

А.В.Торесф.
М. 94

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

МЭТУРА Максим Кириллович

УДК 663.251:62—523

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ХЕРЕСОВАНИЯ

05.13.07 — автоматическое управление и регулирование,
управление технологическими процессами (промышленность)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса — 1983

СК

Авторефер
М 97

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

МЭТУРА Максим Кириллович

УДК 663.251:62—523

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ХЕРЕСОВАНИЯ

05.13.07 — автоматическое управление и регулирование,
управление технологическими процессами (промышленность)

ОНАХТ 13.09.12

Автоматизация управл

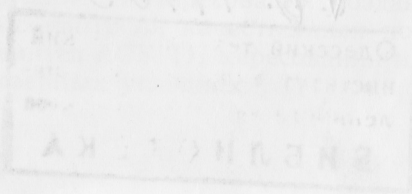


v014463

ереучет 19

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Работа выполнена на кафедре автоматизации производственных процессов Одесского технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова. Экспериментальные исследования проводились в НИ АПО «Яловены».

Научный руководитель:

доктор технических наук,
профессор **П. Н. Платонов**;

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор **В. Я. Тихонов**;

кандидат технических наук,
доцент **В. В. Волгин**.

Ведущая организация: Всесоюзный научно-исследовательский институт по виноградарству и виноделию «Магарач» (Московский филиал).

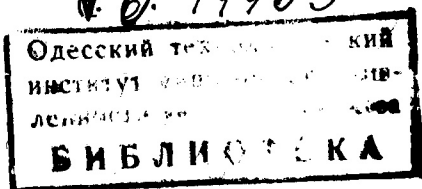
Защита состоится *10 "декабрь"* 1983 г. в *10³⁰* час. на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одесском технологическом институте им. М. В. Ломоносова по адресу: 270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112, ОТИПП им. М. В. Ломоносова.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова.

Автореферат разослан *3 "ноябрь"* 1983 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
к. т. н., доцент

AF
А. Ф. ЗАГИБАЛОВ



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Решениями XXVI съезда КПСС и майского (1982 г.) Пленума ЦК КПСС поставлены большие задачи по развитию и интенсификации общественного производства в пищевой промышленности. Предусматривается повышение эффективности винодельческой отрасли и увеличение выпуска виноградного вина в СССР к 1990 г. в 1,7 раза по сравнению с 1980 годом.

Главным направлением в решении этих задач наряду с развитием сырьевой базы, является создание высокопроизводительного оборудования, обеспечивающего поточность по всему технологическому циклу, разработка средств и систем автоматического контроля и управления технологических процессов.

В связи с тем, что в СССР и за рубежом наблюдается повышение спроса на виноградные вина типа херес, его производство является перспективным направлением в винодельческой промышленности.

Поэтому актуальной задачей является исследование, создание и внедрение новых высокопроизводительных видов оборудования, эффективных систем управления технологическими процессами хересного производства.

Объектом исследования в диссертационной работе является процесс производства хереса плечным способом.

Целью работы является создание автоматической системы управления (АСУ) технологическим процессом (ТП) хересования, интенсифицирующей технологию при обеспечении качества готового продукта.

Цель достигается проведением комплекса научно-исследовательских работ: разработка установки для хересования, отвечающая требованиям автоматизации с интенсификацией ТП; математическое описание ТП хересования; создание новых методов автоматического контроля качественных показателей процесса хересования; синтез АСУ ТП хересования и проверка ее работы в производственных условиях.

Методика исследования. В работе использованы: экспериментально-статистические методы регрессионного и корреляционного анализа; методы математического планирования эксперимента (активного и пассивного); методы физического и математического имитационного моделирования; методы теории автоматического управления; хроматографический и электрохимический методы анализа. Все экспериментальные данные обрабатывались на ЭВМ.

Результаты исследований подтверждены экспериментально на опытной и промышленной установках нового типа.

Научная новизна. В результате априорного моделирования методом экспертных оценок установлены наиболее информативные параметры главной стадии производства — ТП хересования. Найден эффективный способ интенсификации ТП хересования за счет внешней рециркуляции виноматериала и разработано его аппаратно-технологическое оформление.

В результате активного эксперимента обнаружен временной дрейф ТП хересования, который математически описан и учтен при синтезе АСУ.

Разработана обобщенная математическая модель ТП хересования, как объекта автоматического управления.

Обоснованы и исследованы экспресс-методы и средства для контроля качественных показателей хереса (промышленный хроматограф, анализатор кислорода).

Разработана структура автоматической системы управления ТП хересования и определены ее оптимальные настроечные параметры, обеспечивающие высокую эффективность процесса и выполнение требований к качеству продукции.

