

Авторефер.
К 59

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Одесский технологический институт пищевой промышленности
имени М.В.Ломоносова

На правах рукописи

Всер. учет 1987

Аспирант КОКОШКО ВЛАДИМИР СЕМЕНОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ХЕРЕСОВАНИЯ ВИНМАТЕРИАЛОВ
В НЕПРЕРЫВНОМ ПОТОКЕ КАК ОБЪЕКТА АВТОМАТИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ

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

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса – 1978

Поверніть книгу не пізніше
зазначеного терміну

ственных
промышлен-
я проводи-

офессор

. О. ЧЕРНЫШЕВ

доцент

ельский
оделия

Авторед. | v 013134
К 59 | В.С. КОКОШКО
Иссл. проц. хересов. вин.
1948 | Б/у

июня 1978 г.
анного совета КО 68.35.01
управление и регулиро-
ами" в Одесском техно-
имени М.В.Ломоносова
ИП)

блиотеке института.

1978 г.

И.С.МИРОНОВ

ОНАХТ 13.11.12
Исследование процесс



v013134

Актуальность работы. Пятилетним планом развития народного хозяйства СССР, принятым XXV съездом КПСС, предусматривается дальнейшее увеличение производства винодельческой продукции при улучшении ее качества и повышении производительности труда на предприятиях отрасли. К 1980 году выпуск вина в СССР должен достигнуть 450-500 млн дал в год. Одним из главных путей решения этих задач является совершенствование технологических процессов и их автоматизация.

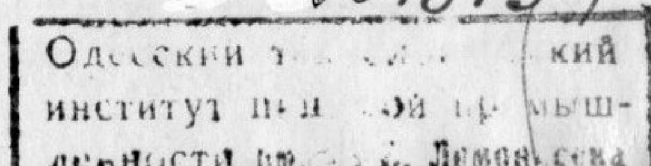
При производстве вин типа хереса наиболее длительным и медленно протекающим процессом является процесс хересования виноматериалов. Сократить время процесса хересования виноматериалов, значит, повысить эффективность производственных цехов винодельческих заводов. Поэтому исследование процесса хересования виноматериалов как объекта автоматического управления является актуальной задачей.

Объектом исследования в диссертационной работе является процесс хересования виноматериалов в непрерывном потоке.

Целью работы является повышение производительности существующих установок хересования при сохранении высокого качества хересного виноматериала, сокращение потерь спирта и ароматических веществ за счет перевода процесса на непрерывный поток и совершенствования системы управления процессом.

В исследованиях решались следующие задачи:

- теоретическое исследование процесса хересования с целью определения лимитирующей стадии и выбора гидродинамической модели процесса;
- формулирование критерия оптимальности процесса;
- разработка математического описания процесса хересования для установления взаимосвязи основных входных (факториальных) и



выходных (результативных) параметров, определяющих процесс хересования виноматериалов;

- экспериментальное исследование процесса с целью проверки адекватности полученных аналитических зависимостей реальному процессу;

- разработка технических предложений по информационному обеспечению и структуре управления процессом хересования виноматериалов в непрерывном потоке.

Методика исследования. В работе применяется аппарат математического моделирования, высшей алгебры, теории вероятности и базирующиеся на ней методы математической статистики. При проведении экспериментальных исследований использованы современные методы физико-химического анализа состава среды: потенциометрический, полярографический, фотоэлектроколориметрический, бумажной и газожидкостной хроматографии.

Результаты работы подтверждены экспериментально на пилотной установке хересования виноматериалов в непрерывном потоке установленной на Одесском опытно-экспериментальном винзаводе № I.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- впервые показана возможность получения виноматериала требуемого качества при проведении процесса хересования виноматериалов в непрерывном потоке;

- установлено, что реакции процесса хересования протекают в смешанной, диффузионно-кинетической области, а гидродинамика потоков описывается моделью идеального смешения;

- предложен новый метод управления процессом хересования виноматериалов в непрерывном потоке путем регулирования соотношения общей концентрации кислорода и углекислоты на стадиях процесса;

- получены аналитические выражения, описывающие динамику процесса;

- предложен новый критерий эффективности процесса и разработана параметрическая схема процесса хересования виноматериалов

как объекта автоматического управления;

- разработана модель оптимизации процесса;

- показана возможность использования в системе автоматического контроля и управления процессом хересования виноматериалов газождкостного хроматографа и фотозлектроколориметра в качестве датчиков показателей химического состава хересного виноматериала.

Практическая ценность. Выявлена закономерность качественно-количественных изменений, происходящих в виноматериале в процессе хересования при его интенсификации на базе перевода процесса на непрерывный поток и его автоматизации.

Разработанные автором математическое описание процесса и модель оптимизации могут найти применение для прогнозирования, контроля и управления формированием качественных показателей хересного виноматериала.

Предложены новый метод и структура управления процессом, обеспечивающие повышение производительности существующих установок на 13% при сохранении высокого качества хересного виноматериала.

Разработаны новые конструкции установки для хересования виноматериала в потоке и средств автоматики, обеспечивающих получение информации о протекании процесса.

Экономический эффект от внедрения в производство составляет 1400 рублей в расчете на 1000 дал.

Апробация работы. Основные теоретические и практические положения работы докладывались и обсуждались на: Республиканской научно-технической конференции "Проблемы создания АСУ аграрно-промышленными и производственными объединениями Молдавской ССР" (Кишинев, 1974); заседании научно-технического Совета СКБ "АСУ-Молдпищепром" (Кишинев, 1974); Республиканской научно-технической конференции "Системы управления качеством продукции в отраслях и объединениях пищевой промышленности (Кишинев, 1975); городском семинаре по кибернетике и автоматическому управлению научного Со-

вета "Кибернетика" АН УССР (Одесса, 1976); XXXVII научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава и научных сотрудников Одесского института пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова (Одесса, 1977); расширенном заседании научно-технического Совета отдела виноделия Украинского института виноградарства и виноделия имени В.Е.Таирова (Одесса, 1977).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 статей, получено 1 авторское свидетельство.

Структура диссертационной работы. Диссертационная работа изложена на 141 странице машинописного текста, включающих 16 таблиц, 18 рисунков и состоит из введения, пяти глав, списка использованной литературы из 88 наименований и приложений.

