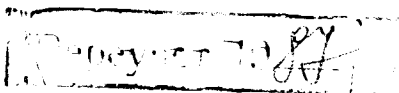


Автореферат
Р 15

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМПЕВИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ИМ.М.В.ЛЕМОНССОВА



На правах рукописи

РАДЗМЕВСКИЙ Юрий Павлович

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ РУССКОЙ ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКИ
СВЕКЛОСАХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ОБЪЕКТА УПРАВ-
ЛЕНИЯ И РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЕЕ
АВТОМАТИЗАЦИИ

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

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

- исследование МВУ как объекта управления;
- проведение анализа существующих систем управления и выполнение синтеза наиболее совершенной системы управления МВУ;
- выбор технических средств управления МВУ и усовершенствование их в соответствии с требованиями технологии;
- проведение испытаний с последующим внедрением системы управления МВУ;
- оценка экономической эффективности разработанных мероприятий, реализованных на действующей МВУ.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ заключается в:

- разработке усовершенствованной модели динамики регулируемой МВУ с развитым паротворением, с учетом связей объекта с предшествующими участками предприятия, по которым на выпарную установку проходят основные возмущения;
- определении рационального режима работы регулируемой МВУ с развитым паротворением с учетом требований автоматизации;
- разработке способа автоматического управления МВУ с развитым паротворением;
- создании алгоритма и разработке методики расчета компенсирующего устройства, обеспечивающего реализуемость принципа инвариантности с точностью до ϵ (малая величина, определяемая требованиями технологии) в классе комбинированных систем управления;
- разработке методики проведения трехэтапного пассивного эксперимента для МВУ как сложного объекта управления;
- создании математической модели компенсационной измерительной схемы автоматического плотномера сахарных растворов;
- разработке методики расчета основных конструктивных элементов плотномера.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ работы состоит в:

- разработке многомерной автоматической системы управления МВУ с межкорпусной сульфитацией, наиболее полно отвечающей требованиям эффективности работы выпарной установки;
- создании компенсирующего устройства, необходимого для реализации комбинированной системы управления, выполненного на пневматических функциональных приборах системы ГСП;

- создании автоматического плотномера сахарных растворов, включающего пено-шламоотделяющий сепаратор и измерительную компенсационную схему, как первичный преобразователь в системе автоматического управления;
- разработке рекомендаций для проектирования и внедрения модификации системы управления для различных технологических и теплотехнических схем МВУ.

ОБЩАЯ МЕТОДИКА выполнения работы состояла в:

- обеспечении рационального режима работы МВУ путем реконструкции тепловой схемы и подготовке установки к последующей автоматизации;
- применении статистических методов исследования регулируемой МВУ с развитым паротворением и межкорпусной сульфитацией, как сложного объекта управления;
- доказательстве адекватности реальной МВУ и её математической модели;
- выявлении путем сопоставления преимуществ разработанной системы управления по сравнению с существующими;
- уточнении оптимальных настроек отдельных элементов измерительной схемы автоматического компенсационного плотномера на основе математического моделирования;
- внедрении на практике разработанных рекомендаций, полученных в результате теоретических исследований и в проверке их эффективности.

РЕАЛИЗАЦИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ. Система (ОПИ-6) автоматического управления МВУ и автоматический компенсационный плотномер внедрены на Александренском, Дрокиевском и Первомайском сахарных заводах. Суммарный годовой экономический эффект от внедрения системы на вышеперечисленных предприятиях составляет 263 тыс.руб.

Проспекты системы (ОПИ-6) автоматического управления МВУ и компенсационного плотномера распространены на ВДНХ СССР, в ведущих проектных, научно-исследовательских организациях и на предприятиях сахарной промышленности СССР.

За разработку плотномера решением Главного Комитета ВДНХ СССР и дирекции Выставки автор награжден серебряной медалью.

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

- 39+41 отчетных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава Одесского политехнического института 1977-79 гг.;

- республиканском семинаре "Автоматизация технологических процессов в пищевой промышленности" (Киев, 1977 г.);

- техническом совещании Упрмолдсахпромп МПС СССР (Кишинев, 1977 г.);

- республиканской конференции "Автоматизация определения показателей качества сырья полупродуктов и готовой продукции в пищевой промышленности" (Киев, 1978 г.);

- республиканской конференции "Автоматизация теплоэнергетических процессов сахарного производства - важное условие технического прогресса" (Киев, 1978 г.);

- всесоюзной конференции "Автоматизация технологических процессов в пищевой промышленности" (Киев, 1979 г.).

ПУБЛИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ. По теме диссертации опубликовано 10 работ, получено авторское свидетельство на изобретение и положительное решение ВНИИПИЭ.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав с выводами, заключения и общих выводов, приложения. Основное содержание изложено на 120 страницах машинописного текста.

Рисунков 55. Таблиц 18. Библиография содержит 154 наименования.

Обоснование принятых решений и изложение результатов исследований

В процессе выпаривания растворов на свеклосахарном производстве происходит изменение состава исходного раствора, параметров греющего пара, состояния поверхностей нагрева и ряда других факторов, влияющих на процесс выпаривания. В этих условиях возникает задача установления и обеспечения рационального режима работы МВУ, т.е. режима, при котором достигается высокая эффективность работы

установки. При этом, исходя из требований технологии, концентрация раствора B_K на выходе с МВУ должна стремиться к оптимальной. Поэтому возникает задача определения влияния различных управляющих воздействий на выбранный критерий оптимизации.

Вопросу оптимизации управления работой МВУ с применением технико-экономических показателей (фактическая паропроизводительность установки - $W_{МВУ}^p$, себестоимость процесса выпаривания - C_1 и т.д.) посвящен ряд работ Р.М.Мадиева, И.Г.Либермана, В.А.Бременко, А.Г.Левачева, М.И.Таубмана и др.

Эффективность работы МВУ свеклосахарного производства оценивается следующими основными количественными и качественными показателями: значением концентрации раствора B_K на выходе МВУ; количеством пара необходимого потенциала, поступающего как на МВУ, так и на потребители; расходом охлаждающей воды на конденсатор; расходом и качеством конденсата, поступающего на ТЭЦ; равномерностью во времени накипобразования на поверхностях нагрева корпусов.

Для условий работы МВУ основной задачей оптимизации является обеспечение *min C₁*.

Процесс выпаривания на свеклосахарных заводах осуществляется не только в МВУ, но и в вакуум-аппаратах. Поэтому общее выражение для себестоимости процесса выпаривания в МВУ и в вакуум-аппаратах имеет вид

$$C_1 = \frac{4_1 Z + 4_2 D + 4_3 G B + Z_1}{W_{МВУ}^p + W_{Ва}} + Z_2, \quad (1)$$

где: $4_1, 4_2, 4_3$ - стоимость 1 квт.ч, 1 т пара и 1 м³ воды; $Z, D, G B$ - расход электроэнергии, греющего пара и воды на технологическую линию; Z_1 - постоянная составляющая затрат на полную паропроизводительность по воде; Z_2 - постоянная и переменная составляющие затрат на зарплату, цеховые и заводские расходы при выпаривании 1 кг воды; $W_{Ва}$ - производительность вакуум-аппаратов по выпаренной воде.

Исходя из условий работы МВУ необходимо, чтобы конечная концентрация раствора на выходе установки $B_K \approx B_K^{opt} \leq B_K^{зрощ}$ (величина $B_K^{зрощ}$ определяется требованиями технологии для конкретной технологической линии), а также необходимо, чтобы $W_{МВУ}^p \rightarrow \max W_{МВУ}^p$

В работах Г.Н.Костенко, А.М.Козака, М.А.Попович показан, что эти требования могут быть реализованы только на регулируемой выпарной установке с соответствующей тепловой схемой. При этом $D \rightarrow \min D$, $G_B \rightarrow \min G_B$ и, соответственно, $C_1 \rightarrow \min C_1$. Так как МВУ свеклосахарного производства подвержена непрерывному воздействию ряда различных по величине и направлению возмущений, то эту задачу можно выполнить при условии создания рациональной системы автоматического управления МВУ.