Практическая ценность. Разработана установка для хересования вин с внешней рециркуляцией виноматериала, позволяющая автоматизировать и интенсифицировать технологический процесс.

Разработано автоматическое устройство управления в условиях случайных возмущений и неопределенности свойств объекта, которое повышает эффективность работы предложенной установки для хересования.

Усовершенствованы анализаторы качества (промышленный хроматограф и анализатор кислорода) с учетом требований виноделия для контроля и управления технологическими процессами и аппаратами.

Внедрение результатов работы. Автоматическая система управления ТП хересования внедрена на хересном заводе НП

АПО «Яловены», экономический эффект от которой составляет свыше 26 тыс. руб. в год.

Министерством пищевой промышленности СССР утверждена «Технологическая инструкция на производство вина херес из виноматериалов, выработанных поточно-пленочным способом на двухконтурных установках с рециркуляцией». Годовой экономический эффект от внедрения прогрессивной технологии хересования виноматериалов в этих установках на хересном заводе НП АПО «Яловены» составляет 18 тыс. руб.

Усовершенствованные анализаторы качества (промышленный хроматограф, анализатор кислорода) внедрены на хересном заводе НП АПО «Яловены» для автоматического контроля ТП хересования.

На защиту выносятся:

1 — обоснование выбора управляемого объекта — ТП хересования и его определяющие параметры;

2 — принципиально новое аппаратное оформление ТП хересования;

3 — обобщенная математическая модель ТП хересования;

4 — информационная система определяющих параметров ТП;

5 — автоматическая система управления ТП хересования.

Апробация работы. Материалы работы докладывались и обсуждались на семинаре секции «Кибернетика и автоматическое управление» научного Совета по проблемам «Кибернетика» АН УССР (г. Одесса, 1979 г.), на заседании научно-технического Совета НП АПО «Яловены» (пгт. Кутузов, 1976—1982 гг.), на кафедре АПП ОТИПП им. М. В. Ломоносова (г. Одесса, 1977—1983 гг.).

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 6 работах, в том числе в 2 авторских свидетельствах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографии из 136 наименований и приложений. Изложена на 133 страницах машинописного текста, включает 36 рисунков и 23 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе дана характеристика и приведена структурная схема современного хересного производства, выделен непрерывный пленочный способ производства, как наиболее перспективный в технико-экономическом плане. При этом в качестве основного технологического комплекса, определяю-

щего технико-экономические показатели хересного производства, принят процесс хересования.

Анализ состояния и перспектива автоматизации производства хереса показал, что эта область недостаточно разработана.

Сформулирована задача управления процессом хересования и задача управления процессом производства в целом. Рассмотрены особенности математического моделирования процесса хересования, который относится к классу сложных систем и характеризуется значительным числом взаимосвязанных переменных. Установлено, что в настоящее время отсутствуют апробированные и адекватные математические модели, при помощи которых можно прогнозировать и управлять процессом хересования вин пленочным методом.

Сформулированы главная и вспомогательная задачи исследования.

Во второй главе приведен анализ ТП хересования и описана подготовка объекта к автоматизации. Процесс хересования направлен на обеспечение жизнедеятельности микроорганизмов (дрожжей) и на осуществление основной реакции процесса — окисление спирта в ацетальдегид. При этом создание оптимальных условий для работы дрожжевой клетки на поверхности виноматериала является важнейшим требованием для интенсификации ТП. Скорость биохимических превращений, происходящих под воздействием дрожжевой клетки, определяется концентрацией питательного вещества, поступающего в клетку и описывается при определенных граничных условиях уравнением Михаэлиса

$$V = \frac{V[S]}{K_m + [S]}, \quad (1)$$

где K_m — константа Михаэлиса; $[S]$ — концентрация субстрата; V — максимальная скорость реакции, достигаемая при полном насыщении фермента субстратом.

Скорость процесса хересования всегда лимитирована недостатком субстрата или же ретроингибирующим действием продуктов обмена с диффузией этих веществ.

Исследованию процесса интенсификации, разработке конструкций аппаратов и установок для хересования вин пленочным способом и обоснованию режима их работы посвящено много трудов отечественных и зарубежных авторов: Н. Ф. Саенко, А. А. Преображенского, Г. Г. Агабальянца, М. Гарабедяна, И. М. Шура и др.

Однако, предложенные ими конструкции не учитывают в полной мере влияния физических факторов, интенсифицирующих ТП и не позволяют организовать автоматический контроль и регулирование процесса хересования.

