

Авторефер. Г-15  
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ГАЛИУЛИН Анатолий Агзамович

ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕКОВОГО ПРЕССА ДЛЯ  
ВИНОГРАДНОЙ МЕЗГИ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

05.13.07 - автоматическое управление и ре-  
гулирование, управление технологическими  
процессами (промышленность)

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

Одесса - 1980



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Основными направлениями развития народного хозяйства СССР на 1976-1980 гг., одобренными XXV съездом КПСС, предусмотрено увеличение сбора и переработки винограда в X пятилетке в 1,8 раза. Валовый объем переработки в 1980 г. достигнет более 5,6 млн.т, выпуск вина превысит 430 млн.дал. При этом Партия и Правительство СССР направляют усилия ученых, инженеров и всех трудящихся на дальнейшее повышение уровня механизации и автоматизации производства, более полное использование сельскохозяйственного сырья для выработки высококачественных продуктов питания.

Значительный качественный сдвиг произошел в первичном виноделии, основой которого явился переход на переработку винограда с помощью поточно-механизированных линий производительностью 20 и 30 т/ч. Однако перед винодельческой промышленностью стоят задачи по дальнейшему количественному и качественному наращиванию мощностей, укрупнению винзаводов, повышению уровня автоматизации основных и вспомогательных процессов и созданию АСУ ТП.

При автоматизации заводов первичного виноделия вопрос управления работой шнековых прессов (ШП) имеет первостепенное значение. Таким образом, задачи по обоснованию и разработке экспрессных методов и устройств для контроля процесса прессования, а также автоматической системы управления ШП для оптимизации режима его работы являются актуальными.

Объектами исследования в диссертационной работе являются процесс прессования несброженной мезги белых сортов винограда (на примере Ркацители, Муската оттонеля и смеси европейских сортов) на ШП ТП-ВПО-20А, информативные параметры режима прессования, а также ШП как технологический объект управления (ТОУ) и локальные АСР нижнего уровня АСУ ТП.

Цель работы заключается в повышении эффективности работы ШП

Перечет 19/07 г.

путем поддержания оптимального давления прессования с помощью аппаратуры для экспрессного контроля и управления непрерывным процессом прессования мезги.

Методы исследования. Основные теоретические результаты получены аналитическим путем, а также на основании теории дифференциальных уравнений, метода переходных функций и математического моделирования на АВМ ЭМУ-10. Экспериментальные исследования обработаны методами математической статистики и интерполяционными методами с использованием ЭВМ ЕС-1022 и "Наири-К". Для разработки комплексного показателя качества сусла прессовых фракций применялся метод экспертной оценки. Результаты работы подтверждены экспериментально в лабораторных и производственных условиях.

Научная новизна. Получена аналитическим методом и обоснована экспериментально зависимость влажности выжимок, выходящих из пресса, от величины остаточного суслосодержания в них при различной технической зрелости винограда и разном механическом составе выжимок, которая показывает, что влажность неоднозначно отражает качество процесса прессования. На основе этой зависимости разработаны экспрессный метод определения величины суслосодержания выжимок и устройство для его осуществления, которые защищены авторским свидетельством.

В результате экспериментальных исследований влияния давления прессования на химико-технологические показатели сусла и его электрофизические свойства установлено изменение относительной электропроводности и рН сусла прессовых фракций, что было использовано для разработки измерительной аппаратуры АСР ШП.

Получена математическая модель ШП как многомерного ТОУ, включающая в себя статические и динамические характеристики по каналам регулирования: суслосодержание выжимок, мощность электродвигателя привода шнеков, относительная электропроводность

сусла прессовых фракций от давления в гидрорегуляторе, а также пусковые переходные режимы его работы.

Обоснован способ статической оптимизации режима прессования на ШП и выбор информативных параметров процесса. Способ и система оптимального управления ШП защищены авторскими свидетельствами.

Практическая ценность. Разработан и испытан кондуктометр ИК-2М для определения относительной электропроводности различных материалов и сред, который может найти применение в пищевой, химической и других отраслях промышленности для контроля и управления технологическими процессами и аппаратами. Погрешность измерений не превышает 4%.

Разработана аппаратура, экспериментально обоснован способ и предложена автоматическая система управления ШП для оптимизации режима прессования путем коррекции максимума энергетических затрат по качеству получаемого сусла, определяемому допустимым изменением относительной электропроводности, что позволяет повысить эффективность работы ШП на разных сортах винограда и различной технической зрелости ягод.

Внедрение результатов работы. Техническая документация разработанной системы управления ШП передана ТКИ НПАПО "Яловены" Молдавской ССР по виноградарству и виноделию Молдвинпрома для автоматизации технологических процессов основного производства.

Кондуктометр ИК-2М для определения относительной электропроводности прошел лабораторные испытания в ТКИ НПАПО "Яловены" и рекомендован для автоматизации процесса купажирования вин.

Информационная часть АСР ШП внедрена на Карпиненском винзаводе Молдвинпрома. Экономический эффект от внедрения составил 21 тыс. руб. в год (1133 руб. на 1 тыс. т переработанного винограда) при сроке окупаемости 0,2 года.

Апробация работы. Материалы работы докладывались и обсужда-

лись на семинарах секции "Кибернетика и автоматическое управление" научного Совета по проблеме "Кибернетика" АН УССР (г. Одесса, 1977, 1980 гг.), на республиканской конференции "Физические основы построения первичных измерительных преобразователей" (г. Вянница, 1977 г.), на научно-технических конференциях ОТИП им. М.В. Ломоносова (г. Одесса, 1976-1980 гг.).

