

6  
А-59  
с.с.и

Министерство высшего и среднего специального  
образования РСФСР

КРАСНОДАРСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

*На правах рукописи*

П. Д. БАЖЕНОВ

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ БРОЖЕНИЯ  
ВИНОГРАДНОГО СУСЛА В НЕПРЕРЫВНОМ ПОТОКЕ  
И РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
АППАРАТОВ**

(05.175—машины и аппараты пищевой промышленности)

Автореферат диссертации, пред-  
ставленной на соискание ученой  
степени кандидата технических  
наук.

Х

КРАСНОДАР  
1971

6  
А-59  
АВИА

Министерство высшего и среднего специального  
образования РСФСР

КРАСНОДАРСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

*На правах рукописи*

П. Д. БАЖЕНОВ

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ БРОЖЕНИЯ  
ВИНОГРАДНОГО СУСЛА В НЕПРЕРЫВНОМ ПОТОКЕ  
И РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
АППАРАТОВ**

(05.175—машины и аппараты пищевой промышленности)

Автореферат диссертации, пред-  
ставленной на соискание ученой  
степени кандидата технических  
наук.

К Р А С Н О Д А Р  
1 9 7 1



Министерство высшего и среднего специального  
образования РСФСР

КРАСНОДАРСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

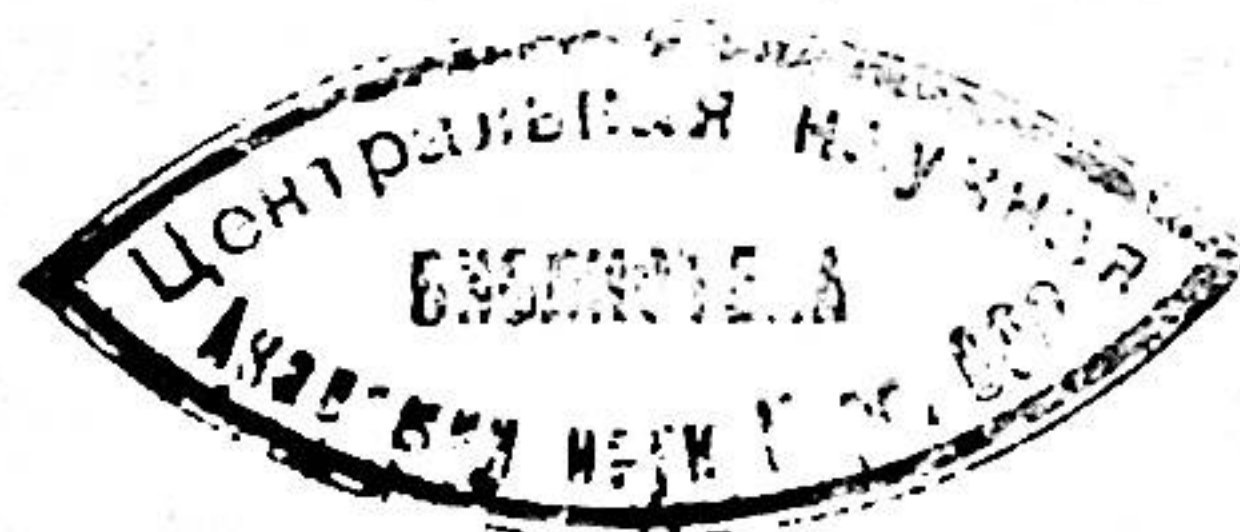
На правах рукописи

П. Д. БАЖЕНОВ

**Исследование режимов брожения  
виноградного сусла в непрерывном потоке  
и разработка конструкций промышленных  
аппаратов**

(05.175—машины и аппараты пищевой промышленности)

Автореферат диссертации, пред-  
ставленной на соискание ученой  
степени кандидата технических  
наук.



КРАСНОДАР  
1971



AS9

Работа выполнена на заводах Главного управления виноградарства и виноделия Совета Министров РСФСР "Росглаввино".

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор АНОШИН И.М.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор ПОПОВ В.И., доктор технических наук, профессор МЕРЖАНИАН А.А.

Ведущее предприятие: винзавод винсовхоза коммунистического труда им. Ленина объединения "Абрау-Дюрсо".

Автореферат разослан 10 марта 1971 г.

Защита диссертации состоится 13 апреля 1971 года на заседании Совета Краснодарского политехнического института (Краснодар, 6, ул. Красная, 135, аудитория 49).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета,  
дочент В. ТИХОНОВ.

Высылаем Вам для ознакомления автореферат диссертации инженера БАЖЕНОВА П.Д. и просим прислать отзыв в 2-х экземплярах, заверенных печатью учреждения (предприятия) по адресу: г.Краснодар, 6, ул. Красная, 135, политехнический институт, ученому секретарю.

## В В Е Д Е Н И Е

Рост объемов переработки винограда вызвал необходимость внедрения в винодельческую промышленность новых высокопроизводительных технологических приемов, более совершенной техники, поточных установок и линий.

Одним из основных процессов в технологической схеме получения сухих белых вин является процесс сбраживания виноградного сусла, который до настоящего времени на многих предприятиях проводится периодическим способом.

Наиболее прогрессивным способом сбраживания, отвечающим современным требованиям, является брожение в потоке.

В отечественном виноделии метод непрерывного сбраживания сусла впервые осуществлен в многорезервуарных бродильных аппаратах. Направление конструктивных разработок при создании батарейных бродильных аппаратов основывалось на вытеснении броющей жидкости из одного резервуара в другой по принципу сообщающихся сосудов с отдельными коммуникациями выхода углекислого газа, с повременной подачей свежего сусла и брожением под подушкой углекислого газа. Эти линии не отвечали требованиям, предъявляемым к установкам подобного типа, т.к. имели низкую производительность, нестабильные технологические режимы и поэтому широкого внедрения в винодельческую промышленность не получили.



Винодельческое производство нуждалось в создании высокоэффективных линий непрерывного брожения, которые могли бы найти массовое применение на заводах первичного виноделия. Перед нами стояла задача создать принципиально новую конструкцию аппарата непрерывного брожения. С этой целью наши исследования были направлены на выяснение режимов брожения виноградно-градного сусла. На основе этих исследований были разработаны конструкции промышленных аппаратов.

В диссертационной работе представлены результаты исследований и конструкции аппаратов для брожения виноградно-градного сусла в непрерывном потоке, внедренные в производство или подлежащие в настоящее время испытаниям.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованной литературы, содержащего 153 наименования и приложений. Работа представлена на 175 страницах машинописного текста, содержит 32 таблицы и 48 рисунков.

## 1. БРОЖЕНИЕ ВИНОГРАДНОГО СУСЛА В НЕПРЕРЫВНОМ ПОТОКЕ И СУЩЕСТВУЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ НЕПРЕРЫВНО ДЕЙСТВУЮЩИХ АППАРАТОВ

В общей технологической схеме получения молодого винограда сбраживание виноградно-градного сусла является сложным и ответственным процессом.

В практике винодельческого производства брожение виноградно-градного сусла, как правило, проводится в отдельных емкостях — бочках, бутах, цистернах и т.д. Характерной особенностью этого способа является пребывание дрожжей в одной емкости в течение всего периода брожения. При этом дрожжевые клетки размножаются, сбраживают сахар и оседают на дно резервуара. Весь процесс иногда занимает свыше 240 часов. При

этом методе возникают трудности в осуществлении своевременного технологического и микробиологического контроля, частота и тщательность которого при большом количестве мелких емкостей не всегда возможны. Наиболее совершенным способом является поточное брожение сусла. Этот способ дает возможность регулировать брожение путем изменения температуры и других факторов, создает условия для максимальной автоматизации процесса, обеспечивает получение винограда высокого и стабильного качества.

Основной особенностью метода поточного брожения является то, что для обеспечения брожения сахародержащего сырья в потоке необходимо непрерывное культивирование дрожжей.

В последние годы были проведены исследования по теории поточного брожения виноградно-градного сусла и на основе полученных экспериментальных данных разработаны аппараты для его осуществления.

В 1962–1963 гг. в винсовхозе им. Ленина объединения "Абрау-Дюрсо" были проведены сравнительные государственные испытания этих установок с целью выявления наиболее эффективной из них для организации серийного производства.