С целью выбора рациональной аппаратно-технологической схемы и системы управления было проведено априорное моделирование методом экспертных оценок по определению наиболее информативных параметров ТП хересования. В качестве меры согласованности мнений экспертов применен коэффициент конкордации (W), достоверность которого проверялась по критерию X^2 (Пирсона). В итоге моделирования выявлены шесть основных параметров: 1 — удельная поверхность хересной пленки; 2 — концентрация кислорода, растворенного в вине; 3 — концентрация спирта в виноматериале; 4 — температура виноматериала; 5 — рН вина; 6 — концентрация сернистого ангидрида.

Описана предложенная конструкция экспериментальной установки для хересования, отвечающая требованиям автоматизации и учитывающая влияние физических факторов в интенсификации технологии [а. с. № 506620].

Установка обладает рядом преимуществ перед известными: 1 — управление кислородным режимом; 2 — регулирование химического состава виноматериала в ходе техпроцесса; 3 — интенсивный массоперенос питательного субстрата к микроорганизмам хересной пленки и продуктов метаболизма; 4 — управление производительностью установки по уровню концентрации ацетальдегида; 5 — регулирование температуры виноматериала.

На предложенной установке исследована динамика накопления ацетальдегида в зависимости от величины рецикла при постоянном кислородном режиме и одинаковом физиологическом состоянии хересных дрожжей. Установлено, что с увеличением степени рециркуляции виноматериала в первом контуре, при постоянстве других параметров, скорость образования ацетальдегида возрастает (рис. 1).

Подтверждена гипотеза об интенсификации ТП хересования при усилении гидродинамической и массообменной обстановки в технологических реакторах. Определена предельная величина объемного расхода Q_p виноматериала в первом контуре. Установлены степень и время перемешивания виноматериала под пленкой. Установлена возможность насыщения виноматериала кислородом путем подачи воздуха под пленку из одной точки.

В третьей главе даны результаты построения математической модели процесса хересования, показана адекватность модели реальному процессу.

Так как объект является многопараметрической системой со взаимосвязанными параметрами, разработка математической модели была выполнена экспериментально-статистическими методами в три этапа: первый — создание предварительных статистических моделей и формирование первичного

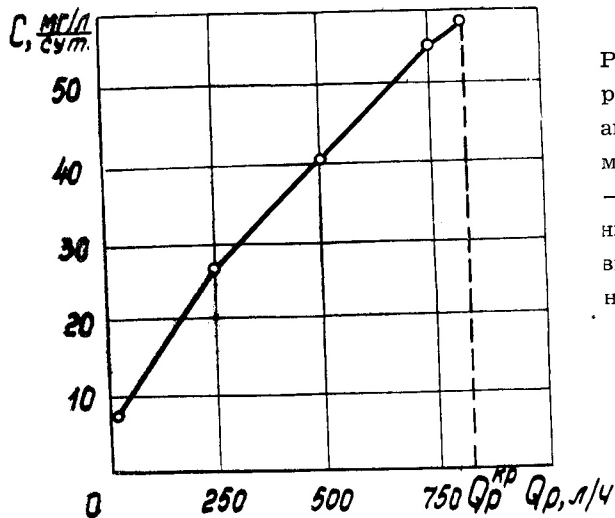


Рис. 1. Зависимость роста концентрации ацетальдегида от режима рециркуляции: $Q_p^{кр}$ — критическое значение объемного расхода виноматериала в установке.

набора признаков описания объекта: второй — разработка статической модели; третий — разработка динамической модели.

Входными параметрами, характеризующими ТП хересования являются: x_1 — концентрация спирта, % об; x_2 — концентрация кислорода, растворенного в виноматериале, мг/л; x_3 — температура виноматериала, °C; x_4 — концентрация сернистого ангидрида, мг/л; x_5 — расход виноматериала, л/сут. В качестве выходного параметра, характеризующего качество процесса, принят Y — концентрация ацетальдегида, мг/л.

Математическая модель построена по данным пассивного эксперимента.

На первом этапе математического описания были получены автокорреляционные ρ_{xx} и автодисперсионные η_{xx} функции случайных процессов изменения входных и выходной переменных. Абсолютные значения нормированных оценок авто-

корреляционных и автодисперсионных функций совпадают, что свидетельствует о линейности процесса.

