

Автореф.

М 22

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
им. М. В. ЛОМОНОСОВА

---

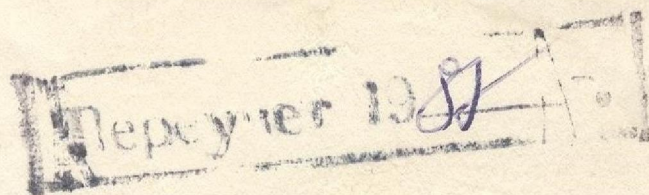
В. А. МАМЧУР

РАЗРАБОТКА, ИССЛЕДОВАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ  
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ  
МНОГОКОРПУСНОЙ ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКОЙ  
С РАЗВИТЫМ ПАРООТБОРОМ  
ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

(05.198 — Автоматизация производственных процессов)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук



ОДЕССА — 1969

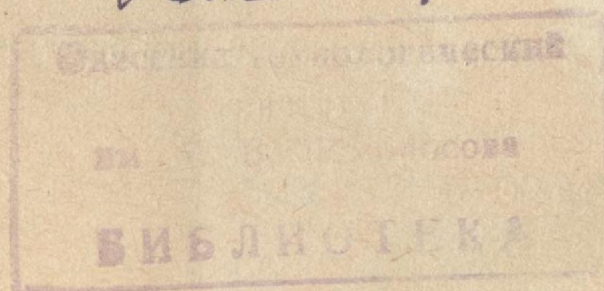
В. А. МАМЧУР

РАЗРАБОТКА, ИССЛЕДОВАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ  
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ  
МНОГОКОРПУСНОЙ ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКОЙ  
С РАЗВИТЫМ ПАРООТБОРОМ  
ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

(05.198 — Автоматизация производственных процессов)

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

✓ О. В. 1714



ОДЕССА — 1969

Работа выполнена на кафедре автоматизации теплоэнергетических процессов Одесского политехнического института.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ —

кандидат технических наук, доцент *КОН Л. И.*

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

доктор технических наук, профессор *ПЛАТОНОВ П. Н.*,  
кандидат технических наук *ЕРЕМЕНКО Б. А.*

Ведущее предприятие — Фалештский сахарный завод.

Автореферат разослан « *4* » *октября* 1969 г.

Защита диссертации назначена на « *28* » *ноября* 1969 г.  
на заседании Совета по присуждению ученых степеней при Одесском технологическом институте им. М. В. Ломоносова.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Просим Вас принять участие в обсуждении диссертации по защите или прислать отзыв (в двух экземплярах) по адресу: г. Одесса, ГСП-1, ул. Свердлова, 112, Одесский технологический институт им. М. В. Ломоносова, ученому секретарю Совета.

О дне, времени и месте защиты за 10 дней будет объявлено в газете.

Ученый секретарь Совета

(*Л. А. Запорожец*)

Технология производства различных продуктов зачастую включает в себя многоступенчатое выпаривание растворов с развитым использованием вторичных паров для технологических нужд. Поэтому многокорпусные выпарные установки являются неотъемлемой частью технологического оборудования многих энергетических, химических, фармацевтических, пищевых и других производств и от правильной организации процесса выпаривания в большой степени зависит как качество, так и себестоимость выпускаемой продукции.

Реферируемая работа посвящена вопросам исследования, рационализации и автоматизации процессов многоступенчатого выпаривания применительно к сахарному производству, однако результаты исследований и разработок могут найти применение и в других производствах с учетом их конкретных особенностей.

Основной задачей многокорпусной выпарной установки (МВУ) в сахаро-песочном производстве является повышение концентрации сухих веществ (СВ) диффузионного свекловичного сока до заданного значения и поддержание последнего стабильным независимо от эксплуатационных ситуаций. Практикой установлена целесообразная величина концентрации сиропа после МВУ равная 0,65 кг/кг (65% СВ). По данным «Ежегодника по сахарной промышленности» за производственные сезоны с 1960 по 1964 годы средняя концентрация сиропа после МВУ на сахарных заводах страны не превышала 0,55 кг/кг. Если бы концентрация сиропа на всех заводах, перерабатывающих около 40 млн. тонн свеклы в год, была доведена до нормы, экономия условного топлива составила бы 150 000 тонн, что при его стоимости 10—11 рублей/тонна составит 1,5 млн. руб. в год, а единовременные капиталовложения государственных средств в топливную базу сократятся на 5 млн. рублей.

Отсюда вытекает практическая ценность исследований и разработок, направленных на обеспечение стандартной концентрации сиропа.

Кроме этой задачи перед МВУ ставится ряд других, не менее важных задач:

— обеспечивать внешних технологических потребителей паром достаточного потенциала и стабильных параметров;

— снабжать котельную и некоторых потребителей чистым конденсатом;

— поддерживать необходимый темп сгущения раствора независимо от степени накипеобразования и величины паростборов;

— обладать высокой экономичностью и управляемостью при переменных режимах.

Мера выполнения перечисленных требований определяется техническим состоянием, культурой эксплуатации и уровнем автоматизации МВУ. К сожалению, в условиях систематического нарушения ритмичности технологических потоков на сахарных заводах ни одна из созданных до сих пор схем автоматического управления МВУ не обеспечивает абсолютного выполнения технических требований.

Анализ существующих схем и синтез на их базе наиболее рациональной системы комплексной автоматизации МВУ, получившей название ОПИ-3, проведены в работах А. М. Козака. Имеются разновидности этой схемы в разработках КТИПП'а, ВНИИСП'а, Укргипросахара, завода «Сахавтомат» и др. В настоящей работе проанализирована система типа ОПИ-3, выявлены ее недостатки, предложена усовершенствованная система типа ОПИ-4 и проведены исследования последней на электронной модели и в производственных условиях.

