

УДК 664:51-52(043.3)

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ГАЗИРОВАННЫХ И ИГРИСТЫХ ВИН

Посмитный Е.В. – ассистент

Кубанский государственный технологический университет

В статье рассмотрен вопрос определения типа вина на основе анализа динамики выделения CO_2 в процессе его кавитационной десорбции при открывании бутылки.

Производство шампанских вин является сложным процессом, результаты которого зависят как от качества поступающего сырья, так и от точности следования технологической инструкции. В случае изменения параметров технологического процесса может быть получена продукция, либо не соответствующая стандартам данной отрасли, либо удовлетворяющая существующим в настоящее время стандартам, но отличающаяся от достоверных образцов по каким-либо еще не зарегистрированным показателям.

В настоящее время не существует простых критериев, позволяющих на основе анализа образца вина определить, были ли выдержаны все технологические условия при производстве или нет. Используемые в настоящее время критерии основаны в большей части на органолептических оценках. Подобная оценка по определению является зависимой от состояния эксперта-дегустатора, что, в свою очередь, является неконтролируемым.

Одним из отличительных признаков шампанских вин является длительное выделение углекислоты ("игра вина") в процессе его кавитационной десорбции. Длительная "игра" вина говорит о том, что в нем имеются

связанные молекулы углекислоты, получаемые в процессе шампанизации вина. Разработка метода оценки игристых свойств вина является в настоящее время актуальной задачей в связи с тем, что рынок наполнен фальсифицированной продукцией (газированные вина, выдаваемые за шампанские), отслеживание которой на текущий момент требует проведения ресурсо- и трудоемких анализов. Разработка простой методики осуществления экспресс-анализа какого-либо характерного параметра шампанского вина позволит увеличить количество и качество проверок, что снизит процент фальсифицированных шампанских вин на рынке.

В работе [1] было показано, что достаточно эффективным при определении типа вина является анализ динамики выделения углекислого газа в процессе кавитационной десорбции при открывании бутылки (снятии избыточного давления в газовой камере). Анализ существующих разработок в данной области показал, что в настоящее время не существует каких-либо методик, позволяющих проводить анализ игристых свойств вина в автоматизированном режиме. Имеющиеся системы требуют наличия дорогостоящей аппаратуры, высококвалифицированного персонала и значительных затрат времени для проведения исследования.

В результате математической обработки экспериментальных данных, полученных при изучении кинетики выделения (кавитационной десорбции) углекислоты из игристых и шипучих вин [2], установлено, что скорость этого процесса подчиняется следующему уравнению:

$$\frac{dn}{dt} = \frac{k_c(n_m - n)}{1 + ct}, \quad (1)$$

где n – количество углекислого газа, выделяющегося из вина за время t ;

n_m –общее количество CO_2 , способное выделиться в процессе "игри" вина;

c и k_c – коэффициенты пропорциональности.

Коэффициент c по своему физическому смыслу выражает способность данного вина освободить и проводить CO_2 , которая зависит от содержания связанной углекислоты и других факторов, замедляющих выделение газовых пузырьков.

Коэффициент c может быть использован для объективной оценки игристых свойств. Он достаточно полно характеризует скорость десорбции CO_2 : чем меньше c , тем сильнее выражены факторы, тормозящие выделение углекислоты, медленнее понижается скорость газовой выделенной, "игра" становится более продолжительной и высококачественной в отношении интенсивности и равномерности выделения пузырьков на протяжении всего процесса.

Коэффициент c может быть определен графо-аналитическим методом по кривой выделения CO_2 в зависимости от времени.

Для максимально точного определения типа вина необходимо выделить те признаки, которые точно отображают состояние процесса кавитационной диссорбции CO_2 из вина при открывании бутылки. В течение этого процесса изменяются различные параметры, как выделяющегося газа, так и вина. Можно использовать для определения типа вина такие характеристики, как температура вина, температура CO_2 , начальное давление газа в бутылке, динамика изменения расхода CO_2 .

В ходе предварительных экспериментов [3] было установлено, что температура газа меняется незначительно, на 1..2 градуса. Изменения температуры вина необходимо избегать для устранения ее влияния на воспроизводимость экспериментов; бутылка вина термостатируется. Начальное давление в бутылке до ее открывания является одним из параметров, по которому стандартизируются шампанские вина. Этот параметр различен для шампанских и газированных вин.