Общее выражение для целевой функции, при автоматическом управлении технологическим процессом в МВУ, с учетом линейной зависимости между себестоимостью процесса выпаривания C_1 и составляющими, входящими в выражение (1), имеет вид

$$J(V^*) = \min_{U \in V} J(U) = B_K^{opt}; \quad (2)$$

$$B_K^{opt} \leq B_K^{гран};$$

$$W_{МВУ}^Ф \rightarrow \max W_{МВУ}^Ф$$

Переменные, входящие в выражение для целевой функции (2), определяют эффективность работы установки, однако, они не могут быть использованы для оперативного управления процессом. Поэтому необходимо уточнить независимые переменные - входные потоки, которые могут быть использованы в качестве управляющих воздействий при автоматизации МВУ.

В работах А.М.Козака и В.А.Мамчура, при разработке технологических основ автоматизации МВУ, определялись независимые переменные, но, в связи с возросшими требованиями, предъявляемыми к системам управления МВУ свеклосахарного производства, возникла необходимость в дальнейшем уточнении режима работы регулируемой установки и выборе при этом независимых переменных.

Установлено, что реализация вышеперечисленных требований, возможна только при условии создания "голодного режима" с отрицательным небалансом по вторичным парам для всей установки в целом. При этом устанавливается такой режим, при котором общая фактическая производительность установки $W_{МВУ}^Ф$ является равной требуемой производительности $W_{МВУ}^Т$ из условия получения заданной конечной концентрации B_K , но недостаточной на величину суммы подпиток $\sum_{i=1}^{i=n} L_i$ во все корпуса для полного удовлетворения общей потреб-

ности $E_{adj,i}$ отбираемого пара из установки в целом

$$W_{МВУ}^Ф = W_{МВУ}^Т = \sum_{i=1}^{i=n} (E_i^{np} - L_i), \quad (3)$$

где: E_i^{np} - приведенный паротбор из неуправляемого корпуса.

Реализация такого режима позволяет создать достаточный регулировочный запас по производительности как для отдельных корпусов, так и для всей установки в целом.

С целью определения независимых переменных, необходимых для оперативного управления МВУ на реконструированной установке с созданным "голодным режимом", был поставлен эксперимент. В связи с тем, что МВУ представляет собой объект с распределенными параметрами, эксперимент был проведен по специально разработанной трехэтапной методике.

Данные эксперимента были подвергнуты предварительной обработке. Анализ результатов расчета, проведенных на ЦВМ, показал, что гипотеза нормальности исследуемых распределений не противоречит опытным выборкам по всем параметрам. Это позволило провести последующий корреляционный анализ данных эксперимента. Анализ полученных результатов показал, что основные возмущения на МВУ по теплообменной части проходят по параметрам давления вторичных паров второго и третьего корпусов - P_2 и P_3 (46-37%), в связи со значительными изменениями паротбора на потребители. Эти давления значительно коррелированы ($r_{P_2, P_3} = 0,87-0,40$) с давлениями предшествующих и последующих корпусов, что свидетельствует о их взаимном влиянии друг на друга. Поэтому МВУ с развитым паротбором является генератором возмущений как для 13Ц, так и для других участков технологической линии предприятия. Изменение давления вторичных паров в корпусах оказывает влияние на концентрацию упаренного раствора по корпусам ($r_{P_2, B_i} = 0,40 - 0,31$), а также на производительность соответствующих корпусов по пару ($r_{P_2, W_i} = 0,5-0,45$).

По массообменной части величины возмущений по каналам расхода S_0 и его концентрации B_0 , поступающего на МВУ, несколько ниже, чем по теплообменной части установки, соответственно, 27,0% и 24,5% (отклонения от среднего значения). Однако значительны отклонения концентрации упаренного раствора в промежуточных точках МВУ и на его выходе (26,3 - 33,3%).

Это свидетельствует не только о влиянии расхода и концентрации раствора, поступающего на МВУ ($\tilde{B}_0, \tilde{B}_1 = 0,65-0,31$) на концентрацию раствора как в промежуточной точке установки, так и на его выходе, но и о том, что на изменение величин B_1, B_2, B_3, B_x оказывает значительное влияние изменение величин пароотбора по корпусам.

Экспериментальные исследования МВУ с развитым пароотбором показали, что процессом можно управлять, если в качестве основного регулируемого параметра выбрать концентрацию раствора в промежуточной точке МВУ (B_3), а в качестве регулирующих воздействий - потоки раствора на установку, уровни раствора по корпусам, давления вторичных паров и производительности соответствующих корпусов. При этом необходимо в качестве основного корпуса выбрать первый корпус МВУ в связи с тем, что он обладает наибольшим регулировочным запасом по производительности.