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 9 работах, в том числе в 5 авторских свидетельствах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных выводов, библиографии из 139 наименований и приложений. Изложена на 112 страницах машинописного текста, включает 39 рисунков и 21 таблицу.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе дана характеристика производства на заводе первичного виноделия и процесса переработки винограда. Выделено значение прессования в производстве вина, приведена классификация ШП для винодельческой промышленности, описано устройство и работа двухшнековых прессов, которые получили наибольшее распространение на винзаводах СССР. Анализируется состояние и перспективы автоматизации процесса прессования на ШП, приведена параметрическая схема ШП.

Исследованию процесса, разработке конструкций прессов и обоснованию рационального режима их работы посвящено много трудов отечественных и зарубежных авторов: Л.Л. Гельгара, А.А. Дашко, Т.Ш. Двалишвили, Г.А. Ждановича, А.В. Иваненко, Н.И. Исаева, И.В. Крючкова, И.И. Могилевского, А.Д. Морозова, А.П. Ольшевского, В.Я. Ревзина, М.К. Славоского и других, однако ШП как объект управления еще не изучен и АСР ШП не разработана, хотя актуальность такой задачи постоянно возрастает. Для ее решения необходимо выполнить следующее:

1. На основе метода системного анализа провести теоретические и экспериментальные исследования ШП и разработать его математическую модель как многомерного ТОУ.

2. Обосновать оптимальный режим прессования мезги на ШП и выбрать информативные параметры для оценки его качества.

3. Выбрать методы и разработать аппаратуру для экспрессного контроля и управления процессом прессования мезги на ШП.

4. Разработать способ и систему управления для оптимизации режима работы ШП. Провести их экспериментальную проверку в производственных условиях.

Во второй главе приведены исследования статических характеристик ШП, обосновывается выбор информативных параметров и способ статической оптимизации прессования.

В настоящее время режим прессования регулируют путем изменения давления в гидрорегуляторе ШП, величину которого выбирают на основе субъективного органолептического анализа выжимок выходящих из пресса и производственного опыта оператора.

Сотрудники ВНИИВиВ "Магарач" совместно с Винницким политехническим институтом предложили управлять режимом прессования мезги по влажности выжимок, выходящих из ШП, и разработали для этой цели переносной электронный влагомер ВВВ-3М, диапазон измерения влажности которого 40-60%, погрешность  $\pm 2,5$  абс.%. Ими установлено также, что влажность выжимок  $W$  в зависимости от сорта и степени зрелости винограда колеблется от 48 до 56% при рациональной работе пресса. Однако представленный нами анализ показывает, что  $W$  не точно отражает режим прессования. Это можно объяснить различием механического состава выжимок, колебаниями влажности семян, кожицы и остатков гребней, а также изменением содержания сухих веществ (СВ) в сусле. На рис. I приведена зависимость

$W$ , % от суслосодержания выжимок  $\mu$  при различной влажност-

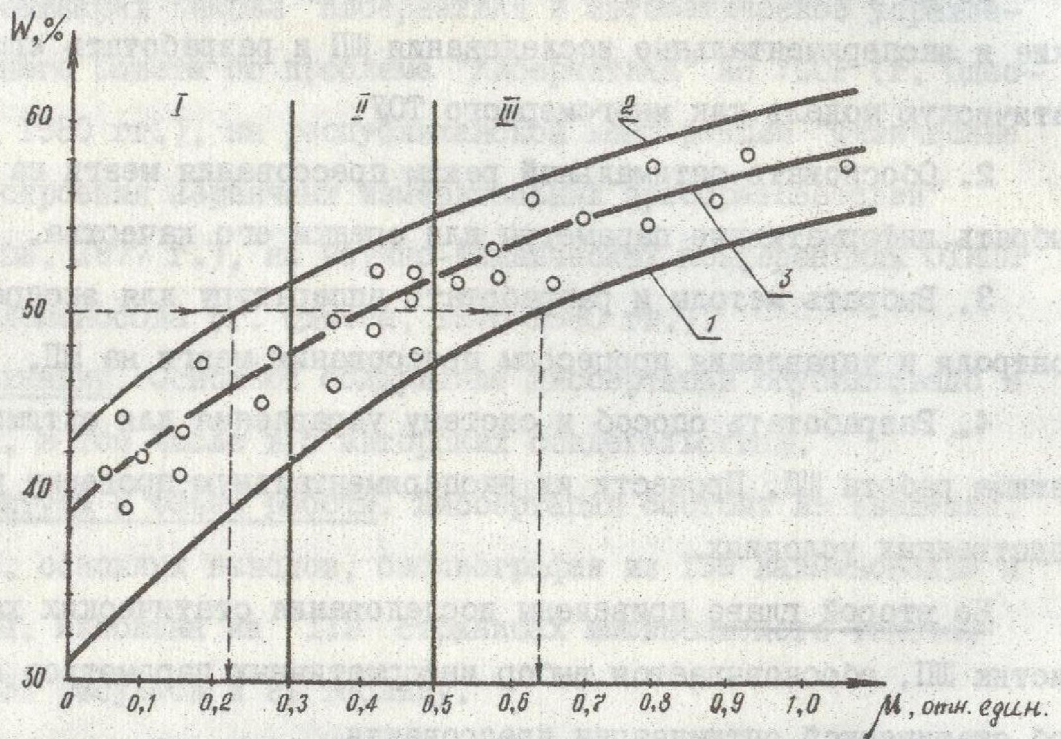


Рис. I. Зависимость  $W = f(\mu)$  при СВ в сусле  $c = 20\%$ :  
 I, 2 - рассчитаны по зависимости (I); 3 - получена экспериментально;  
 I - зона повышенного содержания танидов и взвесей в сусле; II - рациональная; III - зона повышенных потерь сусла.