В процессе экспериментов были получены данные по начальному давлению в бутылках для разных типов шампанских и газированных вин. Избыточное начальное давление не является характерным признаком и не позволяет с достаточной точностью оценить принадлежность вина к тому или иному типу.

Для шампанских и газированных вин вычислены среднее значение и среднеквадратичное отклонение (СКО) по формулам:

$$\bar{y} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K y_i ; \quad (2)$$

$$s_y = \sqrt{\frac{1}{K-1} \sum_{i=1}^K [y_i - \bar{y}]^2}, \quad (3)$$

где \bar{y} – среднее значение величины,

y_i – значение величины,

K – объем выборки,

s_y – среднеквадратичное отклонение.

Численные значения составили:

- для шампанских вин

$$\bar{y} = 286 \text{ кПа},$$

$$s_y = 49.9 \text{ кПа};$$

- для газированных вин

$$\bar{y} = 244 \text{ кПа},$$

$$s_y = 76.9 \text{ кПа}.$$

СКО для шампанских и для газированных вин имеют слишком большие значения для того, чтобы начальное давление в бутылке могло служить критерием определения типа вина.

На рисунке 1 показаны кривые динамики расхода CO_2 из вин разных типов. Можно отметить, что кривые расхода CO_2 из шампанских вин проходят более полого на начальном участке по сравнению с газированными винами. Это объясняется выделением не только растворенного CO_2 , но и CO_2 , находящегося в вине в виде связанных форм.