В главе первой рассмотрены биохимические основы приготовления вин типа хереса, существующие способы хересования виноматериалов и их особенности. Изложены предпосылки к автоматизации пленочного способа хересования виноматериалов, обеспечивающего хорошие вкусовые качества при сохранении на длительное время специфического букета и аромата хереса. Приведены параметры, характеризующие качество готового продукта и факторы, оказывающие влияние на него.

На основании анализа литературных источников и проведенного автором априорного ранжирования факторов установлено, что при хересовании виноматериала пленочным способом основным фактором, от которого зависит эффективность процесса – удельная поверхность хересной пленки, коэффициент конкордации $W_{syg} = 0,8$.

Указано, что скорость накопления качественных показателей зависит не только от количества дрожжевых клеток, но в значительной степени от их активности, так как концентрация хересных дрожжей представляет только одну из величин, которая имеет решающее значение для процесса хересования, а именно: суммарное количество ферментной системы, участвующей в реакциях процесса хересования. Это количество изменяется в соответствии с физиологическим состоянием

хересной пленки и определяется ее возрастом, внешними условиями и внутренними свойствами применяемой расы дрожжей.

Установлено, что активность дрожжевых клеток зависит от ряда факторов: состава питательной среды, состава газовой среды в камере над пленкой, концентрации растворенного кислорода, возраста хересной пленки и ее толщины.

Выполнен сравнительный анализ конструктивных особенностей установок хересования виноматериалов и их оснащённости средствами контроля и управления.

Отмечено, что в настоящее время отсутствуют средства автоматического управления процессом. Контроль за процессом хересования виноматериалов осуществляется путем лабораторных анализов проб, периодически отбираемых в определенных точках.

Указано, что используемый в практике виноделия критерий — соотношение альдегиды/ацетали, и используемые методы его определения не дают возможности автоматического управления процессом ввиду его низкой чувствительности и наличия большого запаздывания.

Предположено, что увеличения производительности существующих установок хересования виноматериалов можно достичь путем перевода процесса хересования виноматериалов на непрерывный поток, оптимизации режимных параметров на стадиях процесса, управления объемной скоростью потока виноматериала через установку хересования.

В главе второй дано описание кинетики процесса хересования. Показано, что скорость окисления спирта в альдегид описывается моделью Михаэлиса-Ментена. Отмечено, что использование этой модели затруднительно, ввиду трудности автоматического определения константы диссоциации K_m фермент-субстратного комплекса (НАД $\text{C}_2\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$) и возможности образования ацетальдегида неферментативным, химическим путем.

На основании обработки имеющихся априорных сведений о процессе получены математические зависимости (уравнения регрессии), опи-

сывающие динамику накопления альдегидов $C_A = f(t)$ при определенно заданных температуре (T) и удельной поверхности хересной пленки ($S_{y\delta}$), а также получены новые данные и описывающие их аналитические выражения $C_A = f(T)$ и $C_A = f(S_{y\delta})$, при заданном времени пребывания виноматериала под пленкой хересных дрожжей.

Установлено, что реакции процесса хересования протекают в смешанной диффузионно-кинетической области при наличии преобладающего влияния кинетической области. Вид полученных функциональных зависимостей указывает на возможность описания их инерционным звеном первого порядка, которому соответствует модель идеального смешения.

Отмечено, что в создании букета хереса первостепенная роль должна быть отведена аминокислотам, являющимся генетическими предшественниками органолептически активных веществ - высших спиртов, эфиров и альдегидов. В этой связи предложено использовать величину изменения аминокислот и альдегидов в качестве критериальной оценки эффективности процесса хересования виноматериалов в непрерывном потоке.

В качестве локальных оценок эффективности процесса хересования выбраны величины соотношения прироста концентрации альдегидов и убыли концентрации аминокислот на соответствующих стадиях процесса за определенный промежуток времени t :

$$K_{эфл} = \frac{C_{Al} - C_{Ao}}{C_{Amo} - C_{Ami}} = \frac{\Delta C_A}{\Delta C_{Am}}, \quad (1)$$

где: ΔC_A - прирост ацетальдегида за промежуток времени , мг/л;

ΔC_{Am} - убыль суммарного количества аминокислот за промежуток времени t , мг/л.

В качестве глобальной оценки эффективности процесса выбран экономический критерий:

$$K_{эфг} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i + \sum_{j=1}^m D_j}{B}, \quad (2)$$

где: Z_i - затраты на кислород, тепло-хладоноситель, электроэнергию и обслуживание установки хересования виноматериалов, руб;

D_j - затраты на профилактические, внеплановые и гарантийные

ремонт, руб;

B - производительность установки хересования виноматериалов за сравниваемый срок службы t , дал/час.

На основе анализа материальных и энергетических потоков, а также выбранных критериев оценки, разработана параметрическая схема процесса хересования как объекта автоматического управления (рис. I).

Согласно приведенной параметрической схеме, с учетом уравнений кинетики процесса, оставлены уравнения баланса материальных потоков и равновесного состояния процесса: для концентрации этанола $C_э$, ацетальдегида $C_а$, ацетона $C_а$, 2,3-бутиленгликоля, концентрации суммарного количества аминокислот $C_{ам}$, концентрации углекислого газа $C_{уг}$, концентрации кислорода $C_к$, концентрации клеток хересных дрожжей X .

Разработано математическое описание процесса хересования виноматериалов в непрерывном потоке. В отсутствие непрерывной подачи кислорода при постоянных температуре и давлении система имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{dC_э}{dt} &= D(C_{э_0} - C_э) - \kappa_1 C_э \\ \frac{dC_а}{dt} &= D(C_{а_0} - C_а) + \kappa_1 C_э + \kappa_2 C_а \\ \frac{dC_{уг}}{dt} &= D(C_{уг_0} - C_{уг}) + \kappa_3 C_{уг} \\ \frac{dC_а}{dt} &= D(C_{а_0} - C_а) + \kappa_2 C_а + \kappa_4 C_а \\ \frac{dC_g}{dt} &= D(C_{g_0} - C_g) + \kappa_4 C_а + \kappa_5 C_g \\ \frac{dC_b}{dt} &= D(C_{b_0} - C_b) - \kappa_4 C_а + \kappa_6 C_b \\ \frac{dC_к}{dt} &= D(C_{к_0} - C_к) - \kappa_7 C_к \\ \frac{dC_{ам}}{dt} &= D(C_{ам_0} - C_{ам}) - \kappa_8 C_{ам} \\ \frac{dX}{dt} &= D(X_0 - X) + \mu X, \text{ где} \end{aligned} \quad (3)$$

κ_i - константы скорости соответствующих реакций, ч^{-1} .