Диссертация состоит из введения, пяти глав с выводами и восьми приложений, содержит 263 страницы машинописного текста (из них 195 страниц — основного), 71 рисунок и библиографию из 108 наименований.

В первой главе описаны особенности структуры и принципы работы системы ОПИ-3, созданной на базе авторского свидетельства № 157 330 на способ выпаривания растворов в многокорпусной выпарной установке (авторы Г. Н. Костенко, Л. И. Кон, А. М. Козак) и впервые реализованной в 1963 г. на Фалештском сахарном заводе, указаны обязательные условия ее работоспособности, заключающиеся в наличии для каждого отдельного корпуса и всей установки в целом режима с отрицательным дебалансом вторичных паров.

Проведен анализ системы ОПИ-3, из которого следует, что МВУ является сложным многоемкостным объектом регулирования с многочисленными взаимозависимыми выходными параметрами и возмущающими воздействиями, причем, инер-

ционность прохождения сигналов от мест приложения возмущений до места измерения концентрации  $B_5$  выходящего сиропа тем больше, чем меньше порядковый номер корпуса, к которому приложены возмущения. Эти динамические характеристики подтверждают правильность традиционного выбора испарительной производительности  $W_5$  концентратора в качестве наиболее быстродействующего регулирующего воздействия для стабилизации концентрации  $B_5$  по ее отклонению.

Поскольку на сахарных заводах основные возмущения, влияющие на  $B_5$ , возникают, главным образом, на головных корпусах МВУ (напр., изменения расхода  $S_{01}$  и концентрации  $B_0$  поступающего сока, паротборов на вакуум-аппараты) и по размерам они превышают эквивалентную регулирующую способность концентратора по  $W_5$ , то принятый в системе ОПИ-3 принцип регулирования концентрации  $B_5$  по возмущениям является более прогрессивным и оправданным, чем традиционное регулирование  $B_5$  по отклонениям с помощью концентратора. Эта замена также обуславливается экономической нецелесообразностью использования концентратора в активном режиме.

Для многоемкостных объектов высокое качество регулирования параметров по возмущениям может быть обеспечено только при условии компенсации возникающих возмущений **в момент и на месте** их возникновения. Однако как раз последнее условие в системе ОПИ-3 строго не выдерживается. Действительно, с одной стороны система ОПИ-3 допускает существенные изменения испарительных производительностей  $W_i$  промежуточных и хвостовых корпусов, а с другой стороны стремится их компенсировать за счет производительности 1-го корпуса  $W_1$ , т. е., не на месте их возникновения. Это создает дополнительные погрешности регулирования  $B_5$ .

Показаны неудобства обслуживания системы ОПИ-3 из-за необходимости периодического ручного изменения уставок регуляторов давлений промежуточных корпусов по мере накипеобразования [2] и недостаточность применения чистого принципа регулирования  $B_5$  по возмущениям. Указано на неэкономичность использования редуцирующего органа для регулирования расхода греющего пара 1-го корпуса по причине уменьшения выработки электроэнергии из-за необходимого повышения противодавления турбины.

Приведены примеры испытаний системы ОПИ-3 и ее отдельных контуров с подробным анализом и объяснением полученных результатов, выявлены причины неудовлетворитель-

ной работы системы в сложившейся ситуации и намечены мероприятия организационного и конструктивного характера, направленные на ее усовершенствование.

Во второй главе освещаются структура и принцип действия усовершенствованной автором системы автоматического управления ОПИ-4 (рис. 1) и ее контуров регулирования.

