

УДК 664.8.036.262

Исследование процесса стерилизации консервной продукции с целью дальнейшей автоматизации

С.А. Мокрушин, mokruschin@list.ru

канд. техн. наук С.И. Охупкин, ohapkin@vyatsu.ru

д-р техн. наук В.С. Хорошавин, khoroshavin@vyatsu.ru

*Вятский государственный университет
610000, Россия, Киров, ул. Московская, 36*

В статье проведен анализ особенностей технологических процессов стерилизации консервов, описаны типовые исполнения устройств для стерилизации, проанализированы достоинства и недостатки различных видов стерилизаторов, обоснована актуальность эффективного применения стерилизаторов периодического действия, предложена структура автоматизированной системы управления технологическим процессом стерилизации консервов в стерилизаторах периодического действия. Введение автоматического регулирования и контроля параметров процесса стерилизации позволит резко снизить объем бракованной продукции, сократить время воздействия повышенной температуры на продукт, снизить расход электроэнергии, а так же уменьшить численность обслуживающего персонала и влияние человеческого фактора на параметры процесса.

Ключевые слова: автоклав; стерилизация консервов; формула стерилизации; технологический процесс; качество продукции; система управления; автоматизация; программируемый логический контроллер.

Investigation of the sterilization process of canned products for further automation

Sergei A. Mokrushin, mokruschin@list.ru

Ph.D. Sergei I. Ohapkin, ohapkin@vyatsu.ru

Ph.D. Valerii S. Khoroshavin, khoroshavin@vyatsu.ru

*Vyatka State University
610000, Russia, Kirov, Moscow Str., 36*

Provides the analysis of the technological process of sterilization of canned food, describes typical performance devices for sterilization, analyzed the advantages and disadvantages of different types of sterilizers, the urgency of the effective implementation of batch sterilizers, proposed structure of the automated process control system of sterilization of canned food sterilizers in batch. The introduction of automatic regulation and control of the parameters of the sterilization process will dramatically reduce the amount of defective products, reduce the time of exposure to the elevated temperature of the product, reduce power consumption, as well as reduce the number of staff and the impact of human factors on the process parameters.

Keywords: autoclave; sterilization of canned food; formula of sterilization; technological process; quality of production; control system; automation; programmed logic controller.

Стерилизацией называют тепловую обработку консервов при температуре 100°C и выше с целью подавления жизнедеятельности микроорганизмов. Тепловая стерилизация пищевых продуктов – основной процесс консервного производства, почти полностью уничтожающий микроорганизмы, обеспечивая тем самым сохранность консервов в течение длительного времени [1].

При стерилизации консервов основное значение имеют два фактора: температура и продолжительность ее воздействия. Чем выше температура стерилизации, тем меньше времени затрачивается на инактивирование микробов, и наоборот.

Продолжительность воздействия температуры, необходимой для уничтожения микробов при данной температуре стерилизации, называется «смертельным временем» и зависит от температуры стерилизации, материала и размеров тары, химических и физических свойств продукта, вида и количества микробов в продукте, подвергаемом стерилизации [1].

При отсутствии в стерилизаторе устройств, позволяющих измерять температуру продукта в банке, режим стерилизации контролируют по температуре окружающей банку среды, т. е. по температуре греющей среды (теплоносителя): воды, пара, воздуха.

Под формулой стерилизации понимают условную запись теплового режима работы автоклава, в котором происходит процесс стерилизации. Для стерилизаторов периодического действия, которые в России составляют подавляющее большинство, каждый цикл начинается с прогрева и заканчивается охлаждением до температуры, позволяющей сбросить давление и провести разгрузку (30–40°C). Формула стерилизации в воде с противодействием имеет вид [2]:

$$\frac{A-B-C}{T} p, \quad (1)$$

для стерилизации в паровоздушной среде с противодействием:

$$\frac{a-A-B-C}{T} p, \quad (2)$$

где a – время продувки автоклава, в течение которого воздух из него вытесняется паром, мин;

A – время нагревания теплоносителя в автоклаве от начальной температуры до заданной (период нагревания), мин;

B – время выдержки при заданной температуре (стерилизация), мин;

C – время снижения температуры и давления до уровня, позволяющего производить разгрузку (период охлаждения), мин;

T – температура стерилизации (греющей среды), °C;

p – противодействие, создаваемое в автоклаве для компенсации внутреннего давления, возникающего в банке при стерилизации, кПа.