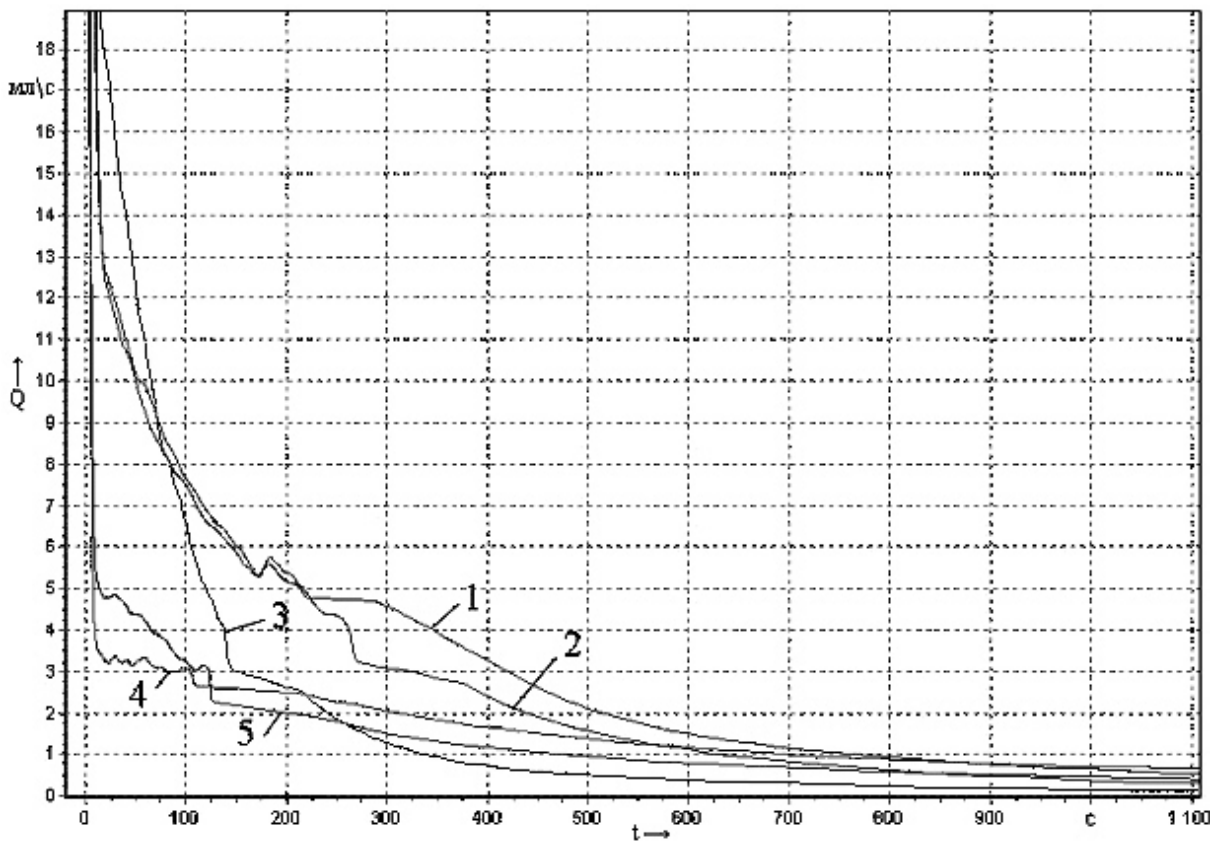


Рисунок 1 – Кривые расхода CO_2 из бутылки для различных типов вин

1, 2 – Советское шампанское полусладкое (Московский комбинат шампанских вин)

3 – Газированное вино (сатурация при давлении 2,5 атм в течение 1 ч.)

4, 5 – Газированное вино (сатурация при давлении 1,5 атм в течение 1 ч.)

Изучение динамики выделения CO_2 после открывания бутылки позволило предположить, что возможно существование некоторого критерия, не зависящего от начального давления в бутылке (а соответственно и начального расхода CO_2). Предложен критерий, оценивающий время снижения расхода CO_2 из бутылки в N раз по сравнению с первоначальным [4].

Данный критерий включает в себя вычисление относительного расстояния между областями вин по формуле:

$$\Delta T(N) = 100 \cdot \frac{T_{\min sh}(N) - T_{\max nsh}(N)}{T_{\max}(N) - T_{\min}(N)}, \quad (4)$$

где $\Delta T(N)$ – относительное расстояние между областями при заданном параметре N (%);

$T_{\min sh}(N)$ – наименьшее время снижения расхода в N раз для шампанских вин;

$T_{\max nsh}(N)$ – наибольшее время снижения расхода в N раз для газированных вин;

$T_{\max}(N)$ – наибольшее время снижения расхода в N раз для всех вин;

$T_{\min}(N)$ – наименьшее время снижения расхода в N раз для всех вин.

Для определения оптимального значения параметра N , соответствующего максимальному расстоянию между областями вин, при варьировании параметра N с шагом, равным 1, был получен набор данных, которые на плоскости "расстояние между областями" – "значение параметра N " представляют собой кривую с явно выраженным экстремумом при $N = 17$ (рис. 2).