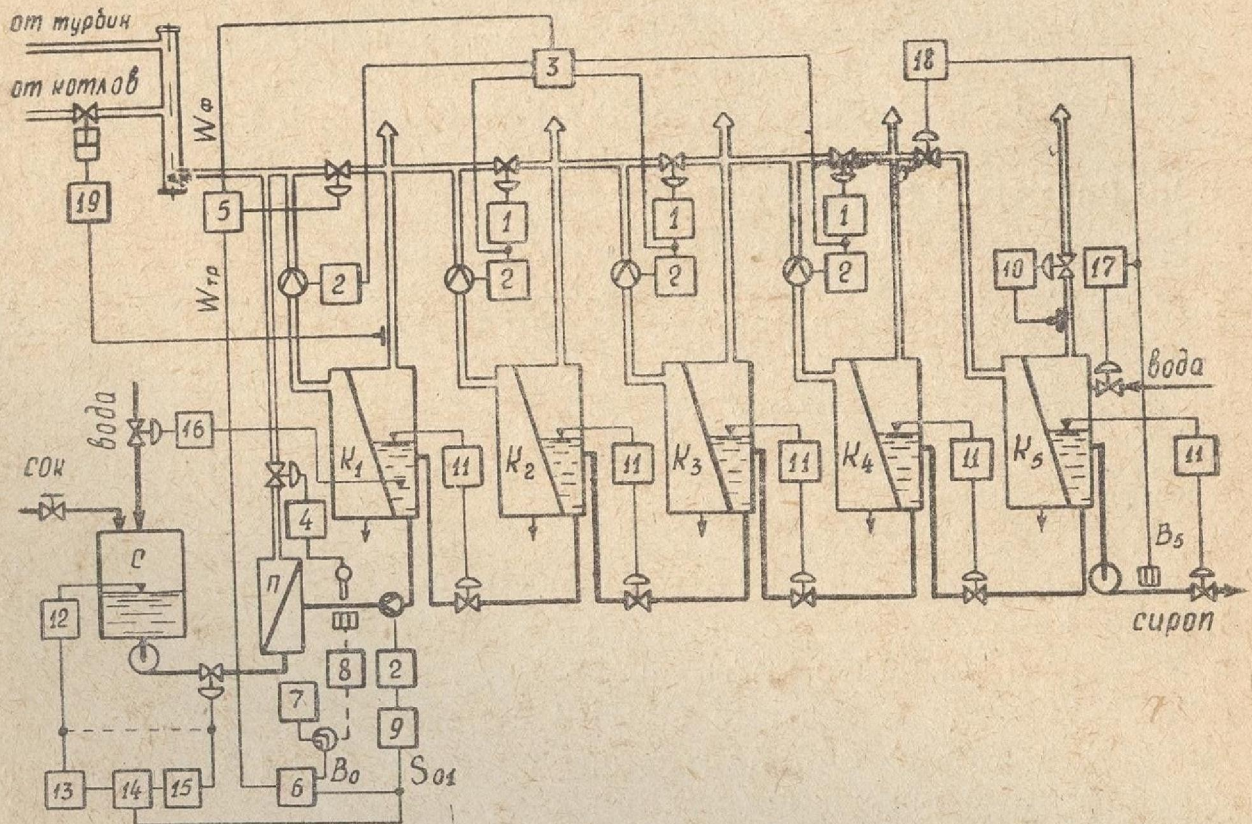


Рис. 1. Структурная схема системы ОПИ-4 автоматического управления МВУ:

$K_1, K_2, K_3, K_4$ —выпарные корпуса;  $K_5$ —концентратор;  $C$ —сборник сока;  $\Pi$ —подогреватель;  $1$ —регулятор стабилизации производительности корпуса;  $2$ —дифманометр;  $3$ —вычислительное устройство фактической производительности МВУ;  $4$ —регулятор температуры сока;  $5$ —следящий регулятор согласования фактической и требуемой производительности МВУ;  $6$ —вычислительное устройство требуемой производительности МВУ;  $7$ —ручной задатчик концентрации сока;  $8$ —автоматический датчик концентрации сока;  $9$ —устройство, извлекающее квадратный корень;  $10$ —регулятор стабилизации вакуума в концентрате;  $11$ —регулятор стабилизации уровня;  $12$ —датчик уровня;  $13$ —реле соотношения;  $14$ —суммирующий блок;  $15$ —регулятор расхода раствора с коррекцией по уровню в сборнике;  $16$ —устройство, предохраняющее 1-й корпус от оголения поверхности нагрева;  $17$  и  $18$ —блоки двухканального регулятора стабилизации концентрации сиропа;  $19$ —регулятор стабилизации давления вторичного пара 1-го корпуса.

С целью компенсации различного рода возмущений, воздействующих на концентрацию сиропа  $B_5$  из промежуточных корпусов, в системе ОПИ-4 предусматриваются стабилизирующие регуляторы производительностей  $W_i$  этих корпусов, которые (в отличие от регуляторов давлений  $P_i$  в системе

ОПИ-3) не требуют частой периодической перенастройки заданий по мере накипеобразования и образуют более быстродействующие контуры регулирования. Величины производительностей  $W_i$  измеряются косвенно по соответствующим расходам греющего пара  $D_{i-1,i}$ . Проведенные расчеты и опыт подтверждают приемлемость принятого метода измерения  $W_i$  для целей регулирования.

Согласование фактической  $W_{\text{ф}}$  и требуемой  $W_{\text{тр}}$  испарительных производительностей МВУ в системе ОПИ-4 осуществляется следящим регулятором соотношения за счет изменения  $W_1$  путем воздействия на подпитку пара из коллектора в надрастворное пространство 1-го корпуса. В этот регулятор входят специальные вычислительные устройства (ВУ), собранные из стандартных элементов пневмоавтоматики и производящие формирование комплексных показателей МВУ —  $W_{\text{ф}}$  и  $W_{\text{тр}}$ . В системе ОПИ-4 в структуру ВУ внесены изменения, повышающие их надежность и экономичность.

ВУ величины  $W_{\text{тр}}$  вырабатывает пневматический сигнал, полезная часть которого пропорциональна требуемой испарительной производительности МВУ, определяемой из условий получения требуемой концентрации сиропа  $B_4^{\text{тр}}$  после 4-го корпуса при текущих значениях расхода  $S_{01}$  и концентрации  $B_0$  поступающего сока:

$$W_{\text{тр}} = (S_{01} \cdot B_4^{\text{тр}} - S_{01} \cdot B_0) \cdot \frac{1}{B_4^{\text{тр}}}.$$

ВУ  $W_{\text{ф}}$  вырабатывает сигнал, полезная часть которого пропорциональна фактической испарительной производительности МВУ, определяемой суммированием текущих значений расходов греющих паров рабочих корпусов:

$$W_{\text{ф}} = \sum_{i=1}^{i=4} D_{i-1,i}.$$

В отличие от типовой схемы, предусматривающей регулирование давления  $P_1$  путем воздействия на расход греющего пара в 1-й корпус, или от схемы ОПИ-3, использующей для этой цели воздействие на подпитку в 1-й корпус, что в конечном счете сводится к регулированию по типовой схеме, система ОПИ-4 стабилизирует  $P_1$  путем воздействия на расход пара через редуционно-охладительную установку (РОУ). Этот способ регулирования упрощает систему управляющего высвобождавая комплект аппаратуры одного регулирующего

контура, повышает выработку электроэнергии за счет снижения противодействия турбины и исключает необходимость ручного изменения давления в коллекторе по мере накипеобразования. При правильной настройке этого контура регулирования достигается высокое качество стабилизации  $P_1$  при умеренных колебаниях противодействия турбины [3].