Противодействием называют сумму давлений греющего пара или воды и избыточного давления, создаваемого при помощи сжатого воздуха или воды, которую подают в автоклав под напором. Противодействие создают внутри устройства для стерилизации консервов во избежание возникновения необратимых деформаций доннышек и крышек банок или срыва крышек со стеклянных банок.

Величина противодействия определяется формулой [2]:

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + p_4, \quad (3)$$

где p_1 – давление паров воды, кПа; p_2 – давление воздуха, кПа; p_3 – давление газов, кПа; p_4 – давление продукта, кПа.

Динамика изменения температуры показана на рисунок 1 [3]. Рост температуры в банке по времени значительно отстает от повышения температуры среды в стерилизаторе консервов, а при неправильно подобранных режимах может даже не достигнуть заданного значения. Величина этого отставания зависит от скорости прогрева продукта. Быстрее прогревается его жидкая часть, в которой теплопередача происходит путем конвекции, тогда как в твердой части, где теплопередача определяется в основном теплопроводностью, отставание более значительно.

В процессе стерилизации температура консервов постоянно изменяется, причем неравномерно по объему банки: в периферийной части нагрев происходит быстрее, в холодной точке (в центре банки) медленнее. График прогрева холодной критической точки тесно связан с графиком изменения температуры окружающей среды в стерилизаторе, поскольку температура в холодной точке является функцией температуры греющей среды.

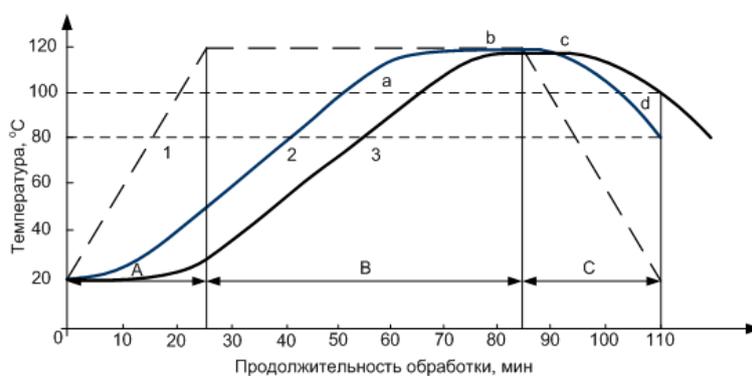


Рисунок 1 – Графики изменения температуры в процессе стерилизации

1 – греющая среда (теплоноситель); 2 – жидкая часть продукта в центре банки; 3 – плотная часть продукта в центре банки; А – время нагревания теплоносителя в автоклаве; В – время стерилизации; С – время охлаждения холодной водой; а – начало стерилизации; (b–c) – выдержка при заданной температуре; d – охлаждение.

Внутренняя среда стерилизатора после подачи в него пара не сразу достигает заданной рабочей температуры. Для этого требуется некоторое время А. При оценке периода от подготовки емкости до конечной рабочей температуры было установлено, что 42% общего времени можно рассматривать как период выдержки при рабочей температуре. В России значение параметра А определяется разработчиками технологий [3].

Момент начала охлаждения продукта так же запаздывает относительно начала охлаждения аппарата. При этом параметр С определяется необходимостью выравнивания давления в банке с атмосферным, поскольку давление в банке к моменту выгрузки из автоклава не должно превышать предельно допустимого, иначе возможна необратимая деформация жестяной банки или срыв крышки со стеклянной тары.

Давление в банке во время стерилизации складывается из парциальных давлений водяных паров, воздуха и газов, выделяющихся из продукта и заполняющих свободное пространство, а также давления, вызванного расширением продукта (3). Во всех случаях степень расширения продукта, паров и газов превышает степень расширения банки, поэтому во время стерилизации давление в банке становится выше давления в автоклаве. Разница в степени расширения и, соответственно, внутреннее давление тем больше, чем выше температура стерилизации. В результате может возникнуть деформация банок. Допустимая разница между давлением внутри банки и в автоклаве не должна превышать критической величины.

Снижение давления в автоклаве до атмосферного по окончании стерилизации приводит к увеличению разницы между давлением в банке и в автоклаве, поскольку внутри банок температура

продукта остается высокой (рисунок 2). С учетом этого давление в автоклаве следует выравнять с атмосферным постепенно, не допуская сокращения установленного промежутка времени [3].

Продолжительность снижения температуры и давления, т. е. параметр C , в выражении (1 и 2), зависит от типа и размеров банок, а также от температуры стерилизации и регламентируется инструкциями.