Найдены аналитические выражения, отражающие изменение отдельных компонент, входящих в состав математического описания процесса:

а) для концентрации этанола:

$$C_э = \frac{C_{э_0}}{D + \kappa_1} (\kappa_1 e^{\lambda_1 t} + D), \quad (4)$$

где

$$\lambda_1 = D - \kappa_1.$$

б) для концентрации ацетальдегида:

$$C_A = C_1^A e^{\lambda_2 t} + C_2^A e^{\lambda_1 t} + C_3^A, \quad (5)$$

где:

$$C_1^A = \frac{\kappa_2 C_{A0}}{D - \kappa_2} - \frac{\kappa_1^2 C_{Э0}}{-(\kappa_2 + \kappa_1)} - \frac{\kappa_1 D C_{Э0}}{(D - \kappa_2)(D - \kappa_1)};$$

$$C_2^A = \frac{\kappa_1^2 C_{Э0}}{-(\kappa_2 - \kappa_1)};$$

$$C_3^A = \frac{D C_{A0}}{D - \kappa_1} + \frac{\kappa_1 D C_{Э0}}{(D + \kappa_1)(D - \kappa_2)};$$

$$\lambda_2 = D + \kappa_2.$$

в) для концентрации ацетона:

$$C_A = C_1^A e^{\lambda_3 t} + C_2^A e^{\lambda_2 t} + C_3^A e^{\lambda_1 t} + C_4^A, \quad (6)$$

где:

$$C_1^A = C_{A0} - C_2^A - C_3^A - C_4^A;$$

$$C_2^A = \frac{\kappa_2 C_1^A}{\kappa_4 - \kappa_2}, \text{ при } \kappa_4 \neq \kappa_2$$

$$C_3^A = \frac{\kappa_1^2 \kappa_2 C_{Э0}}{(\kappa_4 - \kappa_1)(\kappa_2 - \kappa_1)};$$

$$C_4^A = \frac{D C_{A0}}{D + \kappa_4} + \frac{\kappa_2 D C_{A0}}{(D + \kappa_2)(D + \kappa_4)} + \frac{\kappa_1 \kappa_2 D C_{A0}}{(D + \kappa_1)(D + \kappa_2)(D + \kappa_4)};$$

$$\lambda_4 = D + \kappa_4.$$

г) для концентрации углекислоты:

$$C_{yr} = \frac{C_{yr0}}{D - \kappa_3} (\kappa_3 e^{\lambda_3 t} + D), \quad (7)$$

где:

$$\lambda_3 = -D + \kappa_3$$

д) для концентрации диацетила:

$$C_g = C_1^g e^{\lambda_5 t} + C_2^g e^{\lambda_4 t} + C_3^g e^{\lambda_2 t} + C_4^g e^{\lambda_1 t} + C_5^g \quad (8)$$

где:

$$C_1^g = C_{g0} - C_2^g - C_3^g - C_4^g - C_5^g;$$

$$C_2^g = \frac{\kappa_4 C_1^g}{\kappa_5 - \kappa_4}, \text{ при } \kappa_5 \neq \kappa_4;$$

$$C_3^g = \frac{\kappa_4 C_2^g}{\kappa_5 - \kappa_2}, \text{ при } \kappa_5 \neq \kappa_2;$$

$$C_4^g = \frac{\kappa_4 C_3^g}{\kappa_5 - \kappa_1}, \text{ при } \kappa_5 \neq \kappa_1;$$

$$C_5^g = \frac{D C_{g0}}{D + \kappa_5} + \frac{\kappa_4 C_4^g}{D + \kappa_5};$$

$$\lambda_5 = -D - \kappa_5.$$

е) для концентрации 2,3-бутиленгликоля:

$$C_b = C_1^b e^{\lambda_6 t} + C_2^b e^{\lambda_4 t} + C_3^b e^{\lambda_2 t} + C_4^b e^{\lambda_1 t} + C_5^b, \quad (9)$$

где: $C_1^b = C_{b0} - C_2^b - C_3^b - C_4^b - C_5^b;$

$$C_2^b = \frac{\kappa_4 C_1^a}{\kappa_6 - \kappa_4}, \quad \text{при } \kappa_6 \neq \kappa_4;$$

$$C_3^b = \frac{\kappa_4 C_2^a}{\kappa_6 - \kappa_2}, \quad \text{при } \kappa_6 \neq \kappa_2;$$

$$C_4^b = \frac{\kappa_4 C_3^a}{\kappa_6 - \kappa_1}, \quad \text{при } \kappa_6 \neq \kappa_1;$$

$$C_5^b = \frac{D C_{a0}}{D + \kappa_6} + \frac{\kappa_4 C_4}{D + \kappa_6};$$

$$\lambda_6 = -D + \kappa_6.$$

ж) для концентрации растворенного кислорода:

где: $C_k = \frac{C_{k0}}{D + \kappa_7} (\kappa_7 e^{\lambda_7 t} + D),$ (10)

$$\lambda_7 = -D - \kappa_7.$$

и) для концентрации клеток хересных дрожжей:

$$X = \frac{X_0}{D - \mu} (-\mu e^{\lambda_8 t} + D), \quad (11)$$

где:

$$\lambda_8 = -D + \mu; \quad \mu - \text{удельная скорость роста клеток.}$$

При непрерывной принудительной подаче кислорода в камеру надвижного пространства уравнение, описывающее скорость изменения растворенного в виноматериале кислорода имеет вид:

$$\frac{dC_k}{dt} = \frac{\kappa_L A}{V} (C_n - C_k) - \kappa_r X - F_k C_k, \quad (12)$$

где: $\frac{\kappa_L A}{V}$ - объемный коэффициент массопередачи, 1/ч;

A - поверхность раздела газ-жидкость, см²;

C_n - концентрация равновесия или насыщения растворенного кислорода, ммоль/л;

κ_r - константа интенсивности дыхания, кг/моль.