Для сглаживания колебаний расхода сока на выпарную станцию в системе ОПИ-4 осуществлена каскадная схема регулирования с автоматической коррекцией регулируемой величины по уровню в сборнике перед МВУ, что позволило снизить колебания  $S_{01}$  в 1,5 раза за счет использования аккумулирующей способности сборника сока.

Для стабилизации уровней раствора в корпусах МВУ применены регуляторы «после себя», обладающие тем преимуществом перед регулированием на притоке, что они исключают возможность превращения МВУ в узкое место технологической цепи при повышенных откачках сока. При этом не требуется блокировка регуляторов уровней с целью защиты поверхностей нагрева корпусов от оголения, за исключением 1-го корпуса, где такая защита предусмотрена.

Следует отметить, что компенсация возмущения  $\Delta S_{01}$  с помощью регулирующего воздействия  $\Delta W_1$  вызывает по отношению к концентрации сиропа два равных по величине в установившемся режиме и противоположных по знаку воздействия, проявляющихся в изменении расхода  $\Delta S_{12}$  и концентрации  $\Delta B_1$  раствора после 1-го корпуса. Поскольку скорость параллельного прохождения этих воздействий через последовательность емкостей от 1-го корпуса до последнего различна, то даже идеальное соблюдение принципа регулирования  $B_5$  по возмущениям не обеспечивает ее динамической стабильности.

Поэтому для обеспечения стандартной концентрации сиропа после МВУ в системе ОПИ-4 предусматривается дополнительный двухканальный контур регулирования  $B_5$ , работающий по отклонениям регулируемой величины. Осуществление этого контура стало возможным благодаря разработке автором автоматического плотномера ПП-1 с двухступенчатым пеноотделяющим приемником. Сравнительные результаты измерений концентрации  $B_5$  с помощью плотномера ПП-1 и лабораторного рефрактометра РЛ-2 приведены на рис. 2.

В третьей главе уточнены существующие методы теплового и гидравлического расчетов статических режимов МВУ применительно к условиям работы системы ОПИ-4. Ре-

зультаты этих расчетов необходимы для математического описания динамики системы.

В тепловом расчете исходного режима МВУ уточнены коэффициенты испарения  $x_i$ , самоиспарения раствора  $y_i$  и самоиспарения конденсата  $j_i$ . С учетом уточненной В. В. Яновским и П. А. Архангельским формулы для теплоемкости раствора построена специальная номограмма для определения энтальпий технических сахарных растворов. Определены расходы и концентрации растворов, а также температурные характеристики корпусов с учетом поправочных коэффициентов. Приведена наглядная балансная схема тепловых потоков МВУ при наличии магистрали каскадных подпиток.

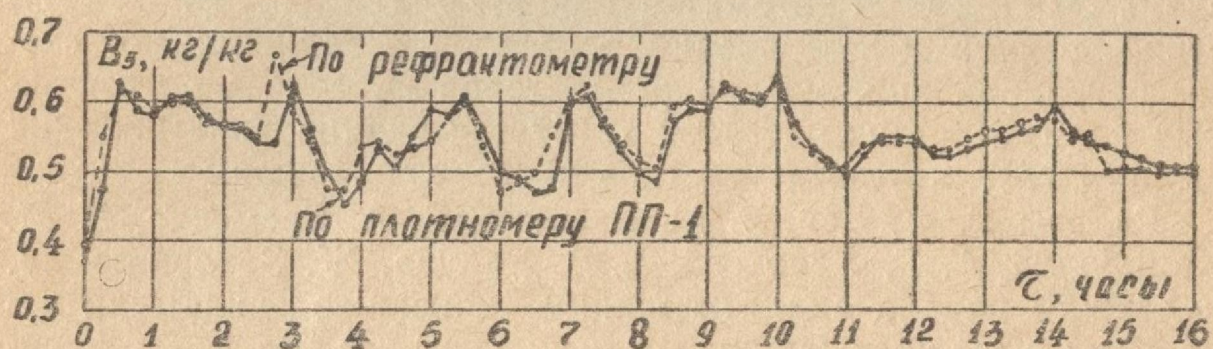


Рис. 2.

Проведен гидравлический расчет МВУ с целью уточнения температурных потерь в паропроводах и получения гидравлических характеристик контуров циркуляции раствора в корпусах для различных режимов.

Получены расчетные скорости циркуляции  $\omega_{oi}^p$ , позволяющие определять усредненные по высоте кипяtilьных трубок плотности парожидкостной смеси  $\rho_{cmi}^{cp}$  при различных значениях уровней  $h_i$  и производительностей  $W_i$ . Построены зависимости  $\rho_{cmi}^{cp} = f(h_i)$  при конкретных  $W_i$  и  $\rho_{cmi}^{cp} = f(W_i)$  при конкретных  $h_i$ , позволяющие определять в области расчетных режимов частные производные  $(\partial \rho_{cmi}^{cp} / \partial h_i)_{W_i}^0$  и  $(\partial \rho_{cmi}^{cp} / \partial W_i)_{h_i}^0$ , необходимые для расчета коэффициентов дифференциальных уравнений МВУ.

Влияние прогрессирующего накипеобразования на расчетные показатели МВУ в условиях работы системы ОПИ-4 оценено по методике профессора Г. Н. Костенко, уточняющей полезные температурные напоры корпусов в зависимости от

коэффициента накипеобразования, удельной массовой нагрузки, температурных характеристик и продолжительности работы станции. Доказано, что средняя концентрация раствора в кипяtilьных трубках отличается от принимаемой согласно существующей методики расчетной среднеарифметической концентрации входящего и выходящего из корпуса раствора на 17—20%, в то время как от концентрации выходящего раствора — всего лишь на 1,5%. Поэтому коэффициент накипеобразования рекомендовано определять по концентрации выходящего раствора.