С учетом того, что значения параметров A и C являются заданными величинами, создание формулы стерилизации сводится к определению величины B как функции изменяющейся температуры в центре банки в течение времени, обеспечивающего гибель термоустойчивых эндоспор. Расчет производят по методу Болла или по модульному методу [4].

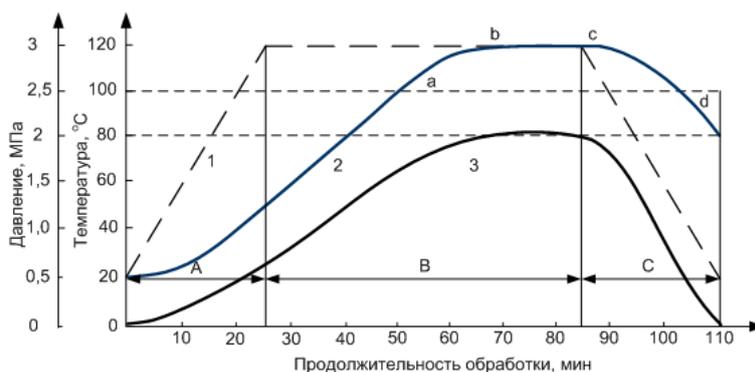


Рисунок 2 – Графики изменения температуры и давления в процессе стерилизации

1 – кривая изменения температуры греющей среды; 2 – кривая изменения температуры продукта; 3 – кривая изменения давления внутри банки; A – время нагревания теплоносителя в автоклаве; B – время стерилизации; C – время охлаждения холодной водой; a – начало стерилизации; (b – c) – выдержка при заданной температуре; d – охлаждение.

Формулы стерилизации регламентированы для каждого вида консервов. При необходимости разработки новых режимов стерилизации и пастеризации консервов или пересмотра существующих проводятся исследования с участием заказчика (предприятия-изготовителя) и разработчика. Последними выступают лаборатории, имеющие квалифицированные кадры, соответствующую аппаратуру, материалы и реактивы. Чаще всего разработкой режимов производства консервов занимаются научно-исследовательские институты пищевой промышленности [4].

Наряду с тепловой стерилизацией, как основного процесса для предохранения пищевых продуктов от порчи, в консервной промышленности используются новые методы обработки продуктов, также основанные на подавлении жизнедеятельности микроорганизмов: воздействие токами высокой частоты, применение ультразвуковых колебаний, инфракрасного и ионизирующего излучения, химических консервантов и антисептиков, антибиотиков и ферментов. Однако надо полагать, что тепловая стерилизация консервов в герметичной таре останется еще долгое время основным способом промышленного производства консервов, так как является наиболее универсальной и эффективной.

Существуют периодически работающие и непрерывно действующие аппараты для стерилизации продукта [5]. Открытые аппараты применяются в промышленности редко. В основном они используются для консервирования томатопродуктов в жестяной таре, а также при пастеризации соков в стеклянных бутылках с корончатыми крышками. На консервных предприятиях в основном используются стерилизаторы периодического действия, работающие с противодавлением и позволяющие стерилизовать продукты, упакованные в банки разных типов. Стерилизаторы периодического действия обычно называют автоклавами, они делятся на вертикальные и горизонтальные.

Корпус вертикального автоклава имеет цилиндрическую форму и установлен в вертикальном положении в углубление (канал). Для загрузки банок в корзинах используется монорельс с подъемным механизмом.

Корпус горизонтального автоклава имеет цилиндрическую форму и установлен в горизонтальном положении на лапах. Наличие двух крышек позволяет закатывать тележки с банками (от 1 до 6) по рельсам с одной стороны, а выкатывать после процесса стерилизации с другой. Горизонтальные автоклавы с вращающимися корзинами применяют для интенсификации процесса прогрева и обеспечения равномерного проникновения теплоты к центру банки. К недостаткам горизонтальных автоклавов можно отнести большую площадь, которую они занимают, трудность проведения стерилизации консервов в воде, кроме того, степень использования их объема меньше, чем в вертикальных.

Основные недостатки всех периодически действующих автоклавов [5]:

- периодичность работы;
- значительная продолжительность цикла;
- трудоемкость загрузки сеток банками, загрузки аппарата сетками, разгрузки автоклава и сеток;
- возможность механического боя стеклянных и деформации жестяных банок при загрузке и выгрузке;
- относительная сложность управления процессом, его механизации и автоматизации;
- трудоемкость обслуживания;
- высокий процент брака продукции.

Совершенствование технологических процессов привело к созданию и внедрению высокопроизводительных поточных линий непрерывного действия, которые относительно не сложно автоматизировать.