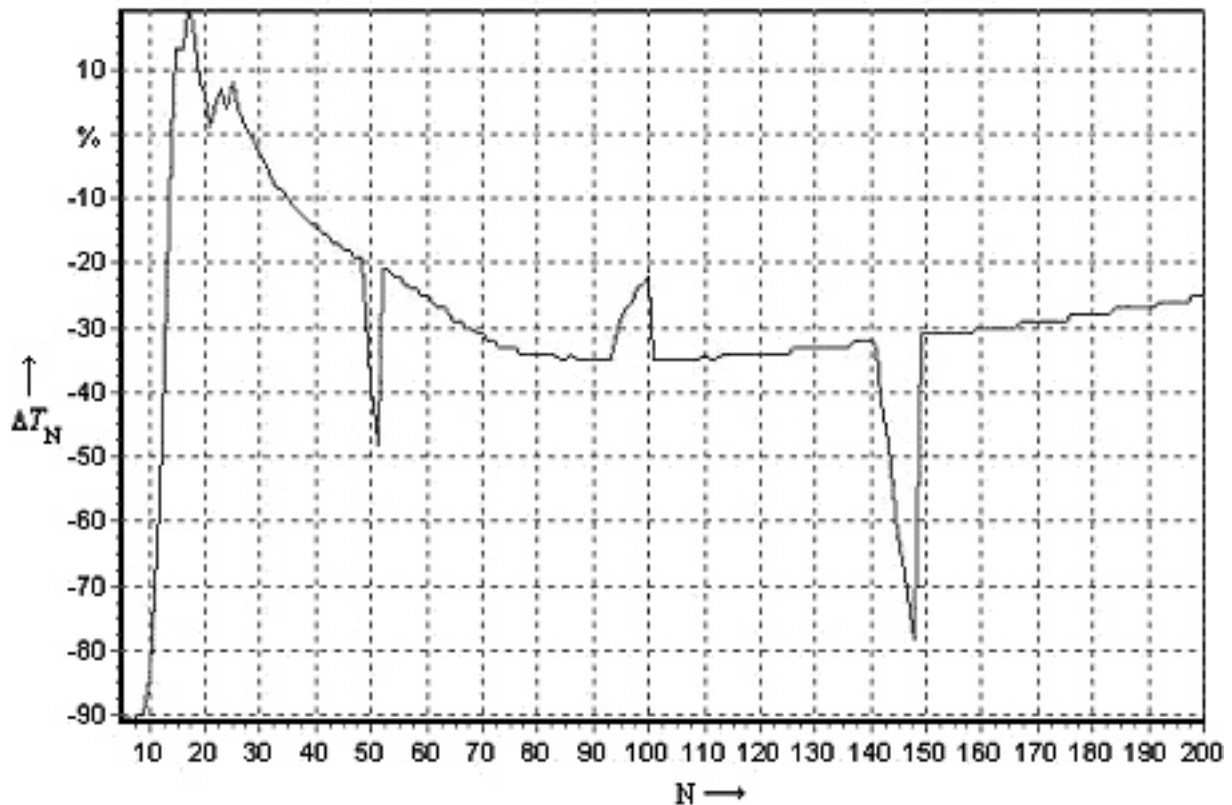


Рисунок 2 – Графическое представление изменения расстояния между областями вин в зависимости от выбранного параметра N

Отрицательное значение критерия говорит о том, что области вин пересекаются.

Для определения оптимального значения параметра N была написана программа на языке Pascal [5], выполняющая анализ экспериментальных данных по разным типам вин.

Анализируя кривую, представленную на графике, можно отметить, что области вин не пересекаются в узком диапазоне параметра N, а максимум приходится на $N = 17$. На рисунке 3 показано расположение областей вин в координатах "начальное давление" – "время снижения расхода в N раз" при $N = 17$. Каждая точка соответствует одному эксперименту (одному образцу вина). При изменении параметра N происходит перераспределение точек в пространстве, следовательно, меняется форма и расположение областей, соответствующих разным типам вин.

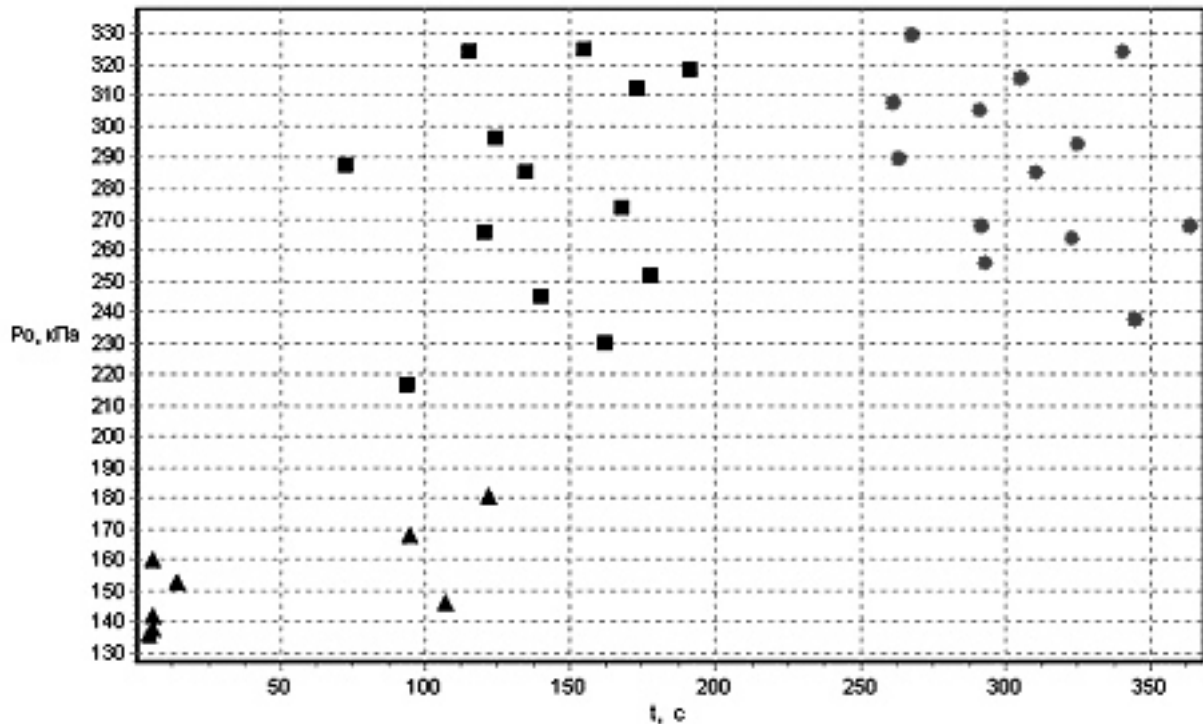


Рисунок 3 – Распределение областей вин, пересыщенных диоксидом углерода при $Q_0 / Q = 17$