На сравнительные испытания были представлены:

1. Бродильная колонна для непрерывного сбраживания сусла Московского НИИПБ и ВП, представляющая собой цилиндрическую металлическую колонну емкостью 2630 дал. Нижняя часть колонны увеличена в диаметре и составляет 35–40% всего объема. Принцип ее работы основан на вытеснении сброженного сусла свежим, которое подается в нижнюю часть колонны определенными порциями.

2. Поточная бродильная установка Черноморского СНХ, скомпонованная из четырех круглых металлических резервуаров емкостью по 940 дал, смонтированных



горизонтально на чашеобразном фундаменте. Установка работает на принципе сообщающихся сосудов. Питание установки осуществляется периодически насосом. Жидкость подается в первый резервуар, проходит по всей его длине и с задней стороны по переточной трубе поступает в следующий и т.д., пока не выйдет сброженной из последнего через сливной патрубок. За время прохождения через резервуары виноградное сусло сбраживается.

3. Установка для непрерывного сбраживания сусла СНХ Молдавской ССР, состоящая из восьми бродильных резервуаров емкостью 650 дал каждый, соединенных в батарею стеклянными переточными трубами.

Установка работает по принципу сообщающихся сосудов с движением жидкости сверху вниз в бродильных резервуарах и снизу вверх — по переточным трубам.

4. Поточная линия непрерывного сбраживания сусла СНХ Грузинской ССР, состоящая из одиннадцати деревянных чанов общей емкостью 7860 дал, соединенных между собой переточными трубами. Линия работает по принципу сообщающихся сосудов, но с движением жидкости сверху вниз по переточным трубам и снизу вверх в чанах.

Испытания показали, что представленные установки не отвечают предъявленным технико-технологическим и эксплуатационным требованиям и не могут быть рекомендованы для серийного производства.

Анализ материала испытаний позволил выявить ряд общих недостатков:

а) проектирование установок проводилось без учета методов культивирования микроорганизмов и факторов влияющих на установление оптимальных условий для развития и жизнедеятельности дрожжевых клеток;

б) не был решен вопрос равновесного состояния про-

цесса, при котором вымывание биомассы должно компенсироваться ее приростом.

Целью данной работы явилось исследование режимов брожения сусла в непрерывном потоке и конструктивная разработка бродильных аппаратов, отвечающих современным требованиям, предъявляемым к линиям подобного типа. При этом были поставлены следующие задачи:

а) выбрать рациональный способ поточного брожения, позволяющий разработать новую, более эффективную конструкцию бродильного аппарата;

б) разработать конструкцию бродильного аппарата, удовлетворяющую необходимым технологическим требованиям;

в) экспериментально отработать режимы работы бродильного аппарата в производственных условиях;

г) определить химические, микробиологические, технологические, эксплуатационные и технические показатели работы аппарата в условиях стабилизированного процесса непрерывного брожения при максимальной производительности;

д) составить общие рекомендации к проектированию линий непрерывного брожения, основываясь на полученных опытных данных.

## II. УСЛОВИЯ БРОЖЕНИЯ ВИНОГРАДНОГО СУСЛА В ПОТОКЕ И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ БРОДИЛЬНЫХ АППАРАТОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Для непрерывного сбраживания виноградного сусла в первичном виноделии широкое применение получил многоступенчатый батарейный метод, основанный на размножении клеток дрожжей в головном резервуаре, энергичном главном брожении в середине батареи и дображивания в хвостовой ее части.



При выборе технологической схемы и конструировании аппаратуры для непрерывного сбраживания виноградного сусла первостепенное значение имеет метод производства дрожжей в установившихся условиях.

Практически существует две формы культивирования микроорганизмов: гомогенно-непрерывная и градиентно-непрерывная.

При гомогенно-непрерывной форме размножение микроорганизмов проводится в одном аппарате с жидкой хорошо перемешиваемой средой. При этой форме культивирования микроорганизмов применяют три метода: хеостатный, плотностатный, спидостатный.

При хеостатном методе применяют среду, содержащую избыточное количество питательных веществ, за исключением одного, весьма необходимого для размножения микроорганизмов. Это питательное вещество, находясь в ограниченном количестве, лимитирует рост культуры. Поэтому скорость их размножения всецело определяется исходной концентрацией лимитирующего вещества и почти не зависит от скорости потока среды.

При плотностатном методе применяют богатые питательные среды. Поэтому в такой среде микроорганизмы развиваются почти неограничено, если этому не препятствуют образовавшиеся продукты обмена. На размножение микроорганизмов могут оказывать влияние только "внутренние" факторы, связанные с биохимическим состоянием организма, а не "внешние", зависящие от состава среды, как это наблюдается при культивировании в хеостате. Определенная плотность культуры в аппарате поддерживается путем регулирования подачи питательной среды автоматическими приспособлениями.

При спидостатном методе скорость роста микроорганизмов связывается величиной разведения обратной отрицательной связью. Наличие такой зависимости делает процесс культивирования более устойчивым и снижает требо-

вания к внешним условиям, влияющим на скорость роста дрожжевой клетки.

Градиентно-непрерывная или многоступенчатая непрерывная форма используется в двухфазных процессах, при которых достигается максимум образования продуктов обмена. Сущность этой формы заключается в том, что в разных частях непрерывной батареи по направлению тока жидкости устанавливаются неодинаковые условия, создаются определенные градиенты в химическом составе среды и физиологическом состоянии клеток.

Намч при проектировании принята гомогенно-непрерывная форма культивирования микроорганизмов по плотностатному методу, который позволяет проводить непрерывное сбраживание виноградного сусла в заданных технологических режимах при максимальной производительности аппарата.

При этом методе скорость культивирования микроорганизмов достигается путем регулирования подачи свежего сусла, что позволяет наиболее точно поддерживать плотность дрожжевых клеток в головном резервуаре и необходимое их количество для продолжения непрерывного брожения во всей батарее.

На основании анализа требований к непрерывным линиям в спиртовой промышленности, а также на основе работ в области непрерывного культивирования микроорганизмов и производственных исследований, поставленных нами на бродильных аппаратах разного типа, были установлены следующие основные направления и рекомендации для выбора метода и проектирования линий непрерывного сбраживания виноградного сусла.

1. Аппарат должен быть многоступенчатым, двухстадийным; первая стадия - культивирование винных дрожжей по гомогенной форме и плотностатному методу (головной резервуар), вторая стадия - основное или главное брожение.



2. Время пребывания сусла в аппарате должно соответствовать времени протекания биохимических превращений.

3. Аппарат должен работать на своих воспроизводимых дрожжах при их многократном использовании. Концентрацию дрожжей в головной емкости необходимо ставить в зависимость от объема питательной среды, поступление которой, в свою очередь, регулировать объемом выделяющегося при брожении  $\text{CO}_2$ .

4. При работе аппарата необходимо обеспечить принудительное перетекание бродящей жидкости из одного резервуара в другой, используя для этой цели выделяющийся при брожении углекислый газ.