ти условно сухих выжимок  $W_0$ , % и содержания СВ в сусле  $c = 20\%$ . Кривые 1, 2 рассчитаны аналитическим методом на ЭВМ "Наири-К" по зависимости

$$W = \frac{m_2 W_0 + m_1 (100 - c)}{m_1 + m_2} = \frac{W_0 + \frac{m_1}{m_2} (100 - c)}{\frac{m_1}{m_2} + 1} = \frac{W_0 + \mu (100 - c)}{1 + \mu}, \quad (1)$$

где

$$W_0 = \frac{(S_1 W_1 + S_2 W_2 + S_3 W_3) - \Pi (100 - c)}{100 - \Pi}, \quad (2)$$

$m_1, m_2$  - масса сусла в выжимках и условно сухих выжимок, кг;  
 $\Pi$  - остаточное количество сусла в выжимках, выходящих из  
 III,  $\Pi = 30\%$ ;  $S_1, S_2, S_3$  - содержание кожицы, семян и остатков  
 гребней в выжимках, %;  $W_1, W_2, W_3$  - их влажность, %.

Кривая 3 рис. I получена экспериментально для сортосмеси при СВ в сусле 19,6-20,3% и подтверждает аналитические расчеты.

Вертикальные прямые на рисунке, разделяющие графики на условные зоны прессования, получены также экспериментально.

Анализ графиков показывает, что при одинаковой влажности выжимок, например  $W = 50\%$  (на рис. I обозначено пунктиром), изменения  $\mu$  могут превышать диапазон рационального режима прессования.

Для эффективного управления технологическим процессом необходимы экспрессные методы и аппаратура, при помощи которых можно проводить необходимые измерения и прогнозировать качество готовой продукции. Для этого методом экспертной оценки описан комплексный показатель качества сусла прессовых фракций, который оценивали суммой произведений баллов отдельных показателей и соответствующих коэффициентов весомостей  $J = \sum_{i=1}^{n-10} P_i K_i$  (см. таблицу).

Согласованность мнений специалистов определялась по коэффициенту конкордации Кендала  $H$ , проверку значимости которого определяли по критерию Пирсона  $\chi^2$ .

Полученная величина  $H = 0,766$  указывает на высокую согласованность экспертов. Наиболее значимым параметром оказалось содержание взвесей в сусле, титруемая кислотность и сахаристость заняли, соответственно, 7 и 8 места (ранги), хотя являются наиболее важными характеристиками сусла для оценки ожидаемого качества вина. Низкая оценка их влияния связана с тем, что их величина практически не зависит от давления прессования и определяется исходными условиями винограда.

В результате экспериментальных исследований III установлена линейная зависимость между давлением в гидрорегуляторе  $P$ , МПа и электрофизическими свойствами получаемого сусла: изменением относительной электропроводности и активной кислотности сусла III и

Параметры комплексного показателя качества  
сусла прессовых фракций

Ранг	Наименование параметра	Един. изм.	Коэффициент весомости, $P_i$	Обозначения, $K_i$
1	Взвеси в сусле	г/л	0,167	$K_1$
2	Фенольные вещества	"	0,155	$K_2$
3	Азотистые вещества	"	0,142	$K_3$
4	Пектиновые вещества	"	0,113	$K_4$
5	Полифенолоксидаза	"	0,104	$K_5$
6	Содержание железа	мг/л	0,084	$K_6$
7	Титруемая кислотность	г/л	0,079	$K_7$
8	Сахаристость	%	0,073	$K_8$
9	pH	-	0,050	$K_9$
10	Минеральные вещества	г/л	0,033	$K_{10}$

I прессовых фракций. Для Ркацители:

$$\eta = \mathcal{X}_{III} / \mathcal{X}_I = 1 + 0,23P, \quad \sigma = 0,06, \quad R = 0,912; \quad (3)$$

$$\rho H_{III} = \rho H_I + 0,15P, \quad \sigma = 0,04, \quad R = 0,885; \quad (4)$$

где  $\sigma$  - среднеквадратическое отклонение;  $R$  - коэффициент корреляции;  $\mathcal{X}$  - удельная электропроводность сусла,  $(\text{Ом.м})^{-1}$ .

С целью экспрессного контроля и управления процессом прессования мезги на ШП изучались взаимосвязи между технологическими характеристиками процесса и их информативными параметрами. Отмечена тесная корреляция между суслосодержанием выжимок  $\mu$  и мощностью электродвигателя пресса  $N$ , а также между содержанием взвесей в сусле  $g$  и его относительной электропроводности  $\eta$  на разных сортах винограда. Для Ркацители:

$$\mu = 0,983 - 0,121N + 0,04N^2, \quad \sigma = 0,02, \quad R = 0,976; \quad (5)$$

$$\eta = -1,837 + 0,031g, \quad \sigma = 0,06, \quad R = 0,959. \quad (6)$$

Рациональный режим прессования характеризуется выходом сусла не менее 75 дал из I т мезги при содержании взвесей в средней про-

бе суслу прессовых фракций не более 110 г/л (ОСТ 27-31-131-78).

Учитывая взаимосвязь между технологическими и информативными параметрами процесса, сформировали целевую функцию управления ШП:

$$J = \left[ \frac{K_1}{N(P) - N_n} + \frac{K_2}{\eta_m - \eta(P)} \right] \rightarrow \min, \quad (7)$$

где  $N_n, N(P)$  - минимальная и текущая мощность электродвигателя, кВт;  $\eta_m, \eta(P)$  - максимальное и текущее значения относительной электропроводности суслу;  $K_1, K_2$  - коэффициенты весомости;

$P$  - давление в гидросистеме пресса, МПа.

Экспериментально получено, что зависимости  $N(P) = a_0 + a_1 P$  и  $\eta(P) = b_0 + b_1 P$  линейны, однако коэффициенты этих уравнений зависят от многих факторов, что приводит к дрейфу точки минимума (7). Мерой ухудшения работы пресса служит вспомогательная функция, которая обращается в нуль в оптимальном режиме при  $\frac{dJ}{dP} = 0$ , откуда

$$[N(P_0) - N_n] - \psi [\eta_m - \eta(P_0)] = 0, \quad (8)$$

где  $\psi = \sqrt{\frac{K_1 a_1}{K_2 b_2}}$  - параметр соотношения весомостей факторов;

$N_n, \eta_m$  - определяются экспериментально.