- ▲ – Газированное вино (сатурация при давлении 1,5 атм в течение 1 ч.)
- – Газированное вино (сатурация при давлении 2,5 атм в течение 1 ч.)
- ★ – Советское шампанское полусладкое (Московский комбинат шампанских вин)

В данной работе рассматривается разделение вин на два класса: газированные и шампанские. Эксперименты с разными типами вин позволили получить два "облака" точек на плоскости. Одно из них соответствует шампанским, другое – газированным винам. Задача распознавания вина заключается в получении на плоскости (координаты "время снижения расхода CO_2 в 17 раз" – "начальное давление в бутылке") точки, соответствующей данному экземпляру, и в отнесении данной точки к тому или иному "облаку"-классу. Понятно, что детерминированная оценка не будет в достаточной степени удовлетворять исследователя. Вино может не обладать ярко выраженными игристыми свойствами, но в то же время при его

производстве выдерживались технологические нормы. Разбиения объектов на два детерминированных класса явно недостаточно там, где изначально использовалась оценка специалистов-дегустаторов. Наиболее близко по алгоритму к работе системы восприятия и оценки человека лежит работа нейронных сетей. Для обучения сети может быть использована оценка расположения точки на вышеуказанной плоскости, данная дегустатором или специалистом-виноделом. В дальнейшем при появлении дополнительных образцов с типичными для газированных или шампанских вин характеристиками можно проводить дообучение сети, что затруднительно при использовании методов распознавания, основанных на граничном разбиении областей на классы.

Разрабатываемую информационно-измерительную систему можно классифицировать как измерительную систему с элементами диагностики с последовательным опросом датчиков. По характеру взаимодействия с объектом данная система относится к активным. Воздействие на объект происходит по программе, учитывающей реакцию объекта. Структура измерительной системы показана на рисунке 4. Условно она может быть разделена на две части: программную и аппаратную. Программная часть отвечает за формирование алгоритма управления процессом измерения, хранение и визуализацию информации. Аппаратная часть служит для согласования уровней сигналов, получения первичной информации о состоянии объекта.

В формализованном виде объект может быть представлен своими переменными состояниями: давлением в трубопроводе и моментами прохождения капель через датчики. Управляемым является впускной клапан (газовый канал открыт/закрыт).

Датчики давления – пьезоэлектрические. Выходной сигнал токовый (0..5) мА. Для передачи сигналов от датчиков в АЦП требуется их преоб-

разование в напряжение (0..5) В. Эту функцию выполняют преобразователи, выполненные на высокоточных резисторах.

Датчики капли совместно с преобразователями уровня служат для формирования импульса на дискретных входах платы в момент прохождения капли. Преобразователи уровня приводят сигнал от датчиков капли к стандарту ТТЛ сигналов.

Для управления впускным клапаном и системой формирования капли служат дискретные выходы платы.

Информация, собранная посредством платы Lcard-164 поступает в модуль обработки данных. Это программная структура, отвечающая за прием и распределение информации. Функции модуля написаны на языке Ассемблер, что способствует ускорению их выполнения и является необходимым для работы с платой Lcard-164.

После обработки данные поступают в модуль хранения данных и в модуль визуализации. Модуль хранения данных отвечает за формирование промежуточных массивов, запись информации в файл. Модуль визуализации выводит на экран текущие принятые данные в графическом формате (в реальном времени строит графики расхода CO_2 , давления в трубопроводе, времени прохождения капли между сенсорами).