Преимущества поточных линий непрерывного действия по сравнению с автоклавами периодического действия [5]:

- значительно уменьшается расход греющего пара;
- сокращается потребность в обслуживающем персонале;
- уменьшается продолжительность стерилизации, что положительно отражается на качестве продукции;
- упрощается контроль режима стерилизации, а вследствие этого уменьшается брак на этой стадии;
- уменьшается необходимая площадь стерилизационного цеха;
- улучшается вкус и внешний вид консервов благодаря перемешиванию во время стерилизации.

К недостаткам следует отнести [5]:

- возможность стерилизации банок только одного размера;
- в результате износа трущихся деталей шлюзового затвора происходит утечка пара;
- необходимость оснащать агрегаты сложными механическими затворами.

Несмотря на ряд преимуществ перед аппаратами периодического действия, стерилизаторы непрерывного действия используются гораздо реже. Одной из основных причин их редкого использования является трудность организации стерилизации продукта в стеклянной таре, так как она производится только в воде, подогреваемой паром, при наличии противодействия, большое значение которого сложно создать в агрегатах непрерывного действия [3]. Автоматизация же автоклавов

периодического действия, как следует из сказанного, является наиболее сложной задачей, но при этом крайне востребованной в настоящее время [5].

На консервных заводах нашей страны широкое применение получили вертикальные автоклавы с неподвижной корзиной: марки АВ-2, АВ-4, Б6-КАВ-2, Б6-КАВ-4, конструкция которых практически идентична. Автоклавы Б6-КАВ-2 и Б6-КАВ-4 применяются для стерилизации любых герметически укупоренных банок с продуктом при температуре свыше 100°C [4].

Автоклав Б6-КАВ-2 (рисунок 3) [6] состоит из корпуса 3, крышки 4, корзин 10. Сварной корпус автоклава состоит из цилиндрических обечаек. На корпусе автоклава установлен показывающий манометр 8 и термометр 7 в патроне, заполненном минеральным маслом. К цилиндрической части автоклава приварена камера (термокарман), в которой установлены измерительные датчики системы управления. Устройство камеры обеспечивает приток в нее теплоносителя из разных мест автоклава и, следовательно, в ней измеряется средняя температура теплоносителя в аппарате. Внизу корпуса расположены паровой барботер 11 и сливной патрубков со стаканом. Фланцы крышки и корпуса прижимаются один к другому с помощью быстродействующего зажима 2, состоящего из пятнадцати секторных захватов, укрепленных на кольце из пружинной полосовой стали, и рычажной системы для стягивания и разведения поясного зажима. На крышке имеются штуцера для предохранительного клапана 5 (который необходим для выпуска излишнего давления) и пробно-спускного крана 6. Крышка имеет уравнивающее устройство 1, облегчающее открывание и закрывание ее. Для исключения возможности открытия крышки автоклава при давлении в нем предусмотрено предохранительное устройство.

Наполненные банками корзины устанавливаются в автоклаве одна на другую, после чего крышка закрывается. Сосуд заполняется водой, а через барботер подается пар. Воздушным компрессором или напором холодной воды может создаваться и поддерживаться в автоклаве постоянное давление. По истечении времени, необходимого для стерилизации, пар и горячая вода постепенно вытесняются из аппарата поступающей холодной водой. После охлаждения корзины с банками выгружаются из аппарата с помощью электротельфера, предназначенного для перемещения автоклавных корзин по подвесному пути. Корзины при этом захватываются крюком за коромысло, прикрепленное к их верхней части.

Стерилизацию консервов в автоклавах производят: паром без противодействия; паром с воздушным противодействием; водой, подогреваемой паром с противодействием, создаваемым воздухом или водой.

Типовая схема коммутации вертикального автоклава приведена на рисунке 4 [7]. Арматура автоклава должна быть в надлежащем состоянии. Регулирующие клапана 7 не должны пропускать теплоноситель, находясь в закрытом состоянии. Редукционный клапан 9 отрегулирован так, чтобы обеспечивать постоянное давление пара.