При  $\psi \rightarrow 0$  оптимальный режим прессования вырождается в стабилизацию мощности на уровне  $N(P_0) = N_n$ . Когда  $\psi$  велико,

$\psi \gg \frac{N(P_0) - N_n}{\eta_m - \eta(P)}$ , управление процессом осуществляется лишь по относительной электропроводности суслу  $\eta(P_0) = \eta_m$ . В работе предложено условие выбора  $\psi, K_1$  и  $K_2$  из экспериментальных исследований:  $\psi \approx 5-8, K_1 \approx 4-6, K_2 \approx 0,5-0,8$ .

Описанный способ статической оптимизации процесса прессования путем коррекции максимума мощности электродвигателя привода шнеков (максимального выхода суслу) по качеству получаемого суслу, определяемому допустимым изменением относительной электропроводности суслу прессовых фракций позволяет повысить эффективность работы

III на разных сортах винограда и различной технической зрелости ягод.

В третьей главе приведены исследования с целью обоснования применения кондуктометрического метода измерений для контроля качества сусла прессовых фракций и разработка аппаратуры экспрессного контроля и управления III.

Основными измерительными приборами экспериментальной установки для определения электропроводности (рис. 2) являются мост емкостей Е8-2, кондуктометрическая электрохимическая ячейка Х-38 с пластиновыми платинированными электродами и изготовленные нами ячейки с латунными электродами. Мост Е8-2 предназначен для измерения емкости и проводимости конденсаторов с тангенсом фазового угла в пределах от 0,1 до 10. Погрешность определения  $G_x$  и  $C_x$  комплексного сопротивления в диапазоне  $f = 50-20000$  Гц не превышала  $\pm 1\%$  без учета погрешности измерений самой ячейки.

На рис. 3 а, б приведено влияние частоты тока и напряжения на поляризацию латунных электродов ячейки. Для уменьшения поляризации исследования проводили при  $U = 0,03 + 1,5$  В на частоте  $f = 5 \pm 0,2$  кГц.

При определении влияния различных факторов на электропроводность модельных растворов сусла показано, что наибольший вклад в ее изменение вносят минеральные вещества, которые расположены в кожице винограда и переходят в сусло вместе со взвешьями при прессовании мезги.

Разработано устройство для измерения относительной электропроводности различных материалов и сред (рис. 4а), выходное напряжение которого определяется по зависимости

$$U_{\text{вых}} = U_0 \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{R_1 + R_3}{R_2 + R_4}, \quad (9)$$

где  $R_1, R_2$  - сопротивление датчиков электропроводности, Ом;

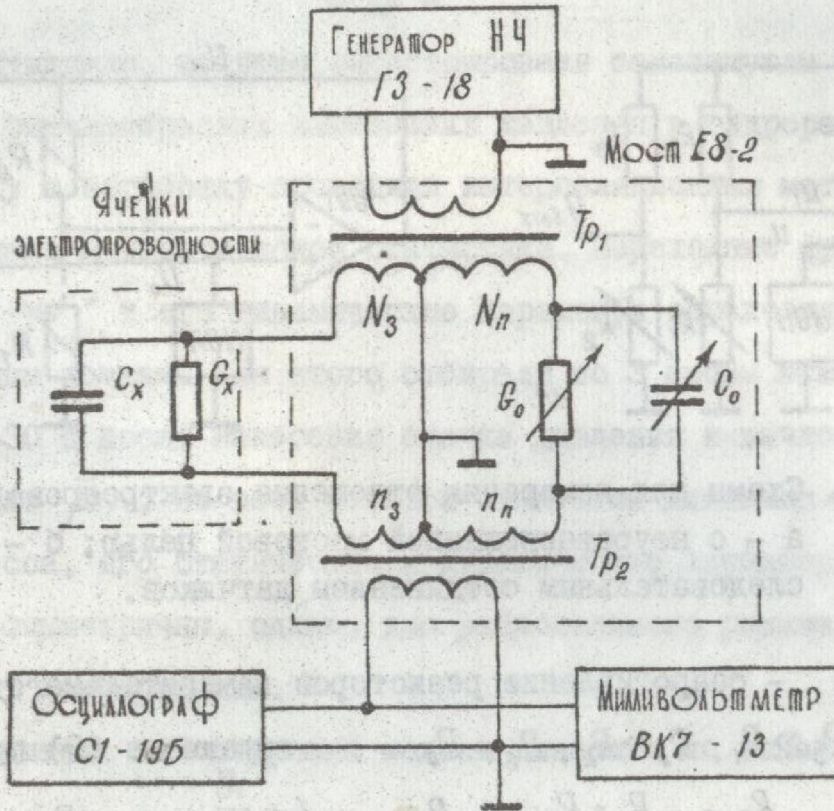


Рис.2. Блок-схема экспериментальной установки для определения электропроводности сусли.