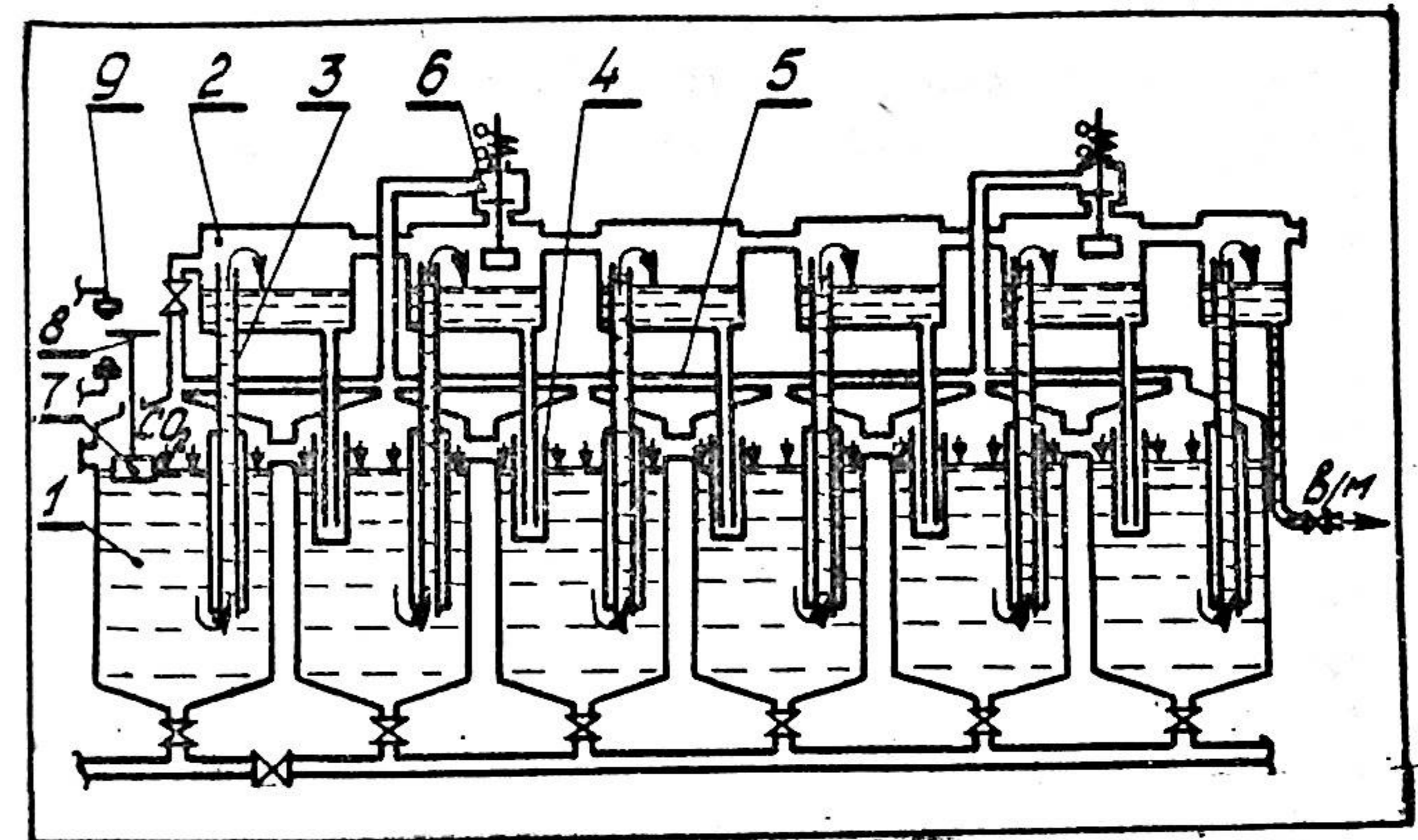
5. Влияние внешних факторов на процессе брожения по всем резервуарам должно быть минимальным.

### III. РАЗРАБОТКА ОТЪЕМНО-ДОЛИВНОГО МЕТОДА И КОНСТРУКЦИИ АППАРАТА ДЛЯ БРОЖЕНИЯ ВИНОГРАДНОГО СУСЛА В ПОТОКЕ ПО БЕЛОМУ СПОСОБУ

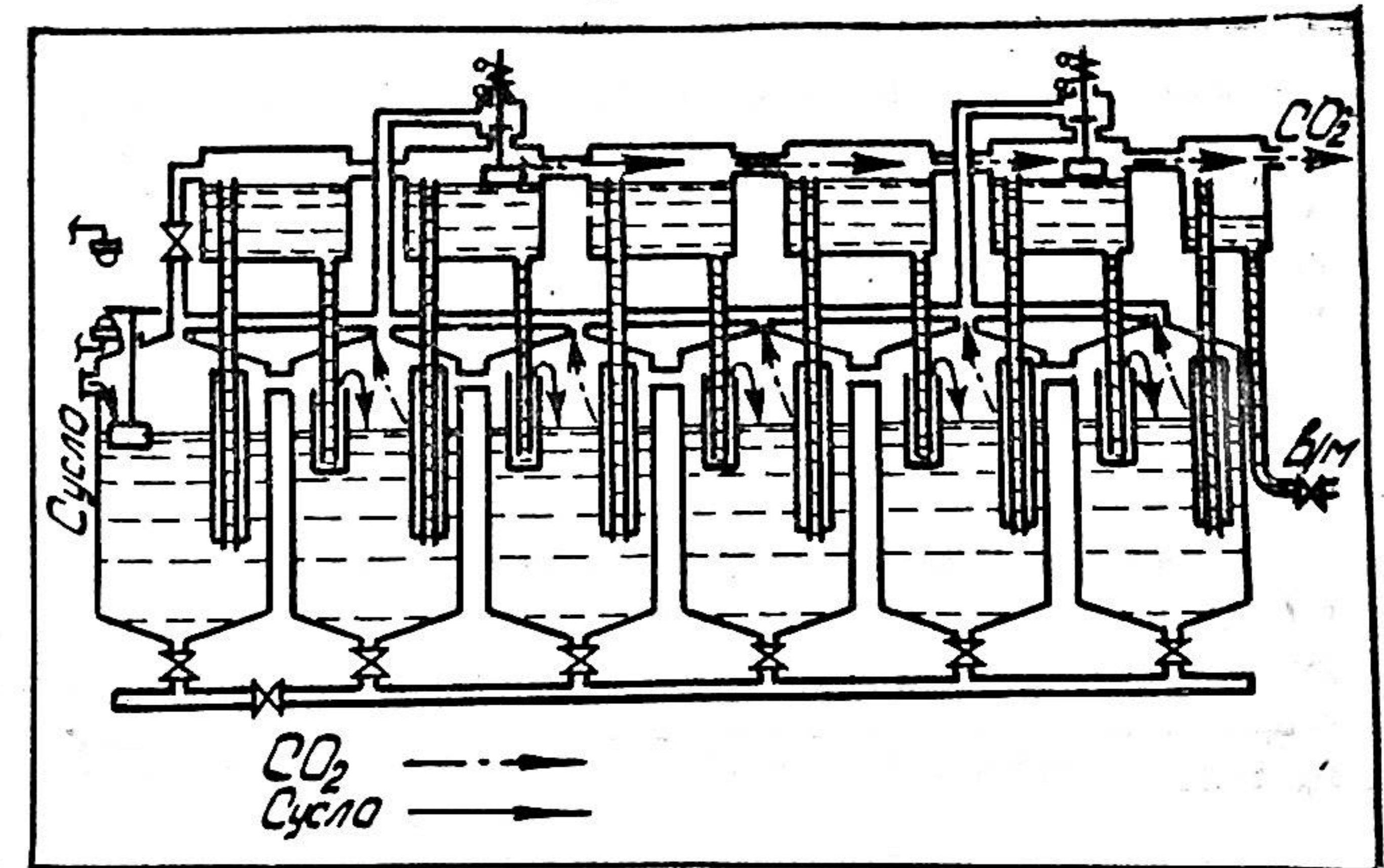
При выборе конструкции бродильного аппарата перед нами была поставлена задача поиска нового способа ведения непрерывного процесса брожения.

Нами совместно с А.М. Жуковым был разработан непрерывный отъемно-доливной способ сбраживания сусла с аппаратным оформлением (авторское свидетельство № 173190). Сущность его заключается в следующем (рис. 1).

Для создания поточности при сбраживании сусла в батарее последовательно соединенных бродильных резервуаров (1) процесс движения жидкости осуществляется циклично, с использованием двух следующих один за другим периодов. В течение первого периода происходит



а) Первый период.



б) Второй период.

Рис. 1. Схема отъемно-доливного метода сбраживания сусла



отбор порций бродящего сусла из каждого бродильного резервуара и слив виноматериала из последнего резервуара. Во второй период в каждый резервуар вливается эта же порция бродящего сусла, но взятая из предыдущего резервуара и производится долив свежего сусла в первую емкость.

Для выполнения такого процесса между каждыми двумя бродильными резервуарами последовательно включаются промежуточные (переточные) баки (2), позволяющие в первый период принять из всех резервуаров порции бродящего сусла, а во второй период — полностью передать их в последующие бродильные резервуары. Поступление этих порций в переточные баки осуществляется по трубам подъема сусла (3) за счет избыточного давления углекислого газа, образующегося при брожении.

