в Одесском ордена Трудового Красного Знамени политехническом институте и научно-производственном объединении "Техэнергохимпром" г. Москва.

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
ТОДОРЦЕВ Л.К.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
БАЛАКИРЕВ В.С.

кандидат технических наук, доцент
Сычук Д.М.

Ведущая организация: Ленинградский государственный научно-исследовательский и проектный институт
...кой промышленности.

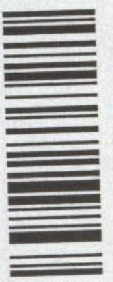
Автор: В 013841
Г 14 ГАЙДАБУРА И. П.
РАЗРАБОТКА И ВНЕД.
1982 Б/Ц

2 г. в 12.30 час.
та Д 068.35.01 при
цевой промышленности
л. Свердлова, 112.

Библиотека Одесского
промышленности

1982 г.

ОНАХТ 11.07.11
Разработка и внедрен



v013841

А.Ф. Загибазов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ. В решениях XXVI съезда КПСС указывается, что в числе мер по интенсификации сельскохозяйственного производства особенное внимание заслуживает развитие производства химических кормовых добавок для животноводства. Одним из методов получения этого кормового продукта является обесфторивание природных фосфоритов в циклонных технологических камерах (ЦТК), позволяющих вести совместное интенсивное сжигание топлива и технологическую обработку мелкодисперсного сырья.

Для обеспечения заданного уровня обесфторивания кормовых фосфатов к ЦТК предъявляются ряд требований, в частности, равномерность подачи исходного сырья и постоянство температурного и аэродинамического режимов. Выполнение этих требований невозможно без создания АСР циклонной технологической камеры.

Опыт эксплуатации аппаратов вихревого типа показал, что в условиях высокоинтенсивного теплообмена существующие локальные системы регулирования и управления не удовлетворяют в полной мере предъявляемым требованиям технологии, допуская значительные колебания основных показателей качества кормовых добавок, а также не обеспечивают необходимого уровня надежности работы ЦТК.

Создание АСР сдерживается отсутствием некоторых средств автоматизации, малоизученностью статических и динамических свойств вихревых аппаратов как объектов управления, трудностью экспериментального исследования промышленных установок.

Указанное направление работ входило в координационный план ГКНТ при СМ СССР на 1975-1980 гг. (п. 0.01.0XX.03), поэтому задача исследования, разработки и внедрения рациональной АСР энерготехнологического вихревого аппарата представляется весьма актуальной, имеющей народнохозяйственное значение.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ - создание высокоэффективной автоматической системы регулирования энерготехнологического вихревого аппарата.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ:

- разработка метода оценки показателей качества кормовых добавок, полученных в ЦТК, по косвенным переменным;
- экспериментальное исследование статических и динамических характеристик ЦТК;
- создание технических средств управления ЦТК в соответствии с условиями технологии;
- разработка и внедрение АСР энерготехнологического вихре-

С.В.О 13 841
Одесский технологический институт пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова

Пер. у. ст 1984

вого аппарата.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА. Экспериментально доказана возможность оценки качества кормовых фосфатов по легкодоступной для измерения переменной - тепловому потоку через стенку ЦТК.

Получены математические модели статики и динамики по основным каналам регулирования ЦТК.

Разработан способ автоматического регулирования энерготехнологического вихревого аппарата с использованием косвенных переменных.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ. Для двух аппаратов (опытная и промышленная установки) экспериментально установлена значимая линейная стохастическая связь тепловых потоков через стенку циклонной технологической камеры с показателем качества кормовых фосфатов.

Показана возможность использования конструктивных элементов ЦТК в качестве измерительных преобразователей тепловых потоков для целей управления.

Разработаны схема АСР, проектная документация и соответствующие технические средства для реализации системы на промышленных вихревых аппаратах.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ. Основными методами исследования в работе являются (помимо непосредственного экспериментирования на объекте) математическое моделирование и теория автоматического управления.

РЕАЛИЗАЦИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ. Разработанная АСР внедрена на четырех энерготехнологических циклонных агрегатах Джамбулского суперфосфатного завода. Реальный годовой экономический эффект от внедрения системы составил 200 тыс.руб. на один агрегат.

Результаты исследований также использовались при разработке способа управления сжигания фосфорного шлама для получения фосфорной кислоты, что способствовало получению более 500 тыс.руб. годового экономического эффекта на Джамбулском производственном объединении "Химпром".

За разработку измерителя расхода сыпучих материалов - одного из основных элементов системы управления автор награжден серебряной медалью ВДНХ СССР.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Основные положения и отдельные разделы диссертационной работы доложены и одобрены на:

- VIII-X Всесоюзных научно-технических совещаниях по энерготехнологическим циклонным комбинированным и комплексным процессам (Москва, 1972-1978 гг.);

- Всесоюзном совещании по математическому моделированию и управлению высокотемпературными процессами в циклонных и вихревых аппаратах (Одесса, 1980 г.).

ПУБЛИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ. По теме диссертации опубликовано 27 печатных работ, получено 5 авторских свидетельств на изобретения.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ. Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов с выводами, общих выводов с рекомендациями и ряда приложений.