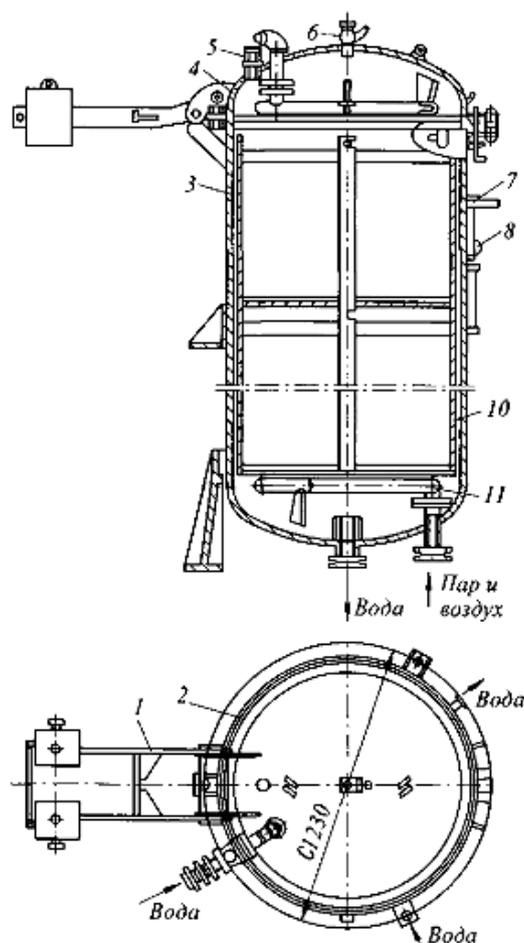


Рисунок 3 – Автоклав Б6-КАВ-В2

Стерилизация паром с воздушным противодавлением применяется для консервов в жестяной таре. После загрузки сеток с банками в автоклав, его крышку герметично закрывают, открывают одновременно паровой и продувочный клапан. После окончания времени продувки начинается процесс стерилизации по заданной формуле (2). При этом внутри автоклава поддерживается дополнительное давление сжатым воздухом, который подается компрессором 4 через ресивер 5. Давление воздуха в ресивере должно быть выше давления в автоклаве. Необходимое давление в автоклаве поддерживают регулируемые клапана на впускных и выпускных трубопроводах. Охлаждение продукта производится, как и в первом случае, подачей охлаждающей воды. При этом происходит конденсация пара, взамен которого подают сжатый воздух и постепенно снижают давление внутри автоклава [8].

Стерилизация консервов в воде с противодавлением применяется для консервов как в жестяной, так и в стеклянной таре. После загрузки сеток с банками в автоклав с теплой водой (температура воды выше температуры продукта на 10–15°C), уровень которой должен быть выше верхнего ряда банок, его крышку герметично закрывают и пускают пар. Температуру и давление регулируют в соответствии с формулой стерилизации (1). Давление в автоклаве при таком виде стерилизации можно поддерживать, подавая либо воздух, либо воду под давлением. В отличие от первых двух способов, воздух из автоклава не удаляется, а вытесненный водой и собирается под крышкой автоклава, создавая воздушную подушку, что способствует уменьшению резких колебаний давления внутри автоклава. После проведения цикла стерилизации выполняется опорожнение автоклава через нижний слив [8].

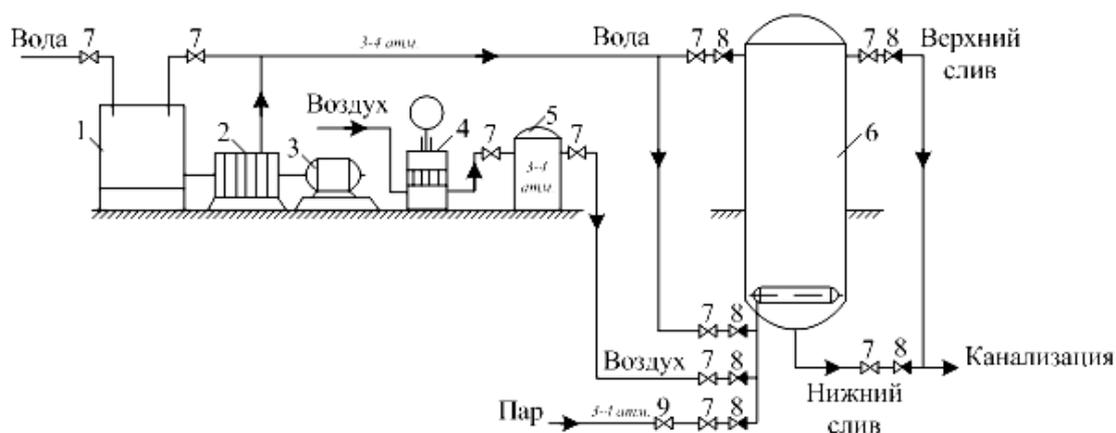


Рисунок 4 – Схема коммуникации вертикального автоклава

1 – бочка для воды; 2 – центробежный насос; 3 – электродвигатель насоса; 4 – компрессор; 5 – ресивер со сжатым воздухом; 6 – автоклав; 7 – регулирующий клапан; 8 – обратный клапан; 9 – редукционный клапан.