Из переточных баков (во второй период) бродящее сусло свободно сливается в соседние емкости через гидрозатворы (4). Заполнение всех переточных баков в первый период, как и свободный слив из них во второй период, происходит одновременно. Передавливание сусла в переточные баки достигается использованием системы равномерного и одинакового повышения избыточного давления во всех бродильных резервуарах за счет общего соединения их газовым коллектором (5) и общей герметизации всей линии.

В свою очередь, одновременность слива достигается системой автоматического одновременного сброса избыточного давления путем сообщения газовой камеры аппарата с атмосферой при открытии магнитных клапанов (6).

Уровень жидкости в первом резервуаре находится в прямой зависимости от времени накопления и выпуска  $\text{CO}_2$ . В результате накопления  $\text{CO}_2$  и образования избыточного давления происходит выдавливание недоброда в переточные баки (первый период). При этом уровень не-

доброда в первом резервуаре понижается и поплавок (7) поплавкового реле (8), опускаясь до нижнего заданного уровня, через систему кнопок (9) подает ток к электромагнитным клапанам, которые открывают газовую камеру установки. Одновременно включается насос подкачки свежего сусла в первый резервуар. В результате выпуска углекислого газа давление в бродильных резервуарах падает до атмосферного, что вызывает свободный слив бродящего сусла из переточных баков в последующие бродильные резервуары (второй период).

Поступая в первый резервуар, свежее сусло поднимает поплавок поплавкового реле до верхнего заданного уровня, при этом электромагнитные клапаны обесточиваются. Таким образом, установка герметизируется, прекращается подача свежего сусла и начинается режим первого периода. Его частота зависит от скорости нарастания избыточного давления, т.е. от энергии брожения. Время второго периода постоянно и зависит от производительности насоса, подающего свежее сусло в головной резервуар.

Этот способ позволил:

а) проводить процесс брожения с культивированием винных дрожжей по гомогенной форме и плотностатному методу — в головном резервуаре и главным брожением — в последующих резервуарах;

б) обеспечить работу бродильного аппарата при максимальной производительности и одновременно создать при этом нормальные условия для биохимических превращений, связанных со спиртовым брожением;

в) поставить непрерывную подачу свежего сусла в головной резервуар в зависимости от количества углекислого газа, получаемого при брожении;

г) обеспечить принудительное перемещение жидкости из резервуара в резервуар и перемещение <sup>ивание</sup> ее, не-



обходимое для улучшения жизнедеятельности винных дрожжей и др.

При осуществлении принципа отъемно-доливного способа брожения и непрерывного культивирования дрожжевых клеток была отработана конструкция бродильного аппарата для приготовления сухих столовых, шампанских и коньячных виноматериалов в непрерывном потоке. При изготовлении головного образца ему была присвоена марка БА-1.

В 1966 году бродильный аппарат БА-1 прошел Государственные испытания и совместным приказом Министерства машиностроения для легкой и пищевой промышленности и бытовых приборов и Министерства пищевой промышленности СССР "О мерах по повышению технического уровня, качества изготовления оборудования и более полному удовлетворению потребности в нем пищевой промышленности на 1967-1970 гг." за № 451/310 от 25 сентября 1967 года, принят к серийному выпуску.

Расчетные уравнения. Производительность является одним из факторов, влияющих на стабилизацию брожения и основным показателем работы бродильного аппарата.

При ведении брожения в непрерывном потоке в аппарат должно подаваться виноградное сусло в максимальном объеме, который, в свою очередь, зависит от максимальной скорости размножения дрожжевых клеток в первом резервуаре, являющимся дрожжегенератором для всего аппарата.

При гомогенно-непрерывном методе культивирования дрожжевых клеток скорость размножения определяется их максимальной биологической возможностью, т.к. свежее сусло имеет неограниченное количество питательных веществ.

В этом случае их прирост будет равен:

$$\frac{dx}{dt} = (C - D_{\text{час}}) \cdot X \quad (1)$$

где  $C$  - коэффициент скорости роста дрожжевых клеток в стационарной среде, 1/час;

$D_{\text{час}}$  - коэффициент разбавления, 1/час;

$X$  - количество клеток в единице объема.

При установившемся режиме брожения в головном резервуаре:

$$\frac{dx}{dt} = 0, \quad (2)$$

а, следовательно,

$$C - D_{\text{час}} = 0. \quad (3)$$

В процессе исследований бродильного аппарата и установления его максимальной производительности при исходной сахаристости сусла  $C_0 = 17,08\%$  получено значение часового коэффициента разбавления, который равен отношению поступающего на брожение объема сусла  $F_{\text{час}}$  [дал/час], т.е. производительности аппарата, к полезному объему головного резервуара  $V_n$  [дал].

$$D_{\text{час}} = \frac{F_{\text{час}}}{V_n} = \frac{282,4}{1833} = 0,154. \quad (4)$$

Обработка полученных данных с учетом изменения сахаристости сусла, поступающего на брожение, позволила получить уравнение производительности бродильных аппаратов типа БА-1 при брожении виноградного сусла в атмосферных условиях:

$$F_{\text{час}} = D_{\text{час}} V_n \frac{C_0}{C_1} \text{ дал/час}, \quad (5)$$

где  $C_1$  - сахаристость сусла, поступающего на брожение.

Подставляя числовые значения постоянных величин  $D_{\text{час}}$  и  $C_0$ , получим уравнения производительности: часовая производительность:  $F_{\text{час}} = 2,63 \frac{V_n}{C_1}$  дал/час, (6)



суточная производительность:  $F_{\text{сут}} = 63 \frac{V_n}{C_1}$  дал/сутки (7)

Расчетные данные хорошо согласуются с результатами исследований, приведенными в таблице 1.

Таблица 1

Производительность бродильного аппарата БА-1  
расчетная и фактическая

Показатели	Единица измерен.	Модификация аппаратов		
		вторая 1964 г.	третья 1965 г.	четвертая 1966 г.
Продолжительность работы с максимальной производительн.	час	30	96	185
Часовая производит. аппарата фактическ.	дал/час	291	282,4	262
Суточная производит. аппарата фактическ.	дал/сутки	6984	6777	6288
Полезный объем головного резервуара	дал	1833	1833	1870
Коэффициент разбавления	часовой	0,154	0,154	0,154
	суточный	3,7	3,7	3,7
Сахаристость исходного сусла	%	16,63	17,06	18,75
Расчетная производительность аппарата	дал/сутки	6944	6769	6283
Отклонения от фактической производительн.	%	0,57	0,11	0,08
	дал	+40	+8	+5

При настройке бродильного аппарата на расчетную производительность применялось следующее уравнение для определения времени одного цикла:

$$\tau_{\text{цикл}} = 60 \frac{Q_n}{F_{\text{час}}} \text{ мин,} \quad (8)$$

где  $Q_n$  - объем одного перетока, дал.

Для решения этого равенства необходимо задаться объемом одного перетока. В последних исследованиях он принимался порядка 91 дал при  $\tau_{\text{цикл}} = 20$  мин. Время цикла на аппарате регулируется путем дросселирования углекислого газа из газовой камеры.

Число резервуаров в бродильном аппарате определяется степенью сбраживания сахара в бродящем сусле на выходе. Этот расчет может производиться не только при проектировании новых установок, но и при эксплуатации действующих с целью получения необходимых недобродов.

В результате проведенных исследований бродильных аппаратов была получена средняя кривая брожения, отображающая происходящий процесс в оптимальном режиме. При математической обработке параметров кривой брожения установлено, что зависимость содержания сахара в бродящем сусле по резервуарам от их количества в аппарате достаточно точно выражается функцией типа:

$$y = a e^{b n}, \quad (9)$$

где  $y$  - содержание сахара в бродящем сусле, %;

$n$  - количество бродильных резервуаров, необходимых для получения недоброда сахаристостью  $y$  %;

$e$  - основание натурального логарифма;

$a, b$  - числовые коэффициенты.

Для значения средней кривой непрерывного брожения  $a = 18$ ,  $b = -0,33$ .

Следовательно, зависимость содержания сахара в бродящем сусле от количества резервуаров в аппарате выражается формулой:

$$y = 18 e^{-0,33 n}. \quad (10)$$



По результатам, полученным решением уравнения 10 при значениях  $N$  от 0 до 30 построена оптимальная кривая брожения (рис. 2), по которой можно определить требуемое количество бродильных резервуаров в аппарате для получения виноматериалов требуемой сахаристости.