Основное содержание диссертации изложено на 56 страницах машинописного текста с 59 иллюстрациями и 12 таблицами, содержит список литературы из 150 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В о в в е д е н и и сформулированы актуальность темы, цель и задачи исследований, научная новизна, практическая ценность работы и результаты, представленные автором к защите.

В п е р в о м р а з д е л е приводятся характеристики циклонного агрегата и технологического процесса получения кормовых фосфатов; показаны особенности измерения температуры материальных потоков в циклонной камере; даются обзор и анализ существующих методов оценки теплового режима ЦТК; анализируются данные, полученные в результате экспериментальных исследований контактных и бесконтактных термодатчиков для целей управления.

Обесфторенные фосфаты используются в виде кормовых добавок в животноводстве, поэтому содержание фтора F_K в данном продукте регламентировано и не должно превышать 0,2%. Это ограничение является основным показателем качества кормовых фосфатов.

Переменная F_K , определяющая качество продукта, не может быть использована для оперативного управления технологическим процессом, так как измеряется периодически путем трудоемких лабораторных анализов. Поэтому необходимо выявить такие переменные, при помощи которых можно было бы косвенно оценивать качество кормовых фосфатов.

Температура расплава наиболее полно характеризует показатель качества кормовых фосфатов (работы С.И. Вольфовича, Л.Н. Сидельковского и др.). Обзор литературных источников показал, что измерения температуры потоков газов и расплава в циклонах проводились методами контактной и бесконтактной термометрии, большинство исследователей применяло для этих целей термоэлектрические термометры с

различными защитными чехлами. Поэтому первоочередной задачей исследований являлось определение возможности использования различных контактных и бесконтактных термоприемников в АСР циклонных камер.

Исследования проводились нами на опытной и промышленной ЦТК Джамбулского суперфосфатного завода. При этом проверялась возможность измерения температуры газовой среды и расплава с помощью термоприемников из электродных материалов: платинородий-платинородий, вольфрамовый, борированный графит-графит. Термоэлектроды защищались чехлами из фарфора, кварцевого стекла, диборида циркония с молибденом, карбида кремния и силицированного прессованного графита.

Анализ экспериментальных данных показал, что наиболее стойки вольфрамовые термоэлектрические термометры в графитовых чехлах. Продолжительность непрерывной работы термоприемников зависит от окружающей среды, материала чехла, от места его погружения в циклонной установке и не превышает 24 ч, что явно недостаточно при использовании подобных термоприемников в промышленных АСР циклонных технологических камер. Исследовавшиеся бесконтактные термоприемники (радиационные пирометры) также обладают незначительным временем функционирования.

В связи с отрицательными результатами проведенных исследований возникла необходимость использования, как одного из возможных вариантов, метода косвенных оценок технологического процесса в ЦТК и построения на этой основе АСР циклонной технологической камеры.

Второй раздел посвящен анализу технологических особенностей производства кормовых фосфатов в ЦТК и выбору косвенной переменной для оценки их качества.

Входными координатами ЦТК являются основные возмущающие воздействия: гранулометрический и химический составы исходного сырья S_c , неравномерность его подачи $G_{НС}$ и управляющие воздействия: расход топлива V_T , расход и температура горячего воздуха V_θ и t_θ , расход сырья G_c и технического кислорода для обогащения дутья V_K .

К основным выходным переменным относятся: температура расплава и димовых газов t_p и t_r , концентрация фтора F_K в расплаве, содержание P_2O_5 в растворимой форме и состав продуктов сгорания S_r .

Возмущения S_c , $G_{НС}$ и выходные переменные F_K , S_r , P_2O_5 изменяются в значительных пределах от своего номинального значения чаще всего случайным образом и оперативно не контролируются.

Оценка концентрации фтора по величине t_p также невозможна, в связи с этим нами предложено оценивать F_K по величине теплового потока q через стенку ЦТК, поскольку он зависит от температуры расплава и в тепловом балансе циклонной камеры составляет около 10% тепла. Тепловой поток через стенку ЦТК является частью общего теплового потока, передаваемого от дымовых газов к пленке расплава

$$q_{г-р} = q + q_{ст} \quad (1)$$

или

$$q_{г-р} = \alpha_{г-р} (t_g - t_p) \quad (2)$$

В свою очередь

$$q_{ст} = \frac{\lambda_p}{\delta_{пл}} (t_p - t_0) = \frac{\alpha_{гар}}{\delta_{гар}} (t_0 - t_m) = \alpha_{ст-в} (t_m - t_в) \quad (3)$$

Из зависимости (3) находится температура поверхности расплава

$$t_p = t_0 + q_{ст} \frac{\delta_{пл}}{\lambda_p} \quad (4)$$

В свою очередь, из работы К.Л. Маршака имеем

$$\delta_{пл} = \sqrt[3]{G_p} \quad (5)$$

Из формул (4) и (5) вытекает функциональная связь

$$t_p = \varphi(q_{ст}; \sqrt[3]{G_p}) \quad (6)$$

где q - плотность теплового потока, α - коэффициент теплоотдачи, t - температура, λ - коэффициент теплопроводности, δ - толщина, t_0 - критическая температура расплава, G - расход; индексы: г - газ, р - расплав, ст - стенка, пл - пленка, в - вода, м - металлы, гар - гарнисаж.