Динамические свойства МВУ также исследовались экспериментально. Так как на установку непрерывно действует большое количество возмущений различных по знаку, частоте и длительности, то применялся только метод активного эксперимента. Оказалось, что динамические свойства участков в основном соответствуют свойствам аналогичных участков, полученным в результате экспериментальных исследований Б.А.Временко, А.П.Ладанюка, Л.И.Корниенко и др.

Эксперимент показал, что МВУ свеклосахарного производства необходимо рассматривать как многомерную управляемую систему с учетом связей её по различным каналам с предшествующими и последующими отделениями предприятия.

Разработка математической модели регулируемой МВУ с развитым пароотбором свеклосахарного производства

При построении математической модели МВУ было учтено, что на её основе должен быть проведен синтез и анализ системы автоматизации МВУ, обеспечивающей высокие технико-экономические показатели работы предприятия. Математическая модель также должна учитывать свойства рабочих процессов и схем установок, отражать общие закономерности и частные особенности МВУ. Существующие математические модели (работы И.Б.Вендрова, Е.И.Таубмана, И.Г.Либермана и др.)

описывают основные процессы в МВУ, у которых не определен оптимальный режим работы и выпарные установки не подготовлены к целям последующей автоматизации, так как не обладают достаточным запасом регулировочной способности корпусов по производительности, а также не учитывают связи объекта с различными отделениями предприятиями.

В настоящей работе была построена математическая модель регулируемой МВУ с развитым пароотбором, с учетом экспериментальных исследований. Предварительно была разработана структурная схема, наиболее полно учитывающая свойства выпарной установки как объекта управления. Так как МВУ представляет собой многомерный объект, то при разработке структурной схемы выпарная установка расчленялась на отдельные звенья, динамика которых может быть с достаточным приближением описана дифференциальными уравнениями первого порядка. При этом вводился ряд упрощений, которые допустимы и не вносят существенных погрешностей в пределах требуемой точности описания свойств объекта.

Система уравнений в операторной форме, описывающая переходные процессы в выпарной установке, имеет вид:

$$\begin{aligned}
 1) & (T_{11}S+1)P_{1.н.} = K_{104} P_{0.н.} + a_{12} P_1 + a_{13} \varphi_1^d; \\
 2-5) & (T_{22}S+1)P_x = K_{21} P_{x-1} + K_{22} P_{x+1} - K_{23} \varphi_x^e + \\
 & + K_{24} P_x^k + K_{25} \varphi_x^{nod} + K_{26} P_x^H; (x=1, \dots, 4); \\
 6) & (T_{53}S+1)P_5 = \lambda_{51} P_4 - \lambda_{53} \varphi_5^e + \lambda_{54} P_5^k; \\
 7-11) & W_x = l_{x1} P_{x-1} - l_{x3} (T_{24}S+1)P_x; (x=1, \dots, 5); \\
 12-16) & (T_{25}S+1)B_x = B_{x-1} - m_{21} \varphi_{x-1}^c + m_{22} W_x - \\
 & - m_{23} P_{x-1} + m_{24} P_x; (x=1, \dots, 5); \\
 17-21) & T_{25} sh_x = n_{21} \varphi_{x-1}^c - \varphi_x^c - n_{22} W_x + \\
 & + n_{23} P_{x-1} - n_{24} P_x + n_{25} P_{x+1}; (x=1, \dots, 5); \\
 22) & (T_{25}S+1)sh_{25} = n_0 \varphi_0^c,
 \end{aligned} \tag{4}$$

где: χ - индекс, указывающий порядковый номер корпуса;
 B_x - концентрация сухих веществ в растворе на выходе из корпуса; W_x - приращение производительности χ - корпуса по пару; $\varphi_{\chi,0}^e, \varphi_{\chi,0}^c, \varphi_{\chi,0}^d, \varphi_{\chi,0}^{mod}$ - соответственно, условный проход трубопроводов отбора вторичного пара, арматуры на стоке раствора, подачи греющего пара, подачи пара "подпитки";
 $P_{I,0}, P_{I,1}, P_{II,0}, P_{II,1}, P_{II,2}, P_{II,3}$ - соответственно, приращения давлений пара в греющей камере I и χ - корпусов, острого пара, вторичного пара корпусов и концентрата, перед клапаном, регулирующим "подпитку";
 T, a, l, c, m, n, k - коэффициенты уравнений;
 S - оператор Лапласа.