Четвертая глава посвящена математическому описанию динамики процессов МВУ, автоматизированной по схеме ОПИ-4. При автоматизации МВУ для анализа воздействий различных возмущений, составления рациональной схемы регулирования, выбора регуляторов и расчета оптимальных параметров их настроек требуется знание динамических свойств регулируемых участков и объекта в целом.

Работы Р. Л. Дея, Е. М. Хартона, Б. А. Еременко, Д. П. Кемпбелла, А. Г. Левачева, А. В. Радуна, Ж. Заворка и др. положили начало аналитическому описанию динамики отдельных выпарных аппаратов и их участков без учета влияния на них других аппаратов МВУ, внешних потребителей пара и регуляторов. Исследования Е. И. Таубмана и И. Г. Либермана посвящены составлению и решению на аналоговых машинах систем дифференциальных уравнений, описывающих динамику нерегулируемых и автоматически регулируемых МВУ для производства томат-пасты с отсутствием развитых внешних пароотборов.

Аналогичных обобщающих исследований систем управления для МВУ с развитыми пароотборами и произвольными возмущениями по расходу сгущаемого раствора не имеется. Автором применена инженерная методика математического моделирования систем автоматического управления таких МВУ на примере сахарного производства. Согласно этой методике МВУ разбивается на ряд условно сосредоточенных регулируемых участков, характеризующихся обобщенными выходными координатами и состоящих в общем случае из емкости пространства испарения рассматриваемого  $i$  корпуса, греющей камеры  $i+1$  корпуса и соединяющих их трубопроводов (рис. 3).

Исключение составляет нулевой участок, состоящий из емкости греющей камеры 1-го корпуса и трубопроводов перед МВУ. Теплоемкость металла поверхности нагрева корпусов

распределена между двумя соседними участками регулирования пропорционально интенсивности теплоотдачи.

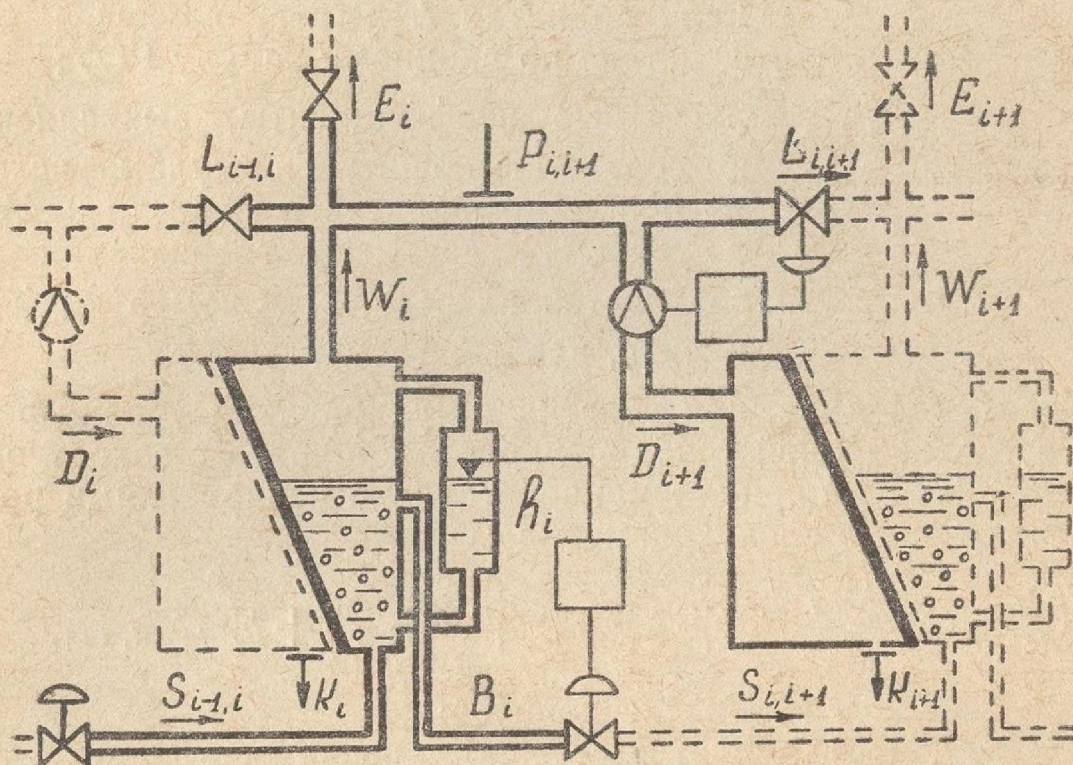


Рис. 3.

Для выделенных участков составлены уравнения динамики относительно регулируемых величин. В частности, уравнения динамики этих участков по обобщенной величине давления пара, записанные в приращениях и удобной для моделирования форме, имеют вид:

а) для промежуточных участков:

$$\frac{d\Delta P_{i,i+1}}{d\tau} = a_{i,i+1}^I \cdot \Delta P_{i,i+1} + a_{i,i+1}^{II} \cdot \Delta E_i + a_{i,i+1}^{III} \cdot \Delta P_{i-1,i} + a_{i,i+1}^{IV} \cdot \Delta m_{Li-1,i} + a_{i,i+1}^V \cdot \Delta m_{Li,i+1} + a_{i,i+1}^{VI} \cdot \Delta P_{i+1,i+2};$$

б) для нулевого участка:

$$\frac{d\Delta P_{01}}{d\tau} = a_{01}^I \cdot \Delta P_{01} + a_{01}^{II} \cdot \Delta N_{э} + a_{01}^{IV} \cdot \Delta m_{\text{пox}}^{\text{вх}} + a_{01}^V \cdot \Delta m_{L01} + a_{01}^{VI} \Delta P_{12},$$