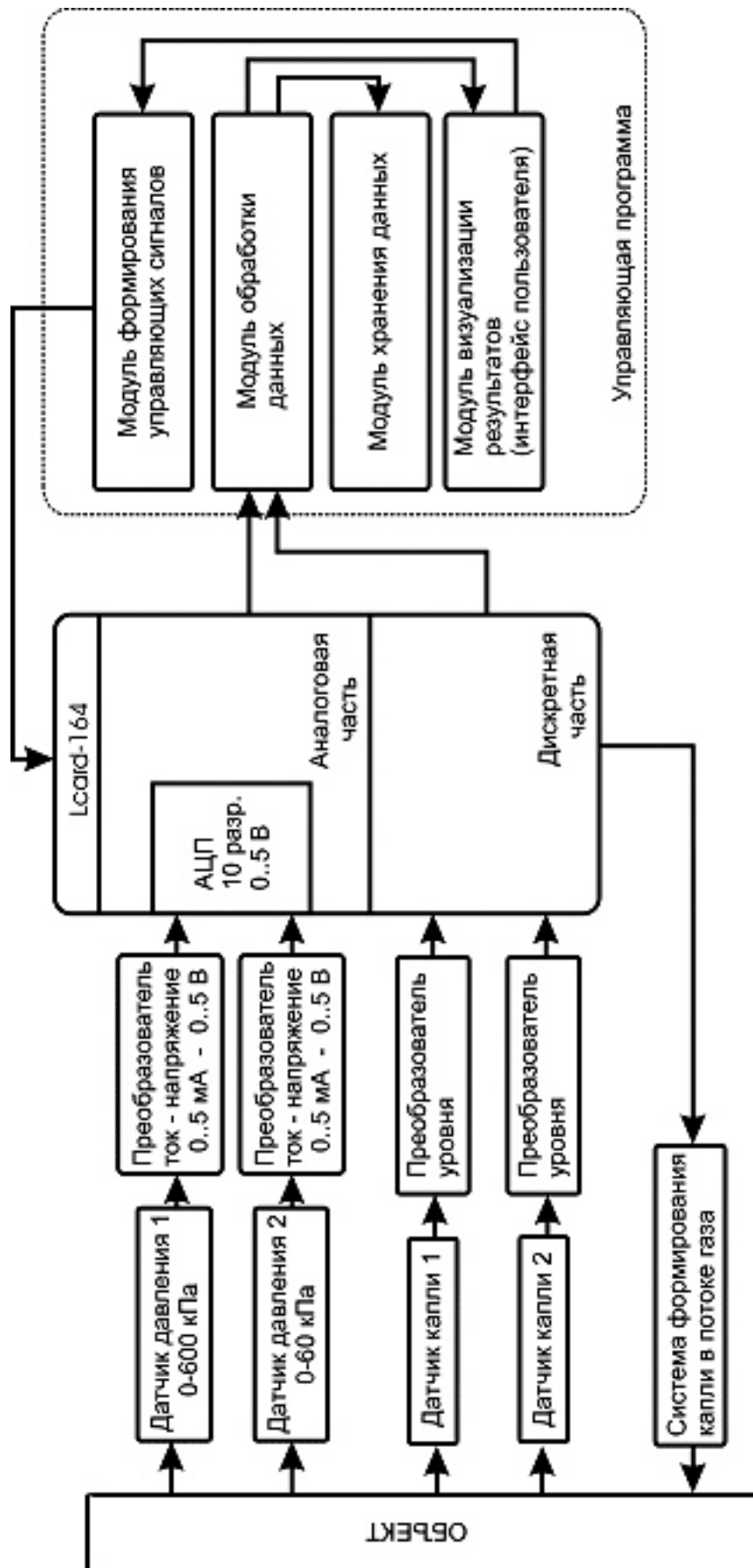


Рисунок 4 – Структура информационно-измерительной системы

Модуль формирования управляющих сигналов служит для управления подсистемами платы LCard-164. В его задачу входит формирование временных интервалов между измерениями давления, управление формированием и отслеживанием капель. Функции модуля также написаны на языке Ассемблер.

Так как система практически полностью автоматизирована, то функции оператора сводятся к подготовке и запуску эксперимента, а также контролю внештатных ситуаций.

Для проверки правильности теоретических изложений предлагаемая структура измерительной системы реализована в виде экспериментальной установки, предназначенной для снятия характеристики расхода диоксида углерода из бутылки с вином при ее открывании. Схематическое представление составляющих компонентов установки показано на рисунке 5.