В полученных уравнениях в качестве независимых переменных использованы сечения условного прохода регулирующих органов на трубопроводах ввода и вывода веществ из МВУ, которые могут быть приняты входными величинами управляющей части системы автоматизации МВУ. Поэтому полученные уравнения могут быть применены при синтезе структур управления МВУ в качестве заданной части системы (модели объекта). Система уравнений (4) исследовалась на моделирующей машине. Результаты моделирования регистрировались на двухкоординатном потенциометре типа ЦДС-2Л.

В теплообменной части выпарной установки возмущения, приводящие к изменению давлений вторичных паров корпусов, изменяют значения этих параметров независимо от места их приложения. Таким образом, возмущения по этим параметрам проходят как с первого корпуса на хвостовые, так и наоборот, что свидетельствует о не-детектирующем характере передачи сигнала теплообменной части установки. Изменение концентрации раствора в последующем корпусе практически не влияет на изменение концентрации в предыдущем корпусе, что свидетельствует о детектирующем характере соединения звеньев массособной части установки. Выпарная установка по этому каналу представляет собой объект со значительной инерционностью. При нанесении возмущения по каналу B_0 изменение концентрации на выходе первого корпуса при ритмичной работе предприятия происходит медленно ($T_{01} = 53$ с) и значительно возрастает

в каждом последующем корпусе. Значительно быстрее изменяется концентрация выпаренного раствора при изменении производительности соответствующего корпуса, т.е. при применении "подпитки" ($T_{01} = 83$ с), что свидетельствует о возможности применения "подпитки" для регулирования концентрации в промежуточной точке МВУ. На изменение концентрации оказывает значительное влияние ($K_T = 0,56$) изменение давления греющего пара. Это свидетельствует о необходимости стабилизации давления греющих паров, что позволит уменьшить влияние их изменения на концентрацию выходного продукта B_x . Проведенный анализ показывает, что на полученной математической модели можно исследовать варианты систем автоматизации МВУ с целью создания более перспективного варианта.

Адекватность модели исследуемому объекту была проверена сравнением динамических характеристик МВУ по соответствующим каналам, полученных экспериментально, с характеристиками полученными на модели, которые незначительно отличаются друг от друга (8-14%).

Разработка автоматической системы управления МВУ

Анализ целевой функции управления (2) показывает, что основной задачей автоматической системы управления МВУ является минимизация отклонения регулируемого параметра (B_x), вплоть до сведения его к нулю. Из работ Б.И. Петрова, А.А. Кухтенко, И.И. Крицкого и др. следует, что для выполнения этого требования система управления объектом должна осуществлять инвариантность регулируемой координаты относительно основных возмущающих воздействий. Инвариантные промышленные системы управления реализуются, как правило, в классе комбинированных систем, у которых реализуемость принципа инвариантности осуществляется довольно просто. Анализ свойств объекта показал, что при автоматизации МВУ необходимо использовать распределенное управляющее воздействие, при этом входные и выходные величины объекта являются многомерными. Поэтому необходимо производить измерение большего числа возмущений, что не всегда возможно на практике. По этой причине невозможно достичь абсолютной инвариантности для промышленных систем и

закономерны. для них является требование инвариантности с точностью до ε (ε - малая величина), когда достижение абсолютной инвариантности невозможно или нежелательно (работы Б.М. Менского, Р.А. Полуяктова). В работах Г.Ф. Зайцева, П.И. Чинаева показано, что формулировка условий инвариантности для системы управления таким сложным объектом, каким является выпарная установка, совпадает с условием декомпозиции основной задачи управления. Таким образом основным контуром системы управления МВУ является контур регулирования концентрации выпариваемого раствора. Как показывают исследования, проведенные на объекте и на математической модели, реализация этого контура возможна только на первом корпусе выпарной установки. Это позволяет, применив комбинированную систему регулирования концентрации раствора в промежуточной точке установки, значительно уменьшить колебания концентрации раствора на выходе третьего корпуса при межкорпусной сульфитации.