После подстановки в уравнения (I-III) выражения для t , найденного из уравнения (12), находим аналитические зависимости изменения перечисленных в пунктах (а-и) компонент в зависимости от концентрации кислорода.

На базе полученных аналитических зависимостей определены задачи экспериментального исследования процесса хересования виноматериалов в непрерывном потоке.

В третьей главе дано описание экспериментальной базы и методики исследований. Для стендовых и полупроизводственных опытов, проведенных на Одесском экспериментальном винзаводе № I, служившим базой для проведения исследования, использовали экспериментальную установку [6]. Геометрическое подобие экспериментальной и промышленной установок обеспечено равенством линейных размеров резервуаров, входящих в состав установки:

$$\frac{H_{пр}}{d_{пр}} = \frac{H_n}{d_n} = i_e \quad (13)$$

Биохимическое подобие обеспечено соблюдением равенства удельных поверхностей хересной пленки в промышленном и пилотном резервуарах:

$$S_{уд_{пр}} = \frac{S_{пр}}{V_{пр}} = \frac{S_n}{V_n} = S_{уд_n} \quad (14)$$

где $S_{пр}$, S_n - поверхность хересной пленки соответственно в промышленном и пилотном резервуарах, $\text{см}^2/\text{л}$;

V_n , $V_{пр}$ - объем виноматериала в пилотном и промышленном резервуарах, дал.

Гидродинамическое подобие обеспечено применением виноматериалов тех же кондиций, что и в промышленном варианте и равенством объемного расхода виноматериала через установку хересования.

Тепло-массообменное подобие обеспечено подобием температурных и кислородных режимов.

Приведено описание разработанных автором измерительной ячейки, датчика кислорода (рис.2) и окислительно-восстановительного потенциала (рис.3), отличающихся от известных конструктивным исполнением и повышенной чувствительностью.

Программа экспериментальных исследований предусматривала следующие взаимосвязанные стадии развития исследований:

I стадия - Исследование виноматериалов на хересуемую способность и аминокислотный состав для выбора исходного материала.

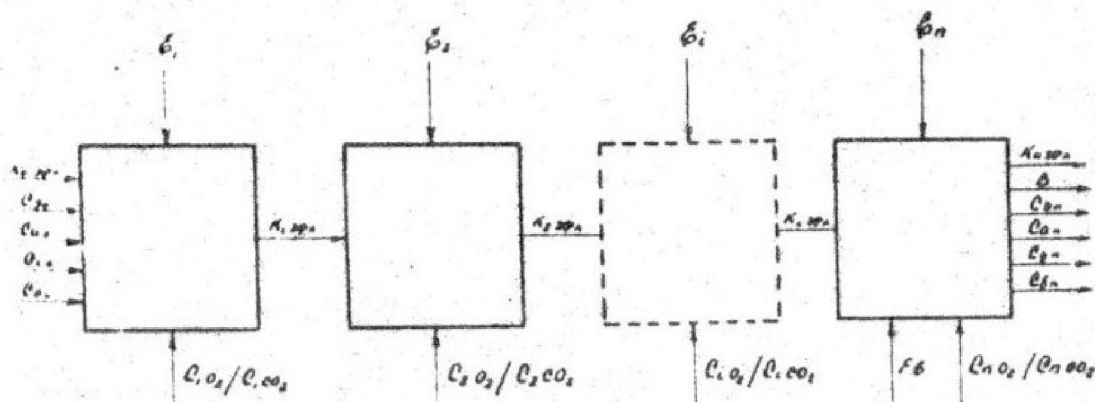


Рис.1. Параметрическая схема процесса хересования виноматериалов в непрерывном потоке.

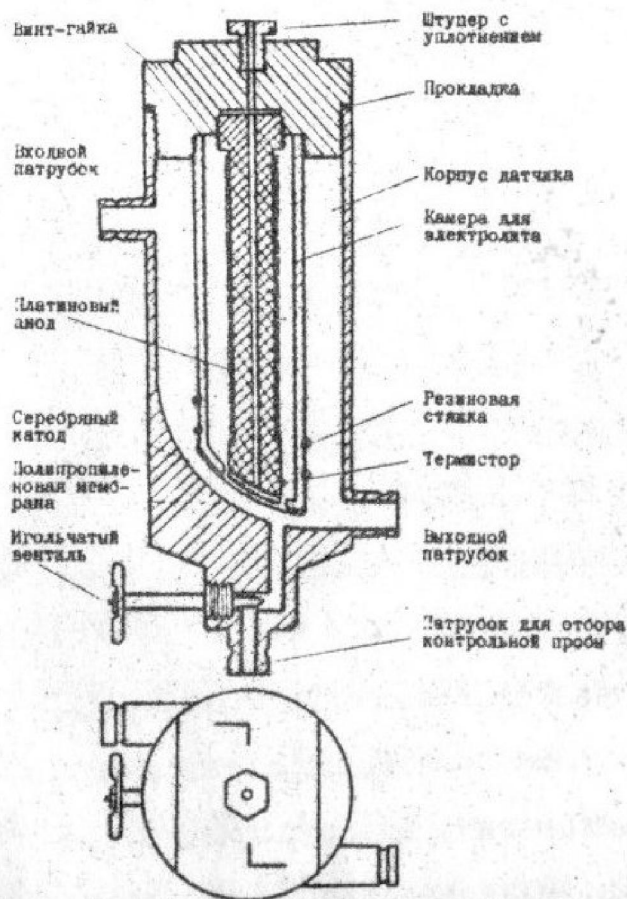


Рис.2. Датчик кислорода.