После завершения цикла стерилизации режимы стерилизации заносятся в специальный журнал, а термограммы проверяют технологи. Термограммы и стерилизационный журнал являются основным документом оценки качества выпускаемых консервов [9].

Введение автоматического регулирования и контроля параметров процесса стерилизации позволит резко снизить объем бракованной продукции, сократить время воздействия повышенной температуры на продукт, снизить расход электроэнергии, а также уменьшить численность обслуживающего персонала и влияние человеческого фактора на параметры процесса [10].

Задачей системы автоматического управления является управление двумя основными параметрами процесса стерилизации: температурой и давлением в заданных пределах [11]. На рис. 5 представлена схема системы автоматического контроля и управления процессом водяной стерилизации консервов. Она включает в себя автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора и обслуживает все стадии процесса стерилизации консервов. В качестве главного управляющего устройства в системе используется программируемый логический контроллер [12, 13], который позволяет организовать систему управления любой степени сложности [14]. Современное оборудование и новые методы автоматизации делают разработанную систему надежной и удобной в эксплуатации. Предложенная система регулирования прошла производственные испытания на пищекомбинате «Росинка» (Кировская область, г. Яранск) [15].

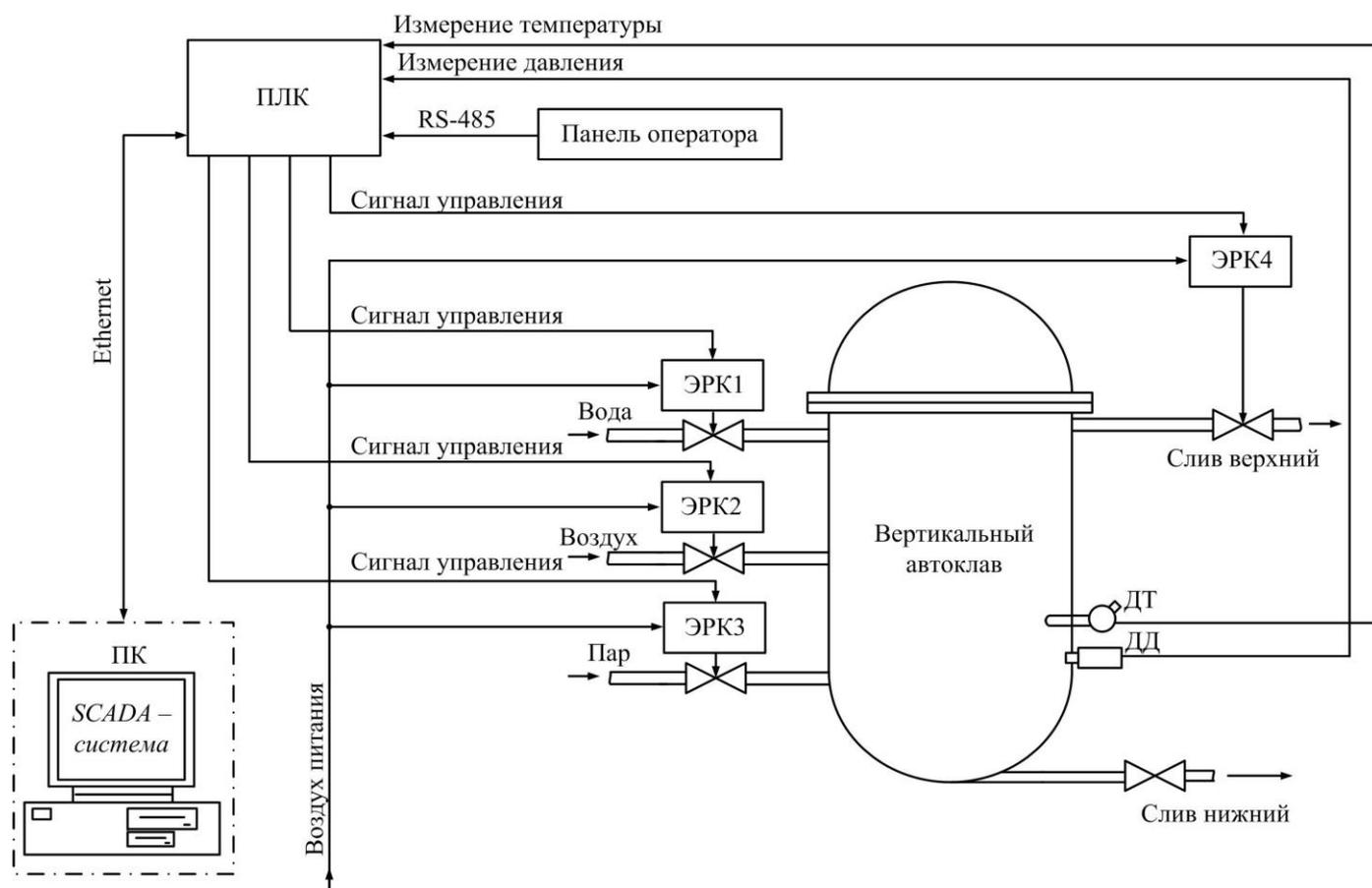


Рисунок 5 – Схема системы автоматического управления автоклавом

ПЛК – программируемый логический контроллер; ПК – персональный компьютер; RS-485, Ethernet – интерфейсы связи; ДТ – датчик температуры; ДД – датчик давления; ЭПК – электропневматический регулирующий клапан.

Выводы

Система автоматического управления автоклавом обеспечивает:

- централизованный сбор и хранение данных о ходе процесса и состоянии автоклавов на ПК;
- отображение необходимых данных (номер варки, ФИО оператора, давление и температуру в автоклаве) и текущей информации в текстовом и графическом виде (зависимости давления и температуры от времени) на дисплее компьютера;
- расчет и описание функций управления для реализации автоматического регулирования процессом стерилизации;
- автоматическое управление исполнительными механизмами (клапанами) для точной реализации установленной формулы стерилизации;
- выбор из списка или ввод с панели оператора формулы стерилизации для каждого автоклава, по которой будет производиться варка;
- увеличение ресурса автоклавной установки путем точного соблюдения технологического режима работы;
- надлежащее качество продукции благодаря поддержанию точного режима технологического процесса обрабатываемых изделий;
- безопасность работы установки за счет наличия автоматических защит и блокировок;