Реализация данного контура невозможна без создания специального компенсирующего устройства, определяющего в каждый момент времени, в соответствии с выведенным алгоритмом, требуемое значение концентрации раствора после первого корпуса - B_1^{TP} с учетом основных возмущений, действующих на МВУ. На основании полученного алгоритма, разработано на базе функциональных блоков системы ИСП, компенсирующее устройство, реализующее соотношение

$$B_1^{TP} = \frac{S_0^{\varphi} \cdot B_0^{\varphi} \cdot B_K^{TP}}{S_0^{\varphi} B_0^{\varphi} + B_K^{TP} \cdot \sum_{l=2}^{L-2} W_l} \quad (5)$$

где: S_0^{φ} , B_0^{φ} - соответственно, фактический расход и концентрация раствора, поступающего на установку; B_K^{TP} - требуемая концентрация раствора на выходе установки; $\sum_{l=2}^{L-2} W_l$ - суммарная производительность 2-го и последующих корпусов.

Так как контур регулирования концентрации B_1 выполняет основную задачу системы управления, то отпадает необходимость регулирования паропроизводительности всей установки в целом. При этом целесообразно заставить производительности

корпусов K_2 и K_3 в схеме при межкорпусной сульфитации. Такое решение позволяет также отказаться от применения сложного и дорогостоящего вычислительного устройства фактической производительности $W_{МВУ}^{\varphi}$, используемого в контуре регулирования производительности МВУ при реализации системы ОИИ-4 автоматического управления установкой.

Неритмичность работы отделений сокодобывания и очистки на сахарных заводах приводит к значительным колебаниям подачи раствора на установку. Эта неравномерность является одним из основных возмущений, нарушающих нормальную работу выпарной станции. Поэтому для успешной работы всей системы управления в целом существенное значение имеет вопрос плавного регулирования расхода раствора в первый корпус установки. Предложенная система стабилизации потока раствора на МВУ с корректирующим и следящим регуляторами работает, обеспечивая соотношение

$$\left(\frac{dQ_c}{dt}\right)_{max} = \frac{\varepsilon_{об}^p \cdot K_{p1} \cdot K_{p2}}{1 + K_{p1}} \Delta Q_n \quad (6)$$

где: Q_n, Q_c - значение расхода раствора на притоке и стоке из сборника; $\varepsilon_{об}^p$ - значение скорости разгона объекта для регулирующего воздействия; K_{p1}, K_{p2} - коэффициенты усиления следящего и корректирующего регуляторов.

Стабилизация остальных параметров (уровней по корпусам, давление вторичного пара первого корпуса, а также четвертого корпуса и концентратора) осуществляется обычными одноконтурными схемами регулирования.

Анализ вариантов систем автоматизации (предложенной системы и системы ОИИ-4) проведен на модели 4-х корпусной выпарной установки с развитым паротбором и межкорпусной сульфитацией. Полная модель систем автоматизации была реализована на моделирующей машине. При этом на модели наносились возмущения по каналам расхода, поступающего на МВУ ($\pm 50\%$), его концентрации ($\pm 30\%$), а также давления греющего пара ($\pm 20\%$). Параметры настройки регуляторов определялись для систем при одних и тех же показателях качества по минимальному интегральному критерию. Анализ полученных результатов моделирования показал, что уменьшение времени

переходных процессов (на 54-79% по основным каналам регулирования), при реализации предложенной системы управления, позволяет вести процесс более интенсивно (на 56-84% по этим же каналам) и своевременно реагировать на все наносимые возмущения. Это приводит к уменьшению отклонений выходной концентрации раствора B_k после третьего корпуса МВУ, а также сокращению длительности варки угле-ля (см.табл.).

Таблица

Система \ Параметр	Недовыпаривание, %	Отклонение концентрации, %	Сокращение длительности варки угле-ля, %
ОПИ-4	5,9	- 7,1	-
ОПИ-6	1,3	- 1,0	8

Разработка и исследование автоматического компенсационного плотномера

Реализация предложенной системы управления затруднена в связи с необходимостью осуществления контроля концентрации раствора на входе установки, после первого корпуса, третьего корпуса и на выходе МВУ. Анализ выпускаемых промышленностью плотномеров показал, что они, в связи с низкой надежностью, невысокой точностью измерения и большими временными постоянными, не могут применяться в качестве датчиков системы автоматического управления МВУ. Разработанный на базе гидростатического метода измерения автоматический плотномер включает в себя пеношламоотделяющий сепаратор и компенсационную измерительную схему. Предложенная методика расчета размеров основных элементов позволила отработать конструкцию сепаратора очистки контролируемого раствора от пены и шлама.