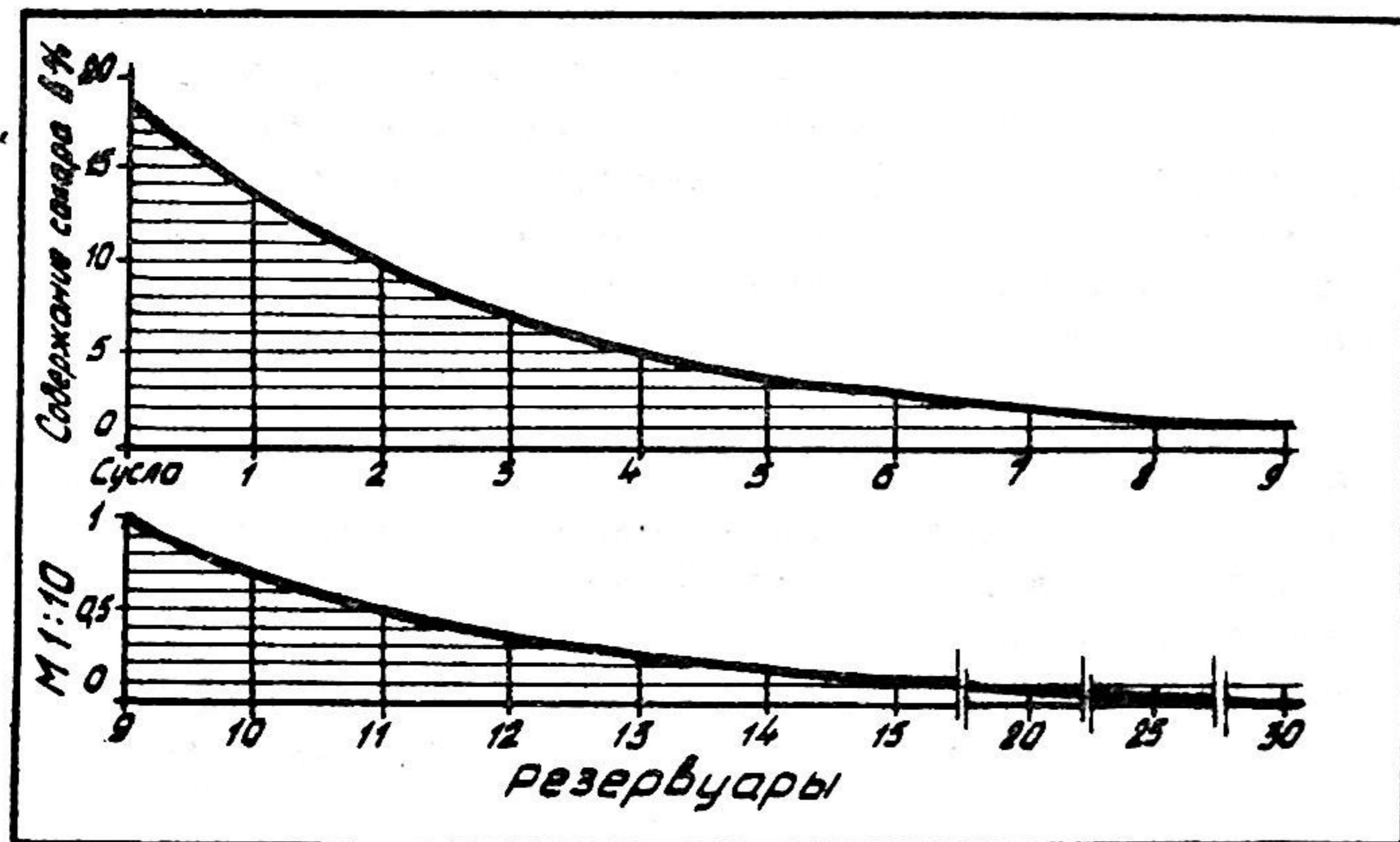


Рис. 2

Расчет количества бродильных аппаратов для переработки  $N$ -го количества винограда за сезон виноделия производится по формуле:

$$A = \frac{N \cdot g}{F_{\text{сутки}} \cdot H}, \quad (11)$$

где  $A$  — количество бродильных аппаратов;

$N$  — количество односортового винограда, поступающего на винзавод за сезон в тоннах;

$H$  — количество дней в сезоне;

$F_{\text{сутки}}$  — производительность бродильного аппарата, дал/сутки;

$g$  — количество эгализированного сусла, получаемого с 1 тонны винограда, дал.

Количество винограда  $N_a$  необходимого для непрерывной работы аппарата в течение всего сезона определится из уравнения:

$$N_a = \frac{F_{\text{сутки}} \cdot H}{g} \text{ тонн в сезон. (12)}$$

#### IV. ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПРОМЫШЛЕННОГО АППАРАТА ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО СБРАЖИВАНИЯ ВИНОГРАДНОГО СУСЛА

С целью получения теоретических и практических предпосылок, необходимых для дальнейшего совершенствования и создания новой бродильной аппаратуры, а также с целью выявления оптимальных режимов работы БА-1 и определения его эксплуатационных характеристик в заводских условиях были проведены исследования, которые позволили:

1) определить эффективность ведения непрерывного брожения отъемно-доливным способом;

2) найти максимальную производительность при плотностатном культивировании винных дрожжей в условиях продолжительной и устойчивой работы аппарата;

3) установить влияние количества резервуаров на производительность бродильного аппарата;

4) выявить возможность и определить необходимые условия для длительных и устойчивых заданных режимов работы аппарата;

5) выяснить возможность стабилизации режимов брожения при изменении температуры окружающей среды;



6) определить химические, микробиологические, технологические, эксплуатационные и технические показатели работы установки при максимальной производительности в условиях стабилизированного непрерывного процесса;

7) дать расчет объема одного перетока, время одного цикла и их количество в зависимости от расчетной производительности установки;

8) определить экономическую эффективность аппарата.

Исследования проводились на четырех модификациях бродильных аппаратов:

первая — во время заводских испытаний в 1963 году на Славянском заводе, вторая — при ведомственных испытаниях в 1964 году, третья — при межведомственных испытаниях в 1965 году, и четвертая — во время испытаний головного образца в 1966 году, все в винсовхозе им. Ленина производственно-совхозного объединения "Абрау-Дюрсо".

При проведении исследований соблюдались требования, предусмотренные программой и методикой. На брожение шло эгализированное сусло самотечных фракций, используемых на выработку шампанских виноматериалов.

Первыми двумя стадиями исследований определена целесообразность дальнейшего изучения и усовершенствования аппарата непрерывного брожения по принципу отъемно-доливного способа. При этом была отработана полная согласованность и работоспособность узлов и механизмов, определена максимальная производительность, проводились исследования по другим режимам.

Дальнейшие исследования работы аппаратов последних двух модификаций проходили при оптимальных режи-

мах в течение 96 и 185 часов с постоянной производительностью соответственно 282,4 и 262 дал/час.

Сбраживание сахара по резервуарам проходило плавно. Его концентрация в первых колебалась в пределах  $\pm 1,2$ , в последних  $\pm 0,6$ %.

Значения сахаристости бродящего сусла по резервуарам выражены плавными кривыми (рис.3), а среднее их значение отображает оптимальную кривую брожения, выраженную уравнением 10.