При стабильной подачи сырья в циклонную камеру температура поверхности расплава определяется в основном тепловым потоком через стенку. Так, например, в работах К.Л. Маршака и В.Г. Килимника показано, что тепловой поток через стенку зависит от температуры расплава, оценка коэффициента корреляции этих переменных $r_{tq} = 0,75$.

Проведенный обзор и анализ известных методов оценки тепловых потоков показали, что наиболее перспективными являются определение теплового потока по перепаду давления на участке циркуляционного контура и широко распространенный в промышленности калориметрический метод. В рассмотренных публикациях отсутствуют сведения о наличии связи между тепловым потоком и содержанием фтора в кормовых фосфатах. Критический анализ литературных источников позволил сформулировать основные задачи диссертационной работы.

В третьем разделе представлены результаты.

экспериментальных исследований по оценке силы стохастической связи теплового потока через стенку ЦТК и содержания фтора в кормовых фосфатах и выбору канала регулирования.

Связь теплового потока с показателем качества определялась на опытной установке экспериментально-статистическим методом. Плотность теплового потока q на элементах ЦТК находилась калориметрическим методом из выражения

$$q_{ст} = \frac{V_B \cdot C_B \cdot \Delta t_B}{F_{эл}}, \quad (7)$$

где $V_B, C_B, \Delta t_B$ - расход, теплоемкость и перепад температур охлаждающей воды на элементах ЦТК; $F_{эл}$ - поверхность элемента. Измерение перепада температур проводилось на горелочной и технологической обечайках, плотность теплового потока q изменялась в пределах 100-270 кВт/м². Содержание фтора F_K определялось путем лабораторного анализа и составляло 0,2-0,5%.

Для получения достоверных результатов применялось планирование экспериментов, заключающееся в выборе периода квантования и моментов измерения исследуемых координат, а также в оценке длительности опыта. Методика проведения экспериментов сводилась к тому, что на установке устанавливался номинальный технологический режим и затем наносились возмущающие воздействия с амплитудой 5-10% от номинального значения по одному из каналов (сырью, топливу или кислороду) при неизменных значениях остальных переменных. Применялся синхронный режим измерения исследуемых переменных. Период квантования $\Delta \bar{t}$ определялся по автокорреляционной функции и составлял 15 мин. По полученным выборкам случайных величин F_K и q определялись оценки математического ожидания, дисперсии и коэффициентов корреляции. Коэффициенты корреляции r_{Fq} оказались значимы и равны: для технологической обечайки -0,67 и горелочной -0,63. Соответствующие уравнения корреляции имеют вид:

$$F_K = 1,163 - 0,0037 q_{то}; \quad (8)$$

$$F_K = 0,806 - 0,002 q_{го} \quad (9)$$

Анализ результатов обработки экспериментальных данных показал, что между тепловым потоком q через стенку ЦТК и содержанием фтора F_K существует значимая линейная стохастическая связь.

Для выявления зависимости между входными переменными и выходной переменной q методом активного эксперимента были получены статические характеристики по основным каналам регулирования на горелочной и технологической обечайках (рис. I). Как видно из ри-

сунка статические характеристики по тепловому потоку через стенку имеют нелинейную зависимость. Плотность теплового потока q зависит от расхода сырья G_c , топлива V_T и технического кислорода V_K , причем она значительно выше на горелочной обечайке. Влияние основных входных переменных (G_c, V_T, V_K) с достаточно большими коэффициентами параметрической чувствительности на значение теплового потока q через стенку ЦТК позволяет рассматривать его как управляемую координату технологического процесса производства кормовых фосфатов.

В рабочем режиме опытной установки методом активного эксперимента были получены динамические характеристики по исследуемым каналам, построены нормированные переходные функции (рис. 2) и определены передаточные функции:

$$W(p) = \frac{k \cdot e^{-\tau p}}{(T_p + 1)^2} \quad (10)$$

где k, q, τ, T - параметры; $k=10-130$; $q=2$; $\tau=0-15$ с; $T=100-500$ с для разных каналов воздействий. Анализ этих параметров позволил выбрать целесообразные каналы регулирования. В частности, установлено, что тепловой поток можно использовать при построении АСР циклонных технологических камер для косвенной оценки качества конечного продукта, а регулирующим воздействием целесообразно выбрать расход исходного сырья.

Четвертый раздел посвящен проверке гипотезы о коррелированной F_K с тепловым потоком применительно к промышленному циклонному агрегату.