где  $i-1, i$ ;  $i, i+1$ ;

$i+1, i+2$

—индексы, обозначающие принадлежность показателя соответственно к предыдущему, рассматриваемому и последующему участку;

$\tau$  — время;

$P, E, N_{\text{э}}, m_L, m_{\text{роу}}^{\text{вх}}$  — соответственно давление пара, внешний пароотбор, электрическая нагрузка турбины, регулирующее воздействие по каналу подпитки  $L$  и регулирующее воздействие по входному каналу РОУ;

$a_{i,i+1}^{\bar{k}}$  — расчетные коэффициенты, вычисляемые по соответствующим формулам, исходя из показателей расчетного режима МВУ в условиях среднего загрязнения поверхностей нагрева,  $\bar{k}$  — номер коэффициента, равный I—VI.

Уравнение динамики участка регулирования уровня раствора в уровнемерной трубе выпарного аппарата с сокоотводящей воронкой в циркуляционной трубе и испарителями раствора получено в следующем виде:

$$\frac{d\Delta h_i}{d\tau} = b_i^I \frac{d\Delta W_i}{d\tau} + b_i^{II} \cdot \Delta W_i + b_i^{III} \cdot \Delta S_{i-1,i} + b_i^{IV} \cdot \Delta S_{i,i+1},$$

где  $i$  — индекс корпуса;  
 $h, W, S$  — соответственно уровень раствора в уровнемерной трубе, испарительная производительность и расход раствора;  
 $b_i^{\bar{l}}$  — коэффициенты, вычисляемые по данным гидродинамического расчета циркуляции раствора в корпусах,  $\bar{l} = \text{I—IV}$ .

Уравнение динамики участка регулирования концентрации сухих веществ в растворе получено из количественного баланса потоков растворителя, что позволило описать одновременное влияние на концентрацию раствора всех без исключения возмущающих факторов:

$$\frac{d\Delta B_i}{d\tau} = c_i^I \cdot \Delta S_{i,i+1} + c_i^{II} \cdot \Delta W_i + c_i^{III} \cdot \Delta S_{i-1,i} + c_i^{IV} \cdot \Delta B_{i-1} + c_i^V \cdot \Delta B_i$$

где  $B_i$  — концентрация сухих веществ в растворе;  
 $c_i^{\bar{m}}$  — расчетные коэффициенты,  $\bar{m} = \text{I—V}$ .

Применяемые в системе ОПИ-4 регуляторы пропорционального, пропорционально-интегрального и интегрального действия описаны классическими уравнениями.



В пятой главе приведены результаты исследований системы ОПИ-4 на модели и промышленном объекте. Блок-схема модели (рис. 4) составлена на основании полученных уравнений с учетом существующих ограничений и нелинейностей регулирующих органов. Модель выполнена и исследована на аналоговой вычислительной машине МН-14. Исследования проводились с целью получения переходных процессов