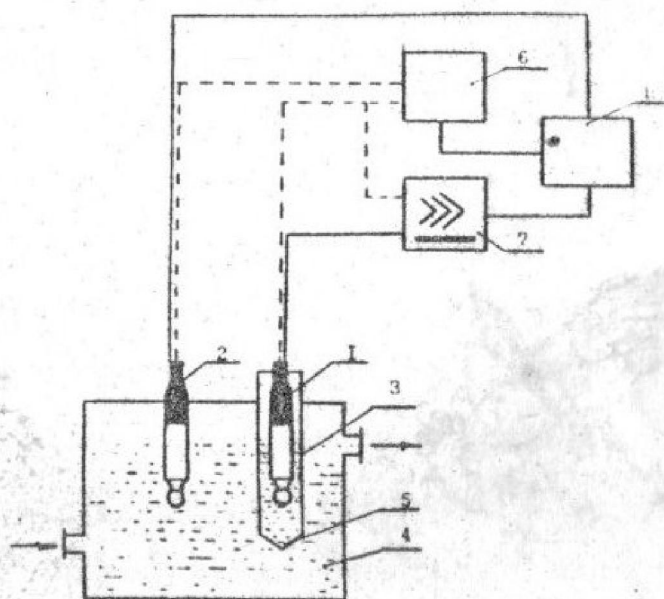


Рис.3. Датчик окислительно-восстановительного потенциала:

1-эталонный стеклянноплатиновый электрод; 2-индикаторный стеклянноплатиновый электрод; 3-сосуд; 4-измерительная ячейка; 5-электролитический ключ; 6-электронный потенциометр; 7-потенциометрический усилитель, рН-метр повышенной точности.

II стадия - Постановка поисковых опытов с целью выяснения принципиальной возможности проведения процесса в непрерывном потоке.

III стадия - Исследование процесса хересования в зависимости от концентрации кислорода и углекислого газа с целью выяснения пределов изменения регулируемых параметров, определения удельной скорости роста клеток хересных дрожжей, их физиологического состояния и интенсивности дыхания, определения объемного коэффициента массопередачи и констант скорости реакций.

IV стадия - Составление математической модели для установления взаимосвязи основных входных (факториальных) и выходных (результативных) параметров, определяющих процесс хересования виноматериалов в непрерывном потоке, с целью оптимизации процесса хересования.

Для реализации IV стадии исследования экспериментальные работы были разделены на следующие этапы:

I этап - Количественная оценка взаимосвязи выделенных входных возмущающих воздействий на выходные параметры при выбранных критериях эффективности реализуемого процесса.

2 этап - Постановка эксперимента, включающего 16 опытов, составляющего полуреплику от полного факторного эксперимента 2^5 . Математико-статистическое обобщение экспериментальных данных в виде регрессионного соотношения между входными и выходными параметрами, для обоснования основных конструктивно-технологических параметров, при которых достигается рациональная в технико-экономическом отношении эффективность процесса.

В процессе выполнения работы по исследованию процесса хересования применялись как общепринятые в химии вина методы, так и новые современные методы бумажной и газожидкостной хроматографии, колориметрический и полярографический методы. Вкусовые и ароматические свойства опытных образцов исходного и хересного виноматериалов определялись с участием опытных дегустаторов.

В главе четвертой дается сравнительная оценка хересуемой способности различных виноматериалов. Приведено обоснование выбора в

качестве исходного виноматериала, виноматериала сорта Алиготе.

Исходный и хересный виноматериал в процессе экспериментальных исследований подвергали исследованию на содержание этанола, альдегидов, ацеталей, аминокислот и растворенного кислорода. Диаграммы изменения перечисленных компонентов в процессе хересования представлены на рис. 4.

Полученные в результате экспериментов данные позволили произвести сравнение используемого в практике виноделия критерия оценки качества хересного виноматериала, предложенного Н.Ф. Саенко и критерия - соотношение $\Delta C_n / \Delta C_{O_2}$ предложенного автором (рис. 5). В результате проведенного многофакторного эксперимента установлено, что на стадиях процесса хересования потребность в кислороде неодинакова. Наблюдения за состоянием хересной пленки позволяют сделать вывод о необходимости поддержания кислородного режима на стадиях процесса вблизи критического значения концентрации кислорода.

Определены константы скорости для основных реакций процесса хересования виноматериалов.

Получены аналитические зависимости убывания этанола C_z , растворенного кислорода и аминокислот, накопления альдегидов C_n . (рис. 6). Проведен сравнительный анализ эффективности процесса при переводе его на непрерывный поток и оптимизации режимных параметров.

Как видно из рис. 4 и в соответствии аналитических зависимостей полученных автором в результате теоретических исследований подтверждается результатами экспериментов с достаточной точностью.

В главе пятой изложены вопросы оптимизации и информационного обеспечения процесса. Выполненные теоретические и экспериментальные исследования показали, что на эффективность процесса хересования оказывают влияние большое количество факторов, действующих одновременно, отыскание оптимального сочетания которых является весьма сложной многофакторной экстремальной задачей. Для решения этой задачи был использован метод математического планирования экспери-