Автокорреляционные функции входных переменных аппроксимированы функциями:

$$\rho_{x_1, x_1} = e^{-0,1773t}; \quad (2)$$

$$\rho_{x_2, x_2} = 0,114 \cos 0,554t + 0,908 e^{-0,292t}; \quad (3)$$

$$\rho_{x_3, x_3} = e^{-0,108t} (1 + 0,108t); \quad (4)$$

$$\rho_{x_4, x_4} = e^{-0,1465t} (1 + 0,1465t); \quad (5)$$

$$\rho_{x_5, x_5} = 0,299 \cos 0,871t + 0,636 e^{-0,4336t}.$$

Математическая модель процесса хересования получена в виде:

$$Y = \gamma(\vec{X}, \vec{\beta}) + \varepsilon = b_0 + \sum_{i=1}^5 b_i x_i + \varepsilon, \quad (7)$$

где Y — выходная переменная; $\vec{X} = \{x_1, x_2, \dots, x_5\}$ — вектор входных переменных; ε — значение случайной аддитивной помехи, распределенной по нормальному закону; $\vec{\beta} = \{\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_5\}$ — вектор неизвестных коэффициентов; $\gamma(X, \beta)$ — некоторая функция.

Найдены оценки неизвестных коэффициентов β_i линейной части функции γ : $b_0 = 361,8$; $b_1 = 21,7$; $b_2 = 7,1$; $b_3 = -10,12$; $b_4 = -0,77$; $b_5 = -0,4$ с доверительными интервалами не более $\pm 10\%$.

В качестве меры тесноты связи между Y и \vec{X} принят коэффициент множественной корреляции Rv/x_i , $i = \overline{1,5}$, величина которого равняется 0,63. Численное значение Rv/x_i , $i = \overline{1,5}$ свидетельствует о недостаточной точности модели, т. к. уравнение множественной регрессии показывает удовлетворительную точность при значении $Rv/x_i \geq 0,86$. Причиной недостаточной тесноты связи между Y и \vec{X} явилось неучет в ходе эксперимента каких-то факторов, значимо влияющих на ТП. Поэтому, с целью выявления этих факторов, был проведен активный эксперимент на опытной (полупромышленной) установке.

Анализ данных активного эксперимента показал, что ТП хересования вин обладает явно выраженным временным дрейфом экспоненциального вида. Это явление обусловлено низкой точностью модели (7), т. к. сказывается на характере всех кри-

вых изменения концентрации ацетальдегида при постоянных входных воздействиях и свидетельствует об изменении концентрации во времени (рис. 2).

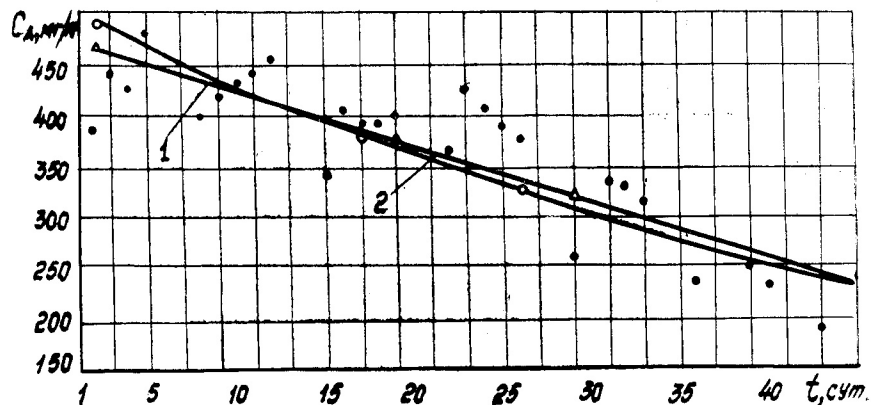


Рис. 2 Графическое представление временного дрейфа процесса хересования:

1 — аппроксимация линейной зависимостью $Y = 482,63 - 5,602t$;
2 — аппроксимация экспонентой $Y = 508,263e^{-0,0168t}$

Для описания технологического процесса хересования с учетом механизма дрейфа была принята модель:

$$Y = \gamma(\vec{X}, \vec{\beta}) + \varphi(t) + \varepsilon, \quad (8)$$

где $\gamma(\vec{X}, \vec{\beta})$ — вектор варьируемых факторов; $\varphi(t)$ — вектор неуправляемых факторов; ε — некоторая ошибка с нормальным распределением.

При этом
$$\gamma(x) = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i; \quad (9)$$

$$\varphi(t) = E e^{-ct}, \quad (10)$$

где t — время; E, c — неизвестные постоянные коэффициенты.

Построение регрессионной модели с дрейфом проводилось

в два этапа. На первом этапе определялись оценки неизвестных коэффициентов модели (10): $E = 508,263$ мг/л; $c = 0,0168$ сут⁻¹.