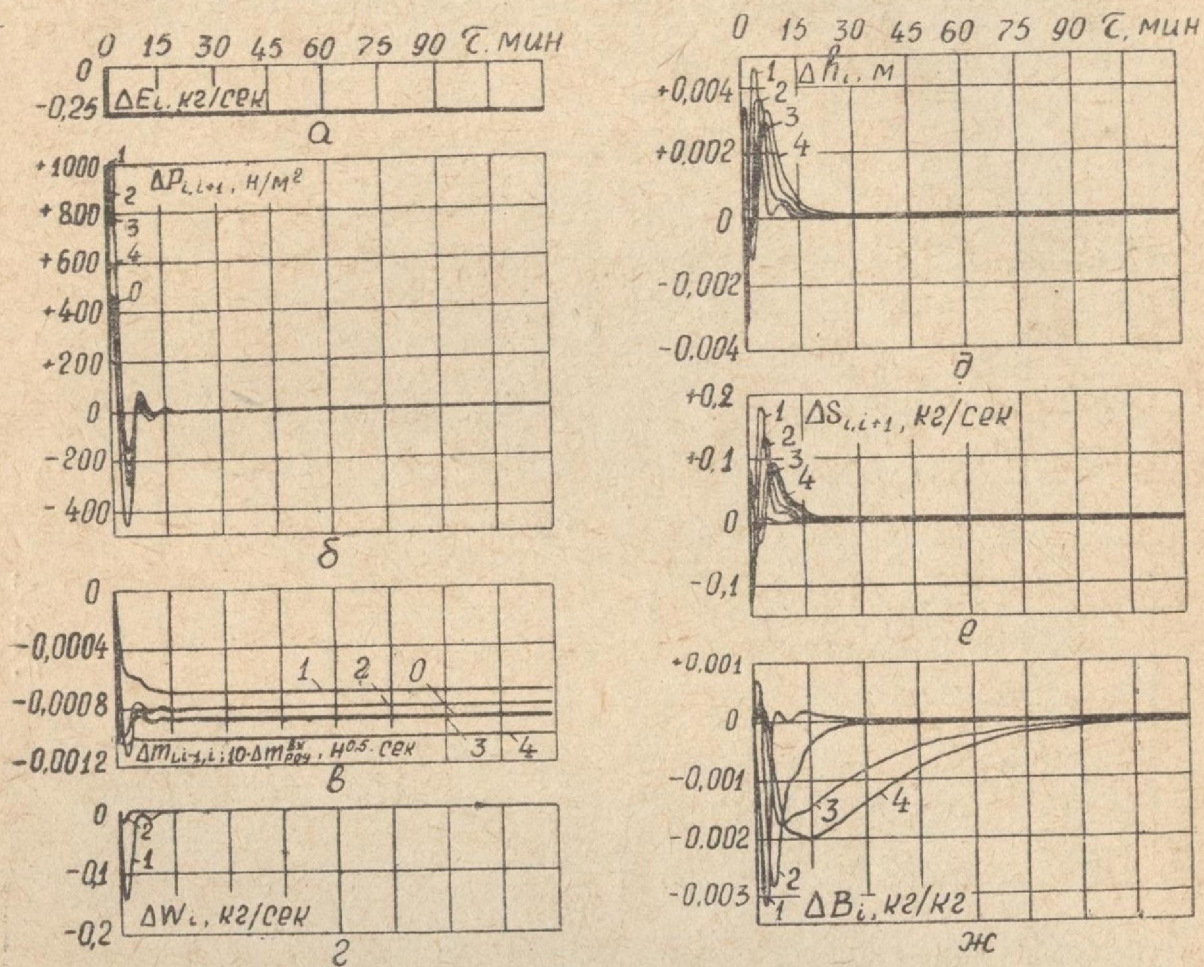


Рис. 5.

технологических параметров МВУ при ступенчатых и П-образных возмущениях по различным каналам при полностью включенной системе ОПИ-4 и частичном ее отклонении. Регистрация электрических потенциалов на выходе соответствующих усилителей модели проводилась на двухкоординатном регистрирующем приборе ДРП-2 с последующим нанесением на изображение координатной сетки.

Исследования системы проводились при возмущениях расходом и концентрацией поступающего сока, пароотборами из корпусов и электрической нагрузкой турбины. В качестве примера на рис. 5 приведена регистрация основных парамет-

ров МВУ при ступенчатом возмущении паростбором из 4-го корпуса и работающей системе ОПИ-4. На этом рисунке зафиксированы изменения: а — пароотбора из 4-го корпуса  $\Delta E_4 = -0,25 \text{ кг/сек}$ ; б — средних давлений пара  $\Delta P_{i, i+1}$  на участках регулирования; в — регулирующих воздействий по подпиточным каналам  $\Delta m_L$  и каналу РОУ  $\Delta m_{\text{роу}}^{\text{вх}}$ ; г — испарительных производительностей  $\Delta W_i$  по корпусам; д — уровней  $\Delta h_i$  раствора в уровнемерных трубах; е — расходов  $\Delta S_{i, i+1}$  раствора между корпусами; ж — концентраций  $\Delta B_i$  растворов после корпусов. Номера кривых на рис. 5 соответствуют индексам  $i$  регистрируемых величин.

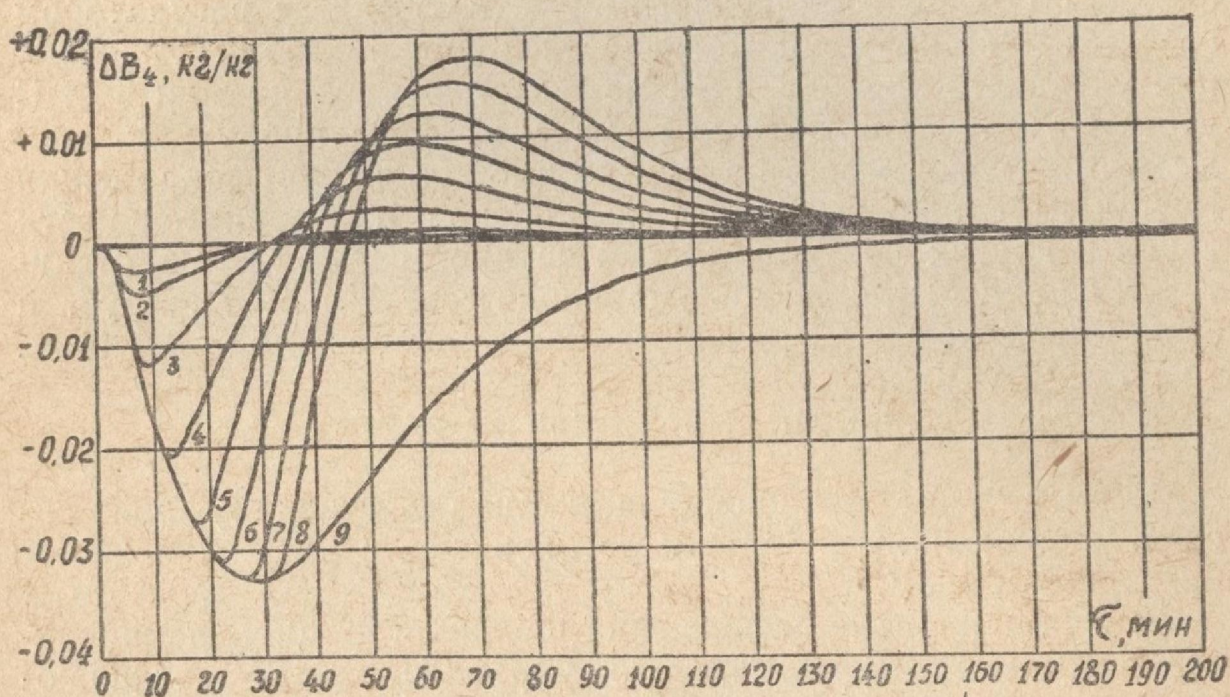


Рис. 6.

Анализ полученных кривых показывает, что продолжительность переходных процессов для большинства параметров не превышает 15 минут. Исключение составляют переходные процессы концентрации растворов после корпусов, продолжительность которых достигает 75 минут. Характерной особенностью переходных кривых регулируемых параметров МВУ является отсутствие статических погрешностей и наличие небольших динамических отклонений.