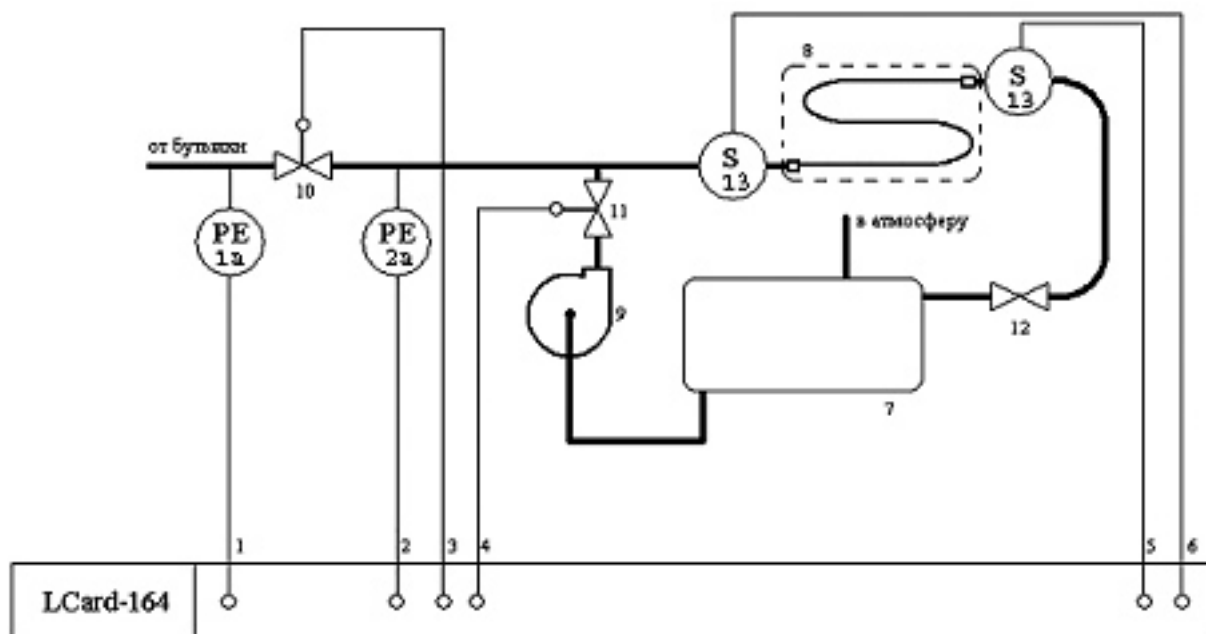


Рисунок 5 – Схема экспериментальной установки для регистрации расхода CO_2 при открывании бутылки

Рассмотрим подробнее назначение составляющих установки.

Основой установки служит плата аналогового ввода-вывода Lcard-164, предназначенная для ввода информации от датчиков давления по каналам 1 и 2, расхода (каналы 5 и 6) и вывода управляющих сигналов на клапаны 10 и 11. На начальном этапе снятия характеристики расхода избыточное давление в бутылке велико, и позволяет определять расход газа по перепаду давления на сужающем устройстве (дроссель 12). На этой стадии используются два датчика давления типа 408-ДИ с разными верхними пределами (600 кПа и 60 кПа).

Датчик давления 1 также служит для определения начального давления в бутылке. Он используется для определения расхода по перепаду давления на начальном этапе эксперимента при изменении избыточного давления от начального до 30 кПа. При достижении давления в 30 кПа вместо датчика давления 1 включается датчик давления 2. Этот датчик позволяет контролировать расход газа по перепаду давления вплоть до 1 мл/с. По датчикам давления расход определяется на основе формулы:

$$Q_v = b \sqrt{\frac{P_n}{\rho_n} \cdot \frac{P_u}{P_u + P_n}}, \quad (5)$$

где P_n – барометрическое давление, Па;

P_u – избыточное (измеряемое) давление, Па;

ρ_n - плотность газа при барометрическом давлении и температуре 20° С;

β - коэффициент пропорциональности.

Определение коэффициента β проводилось с помощью выявления выделенного объема газа при вытеснении им жидкости из тарировочного сосуда при малом постоянном давлении столба жидкости.