Исследования проводились на действующем промышленном энерго-технологическом циклонном агрегате Джамбулского суперфосфатного завода. Методика проведения экспериментов не отличалась от методики, применявшейся на опытной установке. При этом исследовалась связь содержания фтора F_K в расплаве на выходе из циклонного агрегата с косвенными переменными: тепловым потоком на пережиме ЦТК ("локальный" тепловой поток), тепловым потоком на циклонном агрегате ("интегральный" тепловой поток) и температурой дымовых газов t_r в котле-утилизаторе. "Локальный" тепловой поток оценивался по перепаду температур Δt охлаждающей пережим воды при постоянном ее расходе, а "интегральный" - по перепаду давления ΔP в пароводяном контуре циклона. Температура дымовых газов измерялась перед пароперегревателем.

Анализ экспериментальных данных, полученных на промышленном

циклонном агрегате, подтвердил выводы о том, что тепловой поток коррелирован с показателем качества кормовых фосфатов F_K . Оценки коэффициентов корреляции по ряду выборок таковы: $r_{Ft} = -0,16 \div -0,59$; $r_{F\Delta t} = -0,54 \div -0,68$; $r_{F\Delta p} = -0,49 \div -0,72$

На рис.3 показаны экспериментальные данные, оценки линий корреляций и их доверительные интервалы. По этим данным были получены уравнения корреляций для "локальных" и "интегральных" тепловых потоков:

$$F_K = 0,544 - 0,025 \Delta t \quad (11)$$

$$F_K = 0,484 - 0,0006 \Delta P \quad (12)$$

Статистический анализ экспериментальных данных показал, что между переменными $\Delta P, \Delta t \cup F_K$ существует значимая линейная связь. Поскольку продолжительное измерение перепада давления ΔP на пароводяном контуре аппарата трудноосуществимо из-за неудовлетворительного качества питательной воды (отложение солей в импульсных трубах), в качестве регулируемой переменной был выбран перепад температур Δt .

Для изучения свойств ЦТК методом активного эксперимента были получены статические и динамические характеристики по выбранному каналу регулирования "расход исходного сырья - разность температур на пережипе". Проведена аппроксимация переходных функций и определена передаточная функция

$$W_{G_c \Delta t}(p) = \frac{43 \cdot e^{-4p}}{(127p+1)^2}, \quad \text{°C}/(\text{кг/с}) \quad (13)$$

С целью обобщения полученных результатов и выбора оптимального измерительного преобразователя тепловых потоков проводились исследования свойств канала управления ЦТК по тепловосприятию пережипа на математической модели. При составлении математической модели были приняты следующие основные допущения:

- расплавленное сырье, уносимое из объема ЦТК, сепарируется на стенки пережипа в верхней его части и стекает в виде пленки в сборник расплава, а толщина пленки расплава и гарнисажа одинакова;
- за температуру на границе пленки расплава - гарнисажа принята критическая температура гарнисажа t_0 , влияние скорости течения пленки расплава на теплообмен не учитывалось;
- пережим рассматривался как объект с распределенными по высоте переменными;
- термическое сопротивление металлической стенки пренебрежительно мало по сравнению с термическим сопротивлением гарнисажа.

Математическая модель пережима циклонной камеры содержит уравнения теплового баланса газового объема, пленки расплава, охлаждающей воды, гарнисажа и массообмена пленка-гарнисаж:

$$F_n \rho_r c_r \frac{\partial t_r}{\partial \tau} + G_r c_r \frac{\partial t_r}{\partial z} = -\pi D \alpha_{r-p}^{\Sigma} (t_r - t_p);$$

$$\pi D_n \delta_{пл} \rho_p \frac{\partial t_p}{\partial \tau} + G_p \frac{\partial t_p}{\partial z} = \pi D \left[\alpha_{r-p}^{\Sigma} (t_r - t_p) - \frac{\lambda_{гар}}{\delta_{гар}} (t_0 - t_в) \right]$$

$$F_n = \frac{\pi D_n^2}{4}; \quad D_n = D_n^0 + 2(z - h_u) \operatorname{tg} \alpha;$$

$$\frac{\pi D_{тр}^2}{4} \rho_в c_в \frac{\partial t_в}{\partial \tau} + G_в c_в \frac{\partial t_в}{\partial l} = \pi D_{тр} \frac{\lambda_{гар}}{\delta_{гар}} (t_0 - t_в); \quad (14)$$

$$\rho_{гар} (z + c_{пл} t_{пл} - c_{гар} t_{гар}) \frac{\partial \delta_{гар}}{\partial \tau} = \frac{\lambda_{гар}}{\delta_{гар}} (t_0 - t_в) -$$

$$- \frac{\lambda_p}{\delta_{пл}} (t_{пл} - t_0) + \rho_{гар} c_{гар} \delta_{гар} \frac{\partial t_{гар}}{\partial \tau};$$

$$\rho_p \frac{\partial \delta_{пл}}{\partial \tau} + \rho_{гар} \frac{\partial \delta_{гар}}{\partial \tau} = 0; \quad t_{гар} = 0.5(t_0 + t_в),$$

где l - длина; D - диаметр; h - высота; δ - толщина; F - поверхность теплообмена; G - массовый расход; t - температура; τ - время; α - коэффициент теплоотдачи; C - теплоемкость; λ - коэффициент теплопроводности; L - удельная энтальпия; ρ - плотность; индексы: ц - циклон, гар - гарнисаж, п - пережим, р - расплав, в - вода, пл - пленка, г - газ, Σ - суммарный теплообмен.