Математическая модель компенсационной измерительной схемы плотномера, разработанная на основе аналитических и эксперимен-

тальных методов, получена в виде системы уравнений в операторной форме

$$\begin{aligned}
 (T_{un}S + 1) P_{un} &= K_{un} \cdot P_{вх}; \\
 (T_{эсч}S + 1) P_{эсч} &= K_{эсч} \cdot P_{un} e^{-\tau S}; \\
 (T_{ф}S + 1) P_{вых} &= K_{ф} \cdot P_{эсч}; \\
 (T_{он}S + 1) P_{он} &= K_{он} \cdot P_{вых} e^{-\tau S},
 \end{aligned} \tag{7}$$

где: $K_{un}, K_{эсч}, K_{ф}, K_{он}, T_{un}, T_{эсч}, T_{ф}, T_{он}$ - соответственно, коэффициенты усиления и постоянные времени измерительного преобразователя (ИИ), элемента сравнения и усиления (ЭСУ), фильтра (Ф) и обратного преобразователя (ОП).

Моделирование на АВМ измерительной схемы плотномера позволило произвести выбор оптимальных настроек - времени демпфирования и коэффициента усиления обратного преобразователя. Плотномер имеет основную погрешность 1,5%, прошел длительные производственные испытания, экспонировался на ВДНХ СССР и отмечен серебряной медалью.

Результаты внедрения

Система автоматического управления разработана и внедрена на Александренском, Дрокиевском и Первомайском сахарных заводах. Анализ полученных результатов испытаний позволил сделать следующие выводы.

Внедрение системы автоматизации совместно с реконструкцией тепловой схемы, с целью создания рационального теплового режима работы установки, позволили значительно улучшить стабилизацию потока раствора по технологическому тракту, давлений вторичных паров во всех корпусах, уровней раствора по корпусам, паропроизводительности корпусов, а также увеличить плотность раствора на выходе с МВУ с 44,5 до 62,0% СВ и уменьшить колебания этого параметра с $\pm 5,5\%$ СВ до $\pm 3,0\%$ СВ. Это позволило снизить как расход греющего пара на первый корпус в среднем на 5 т в час, так и расход охлаждающей воды на конденсатор на 15-20%.

Таким образом в результате проведенных мероприятий себестоимость процесса выпаривания C_I уменьшается в среднем на 4-5%.

1013432

СЫММЕ ВЫВОДЫ

1. Установлено, что минимум себестоимости процесса выпаривания, как это следует из анализа целевой функции управления, может быть достигнут при $V_k \rightarrow V_k^{opt}$ и $W_{MBU} \rightarrow \max_{W_{MBU}}$. Эти требования выполнимы при условии создания рационального режима работы выпарной установки, обеспечивающего достаточный регулировочный запас корпусов по производительности.

2. Разработаны предпосылки для создания рационального режима работы MBU и рекомендации, позволяющие реализовать его на действующих выпарных установках.

3. Выбраны регулируемые параметры, регулирующие воздействия, а также определены экспериментальным путем на реконструированной MBU их взаимные влияния.

4. Учтены в разработанной модели динамики регулируемой MBU связи объекта с предшествующими технологическими участками, по которым на выпарную установку проходят основные возмущения.

5. Показано, что в связи со значительной инерционностью канала концентрации раствора, регулирование этого параметра необходимо осуществлять в промежуточной точке MBU.

6. Обоснована необходимость разработки рациональной системы управления выпарной установкой свеклосахарного производства с учетом принципов инвариантности и декомпозиции.

7. Разработаны алгоритм, методика расчета и схема компенсирующего устройства, реализующего условия инвариантности для системы управления MBU.

8. Установлено путем моделирования различных вариантов, что предложенная система автоматизации MBU обеспечивает высокое качество регулирования параметров.

9. Обоснован выбор гидростатического метода измерения плотности сахарного раствора, а также предложена методика определения основных размеров сепаратора плотномера.

10. Разработан автоматический компенсационный плотномер (положительное решение ВНИИПЭ № 2411437/18-25 от 13.03.79г.) с устойчивыми метрологическими характеристиками (основная погрешность - 1,5% от диапазона измерения).