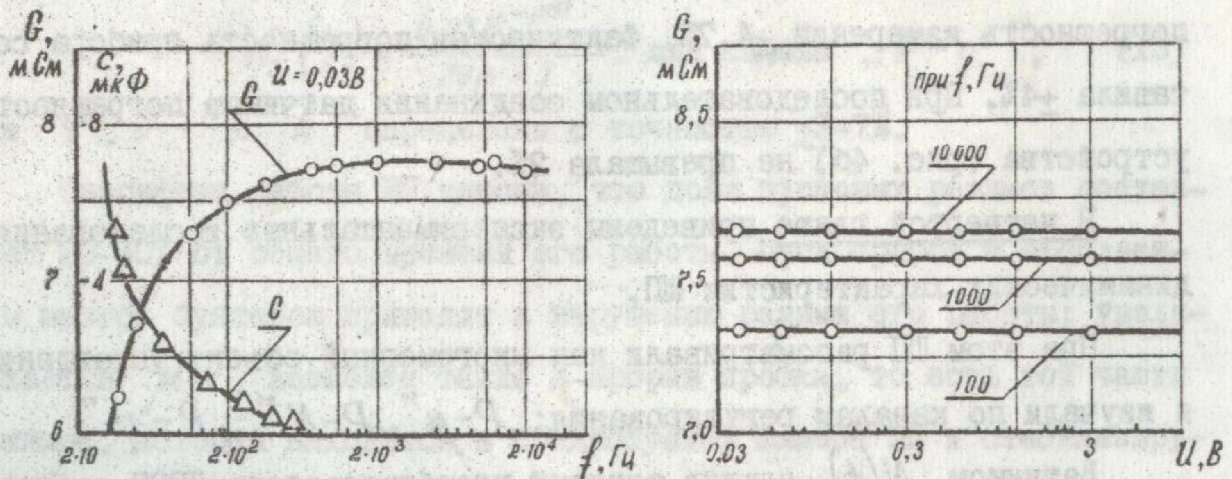


Рис.3. Влияние параметров электрического тока на поляризацию латунных электродов ячейки: а - частоты; б - напряжения.

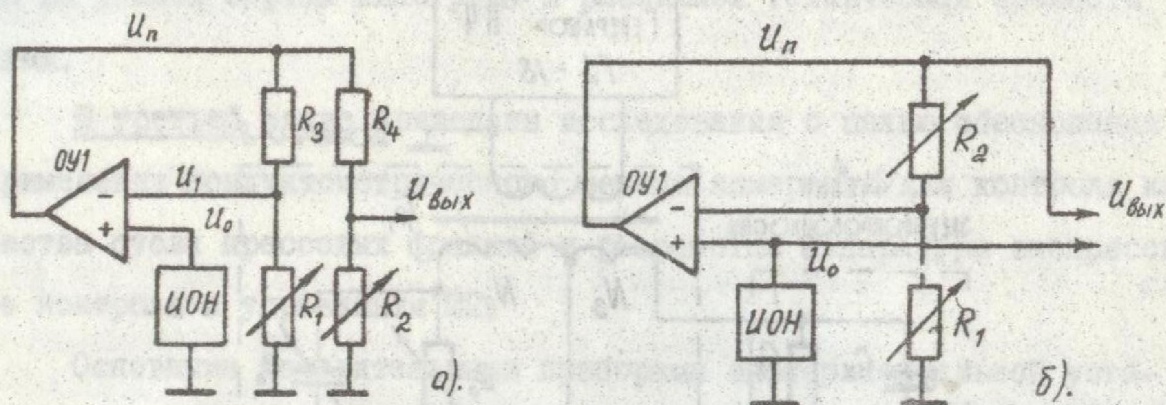


Рис.4. Схемы для измерения отношения электропроводностей:  
 а - с неуравновешанной мостовой целью; б - с последовательным соединением датчиков.

$R_3, R_4$  - сопротивление резисторов измерительного моста, Ом.

При  $R_3 \gg R_1, R_4 \gg R_2, R_3 = R_4$  выражение (9) принимает вид

$$U_{вых} = U_0 \frac{R_2}{R_1} \lim_{\substack{R_1/R_3 \rightarrow 0 \\ R_2/R_4 \rightarrow 0}} \frac{R_1 + R_3}{R_2 + R_4} = U_0 \frac{R_2}{R_1} \lim_{\substack{R_1/R_3 \rightarrow 0 \\ R_2/R_4 \rightarrow 0}} \frac{1 + \frac{R_1}{R_3}}{1 + \frac{R_2}{R_4}} = U_0 \frac{R_2}{R_1} \quad (10)$$

Ввиду ограничений, накладываемых на отношение  $R_1/R_3$  и  $R_2/R_4$ , а также за счет действия других факторов, рассчитана максимальная погрешность измерений  $\pm 4,7\%$ . Фактическая погрешность прибора составила  $\pm 4\%$ . При последовательном соединении датчиков погрешность устройства (рис. 4б) не превышала 2%.

В четвертой главе приведены экспериментальные исследования динамических характеристик ШП.

При этом ШП рассматривали как многомерный объект управления и изучали по каналам регулирования: „P- $\mu$ ”, „P-N”, „P- $\eta$ ”.

Датчиком  $N(t)$  служил типовый преобразователь ПООЗ на основе эффекта Холла. Для изучения динамики  $\eta(t)$ , ШП был оборудован разработанными нами кондуктометрическими датчиками, установленными у патрубков сусла I и III фракций, соединенными с измерителем ИК-2М. Динамические параметры  $\tau, T, k$  ШП определяли по пе-

реходным функциям, которые регистрировали самопишущим прибором Н-399 при скачкообразных изменениях давления в гидрорегуляторе. Расшифровку и обработку проводили интерполяционным методом Ормана и методами математической статистики. Переходные функции по каналу "Р-μ" и его динамические параметры определяли по экспериментальным точкам. Для этого отбирали по 3 пробы выжимок через каждые 20-30 с после нанесения скачка давления и вычисляли среднее значение  $\bar{\mu}$ . Во всей области изменения давления в гидрорегуляторе пресса, его статические и динамические характеристики нелинейны и несимметричны, однако для рационального режима прессования возможна их линеаризация.

Для синтеза АСР получены модели динамики по каналам регулирования

$$W_1(p) = -\frac{0,11e^{-p123}}{92p + 1} \quad \text{для канала „Р-μ”,} \quad (11)$$

$$W_2(p) = \frac{1,83e^{-p9}}{91p + 1} \quad \text{для канала „Р-Ν”,} \quad (12)$$

$$W_3(p) = \frac{0,23e^{-p63}}{79p + 1} \quad \text{для канала „Р-η”,} \quad (13)$$

где  $\tau$ ,  $T$  и  $k$  определены с точностью  $\pm 3-7\%$ .