Математическая модель замыкается зависимостью связи толщины пленки $\delta_{пл}$ с расходом расплава G_p .

$$\delta_{пл} = \sqrt[3]{G_p f_1(t_{пл})}, \quad (15)$$

зависимость, связывающей температуру поверхности пленки $t_{пл}$ с температурой расплава (средней по толщине) t_p

$$t_p = t_0 + (t_{\text{пл}} - t_0) f_2(t_{\text{пл}}), \quad (16)$$

а также начальными и граничными условиями. Коэффициенты уравнений математической модели определены нами с использованием результатов работ А.В.Тонконового и В.В.Вышенского. Решение уравнений модели осуществлялось численным методом Рунге-Кутты четвертого порядка на ЭВМ.

Анализ статических и динамических характеристик, снятых экспериментально и полученных в результате решений уравнений математической модели, показал их удовлетворительную сопоставимость (максимальная погрешность ниже 20%). С помощью математической модели найдено оптимальное расположение пережима относительно ЦТК, что позволило значительно улучшить динамические свойства измерительного преобразователя тепловых потоков.

В пятом разделе показаны основные принципы построения автоматических систем регулирования циклонных агрегатов, даны структура и алгоритм функционирования АСР, разработанной в диссертационной работе, проведены математическое моделирование и промышленное испытание.

На основании проведенных исследований нами разработана АСР энерготехнологического циклонного агрегата, защищенная авторским свидетельством. При разработке АСР были учтены выявленные технологические особенности вихревых камер. Система реализована на аппаратуре ГСП и дополнительно созданных технических средствах управления. Путем математического моделирования АСР на аналоговой вычислительной машине были подобраны оптимальные настройки регуляторов, обеспечивающие минимум интегрального квадратичного критерия при заданной степени колебательности.

Для оценки эффективности разработанной системы регулирования были проведены ее промышленные испытания на Джамбулском суперфосфатном заводе. Результаты испытаний показали, что, при прочих равных условиях, производительность энерготехнологического циклонного агрегата при работе с АСР возросла на 40% по сравнению с его работой без системы регулирования. Столь значительное повышение производительности аппарата достигнуто за счет стабилизации толщины пленки расплава (дисперсия Δt в режиме автоматического регулирования на порядок меньше по сравнению с ручным управлением). Это, в свою очередь, позволило стабилизировать заданное значение содержания фтора в кормовых фосфатах. Эффективность разработанной АСР подтверждается тем, что реальный годовой экономический эффект от ее

внедрения составил 200 тыс. руб. на один аппарат.

ВЫВОДЫ

1. Доказана возможность оценки концентрации фтора в кормовых фосфатах путем измерения косвенной переменной - теплового потока через стенку ЦТК.

2. Предложены способы определения тепловыделения в ЦТК по величине полезного напора в циркуляционном контуре циклона и по перепаду температур воды в его охлаждаемых элементах.

3. Эти способы реализованы с помощью измерительных преобразователей теплового потока - системы охлаждения циклона (при оценке тепловыделения по величине полезного напора) или его пережима (при оценке тепловыделения по перепаду температур). Оба варианта защищены авторскими свидетельствами.

4. Получены математические модели статики и динамики по каналам: расход сырья, топлива и технического кислорода - тепловой поток через стенку ЦТК.

5. Построена аналитическая математическая модель пережима - измерительного преобразователя тепловыделения в ЦТК, с помощью которой определены статические и динамические характеристики и найдено оптимальное расположение пережима относительно ЦТК.

6. Разработаны технические средства управления - измерители теплового потока и расхода исходного сырья.

7. Предложен способ автоматического управления процессом технологической переработки тугоплавких материалов, защищенный авторским свидетельством. На основе этого способа разработана и внедрена АСР энерготехнологического циклонного агрегата.

8. Опыт внедрения рекомендаций и технических средств при автоматизации циклонных агрегатов показал, что выбранное направление решения поставленной задачи является правильным и перспективным. Реальный годовой экономический эффект от внедрения АСР на Джамбулском суперфосфатном заводе составил 200 тыс. руб. на один аппарат. Результаты данной работы также нашли применение при разработке АСР циклонных и вихревых камер для получения термической фосфорной кислоты, сжигания отходов производства и пр., реализованных в технических проектах НПО "Техэнергохимпром" на Джамбулском ПО "Химпром", Цекинском и Невинномысском ПО "Азот".