- экономию энергоресурсов вследствие оптимизации технологического режима и точного соблюдения алгоритмов работы;
- снижение трудоемкости обслуживания.

Таким образом, можно сделать вывод об эффективности применения предлагаемой системы в современных установках стерилизации консервов.

Литература

1. Мокрушин С. А., Хорошавин В. С. Современные технологии процесса стерилизации консервов как объекты управления [Электронный ресурс] // Материалы Всероссийской ежегодной научно-технической конференции «Общество, наука, инновации» (Киров, 16–27 апреля 2012 г.). Киров, 2012. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). Статья № 7.
2. Аминов М.С., Аминова Э.М., Горун Е.Г. Производство консервов. М.: Агропромиздат, 1987. 304 с.
3. Зонин В.Г. Современная технология мясных консервированных продуктов. СПб.: Профессия, 2008. 224 с.
4. Бабарин В.П. Стерилизация консервов: справочник. СПб.: ГИОРД, 2006. 312 с.
5. Мокрушин С.А., Хорошавин В.С. Обзор и анализ стерилизаторов консервов с целью их дальнейшей автоматизации [Электронный ресурс] // Материалы Всероссийской ежегодной научно-технической конференции «Общество, наука, инновации» (Киров, 16–27 апреля 2012 г.). Киров, 2012. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). Статья № 8.
6. Машины и аппараты пищевых производств: учебник для вузов в 3 кн. Кн.2.т.2 / С.Т. Антипов и др. Минск: БГАТУ, 2008. 591 с.
7. Аминов М.С. Аппараты для стерилизации консервов. М.: Пищевая промышленность, 1966. 120 с.
8. Мокрушин С.А., Хорошавин В.С. Исследование типовой конструкции автоклава с целью дальнейшей автоматизации процесса стерилизации [Research of a standard design of the autoclave for the purpose of further automation of process of sterilization]. Материалы Всероссийской ежегодной научно-технической конференции «Общество, наука, инновации» (Киров, 16–27 апреля 2012 г.). Киров, 2012. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). Статья № 9.
9. Массовер А.М. Автоклавы консервной промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1971. 32 с.
10. Платонов П.Н., Павлов А.И., Сычук А.М. Автоматика и автоматизация консервного производства. Киев: Вицшашкола, 1981. 264 с.
11. Флауменбаум Б.Л. Теоретические основы стерилизации консервов. Киев: Вицшашкола, 1981. 196 с.
12. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и инструменты / под ред. В.П. Дьяконова. М.: СОЛОН-Пресс, 2004. 256 с.
13. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys V2.3. Смоленск: ПК «Пролог», 2004. 423 с.
14. Мокрушин С.А., Хорошавин В.С., Филатова Е.С., Русяева Т.Л. Управление процессами тепловой обработки пищевых продуктов [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/106-7935> (дата обращения: 25.12.2012).
15. Мокрушин С.А. Стерилизация консервной продукции [Электронный ресурс] // Автоматизация и производство. 2010. №1'10. URL: <http://www.owen.ru/text/37588154> (дата обращения: 01.10.2015).