Получено семейство переходных кривых концентрации сиропа  $\Delta B_4$  (рис. 6) при различных по продолжительности П-образных возмущениях расходом сока  $\Delta S_{01}$ , равных по величине 25% номинального значения, и одновременной отработке соответствующих компенсирующих воздействий производи-

тельностью  $\Delta W_1$ . Нумерация кривых соответствует продолжительности воздействий в 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30 и 200 минут.

Созданная модель системы управления МВУ является достаточно точной и компактной и позволяет проводить различные предварительные исследования системы как на стадии проектирования, так и в процессе ее наладки.

Усовершенствованная система ОПИ-4 реализована на Фалештском сахарном заводе. Проведены комплексные испытания системы и получены удовлетворительные результаты. Например, сравнительные испытания режимов работы системы ОПИ-4 с включенным и отключенным регулятором согласования производительностей МВУ показали уменьшение удельного расхода пара на выпарную станцию на 6%. С учетом увеличения общего объема выпуска продукции, снижения ее себестоимости, снижения потерь за счет сокращения сроков переработки свеклы, увеличения производительности труда и других факторов общий среднегодовой эффект от автоматизации МВУ для одного завода составил 40 тыс. руб., а срок окупаемости затраченных капиталовложений—0,5 года.

#### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Проведены исследования и анализ существующих систем управления выпарными установками с развитым внешним пароотбором.

2. Синтезирована усовершенствованная рациональная система ОПИ-4 автоматического управления МВУ, отличающаяся от предыдущей стабилизацией испарительных производительностей промежуточных корпусов посредством изменения каскадных подпиток в их надрастворные пространства, согласованием фактической и требуемой производительностей МВУ путем воздействия на подпитку пара в 1-й корпус, плавной подачей расхода сока на МВУ за счет каскадного регулирования расхода раствора с коррекцией по уровню в сборнике, стабилизацией давления вторичного пара 1-го корпуса путем регулирования расхода пара через РОУ.

3. Создан работоспособный автоматический плотномер ПП-1 с двухступенчатым пеноотделяющим приемником для пенящихся растворов, позволяющий осуществлять многоканальное регулирование концентрации выходящего сиропа по отклонениям за счет воздействий на производительность хвостовых корпусов, разбавление или рециркуляцию раствора.

4. Изложены уточненные и обобщенные методы теплового и гидравлического расчетов выпарной станции, позволяющие определять статические характеристики МВУ в условиях работы системы ОПИ-4.

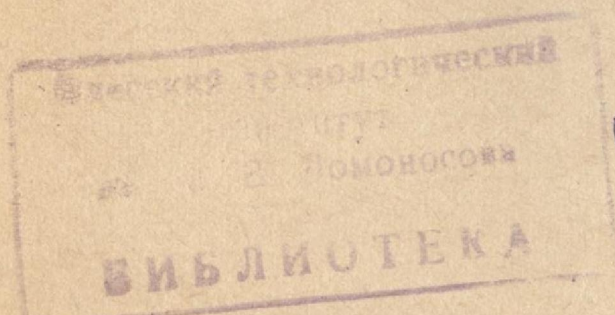
5. Усовершенствован и систематизирован инженерный метод составления дифференциальных уравнений автоматизированных МВУ в форме, удобной для решения на аналоговых машинах.

6. Составлена и исследована математическая модель системы ОПИ-4, показавшая удовлетворительную адекватность с реальным объектом.

7. Осуществлено промышленное внедрение в эксплуатацию разработанной системы ОПИ-4 на Фалештском сахарном заводе.

8. Проведены комплексные испытания реализованной системы, подтвердившие ее работоспособность и экономичность.

9. Получен экономический эффект 40 тыс. руб. в год на одном заводе при сроке окупаемости затраченных капиталовложений в 0,5 года.



✓ Q. B. 1714

**Основные положения диссертации опубликованы в работах:**

1. Мамчур В. Я. Удосконалення раціональної схеми автоматизації багатокорпусної випарної установки цукрового заводу. Республіканська нарада молодих вчених України, АН УРСР, Київ, 1966.

2. Мамчур В. А. Компенсация влияния накипеобразования на испарительную производительность выпарной установки. Изд-во «Пищевая промышленность», Сахарная промышленность, 1967, № 3.

3. Мамчур В. А., Коваленко В. С. Опыт стабилизации параметров вторичного пара первого корпуса выпарной станции. Изд-во «Пищевая промышленность», Сахарная промышленность, 1967, № 9.

4. Кон Л. И., Мамчур В. А. Математическое описание системы автоматического регулирования выпарной станции Фалештского сахарного завода. Тезисы докладов третьей научно-технической республиканской конференции: «Применение математических методов вычислительной техники в науке и народном хозяйстве», АН МССР, Кишинев, 1968.

5. Мамчур В. А. Моделирование системы автоматического регулирования выпарной станции сахарного завода на аналоговой машине МН-14, ВЦ Госплана УССР, Киев, 1969.

6. Кон Л. И., Муратов Г. Е., Мамчур В. А., Полоник В. С. Рациональный способ управления многокорпусной выпарной установкой с развитым пароотбором. Сб. «Труды и рефераты института «Пищепромавтоматика», выпуск 5, Одесса, 1969, (в печати).

**Результаты работы доложены:**

на XXVI, XXVII, XXVIII, XXIX, XXXI научно-технических конференциях Одесского политехнического института, 3-й научно-технической конференции Севастопольского приборостроительного института, расширенных совещаниях специалистов проектно-конструкторских и технологических отделов Киевского завода «Сахавтомат» и Московского института «Гипросахар».

Макет выпарной станции, автоматизированной по системе ОПИ-4, принят к демонстрации на ВДНХ СССР в павильоне «Народное образование».