По теме диссертации опубликованы следующие основные работы:

1. Гайдабура И.П., Изотов Б.Ф., Тодорцев К.К., Призанд М.Б. Использование тепловых потоков в элементах циклонного агрегата в качестве информации для системы автоматического управления. — В кн.: Тезисы докладов VIII Всесоюзного научно-технического совещания по энерготехнологическим циклонным комбинированным и комплексным процессам. М., 1974, с. 47-49.
2. А.с. 430896 (СССР). Способ автоматического управления гидротермического обесфторивания кормовых фосфатов/ И.П.Гайдабура, В.М.Рудман, М.Т.Копбасаров, Е.И.Дичковский. Опубл. в Б.И., 1974, №21.
3. А.с. 511976 (СССР). Способ автоматического управления процессом термической переработки пылевидных материалов в циклонных агрегатах/ И.П.Гайдабура, Б.Ф.Изотов, К.К.Тодорцев, М.Б.Призанд, Л.В.Барашкин, Г.В.Маймур. Опубл. в Б.И. 1976, №16.
4. А.с. 546379 (СССР). Способ автоматического управления процессом термической переработки тугоплавких материалов/ И.П.Гайдабура, В.М.Баркас, Б.Ф.Изотов, К.С.Денисов, М.Б.Призанд, Л.И.Кон, К.К.Тодорцев, Л.В.Барашкин. Опубл. в Б.И., 1977, №6.
5. Гайдабура И.П. Исследование измерительной системы для оценки теплового состояния ЦТК. — В кн.: Тезисы докладов X Всесоюзного научно-технического совещания по энерготехнологическим циклонным процессам. М., 1978, с. 85.
6. Гайдабура И.П., Изотов Б.Ф. Использование тепловых потоков для повышения эффективности отопления энерготехнологических агрегатов. — Промышленная энергетика. 1978, №2, с. 13-15.
7. Гайдабура И.П., Тодорцев К.К. Определение косвенных параметров для автоматической стабилизации качественных характеристик кормовых фосфатов при их производстве в циклонных технологических камерах. — В кн.: Тезисы докладов Всесоюзного совещания по математическому моделированию и управлению высокотемпературными процессами в циклонных и вихревых аппаратах. Одесса, 1980, с. 102-103.
8. Тодорцев К.К., Гайдабура И.П. Повышение эффективности аппаратов вихревого типа. — Химическая промышленность, 1981, №2, с.56-57.
9. Гайдабура И.П. Использование косвенных оценок технологического процесса для целей управления вихревыми аппаратами. — В кн.: Тезисы докладов II Всесоюзного научно-технического совещания по созданию и внедрению аппаратов с активными гидродинамическими режимами для текстильной промышленности и производства химических волокон. М., 1981, с. 153.

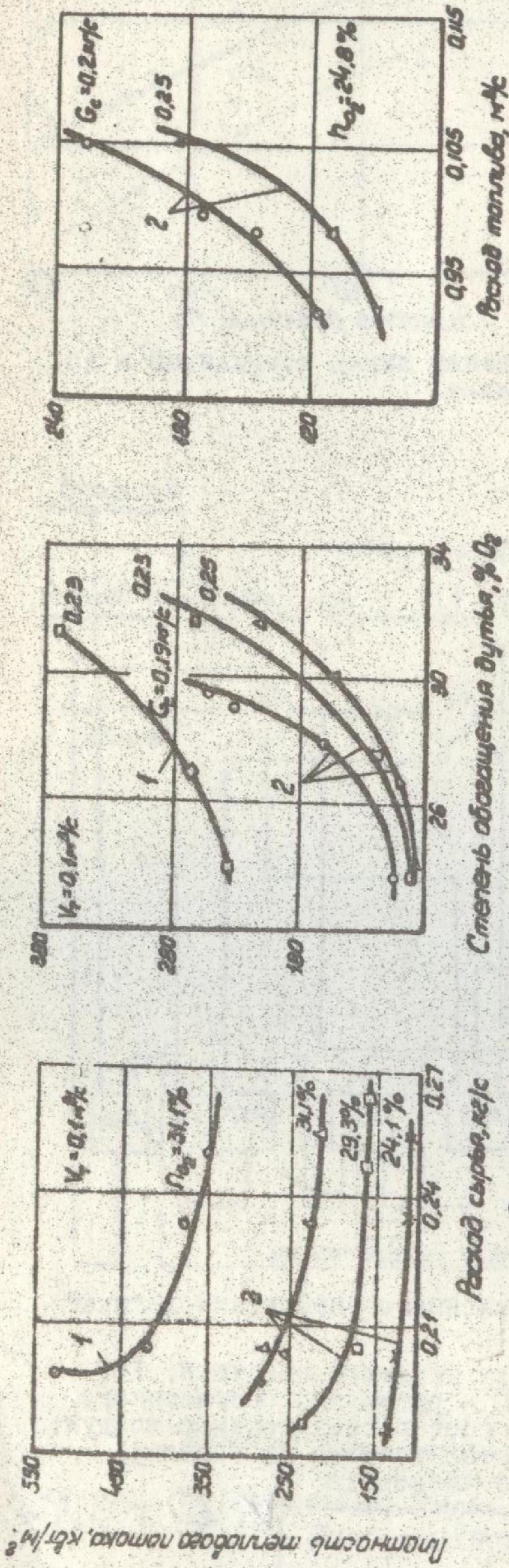


Рис. 1. Статические характеристики циклонной технологической камеры:
1 - горелочная обечайка; 2 - технологическая обечайка