Специфика работы ШП такова, что доля пусковых режимов составляет 20-30% от общего времени его работы. Пуск пресса с заполненным мезгой бункером приводит к нарушению режима его работы: увеличивается  $\mu$ , возможен также и прорыв пробки, то есть той части выжимок, которая находится в предконусной камере ШП и стабилизирует режим работы ШП. Однако пуск пресса за 60-120 с до поступления мезги в бункер, в случаях остановки пресса с созданной пробкой, не требует специальных мер по вводу его в установившийся режим.

В пятой главе приведен анализ предложенных и разработанных систем управления ШП, синтез системы и результаты производственных испытаний способа оптимизации режима работы ШП.

Описана система стабилизации суслосодержания выжимок с учетом  $W_0$  и СВ по зависимости, полученной из (I)

$$\mu = \frac{W - W_0}{(100 - c) - W}, \quad (14)$$

позволяющая повысить стабильность работы ШП. Однако режим прессования определяется без учета качества получаемого сусла, а влагомеры для выжимок технически сложны, что снижает эффективность ее применения. Оптимизация режима прессования по технологическим параметрам процесса  $\mu(t)$  и  $g(t)$  позволяет повысить выход и качество сусла, а также значительно сократить запаздывание в системе регулирования за счет введения дополнительного датчика суслосодержания  $\mu_0(t)$  в предконусную камеру ШП. Поскольку сусло в предконусной камере отжимается незначительно (3-5% от общего выхода), хотя время движения в ней велико ( $T_u = 200$  с), закон изменения  $\mu_0(t)$  в начале предконусной камеры подобен  $\mu(t)$  на выходе из пресса, передаточную функцию ШП по каналу „P- $\mu$ ” можно разбить на два звена

$$W_1(p) = \frac{k_1 e^{-p\tau_1}}{T_1 p + 1} = W_0(p) \cdot W_k(p) \approx \frac{k_0 e^{-p\tau_0}}{T_0 p + 1} \cdot k_k e^{-p\tau_k}, \quad (15)$$

где  $k_1 \approx k_0 \cdot k_k$  причем  $k_k \approx 1$ ,  $\tau_1 \approx \tau_0 + \tau_k$ ,  $\tau_0 \approx \tau_k$ ,  $T_0 \approx T_k$ .

Сигнал упреждения  $\mu'(t)$  формируется по закону

$$\mu'(t) \approx \frac{\mu(t) - \mu(t-\tau)}{\tau} \approx \frac{\mu_0(t) - \mu(t)}{T_u}, \quad (16)$$

и вводится в систему управления. Однако отсутствие промышленных приборов для определения  $\mu(t)$  и  $g(t)$  сдерживает применение описанной системы в промышленности.

Система оптимизации режима прессования по информативным параметрам процесса (рис.5) реализуется с помощью серийно выпускаемой аппаратуры на базе промышленных линейных регуляторов, а также разработанного нами кондуктометрического измерителя ИК-2М. Синтез регулятора проводили на АВМ ЭМУ-10.

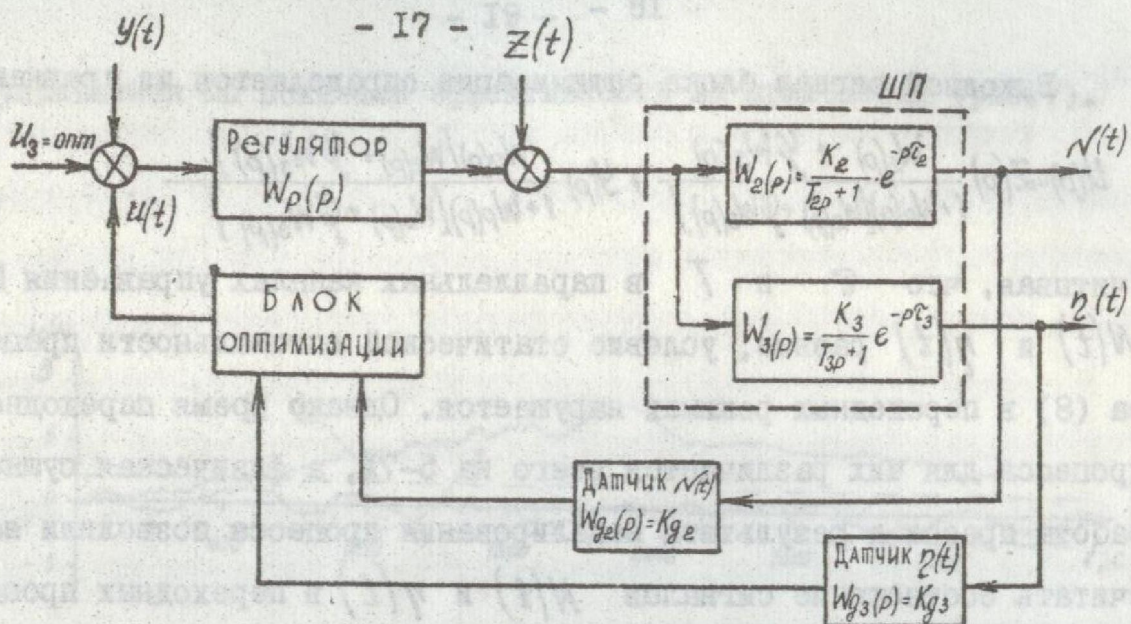


Рис.5. Структурная схема оптимальной АСР ШП.