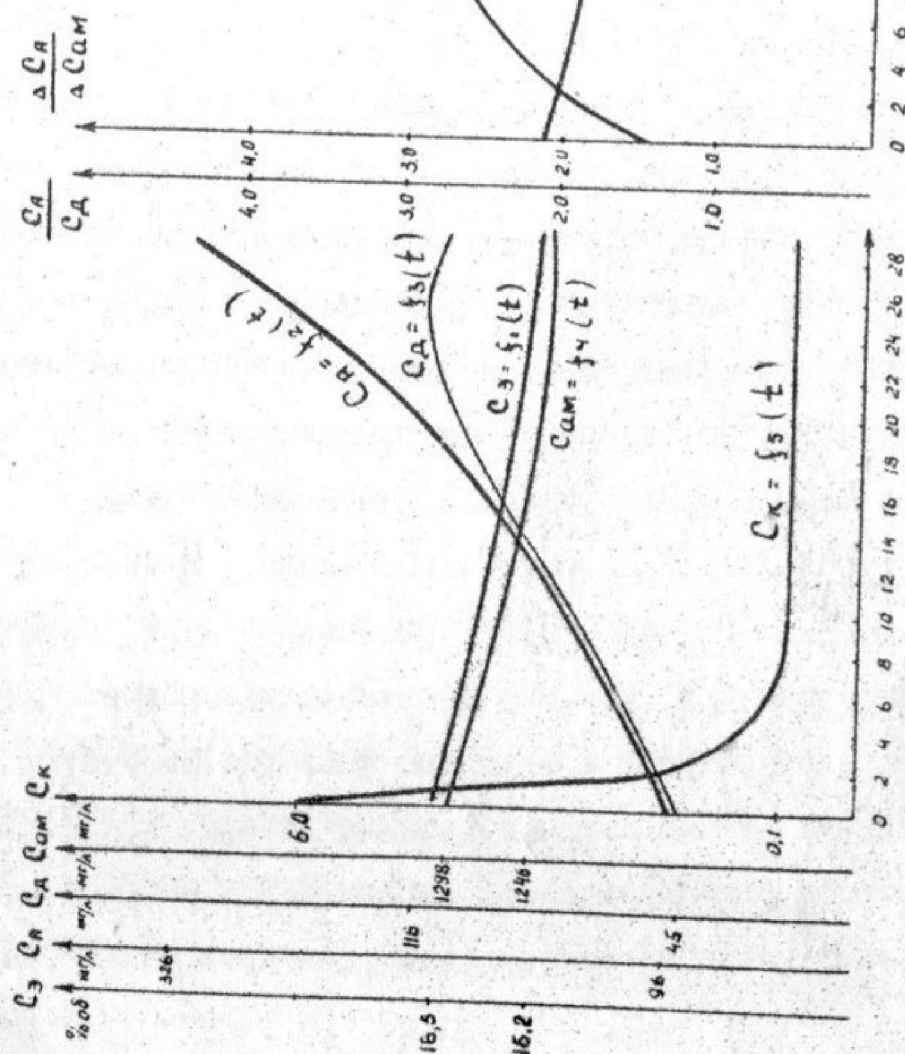


Рис. 4. Диаграмма изменения концентрации этанола, ацетальдегида, диэтала, растворенного кислорода, аминокислот в процессе хересования виноматериалов. (Графики построены по экспериментальным данным).

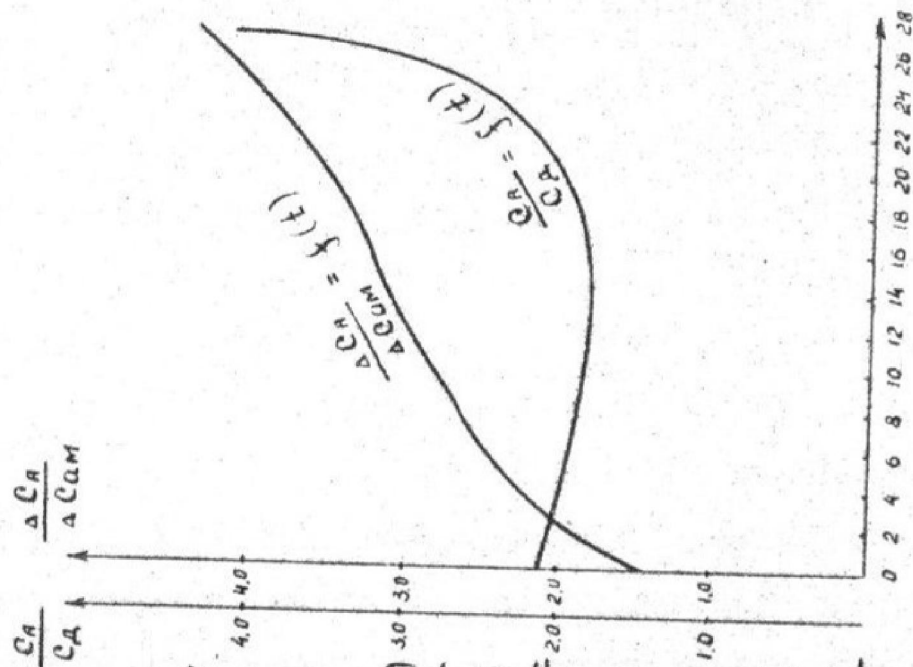


Рис. 5. Графики изменения соотношения альдегиды/ацетали и соотношения альдегиды/аминокислоты.

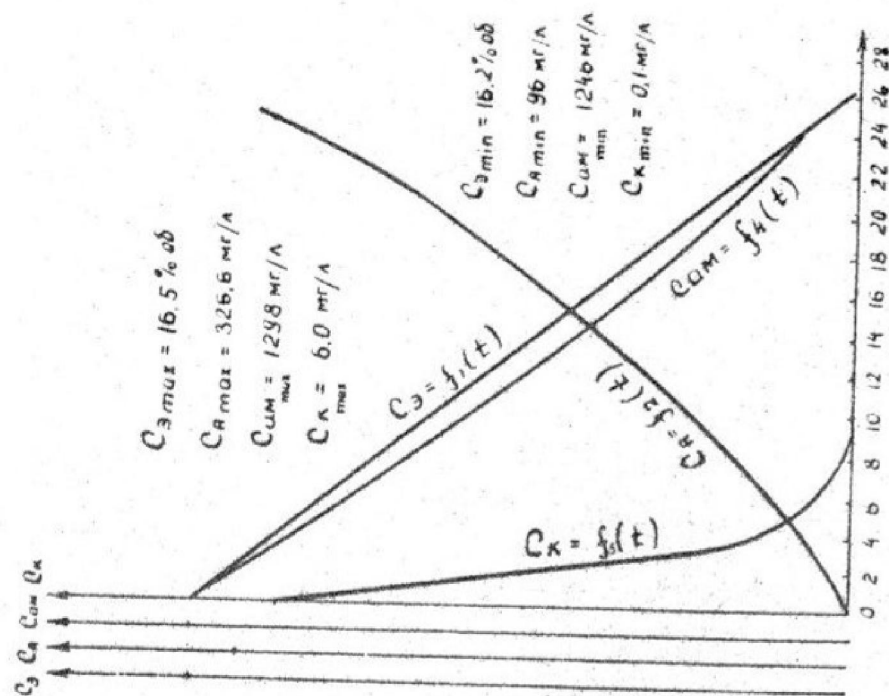


Рис. 6. Диаграмма изменения концентрации этанола, ацетальдегида, растворенного кислорода и аминокислот в процессе хересования. (Графики построены на ЭЭМ).