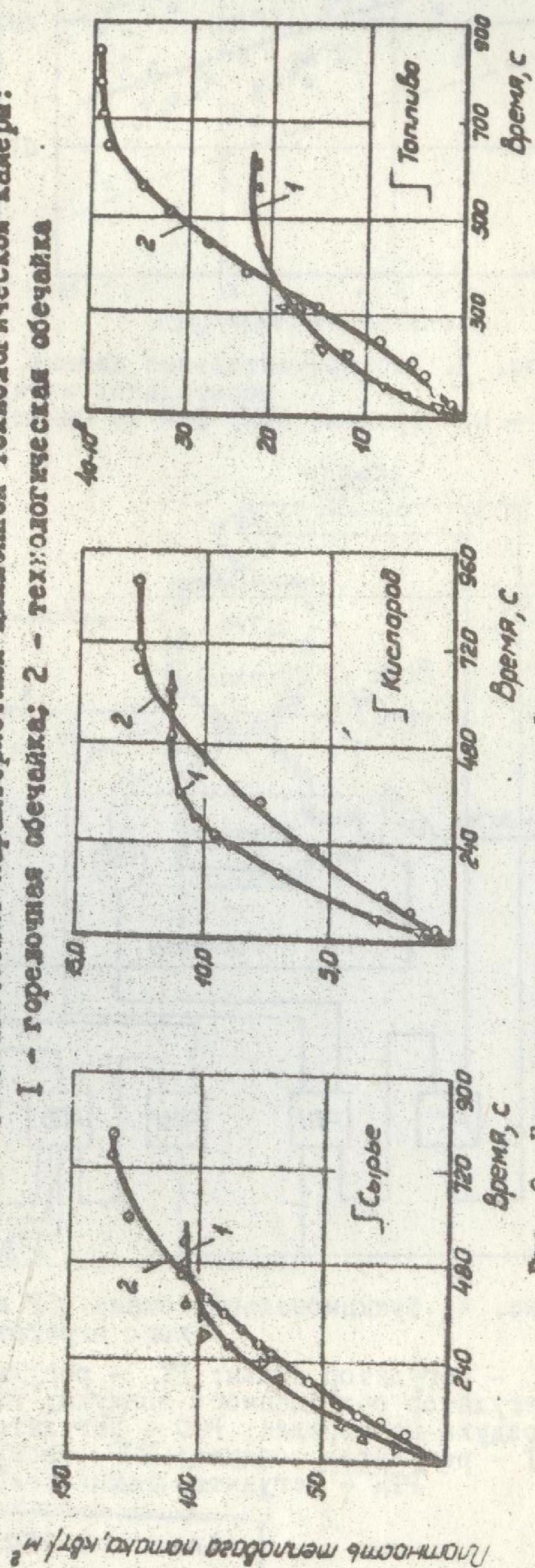


Рис. 2. Нормированные переходные функции циклонной технологической камеры:
1 - горелочная обечайка; 2 - технологическая обечайка

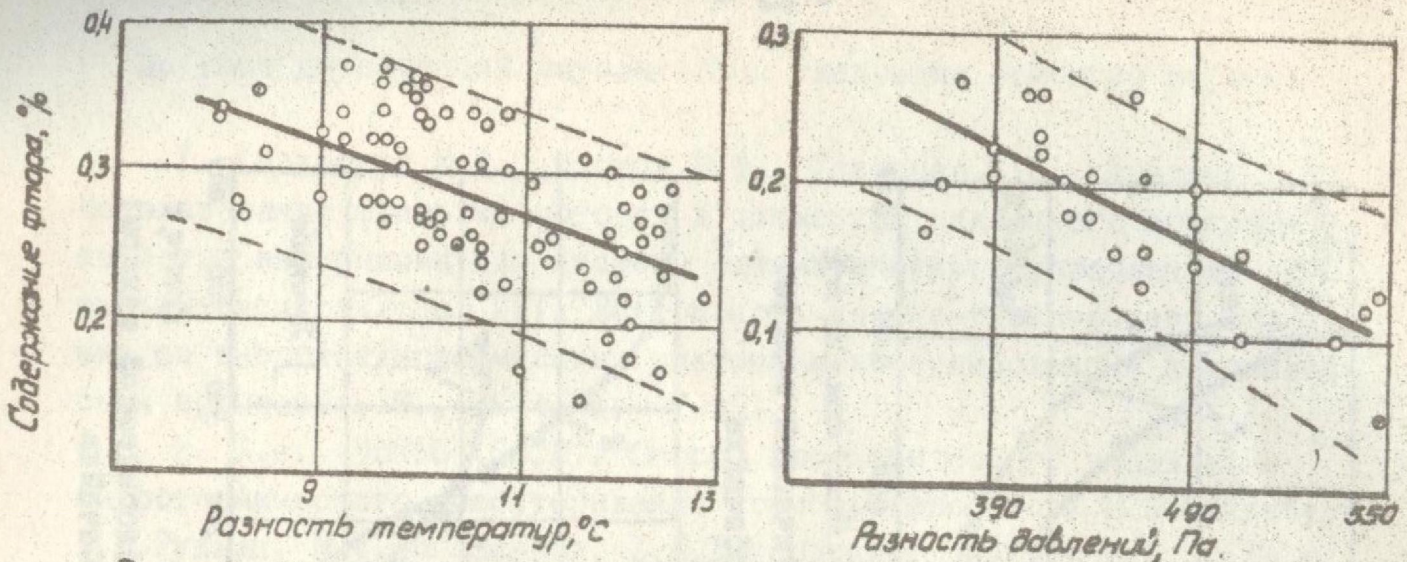


Рис. 3. Экспериментальные данные, оценки линий корреляций и доверительных интервалов:
 1 - на перехоиме ЦТК; 2 - на циклоне