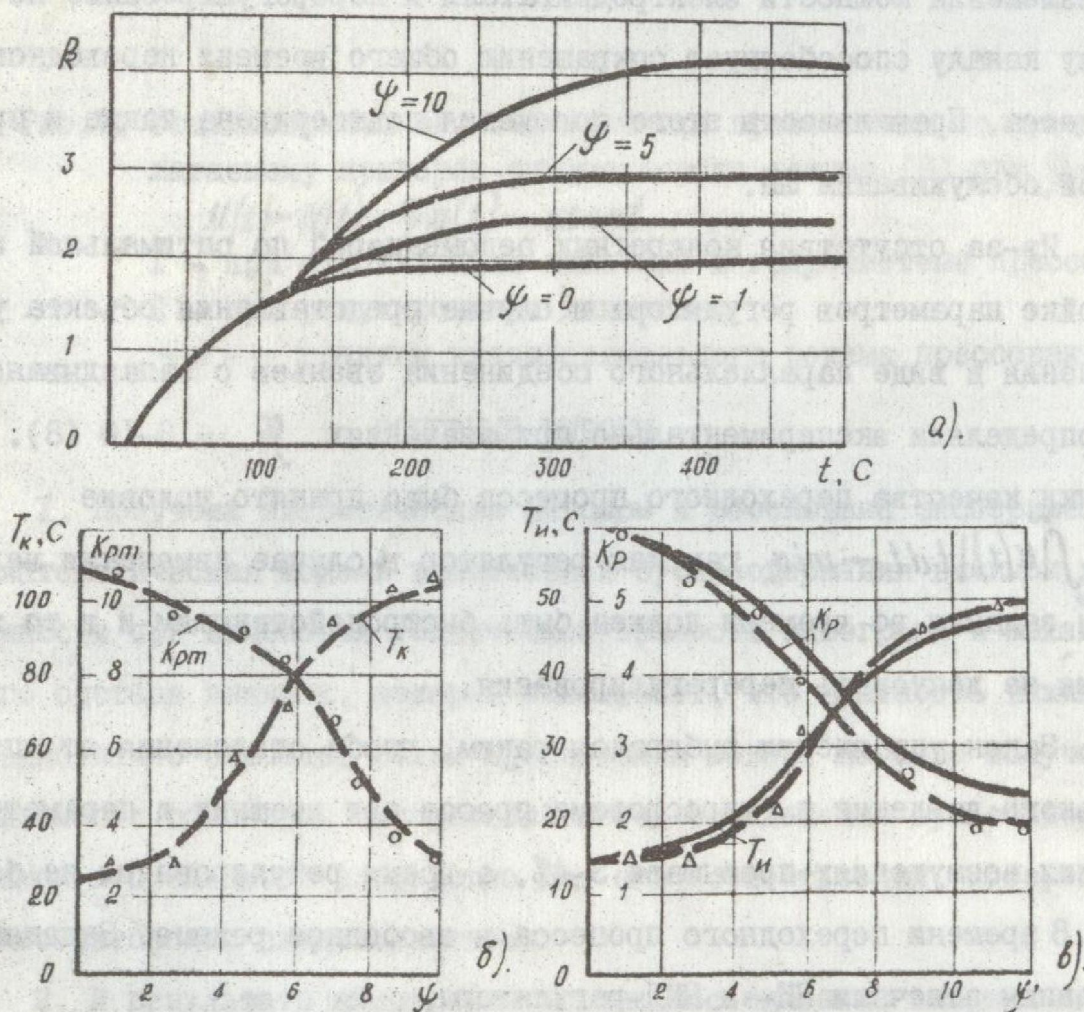


Рис.6. Исследование АСР ШП на АВМ при различных значениях  $\psi$  :  
 а - переходные функции ШП по обобщенному параметру управления;  
 б - зависимость коэффициента усиления  $K_{рп}$  П-регулятора и периода колебаний  $T_k$  на границе устойчивости АСР; в - оптимальные настройки ШИ-регулятора: — расчетные; — экспериментальные.

V. @ 13517

Выходной сигнал блока оптимизации определяется из уравнения

$$U(p) = Z(p) \frac{W_2(p) + \psi W_3(p)}{1 + W_p(p)[W_2(p) + \psi W_3(p)]} + Y(p) \frac{W_p(p)[W_2(p) + \psi W_3(p)]}{1 + W_p(p)[W_2(p) + \psi W_3(p)]} \quad (17)$$

Учитывая, что  $\tau$  и  $T$  в параллельных каналах управления III  $N(t)$  и  $\eta(t)$  разные, условие статической оптимальности процесса (8) в переходных режимах нарушается. Однако время переходного процесса для них различается всего на 5-7%, а физическая сущность работы пресса и результаты моделирования процесса позволили нам считать соотношение сигналов  $N(t)$  и  $\eta(t)$  в переходных процессах при этом остается удовлетворительным. Некоторое увеличение скорости изменения мощности электродвигателя и перерегулирование по этому каналу способствует сокращению общего времени переходного процесса. Правильность этого положения подтверждена также и практикой обслуживания III.

Из-за отсутствия конкретных рекомендаций по оптимальной настройке параметров регулятора в случае представления объекта управления в виде параллельного соединения звеньев с запаздыванием, их определяли экспериментально при значениях  $\psi = 0-10$  (8). Для оценки качества переходного процесса было принято условие

$\int_0^{\infty} |u(t)| t dt \rightarrow \min$  так как регулятор в случае изменения величины задания во времени должен быть быстродействующим и в то же время не допускать перерегулирования.

Закон управления выбирался таким, чтобы отклонения от оптимального давления в гидросистеме пресса при внешних и параметрических возмущениях превышали 3-4%, а время регулирования не более 0,5-0,8 времени переходного процесса в свободном режиме. Заданным условиям отвечали ПИ- и ПИД-регуляторы.

На рис.6 показаны графики для выбора оптимальных параметров настройки ПИ-регулятора.

Производственные испытания аппаратуры и способа оптимально-

го управления III показали эффективность их применения (рис.7).