На втором этапе определялись оценки неизвестных коэффициентов линейной части модели полинома (9):

$$b_1 = -0,09 \frac{\text{мг/л}}{\text{мг/л}}; \quad b_2 = -27,01 \frac{\text{мг/л}}{\text{мг/л}}; \quad b_3 = -22,41 \frac{\text{мг/л}}{^\circ\text{C}};$$

$$b_4 = -11,01 \frac{\text{мг/л}}{\text{мг/л}};$$

При проверке нуль-гипотезы с помощью критерия Стьюдента величина коэффициента b_1 оказалась незначительной.

Математическая модель ТП хересования с учетом механизма дрейфа получена в виде:

$$Y = -37,76 - 27,01x_2 - 22,41x_3 - 11,01x_4 + 508,263e^{-0,0168t} \quad (11)$$

Модель (11) проверена на адекватность реальному процессу по критерию Фишера F и подтверждена. С точностью до параметров и последнего (нестационарного) члена модель (11) совпадает с (7), что дает основание принять гипотезу об адекватности модели (7) объекту в фиксированные моменты времени. Кроме того, учитывая очень малую скорость дрейфа, возможно принять гипотезу о постоянстве $\varphi(t)$ на достаточно коротких интервалах времени. Эта гипотеза дает возможность использовать модель (7) для решения задач стабилизации Y . Одновременно, знание параметров $\varphi(t)$ может позволить прогнозировать моменты смены хересной пленки для поддержания эффективности процесса.

Как показали исследования, динамические свойства объекта управления по каналам $x_i - Y$ могут быть представлены моделями

$$W_i(p) = \frac{k_i}{T_i p + 1} e^{-\rho t}; \quad (12)$$

где $k_i = b_i, i = 1, 5$;

$$T_1 \in [2,2 \pm 10\%] \text{ сут}; \quad T_2 \in [3,1 \pm 10\%] \text{ сут}; \quad T_3 \in [1,5 \pm 10\%] \text{ сут};$$

$$T_4 \in [4,5 \pm 10\%] \text{ сут}; \quad T_5 \in [5,6 \pm 10\%] \text{ сут};$$

$$\tau_i = \tau \in [5,9 \pm 10\%], i = 1, 5.$$

Таким образом, обобщенная модель объекта, используемая для целей стабилизации Y , была принята в виде:

$$Y = b_0 + e^{-\rho t} \sum_{i=1}^n \frac{k_i}{T_i \rho + 1} X_i \quad (13)$$

В четвертой главе приведены результаты исследований, с целью обоснования применения газо-хроматографического метода измерения для контроля концентрации ацетальдегида в хересном виноматериале и электрохимического метода измерения для контроля концентрации кислорода, растворенного в вине.

Показаны результаты усовершенствования и исследования отдельных узлов и систем хроматографа ХП-42.

Приведены данные по согласованности динамических характеристик хроматографа и хересной установки.

Установлены основные метрологические характеристики исследуемого хроматографа. Относительная ошибка измерения концентрации уксусного альдегида составляет 2,1%. Величина запаздывания информации $\tau_{ср}$ хроматографа составляет 13 мин.

Приведено обоснование электрохимического метода контроля концентрации кислорода, растворенного в вине.

Для исследования была выбрана электрохимическая система $Au(CH_3COONa)Zn$. Измерительная ячейка, выполненная на базе этой системы, обладает рядом преимуществ перед другими чувствительными элементами: а) применен жидкий электролит вместо загущенного, чем достигается увеличение ресурса работы без заправки датчика и упрощается его эксплуатация; б) применен третий антидиффузионный электрод, чем достигается увеличение быстродействия ячейки и уменьшается время ее стабилизации; в) в ячейке размер золотого измерительного электрода ограничен. Поток кислорода к нему через полимерную пленку настолько мал, что концентрация кислорода в пробе ограниченного объема не изменится во время измерения.

Разработана методика и приведены результаты испытаний анализатора кислорода, собранного на базе исследуемой ячейки.

Установлена зависимость показаний анализатора от концентрации кислорода в азоте, в виноматериале и в воде (рис. 3).

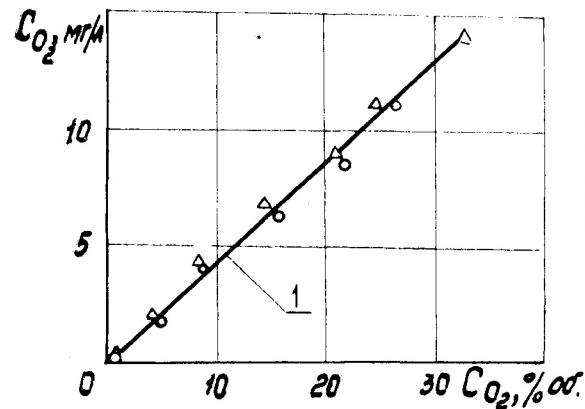


Рис. 3. График зависимости показаний анализатора от концентрации кислорода: I — в атмосфере из азота; Δ — в воде; o — в вине.