мента. В результате реализации планов эксперимента была получена линейная модель, которая оказалась неадекватной реальному процессу. Пользуясь принципом последовательного усложнения модели для описания и исследования области оптимума, после проведения дополнительной серии опытов осуществляли превращение композиционного плана в ротатабельной. В результате реализации этого плана получена модель оптимизации процесса, полином второй степени:

$$\begin{aligned}
 B = & 2,133 + 0,756 Z_1 - 10,812 Z_2 + 8,239 Z_3 + 24,717 Z_4 + 8,421 Z_5 - \\
 & - 2,937 Z_1 Z_2 + 0,875 Z_1 Z_3 + 23,541 Z_1 Z_4 - 0,749 Z_1 Z_5 + 7,242 Z_2 Z_3 - \\
 & - 17,083 Z_2 Z_4 - 1,499 Z_2 Z_5 + 12,499 Z_3 Z_4 - 4,000 Z_3 Z_5 - 68,333 Z_4 Z_5 - \\
 & - 4,048 Z_1^2 + 29,181 Z_2^2 - 16,193 Z_3^2 - 118,812 Z_4^2 - 17,090 Z_5^2 \quad (15)
 \end{aligned}$$

Уравнение (15) выражает зависимость производительности установки хересования виноматериалов в непрерывном потоке от соотношений кислорода и углекислого газа на стадиях ($n=5$) процесса хересования.

При исследовании области оптимума была определена геометрическая форма поверхности отклика, для чего было проведено кодирование уравнения (15) и его каноническое преобразование:

$$Y - 3,44051 = -0,21 X_1^2 + 0,2976 X_2^2 + 0,1714 X_3^2 - 0,0668 X_4^2 + 0,0042 X_5^2 \quad (16)$$

В соответствии с видом канонического уравнения (16) установлено, что центром поверхности отклика является минимакс "седло". Контурные линии будут гиперболами. Оптимальные значения соотношения кислорода и углекислого газа на стадиях процесса хересования виноматериалов в непрерывном потоке следующие:

$$Z_1 = 0,47 ; Z_2 = 0,19 ; Z_3 = 0,32 ; Z_4 = 0,08 ; Z_5 = 0,21 .$$

Путем изучения поверхности отклика с помощью одномерных и двумерных сечений получены аналитические зависимости критерия оптимизации от варьируемых факторов и их комбинаций.

Режим работы установки хересования виноматериалов при оптимальном сочетании факторов в полупроизводственных условиях, проведен на Одесском опытно-экспериментальном винзаводе № I. Полученные значения производительности установки 0,15 л/час показали, что величина критерия оптимизации, достигнутая в опытах, незначительно отличается от

с-10018184

Одесский технологический институт

расчетного по уравнению (15).

На основе анализа теоретических и экспериментальных исследований проведено обоснование необходимого количества информации о процессе, общей структуре управления процессом и комплексе технических средств (рис. 7).

Система управления процессом хересования виноматериалов в непрерывном потоке состоит из двух уровней.. Нижний уровень включает локальные системы автоматического управления соотношением общей концентрации кислорода и углекислого газа на стадиях процесса, в зависимости от скорости изменения биохимических превращений, системы управления производительностью установки и стабилизации температуры. Верхний уровень системы управления включает вычислительный комплекс. Назначение верхнего уровня - контроль протекания окислительно-восстановительных процессов, определение параметров математической модели, поиск и осуществление оптимального управления, или осуществление коррекции уставок регуляторов, ведение учета продукции и расчета технологических параметров.

Режим работы системы управления предусматривает возможность работы как в режиме автономной работы локальных подсистем, так и под "руководством" координирующего вычислительного комплекса.

В качестве датчиков химического состава хересного виноматериала используются хроматограф и фотоэлектроколориметр. Для связи хроматографа с управляющей вычислительной машиной используется устройство "Спектр-2", осуществляющее селекцию пиков по минимумам, коррекцию нуля и интегрирование.

На рис.7 приняты следующие обозначения:

ТОУ - технологический объект управления; 1-6 - пробоотборники газовой смеси; 7 - счетчик готовой продукции; 8 - датчик объемной скорости потока виноматериала; 9 - регулирующий орган на трубопроводе съема виноматериала из последней секции установки; 10-14 - пробоотборники виноматериала; 15-19 - датчики температуры; 20-24 - датчики кислорода; 25-29 - датчики углекислого га-