11. Исследована на АБМ модель измерительной схемы разработанного плотмера, что позволило произвести выбор оптимальных настроек его отдельных элементов.

12. Разработана, защищенная авторским свидетельством №448020, система автоматического управления для регулируемой MBU с межкорпусной сульфитацией свеклосахарного производства.

13. Эффективность разработанных рекомендаций и технических средств проверена на действующих выпарных установках ряда свеклосахарных предприятий.

14. Результаты работы могут быть использованы при автоматизации действующих и проектируемых MBU аналогичного типа в других отраслях промышленности.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Система плавного регулирования подачи сока на выпарную установку /М.И.Кон, Ю.С.Денисов, М.В.Призанд, В.С.Полоник, Ю.П.Радзиевский.- Сахарная пром-сть, 1968, № 9, с.29-30.
2. Радзиевский Ю.П., Призанд М.В. Автоматический компенсационный плотномер растворов.- Кишинев, 1973.-4 с.- (Экспресс-информация /МолдНИИТИ; № 43).
3. Регулирование расхода раствора на выпарную установку /В.А.Мамчур, М.В.Призанд, Ю.П.Радзиевский и др.-Кишинев, 1973.-4 с.- (Экспресс-информация/МолдНИИТИ; № 79).
4. А.с.448020 (СССР). Способ автоматического управления многокорпусной выпарной установкой /Одес.политехн.ин-т, Валент.сах.з-д; Авт.изобрет. В.А.Мамчур, А.А.Мунтян, М.В.Призанд, Ю.П.Радзиевский.- Заявл. 3.10.72, № 1632380/28-13; опубл. в П.И., 1974, № 40.
5. Автоматическая система ОПИ-6 управления двухпоточной многокорпусной выпарной установкой /Ю.С.Денисов, В.А.Мамчур, Г.В.Муратов, Ю.П.Радзиевский и др.- Одесса, 1978.- 4 с.- (Информ.исток/Одес.ИТИ; № 35).
6. Радзиевский Ю.П., Лихачев А.С. Внедрение системы автоматического управления (ОПИ-6) многокорпусной выпарной установкой с применением автоматического компенсационного плотмера.- В кн.: Тезисы докл.реслудл.конф. "Автоматизация энергетических и технологических процессов сахарного производства - важное условие технического прогресса" Киев, 1978, с.15-17.
7. А.с.Б.н. (СССР). Автоматический компенсационный плотномер /Одес. политехн.ин-т; Авт.изобрет. Ю.П.Радзиевский, М.В.Призанд, А.С.Лихачев. Заявл. 12.10.76, № 2411437/18-25; положительное решение от 13.03.79.
8. Радзиевский Ю.П. и др. Автоматический компенсационный плотномер в системе управления MBU на Александренском сахарном комбинате /Ю.П.Радзиевский, М.В.Призанд, Г.В.Муратов, А.С.Лихачев.- Изв. вузов. Пищевая пром-сть. Реф.сб. (Киев), 1978, № 14, с.61-62.
9. Радзиевский Ю.П. Сравнительный анализ систем автоматизации выпарной станции с помощью ЭВМ.-Одес.политехн.ин-т, Одесса, 1979. 7 с., библиогр. 10 назв. (Депонир.рукопись /ВИИТИ 2 авг.1979 г., № 1616).
10. Радзиевский Ю.П., Денисов Ю.С. Математическая модель многокорпусной выпарной установки с развитым пароотбором.- Одес.политехн.ин-т, Одесса, 1979. 7 с., библиогр. 5 назв. (Депонир.рукопись /ВИИТИ 2 авг.1979 г., № 1617).
11. Радзиевский Ю.П., Денисов Ю.С. Математическая модель автоматического компенсационного плотмера.- Одес.политехн.ин-т, Одесса, 1979. II с., библиогр. 8 назв. (Депонир.рукопись /ВИИТИ 2 авг. 1979 г., № 1618).
12. Радзиевский Ю.П. Целевая функция управления выпарной установкой свеклосахарного производства.- Одес.политехн.ин-т, Одесса, 1979. 5 с., библиогр. 7 назв. (Депонир.рукопись /ВИИТИ 2 авг. 1979 г., № 1619).