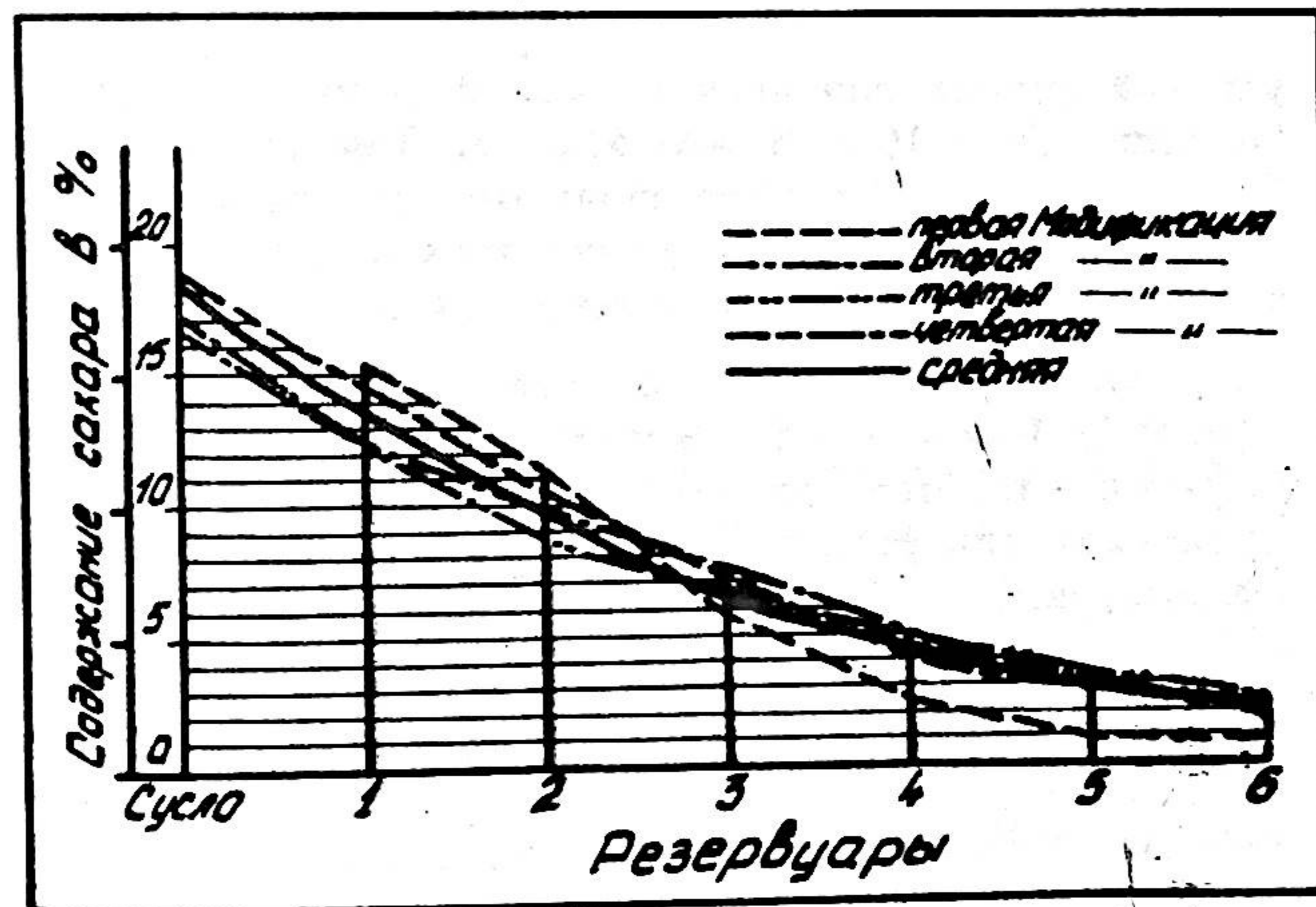


Рис. 3

Проведенными исследованиями выявлена максимальная производительность бродильного аппарата, которая позволила определить коэффициент разбавления (таблица 1), необходимый при выводе уравнений производительности (6 и 7).

Исследованиями доказано, что для равномерного сбраживания сахара по резервуарам аппарата (кроме



факторов, указанных ниже) необходимо правильно установить оптимальную производительность и объем перетоков, т.е. свежего сусла в головной резервуар, в пределах третьей части часовой производительности аппарата.

Нормальная жизнедеятельность дрожжевых клеток в аппарате непрерывного действия является необходимым условием для стабилизации режима его работы. В связи с этим созданию оптимальных биологических условий при исследованиях придавалось важное значение. Брожение проводили на чистой культуре дрожжей, которую в пусковой период задавали в первый резервуар один раз в количестве 10% от его объема. Для питания дрожжевых клеток в аппарат подавали отстоянное сульфитированное сусло. Температуру брожения поддерживали в пределах номинальных температур (20–26°C).

В результате такой подготовки работа аппаратов модификации 1965–1966 гг. характеризовалась устойчивыми режимами, что свидетельствовало о благоприятных условиях для развития и жизнедеятельности дрожжевых клеток.

Данные микробиологического контроля показали, что в первых двух резервуарах почкующихся клеток было 29–58%, при общем их количестве 60–150 млн/мл, а в последних 10–24%.

Незначительное содержание мертвых клеток в броющем сусле наблюдалось преимущественно в первых резервуарах от 0 до 10%, и от 10 до 15% в последних. С выходящим из аппарата виноматериалом выносилось большое количество жизнедеятельных дрожжевых клеток (56–216 млн.), причем на долю почкующихся приходилось 10–19%, что обеспечивало быстрое и полное дображивание остаточного сахара.

В результате этих исследований было установлено следующее:

Сбраживание виноградного сусла отъемно-доливным способом на аппарате БА-1 происходит при активном жизнедеятельном состоянии клеток винных дрожжей как в начале, так и в конце его работы.

При установлении расчетной производительности необходимо учитывать, что нормальное воспроизводство дрожжевых клеток обеспечивается содержанием в головном резервуаре в пусковой период и при непрерывной работе от 60 до 120 млн/мл. При этом почкующихся клеток должно быть 40–50% от их общего количества, а мертвых – 0–5%.

Размножение дрожжей полностью обеспечивает восстановление уносимых, а содержание мертвых клеток по резервуарам увеличивается незначительно и зависит от первоначального их количества, поступающего с дрожжевой разводкой.

Большой вынос жизнедеятельной дрожжевой массы полностью гарантирует быстрое дображивание остаточного сахара в выходящем виноматериале.

Для обеспечения устойчивых режимов брожения необходимо готовить чистую культуру дрожжей в количестве 10% емкости головного резервуара без содержания в ней мертвых клеток.

Соблюдение температурного режима является основной предпосылкой устойчивой работы аппарата и получения высококачественных виноматериалов. По технологическим требованиям температура брожения должна ограничиваться зоной номинальных температур (рис. 4) с возможными кратковременными отклонениями от верхних и нижних пределов.

Конструирование аппаратов БА-1 проводилось с учетом указанных технологических требований. С этой целью на каждом бродильном резервуаре было установлено по две рубашки, а трубы подъема сусла заключены в



кожуха. Площадь теплообмена и количество хладоагента (вода с температурой 16–17°C) определяли расчетным путем.

Установлено, что в аппаратах всех модификаций средняя температура брожения не превышала допустимых отклонений и находилась в пределах 20–26°C.

В аппаратах конструкций 1964 и 1965 гг. температура брожения превышала зону номинальных температур соответственно в течение 24 и 15% времени от общей продолжительности брожения, но находилась в допустимых (кратковременно) температурных пределах.

Вследствие конструктивного усовершенствования установки третьей и четвертой модификаций характеризовались наилучшими температурными показателями. Так, в аппарате последней модификации (1966 г.) температура бродящего сусла по резервуарам была: в первом – 19,4°C, во втором – 22,4°C, в третьем – 24,1°C, в четвертом – 24,5°C, в пятом – 24,8°C, в шестом – 24,9°C.