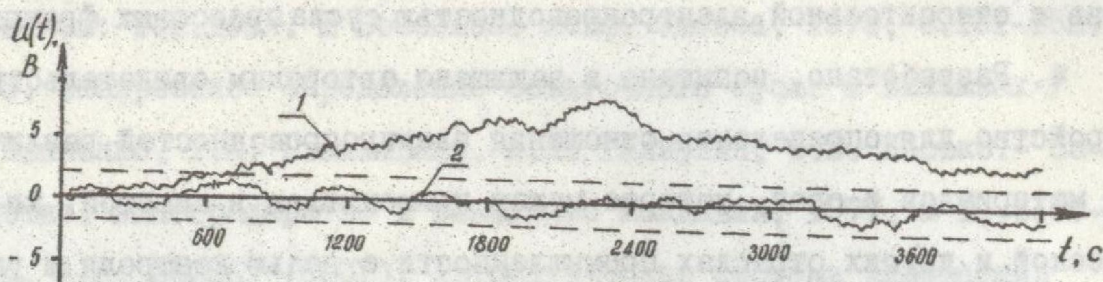


Рис.7. Оциллограммы записей процесса прессования по предлагаемому критерию оптимальности режима (8) при  $\psi=7$ :

$$u(t) = N(t) + \psi \eta(t) = \text{const}.$$

1 — при стабилизации давления в гидросистеме пресса;

2 — при регулировании давления;

--- границы квазиоптимального режима прессования.

#### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Получена аналитическим методом и обоснована экспериментально математическая модель взаимосвязи суслосодержания выжимок и их влажности при изменении технической зрелости винограда и механического состава выжимок, которая показывает, что влажность выжимок не однозначно отражает режим прессования мезги. На базе полученной зависимости обоснован экспрессный метод определения суслосодержания выжимок и предложено устройство для его осуществления, которое защищено авторским свидетельством.

2. В результате экспериментальных исследований влияния давления прессования на электрофизические свойства сусла прессовых фракций установлено изменение относительной электропроводности в 1,3+2,8 раза и рН на 15-40% (на 0,5-1,3 абс.един.), что позволяет

экспрессно контролировать качество получаемого сусла.

3. Методом экспертной оценки получен комплексный показатель качества сусла прессовых фракций для управления технологическим процессом и прогнозирования качества вина. Показана его взаимосвязь с относительной электропроводностью сусла прессовых фракций.

4. Разработано, испытано и защищено авторским свидетельством устройство для определения отношения электропроводностей различных материалов и сред, которое может применяться в пищевой, химической и других отраслях промышленности с целью контроля и управления технологическими процессами.

5. Экспериментально получена математическая модель статических и динамических характеристик шнекового пресса как многомерного технологического объекта управления по каналам регулирования: суслосодержание выжимок, мощность электродвигателя привода шнеков, относительная электропроводность сусла прессовых фракций от давления в гидрорегуляторе.

6. Теоретически и экспериментально обоснован способ и предложена система автоматического управления шнекового пресса, позволяющая оптимизировать режим прессования по его энергетическим затратам и качеству получаемого сусла, которые защищены авторскими свидетельствами.

7. Внедрение информационной части АСР ШП на Карпинском винозаводе позволило увеличить выход осветленного сусла II и III прессовых фракций за счет снижения содержания взвесей с 140 до 110 г/л на 0,69 дал/т, снизить потребление электроэнергии на 20-30%, улучшить качество получаемого сусла. Экономический эффект составляет более 20 тыс.руб. в год (1133 руб. на 1000 т переработанного винограда) при сроке окупаемости затрат менее, чем за 0,2 года.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

I. А.с. 582993 (СССР). Система управления шнекового пресса /

А.А. Галиулин, А.В. Иваненко, В.А. Долгозвяг.- Оpubл. в Б.И., 1977, № 45.

2. Галиулин А.А., Платонов П.Н. Коммутационный метод исключения погрешности емкостного влагомера.- В кн.: Механика сыпучих материалов: Тез.докл. III Всесоюзн. конф. Одесса, 1975, с.151-152.

3. Экспрессное определение остаточного сусла в выжимках / А.В. Иваненко, Т.Ш. Двалишвили, А.А. Галиулин, С.В. Касько.- Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии, 1977, № I, с.53-54.

4. А.с. 662367 (СССР). Автоматическая система управления шнекового пресса / А.А. Галиулин, В.А. Долгозвяг, А.В. Иваненко.- Оpubл. в Б.И., 1979, № 18.

5. А.с. 670869 (СССР). Кондуктометр / А.А. Галиулин, В.А. Долгозвяг, А.В. Иваненко.- Оpubл. в Б.И., 1979, № 24.

6. Галиулин А.А., Иваненко А.В., Долгозвяг В.А. Метод управления непрерывным процессом прессования мезги.- Изв.вузов СССР. Пищевая технология, 1978, № 4, с.106-110.

7. А.с. по заявке № 2681955/18-13 (СССР). Способ автоматического управления процессом отжима мезги в двушнековом прессе / А.В. Иваненко, А.С. Сергеев, А.А. Галиулин.- Положит.решен. от 23.04.79.

8. К вопросу об оптимальном управлении непрерывными технологическими процессами / Д.М. Донской, А.А. Галиулин, И.С. Миронов, В.Н. Лескин.- В кн.: Автоматизация управления технологическими процессами (проектирование, моделирование, автоматизация). Препринт 78-74, Киев, изд. ИК АН СССР, 1978, с.32-37.

9. А.с. по заявке № 2753726/28-13 (СССР). Способ автоматического управления процессом прессования мезги и устройство для его осуществления / А.А. Галиулин, А.В. Иваненко, В.А. Долгозвяг, А.Д. Панин.- Положит. решен. от 4.10.79.

*Галиулин*