Для учета влияния температуры на показания прибора была получена зависимость сигнала ячейки от температуры в условиях насыщения виноматериала кислородом воздуха.

Пятая глава посвящена синтезу системы автоматического управления промышленной хересной установкой и внедрению результатов исследования в производство.

Анализ статики, динамики и целевой функции процесса хересования как объекта управления позволил предложить структурную схему АСУ хересной установки в виде комбинированной двухконтурной системы с линейными астатическими алгоритмами обратных связей и связями по возмущениям, выбранным из условий инвариантности (рис. 4) и обосновать декомпозицию задачи оптимизации ее параметров из условий максимума производительности.

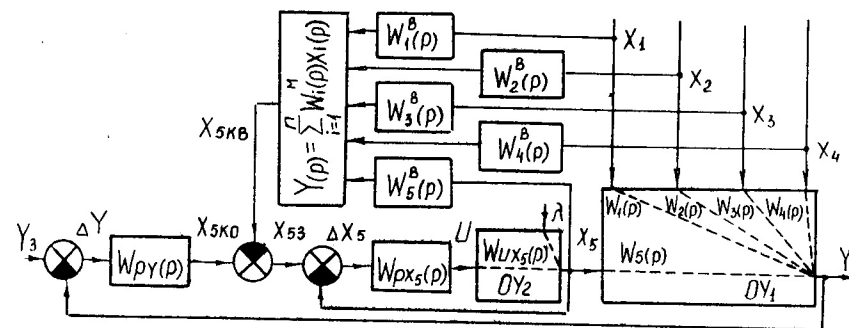


Рис. 4. Структурная схема АСУ процесса хересования: OY₁ — объект управления, включающий хересную установку; OY₂ — объект управ-

ления, включающий участок трубопровода подачи виноматериала с расходомером; $W_i(p)$ — передаточные функции ОУ₁, по каналам « x_i-v » соответственно; $W_i^m(p)$ — передаточные функции модели ОУ₁, по тем же каналам; $W_i^b(p)$ — передаточные функции устройств корректирующих связей по возмущениям x_i ; $W_{py}(p)$ — передаточная функция регулятора Y ; $W_{ux5}(p)$ — передаточная функция ОУ₂ по каналу регулирования; $W_{px5}(p)$ — передаточная функция регулятора x_5 ; x_{53} — заданное значение x_5 ; $x_{5к0}$ — корректирующее значение x_5 по отклонению; $x_{5кв}$ — корректирующее значение x_5 по возмущениям; U — управляющее воздействие; λ — вектор неконтролируемых возмущений.

Движение автоматической системы такой структуры можно описать системой уравнений вида:

$$\begin{cases} Y(p) = \sum_{i=1}^5 W_i(p) x_i(p); \\ x_5(p) = [W_{py}(p)(Y_3 - Y(p)) + x_{к}(p)] \frac{W_p x_5(p) W_u x_5(p)}{1 + W_p x_5(p) W_u x_5(p)}; \\ x_x = \sum_{i=1}^5 W_i^m(p) W_i^b(p) x_i(p). \end{cases} \quad (14)$$

(Принятые обозначения передаточных функций приведены на рис. 4).

Первое уравнение системы (14) описывает движение объекта управления ОУ₁, второе — устройство управления совместно с объектом управления ОУ₂, третье — динамической модели объекта ОУ₁ и устройства ввода коррекции по возмущениям.

Учитывая, что в (14) $Y_3 = \text{const}$ и исследование проводилось в окрестности Y_3 , это позволяет без потери общности результатов для линейной модели системы положить $Y_3 = 0$. Сомножитель перед квадратными скобками второго уравнения (14) представляет собой передаточную функцию «внутренней» следящей АСР расхода виноматериала по каналу задания « $X_{53} - X_5$ ».

Передаточные функции регуляторов $W_{py}(p)$ и $W_{px5}(p)$ выбраны из класса типовых линейных алгоритмов, обеспечивающих отсутствие ошибки статизма:

$$W_{py}(p) = k_Y \left(1 + \frac{1}{T_{us} p}\right); W_{px5}(p) = k_{x5} \frac{1}{T_{us} x_5 p}. \quad (15)$$

Передаточные функции устройства ввода коррекции $W_i^b(p)$ определяются из условий инвариантности $Y(p)$ относительно изменений $x_i(p)$.