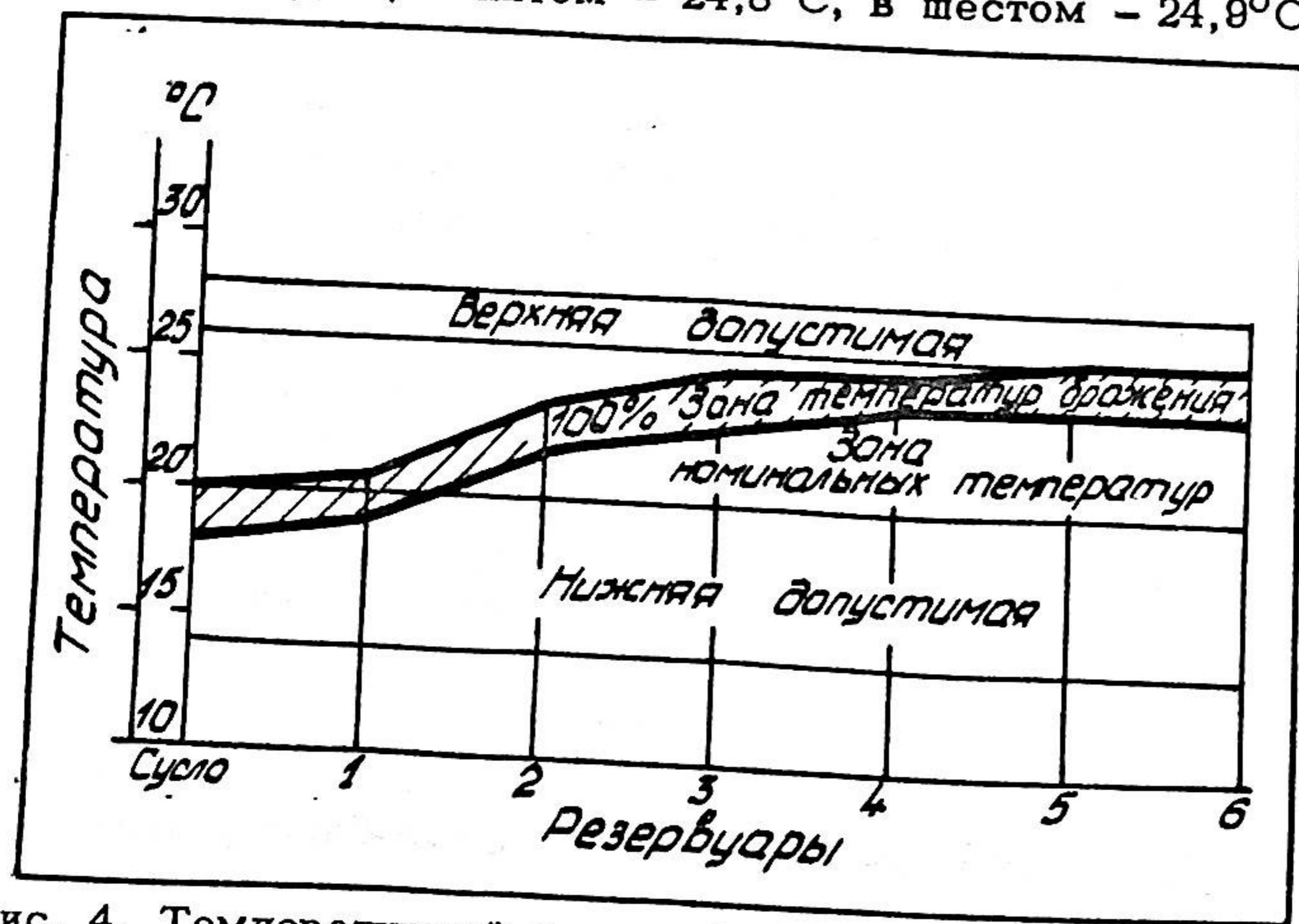


Рис. 4. Температурный режим брожения в аппарате четвертой модификации (1966 г.).

При этом частные показатели не выходили из зоны номинальных температур, а их колебания от максимального до минимального значений были невелики.

Согласуя показатели, можно отметить, что оптимальному процессу брожения в аппарате 1966 года (рис.3) соответствует и оптимальный температурный режим (рис. 4), но для этого необходимо выполнять требования:

1. Исходное сусло следует подавать в аппарат с температурой до 18°C, а температуру брожения в первом резервуаре поддерживать в пределах от 19 до 21°C. Перед пуском аппарата в автоматическую работу температура брожения по резервуарам не должна превышать максимального значения, т.е. 26°C.

2. Превышение допустимой температуры брожения (не выше 28°C) может составлять не более 15% времени от общей продолжительности брожения. Это не отражается на работе бродильного аппарата и на качестве получаемого виноматериала.

3. В комплектацию бродильных аппаратов необходимо вводить небольшие теплообменные установки с целью доведения температуры свежего сусла до 15–18°C.

4. Для поддержания оптимальных температур брожения в бродильных резервуарах можно использовать воду не выше 17°C, при условии применения закрытой принудительной системы изоляции и соблюдения соотношения площади теплообмена (м<sup>2</sup>) к полезному объему резервуара (дал) 1:80.

Исследованиями также определено, что работоспособность бродильных аппаратов непрерывного действия должна оцениваться показателями, производными от количества сброженного сахара, т.к. их работой является сбраживание сахара, а не количество жидкости, прошедшее через резервуары.



В таблице 2 приведены сравнительные оценки работы бродильных аппаратов БА-1 по количеству сброженного сусла и по сброженному сахару. Согласно этим данным, наиболее высокой оценки заслуживает работа бродильного аппарата четвертой модификации, хотя с большей производительностью по суслу работал аппарат третьей модификации. Новые показатели дают более объективную оценку работе аппарата.

На основании данных физико-химических анализов, а также исходя из дегустационных оценок виноматериалов, аппарат БА-1 для сбраживания виноградного сусла в непрерывном потоке, следует использовать для получения шампанских, а также белых марочных и обычных сухих виноматериалов.

#### У. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БРОДИЛЬНОГО АППАРАТА БА-1

Бродильный аппарат БА-1, имеющий высокие технико-технологические и эксплуатационные качества, принят к серийному производству и рекомендован к широкому внедрению в винодельческую промышленность.

По отчетам Краснодарского статистического управления за 1969 год на предприятиях Росглавино на бродильных аппаратах БА-1 переработано 70,98 тыс. тонн винограда.

Общая сумма годовой экономической эффективности от внедрения аппаратов БА-1 в 1969 году составляет 893784 руб., в том числе экономия по капитальным вложениям - 471582 руб.

В результате непрерывного совершенствования аппаратов и проведенных исследований бродильные аппараты получили новое развитие. Нами совместно с ра-

Таблица 2

#### СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ РАБОТЫ БРОДИЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Показатели	По сброженному суслу				По расходу сахара (новые показатели)				
	едик. изм.	модификация аппаратов		едик. изм.	модификация аппаратов	едик. изм.	модификация аппаратов	едик. изм.	модификация аппаратов
		вторая 1964 г.	третья 1965 г.						
Производительность	дал/час	182	282	262	274	410	440		
Часовой съём с 1 м <sup>2</sup> площади	дал/м <sup>2</sup> час	2,6	4,1	3,8	4,0	5,9	6,4		
Часовой съём с 1 м <sup>3</sup> объёма	дал/м <sup>3</sup> час	0,39	0,6	0,56	0,58	0,87	0,94		
Съём с 1 дал полезного объёма	дал/час дал	0,014	0,020	0,020	0,025	0,037	0,039		
Удельная металлоёмкость	кг дал/час	85	55	59	56	38	35		
Удельный расход электроэнергии	квт-ч дал	0,003	0,001	0,001	0,0023	0,0007	0,0005		
Удельные затраты труда	чел/час дал	0,006	0,0035	0,0040	0,004	0,0024	0,002		



ботниками Росглавино и институтом "Магарач" предложены новые способы поточного брожения и разработан ряд новых конструкций бродильных аппаратов для непрерывного получения сухих и полусладких, десертных и крепких, красных и белых виноматериалов.

1. Линия для брожения и термической обработки мезги (авт. свид. № 138912), предназначенная для получения сухих красных виноматериалов, экстрагирования красящих и дубильных веществ, а также для получения кагорных виноматериалов. Выпускаются серийно.

2. Установка, состоящая из трех самостоятельных бродильных аппаратов (авт. свид. № 152228), предназначенная для сбраживания виноградного сусла на мезге с целью получения красных сухих виноматериалов. Помимо прямого назначения, бродильные аппараты могут быть использованы как стекатели или для настаивания сусла на мезге. Выпущена малой серией.

3. Автоматическая установка непрерывного брожения под давлением (авт. свид. № 262827), предназначенная для получения малоокисленных марочных сухих виноматериалов в непрерывном потоке. Изготовлен опытный образец (Анапский винзавод).

4. Способ производства красных столовых вин (авт. свид. № 215183).

5. Установка для производства виноматериалов (авт. свид. № 216583), предназначенная для получения в непрерывном потоке сухих красных и белых виноматериалов, а также для экстрагирования красящих и дубильных веществ и сахара из виноградных выжимок. Изготовлен опытный образец (Анапский винзавод).