При достижении расхода 1 мл/с датчики давления отключаются. Дальнейший замер расхода газа ведется с помощью оригинального датчика малых расходов. Он позволяет регистрировать расход от 1 мл/с до 0.001 мл/с. Работа датчика основана на подсчете времени прохождения некоторого объема газа между двумя датчиками. В качестве метки, вводимой в поток газа, выступает водяная капля. Датчики, регистрирующие прохождение капли, расположены на определенном расстоянии друг от друга вдоль трубки-газопровода. Введение капли в поток газа происходит следующим образом. С помощью клапана 10 поток газа перекрывается на 2 секунды. За это время дозирующее устройство вводит каплю воды в трубку. Затем клапан открывается, и капля начинает двигаться. Моменты прохождения капли через сенсоры S фиксируются. Зная время движения капли между двумя сенсорами и объем трубки между ними, можно определить текущий расход газа по формуле:

$$Q_v = \frac{V_{mp}}{t_s}, \quad (6)$$

где V_{mp} – объем трубки между сенсорами, мл;

t_s – время движения капли между сенсорами, с.

Испытания экспериментальной установки проводились в испытательной лаборатории кафедры технологии и организации виноделия и пивоварения Кубанского государственного технологического университета.

Два образца вина, пересыщенного диоксидом углерода, термостатированы, определено начальное избыточное давление, которое в образце № 1 составило 311 кПа, в образце № 2 – 315 кПа.

В образцы вводили искусственный центр кавитации с воздушно-сухой микрошероховатой поверхностью и регистрировали динамику газовой выделения, дополнительно определяя текущий измеряемый расход. В ка-

честве критерия распознавания использовалась детерминированная модель без использования нейронной сети. Определены две временные границы: 191 с – максимальное время снижения расхода в 17 раз для газированных вин, и 260 с – минимальное время снижения расхода в 17 раз для шампанских вин. Данные границы определены на основе анализа серии экспериментов с различными типами вин.

После снижения текущего измеряемого расхода в 17 раз от первоначального фиксировали время, которое для образца № 1 составило 155 с, а для образца № 2 – 293 с.

На основании полученных данных образец № 1 относится к винам газированным, а образец № 2 – к винам игристым. Распознавание образцов проходит в оптимальном режиме, т.к. оба образца равноудалены от границ распознавания по временному признаку.

Таким образом, для того чтобы распознать области шампанских и газированных вин, следует учитывать уровень начального давления и время, за которое текущий измеряемый расход диоксида углерода уменьшится в 15–20 раз по сравнению с первоначальным.

Распознавание принципиальных различий технологии игристых и газированных вин обнаруживается в виде множества повторностей исследуемых образцов, образующих области в системе координат "начальное давление" – "время снижения расхода от первоначального в N раз" и пространственно отстоящих друг от друга. При снижении расхода диоксида углерода в процессе газовыделения из напитка в 17 раз от первоначального распознавание образцов вин различных типов максимально.

Определение подлинности шампанских и газированных вин предложенным аналитическим способом обеспечивает высокую достоверность результатов при минимальных (15 мин.) временных затратах и может быть использовано как в практике контролирующих организаций, испытатель-

ных центров, так и в химико-технологическом контроле шампанского производства

Практическая ценность результатов

В процессе работы собран статистический материал по образцам шампанских вин различных производителей (динамика расхода углекислого газа при открывании бутылки), спроектирована и реализована экспериментальная установка, позволяющая в автоматическом режиме регистрировать динамику выделения углекислого газа в процессе его кавитационной десорбции из вина при открывании бутылки. Данная установка реализована в компактном варианте, допускающем ее транспортировку к месту проведения исследований.

Список литературы

1. Мишин, М.В. Идентификация шампанских и газированных вин / М.В. Мишин, Е.В. Посмитный // Виноделие и виноградарство. – 2003. – № 6. – С. 24–25.
2. Мержаниан, А.А. Физико-химические основы технологии игристых вин : доклад ... докт. техн. наук по совокупности опубл. работ / А.А. Мержаниан. – М., 1962. – 75 с.
3. Посмитный, Е.В. Экспериментальная установка для определения типа вина, пересыщенного диоксидом углерода / Е.В. Посмитный, Л.А. Посмитная // Труды КубГТУ : Научный журнал. – Краснодар : Изд-во КубГТУ, 2003. – Т. XVIII. Серия "Информатика и управление". – Вып. 2. – С. 172.
4. Пат. 2232984 РФ, МПК⁷ G 01 N 33/14 C 12 G 1/06. Способ определения типа вина, пересыщенного диоксидом углерода / Мишин М.В., Шахворостов Н.Н., Посмитный Е.В., Зотин В.С., Таланян О.Р. – Опубл. 20.07.2004. – 12 с.
5. Бахвалов, Н.С. Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2001. – 632 с.