Для этого необходимо, чтобы

$$W_{ic}(p) = \frac{Y(p)}{x_i(p)} \equiv 0, \quad (16)$$

где $W_{x_{ic}}$ — передаточные функции автоматической системы по каналу « $x_i - Y$ », $i = 1, 5$. Условия (16) могут быть получены с учетом (14) в виде:

$$W_{ic}(p) = \frac{W_i(p) + W_i^m(p) W_i^b(p) W_5(p) W_{c1}(p)}{1 + W_{py}(p) W_5(p) W_{c2}(p)} \equiv 0; \quad (17)$$

$$W_{x_{5c}}(p) = \frac{W_5(p) W_5^m(p) W_5^b(p) W_{c1}(p)}{1 + W_{py}(p) W_5(p) W_{c2}(p)} \equiv 0, \quad (18)$$

$$\text{где } W_{c2}(p) = \frac{W_{px5}(p) W_{ux5}(p)}{1 + W_{px5}(p) W_{ux5}(p)}. \quad (19)$$

Анализ (17) ... (19) приводит к следующему виду передаточных функций устройств ввода коррекции по возмущениям:

$$W_i^b(p) = \frac{W_i(p)}{W_i^m(p) W_5(p) W_{c2}(p)}, \quad i = 1, 4; W_5^b(p) = 0. \quad (20)$$

Откуда

$$x_{5кв} = \frac{1}{W_5(p)} \sum W_i^m(p) x_i(p). \quad (21)$$

Настроечные параметры в (15) и (21) выбраны в результате исследования АСУ на цифровой модели при внешних возмущениях случайного характера со свойствами (2) ... (6) из условий минимума дисперсии $\sigma^2 \Delta Y$ для наиболее неблагоприятного сочетания параметров ОУ₁.

С помощью цифрового моделирования определены также регламентные значения $Y = Y_3$ из условий максимума выхода готового продукта с заданным качеством для случаев АСУ: а) без устройства коррекции; б) с устройством коррекции.

Установлено, что для а) $Y_3 = 359$ мг/л; $Q^{\text{max}} = 224,8$ дал/сут.; б) $Y_3 = 354$ мг/л; $Q^{\text{max}} = 234,6$ дал/сут.; т. е. в случае «б» при выполнении требований ГОСТа к качеству хереса производительность установки выше.

Реализация автоматической системы управления процессом хересования по варианту «б», особенностью которой является высокая инерционность каналов регулирования и возмущений ОУ₁ (постоянные времени статистических звеньев первого порядка составляют от нескольких единиц до десятков часов), разработана на базе агрегатного комплекса АКЭСР, в состав которой входит прецизионный квазианалоговый интегратор, позволяющий реализовать динамические звенья с необходимыми значениями постоянных времени.

Функциональная схема устройства управления процессом хересования на АКЭСР приведена на рис. 5.

Внедрение автоматической системы управления ТП хересования на установке с рециркуляцией позволило получить технический эффект в виде повышения производительности оборудования на 17 ... 50%.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В качестве основной фазы технологического комплекса, определяющей технико-экономические показатели хересного производства, выбран ТП хересования.

2. В результате априорного моделирования методом экспертного опроса определены наиболее информативные параметры ТП хересования: удельная поверхность хересной пленки; концентрация кислорода, растворенного в виноматериале; концентрация спирта; температура виноматериала; рН виноматериала; концентрация SO₂.

3. Разработана принципиально новая экспериментальная (полупромышленная) установка с использованием рециркуляции для усиления гидродинамической и массообменной обстановки в технологических реакторах, которая позволила автоматизировать и значительно интенсифицировать ТП. На ее базе сконструирована и внедрена промышленная установка.

4. В результате корреляционно-регрессионного анализа данных пассивного эксперимента, проведенного на промышленной установке, установлена эргодичность ТП хересования и принципиальная возможность описания его линейной математической моделью.

5. В результате активного эксперимента на полупромышленной установке обнаружен и математически описан временной дрейф ТП хересования.

6. Построена математическая модель промышленной установки, как объекта автоматического управления, которая имеет следующие особенности: а) в допустимом диапазоне измене-