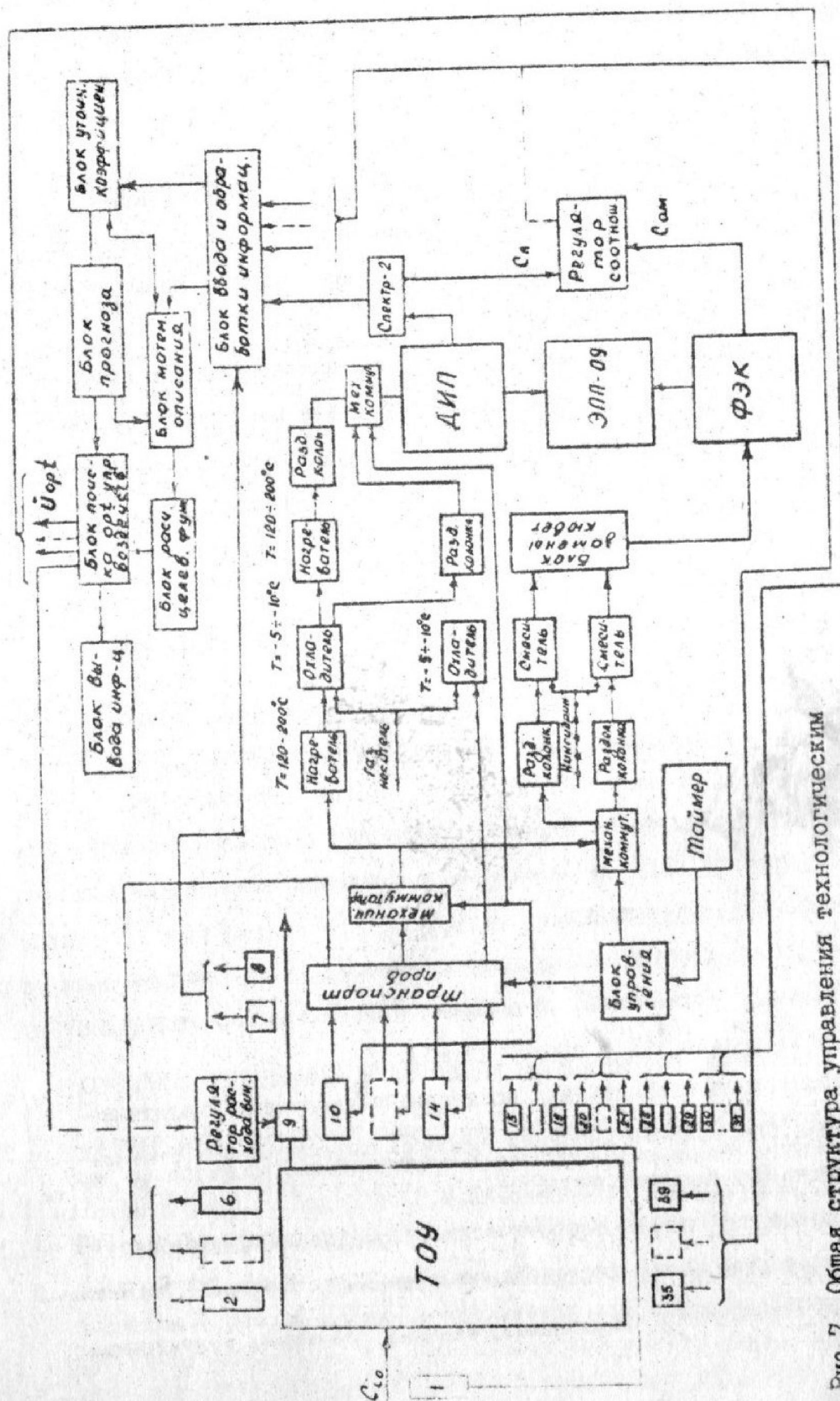


Рис. 7. Общая структура управления технологическим процессом хересования виноматериалов в непрерывном потоке.

за; 30-34 - датчики окислительно-восстановительного потенциала; 35-39 - регулирующие органы на трубопроводах подачи кислорода воздуха.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ, ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. На основании проведенного анализа состояния вопроса показана актуальность разработки системы автоматического управления процессом хересования виноматериалов.
2. Предложен принципиально новый способ интенсификации процесса хересования виноматериалов, отличающийся от ранее известных тем, что интенсификация процесса достигается путем управления соотношением общей концентрации кислорода и углекислого газа на стадиях процесса в зависимости от скорости изменения биохимических превращений и перевода процесса на непрерывный поток.
3. Предложен новый критерий оценки эффективности процесса хересования.
4. Разработана параметрическая схема процесса хересования виноматериалов в непрерывном потоке как объекта автоматического управления.
5. Разработана новая конструкция установки хересования виноматериалов в потоке. Полученное авторское свидетельство доказывает новизну принципиальных решений.
6. Предложены конструкции датчиков кислорода и окислительно-восстановительного потенциала, отличающихся от ранее известных повышенной чувствительностью и сроком службы.
7. В результате проведенных исследований получены аналитические выражения, описывающие динамику процесса хересования и статистическая модель оптимизации процесса.
8. Основные результаты теоретических исследований, достоверность которых подтверждена исследованиями на ЭЦВМ "Минск-22" и "Наири-К", вполне согласуются с экспериментальными данными, полученными

на экспериментальной установке.

9. Предложено оценку влияния параметров процесса хересования виноматериалов производить с помощью одно- и двумерных сечений.

10. Показана возможность использования фотоэлектрического колориметра и газожидкостного хроматографа в качестве датчиков показателей химического состава хересного виноматериала на стадиях процесса хересования.

11. Предложено обработку информации от хроматографа производить с помощью вычислительного устройства "Спектр-2" или управляющей вычислительной машины, работающей в реальном масштабе времени.

12. Установлено, что наиболее высокого выхода хересного виноматериала с хорошими качественными показателями (8,6 балла) можно достичь при следующих соотношениях концентрации кислорода и углекислого газа на стадиях процесса: первой - 0,47, второй - 0,19, третьей - 0,32, четвертой - 0,09, пятой - 0,21.

13. На основании теоретических и экспериментальных исследований процесса хересования вытекает, что приготовление хересного виноматериала хорошего качества, которое в практике виноделия проводится в периодическом потоке, можно вести непрерывно. Проведение процесса хересования в непрерывном потоке с оптимизацией режимных параметров обеспечивают повышение производительности существующих установок хересования на 13%. Общая экономическая эффективность от внедрения в производство составляет 1447,6 рублей в расчете на 1000 дал.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В РАБОТАХ:

1. Кокошко В.С. Методы оптимизации параметрической надежности преобразователей информации. В сб. "Вычислительная техника в машиностроении. Под ред. В.М.Кирпичникова. Свердловск, "Знание", 1971, с.64-66.
2. Кокошко В.С. Алгоритм отыскания оптимальных условий проведения процесса хересования вин в установках хересования. Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции. "Математическое моделирование процессов планирования народного хозяй-

- ства". Кишинев, 1974, с. 137-140.
3. Кокошко В.С. К вопросу внедрения автоматических дозирующих устройств на предприятиях "Молдвинпром". Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции. "Математическое моделирование процессов планирования народного хозяйства". Кишинев, 1974, с. 249-250.
 4. Дурченко П.П., Кокошко В.С. К вопросу разработки автоматизированной системы управления установками непрерывного хересования вина совхоз-завода "Яловень". Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции "Математическое моделирование процессов планирования народного хозяйства". Кишинев, 1974, с. 240-243.
 5. Кокошко В.С. Применение теории подобия для обоснования габаритных размеров экспериментальной установки непрерывного хересования. В сб. Научная организация учебного процесса и методика преподавания в сельскохозяйственном вузе. Кишинев, 1975, с. 315-316.
 6. Кокошко В.С. Автоматизация технологических процессов винодельческой промышленности. В сб. Научная организация учебного процесса и методика преподавания в сельскохозяйственном вузе. Кишинев, 1975, с. 317-321.
 7. Дурченко П.П., Кокошко В.С. Пути и перспективы совершенствования контроля качества продукции в аграрно-промышленном объединении "Молдвинпром". Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции "Системы управления качеством продукции в отраслях пищевой промышленности". Кишинев, 1975, с. 1-19.
 8. Кокошко В.С., Козуб Г.И., Лонгинов Г.О., Докучаев Н.Н. Установка хересования виноматериалов в потоке. Авторское свидетельство № 488852 - "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки", 1976.