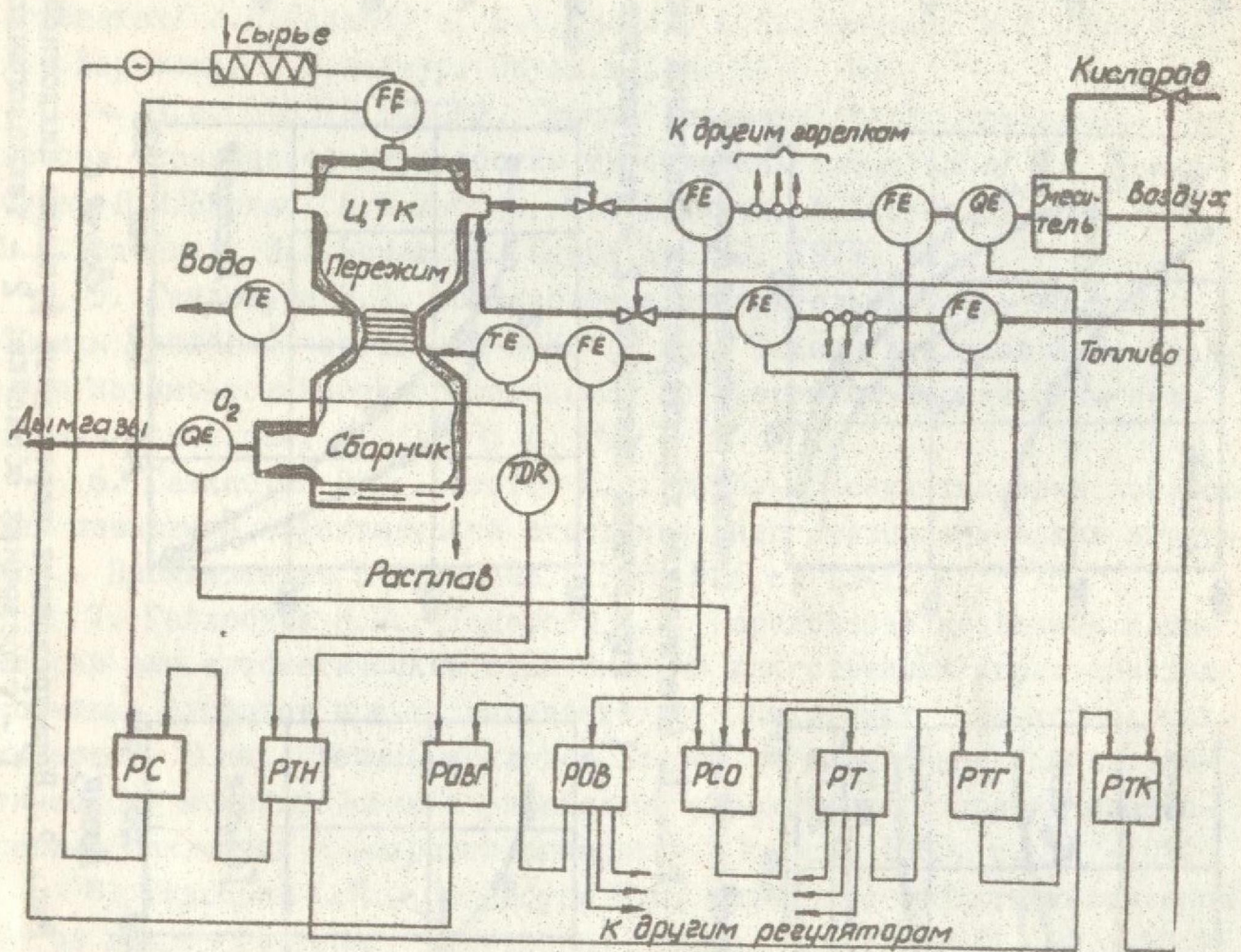


Рис. 4. Функциональная схема АСР циклонного энерготехнологического агрегата:

РС - регулятор сырья; РТ_н - регулятор тепловой нагрузки; РОВ - регулятор обогащенного воздуха; РОВГ - регулятор обогащенного воздуха на горелке; РСО - регулятор соотношения топливо-воздух; РТ - регулятор топлива; РТГ - регулятор топлива на горелку; РТК - регулятор технического кислорода

Одесский технологический институт пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова

V. 0 13841