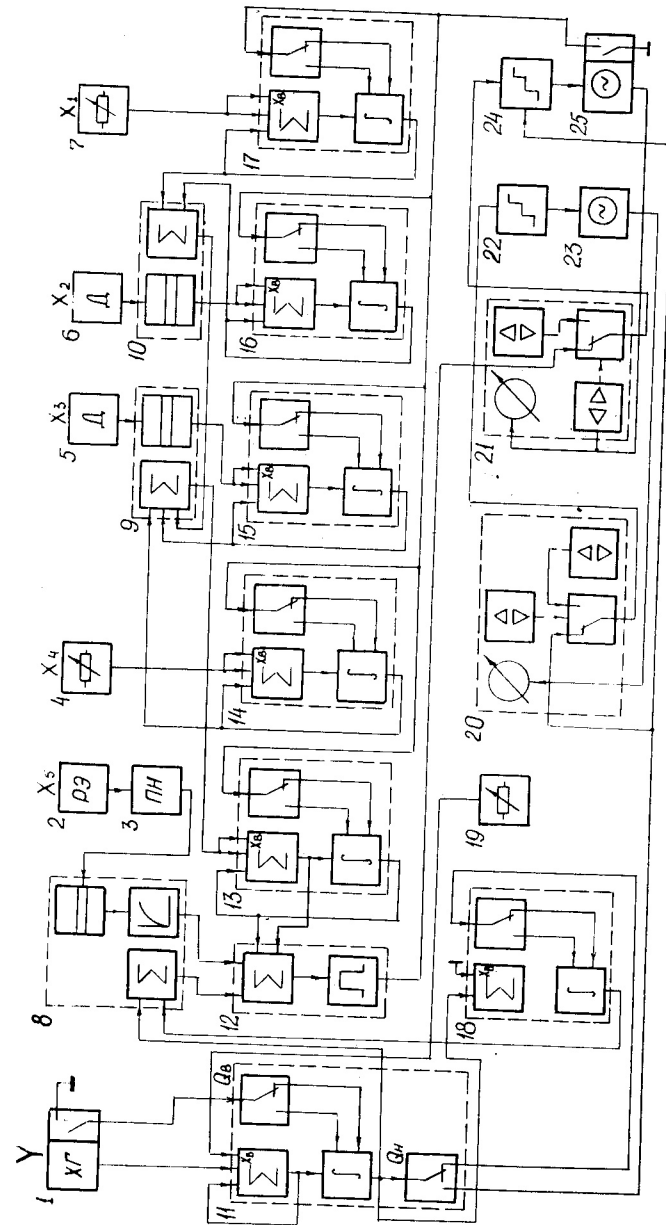


Рис. 5. Функциональная схема устройства управления процессом хересования: 1 — хроматограф ХП-42; 2 — ротаметр РЭ; 3 — преобразователь нормирующий НП-ПЗ; 5, 6 — датчики-преобразователи; 8, 9, 10 — блоки БКР1-11; 4, 7, 19 — задачки РЭД; 11—18 — блоки БПИ-Ш и БДП-Ш; 12 — блок РБИ-Ш; 20, 21 — блоки БРУ-У; 22, 24 — пускатели БР-2М; 23, 25 — исполнительные механизмы ЕСПА 02 ПВ.

к. 14463

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

ния входных переменных является линейной; б) динамические свойства каналов управления и возмущения описаны динамическими звеньями в виде инерционного звена с запаздыванием.

7. Усовершенствованы и исследованы методы и технические средства для автоматического контроля и управления концентрацией ацетальдегида и кислорода, которые показали высокую эффективность в АСУ ТП хересования.

8. Разработана структура автоматической системы управления процессом хересования и определены оптимальные настроечные параметры регуляторов методом имитационного моделирования.

9. Результаты испытаний и эксплуатации подтвердили правильность научных положений работы. Экономический эффект, полученный от внедрения разработок на Яловенском хересном заводе, составил более 44 тыс. рублей.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. А. с. № 506620 (СССР). Установка для производства хереса в потоке / Г. И. Козуб, Б. Я. Авербух, М. К. Мэтура, С. В. Скрыпник. — Оpubл. в Б. И., 1976, № 10.

2. А. с. № 624914 (СССР). Способ автоматического управления процессом хересования вин в потоке / Мэтура М. К., Козуб Г. И., Скрыпник С. В., Антонович А. Л. — Оpubл. в Б. И., 1978, № 35.

3. Мэтура М. К. Применение автоматического хроматографа для контроля производства вин типа херес. — Новое в виноделии Молдавии. Сб. статей. Кишинев, Штиинца, 1979, с. 172—175.

4. Контроль кислорода в хересном производстве / М. К. Мэтура, В. Д. Пашков, П. К. Чокой и др. — Виноделие и виноградарство СССР, 1981, № 4, с. 18—20.

5. Козуб Г. И., Мэтура М. К. Установка для хересования вин с интенсификацией технологического процесса. — Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии, 1982, № 3, с. 33—36.

6. Мэтура М. К., Хобин В. А., Редунов Г. М. Синтез и техническая реализация автоматической системы управления ТП хересования. Депон. рукопись № 306, Кишинев, МолдНИИТИ, 1983, 12 с.