6. Способ спиртования виноматериалов в потоке (авт. свид. № 239903).

7. Установка для непрерывного брожения, предотвращающая потери спирта и ароматических веществ (ре-

шение на выдачу авт. свид. № 1406286/28-13). Изготовлен опытный образец.

## В Ы В О Д Ы

1. Применение отъемно-доливного способа брожения сусла в потоке дает возможность:

а) осуществить непрерывное поступление свежего сусла и выход виноматериала в зависимости от количества одного из продуктов обмена - углекислого газа;

б) обеспечить перемешивание бродящего сусла с целью улучшения условий для жизнедеятельности микроорганизмов.

2. Двухстадийный процесс брожения с применением гомогенно-непрерывного метода размножения дрожжевых клеток обеспечивает сбраживание виноградного сусла в непрерывном потоке. В первой стадии осуществляется культивирование винных дрожжей в головном резервуаре; во второй стадии - основное брожение в последующих резервуарах.

3. Воспроизводство живых дрожжевых клеток и максимальная производительность аппарата не зависят от числа резервуаров, а связаны с коэффициентом разбавления, определяемым экспериментально. Необходимое количество резервуаров в бродильном аппарате устанавливается на основе оптимальной кривой брожения или выведенного уравнения, определяющего зависимость сбраживаемости сахара от количества бродильных резервуаров в аппарате.

4. Нормальное воспроизводство живых дрожжевых клеток и оптимальный процесс брожения при максимальной производительности обеспечивается:

а) введением чистой культуры дрожжей в головной резервуар один раз в пусковой период в объеме 10% его емкости;



б) общим количеством дрожжевых клеток в головном резервуаре в пределах от 60 до 120 млн/мл, находящихся от 40 до 50 %, мертвых от 0 до 5% при содержании сахара в исходном сусле от 17 до 20 %;

в) общим количеством дрожжевых клеток в последующих резервуарах в пределах 100-150 млн/мл.

5. Стабильность процесса брожения виноградного сусла в потоке обеспечивается температурным режимом аппарата. Наиболее благоприятный режим определяется температурами:

а) подаваемого сусла	15-18°C;
б) первом резервуаре	19-21°C;
в) остальных резервуарах	20-26°C.

6. На основе исследований режимов брожения виноградного сусла в непрерывном потоке можно сформулировать основные принципы конструирования бродильных аппаратов непрерывного действия:

а) аппарат непрерывного действия должен обеспечивать две стадии процесса: культивирование винных дрожжей (в головном резервуаре) и основное брожение (в последующих резервуарах);

б) питательная среда (свежее сусло) в головной резервуар и бродящее сусло в последующие резервуары должны подаваться импульсно небольшими дозами (не более 5% объема головного резервуара) с одновременным отбором виноматериала в зависимости от количества выделившегося газа;

в) брожение следует проводить в герметических резервуарах под "подушкой" углекислого газа, на чистой культуре дрожжей;

г) накопление дрожжей в резервуарах недопустимо;

д) для лучшего контакта дрожжей с питательной средой бродящее сусло во всех резервуарах должно хорошо перемешиваться;

е) влияние внешних факторов на процесс брожения по всем резервуарам должно быть минимальным и заключается только в регулировании температуры;

ж) бродильный аппарат должен иметь систему теплообмена, способную поддерживать оптимальный температурный режим брожения во всех резервуарах и определенную температуру сусла, поступающего в головной резервуар.

7. Этим требованиям полностью отвечает разработанная конструкция аппарата для брожения виноградного сусла в потоке БА-1.

Аппарат прошел Государственные испытания и изготавливаются серийно. В настоящее время 45 аппаратов БА-1 работают на 40 предприятиях винодельческой промышленности. Экономическая эффективность от внедрения этих аппаратов составила 893784 рублей в год.

8. Исследования и промышленная эксплуатация аппарата БА-1 позволили предложить два новых способа и восемь конструкций бродильных аппаратов различной производительности для получения сухих и полусладких, десертных и крепких, красных и белых виноматериалов в потоке.

Указанные способы и конструкции аппаратов защищены авторскими свидетельствами.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы.

1. Баженов П.Д. Механизированный цех переработки винограда по красному способу. Сборник рацпредложений ЦБТИ Краснодарского СНХ, № 11, 1961.

2. Баженов П.Д., Коваленко Ф.А., Панули С.Х., Лисанский В.М. Резервуар для брожения и термической обработки мезги при производстве красных вин. Авт. свид. № 138912, "Бюллетень изобретений", № 12, 1961.



3. Баженов П.Д., Жуков А.М., Коротков В.С. Установка для брожения виноградного сусла на мезге. Авт. свид. № 152228, "Бюллетень изобретений", № 24, 1962.

4. Баженов П.Д., Жуков А.М. Непрерывно действующая автоматическая установка для сбраживания сусла. Авт. свид. № 173190, "Бюллетень изобретений", № 5, 1965.

5. Баженов П.Д. Бродильный аппарат непрерывного действия для сбраживания виноградного сусла БА-1. Руководство по сборке, эксплуатации и уходу за ним. Краснодар, ЦБТИ, 1967.

6. Баженов П.Д., Ореханов В.З., Рубец В.Г. и Фиалковский В.И. Способ производства красных столовых вин. Авт. свид. № 215183, "Бюллетень изобретений", № 16, 1968.

7. Баженов П.Д., Ковалевский К.А., Ореханов В.З., Рубец В.Г., Скоробогатов Г.Ф. и Фиалковский Ф.И. Установка для производства виноматериалов. Авт. свид. № 216583. "Бюллетень изобретений", № 15, 1968.

8. Баженов П.Д., Ореханов В.З., Рубец В.Г. Установка термической обработки мезги для выработки кагорных виноматериалов. Руководство по сборке, эксплуатации и уходу за ней. Краснодарское ЦБТИ, 1968.

9. Баженов П.Д., Ореханов В.З., Рубец В.Г., Коротков В.С. Установка для получения красных сухих виноматериалов. Краткое техническое описание установки. Руководство по сборке, эксплуатации и уходу за ней. Краснодарское ЦБТИ, 1968.

10. Горбань Д.Ф., Баженов П.Д. Определение фактических потерь при производстве сухих виноматериалов на бродильной установке непрерывного действия БА-1. Материал к научно-технической конференции. Дагестанский НИИ пищевой промышленности, выпуск 2, 1969.

11. Баженов П.Д. Рекомендации к проектированию линий непрерывного брожения виноградного сусла. Материалы к научно-технической конференции. Дагестанский НИИПП, выпуск 2, 1969.

12. Баженов П.Д. Аппарат БА-1 для сбраживания сусла в потоке. "Виноделие и виноградарство СССР" № 4, 1969.

13. Баженов П.Д., Ореханов В.З., Рубец В.Г., Хохлов М.П. Способ спиртования виноматериалов. Авт. свид. № 239903, "Бюллетень изобретений", № 12, 1969.

14. Баженов П.Д., Ореханов В.З. Новые установки в первичном виноделии. Изд. Пищевая промышленность, Москва, 1969.

15. Коротков В.С., Баженов П.Д., Ореханов В.З. Установка УКС-3М. "Виноделие и виноградарство СССР", № 8, 1969.

16. Баженов П.Д. Конструкция головного образца бродильного аппарата БА-1. Сборник материалов к научно-технической конференции "Пути улучшения сырьевой базы, внедрение новой техники и технологии на предприятиях Росглавино". Краснодар, 1970 г.

17. Баженов П.Д. Результаты испытаний БА-1. Сборник материалов к научно-технической конференции "Пути улучшения сырьевой базы, внедрение новой техники и технологии на предприятиях Росглавино". Краснодар, 1970.

18. Баженов П.Д., Ореханов В.З., Фиалковский В.И., Рубец В.Г. Непрерывно действующая автоматическая установка для сбраживания сусла. Авт. свид. № 262827, "Бюллетень изобретений", № 7, 1970.

19. Баженов П.Д., Коротков В.С., Ореханов В.З., Рубец В.Г., Хохлов М.П. Установка непрерывного брожения сусла. Решение о выдаче авторского свидетельства по заявке 1406286/28-13, 23 февраля 1970 года.