References

1. Mokrushin S. A., Khoroshavin V. S. Sovremennyye tekhnologii protsesssa sterilizatsii konservov kak ob"ekty upravleniya [Modern technologies of process of sterilization of canned food as objects of management]. *Materialy Vserossiiskoi ezhegodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Obshchestvo, nauka, innovatsii» (Kirov, 16–27 aprelya 2012 g.)* [Proceedings of the All-Russian annual scientific and technical conference "Society, Science, Innovations" (Kirov, 16–27 aprils, 2012)]. Kirov, 2012, 1 elektron. opt. disk (CD-ROM), article no. 7.
2. Aminov M.S., Aminova E.M., Gorun E.G. *Proizvodstvo konservov* [Production of canned food]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1987, 304 p.
3. Zonin V.G. *Sovremennaya tekhnologiya myasnykh konservirovannykh produktov* [Modern technology of the meat tinned products]. St. Petersburg, Profesiya Publ., 2008, 224 p.

4. Babarin V.P. *Sterilizatsiya konservov [Sterilization of canned food]*. Reference book. St. Petersburg, GIORD Publ., 2006. 312 p.
5. Mokrushin S.A., Khoroshavin V.S. Obzor i analiz sterilizatorov konservov s tsel'yu ikh dal'neishei avtomatizatsii [The review and the analysis of sterilizers of canned food for the purpose of their further automation]. *Materialy Vserossiiskoi ezhegodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii «Obshchestvo, nauka, innovatsii» (Kirov, 16–27 aprelya 2012 g.) [Proceedings of the All-Russian annual scientific and technical conference "Society, Science, Innovations" (Kirov, 16–27 aprils, 2012)]*. Kirov, 2012, 1 elektron. opt. disk (CD-ROM), article no. 8.
6. *Mashiny i apparaty pishchevykh proizvodstv [Machines and devices of food productions]*. The textbook for higher education institutions. In editor S.T. Antipov, book 2, V.2. Minsk, BGATU Publ., 2008, 591 p.
7. Aminov M.S. *Apparaty dlya sterilizatsii konservov [Devices for sterilization of canned food]*. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1966. 120 p.
8. Mokrushin S.A., Khoroshavin V.S. Issledovanie tipovoi konstruksii avtoklava s tsel'yu dal'neishei avtomatizatsii protsessa sterilizatsii [Research of a standard design of the autoclave for the purpose of further automation of process of sterilization]. *Materialy Vserossiiskoi ezhegodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii «Obshchestvo, nauka, innovatsii» (Kirov, 16–27 aprelya 2012 g.) [Proceedings of the All-Russian annual scientific and technical conference "Society, Science, Innovations" (Kirov, 16–27 aprils, 2012)]*. Kirov, 2012, 1 elektron. opt. disk (CD-ROM), article no. 9.
9. Masover A.M. *Avtoklavy konservnoi promyshlennosti [Autoclaves of the canning industry]*. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1971. 32 p.
10. Platonov P.N., Pavlov A.I., Sychuk A.M. *Avtomatika i avtomatizatsiya konservnogo proizvodstva [Automatic equipment and automation of canning production]*. Kiev, Vishchashkola Publ., 1981, 264 p.
11. Flaumenbaum B.L. *Teoreticheskie osnovy sterilizatsii konservov [Theoretical bases of sterilization of canned food]*. Kiev, Vishchashkola Publ., 1981, 196 p.
12. Petrov I.V. *Programmiruemye kontrollery. Standartnye yazyki i instrumenty [Programmable controlers. Standard languages and tools]*, in editor V.P. D'yakonova. Moscow, SOLON-Press Publ., 2004, 256 p.
13. *Rukovodstvo pol'zovatelya po programmirovaniyu PLK v CoDeSys V2.3 [The user's guide to programming of PLK in CoDeSys V2.3]*. Smolensk, PK Prolog Publ., 2004, 423 p.
14. Mokrushin S.A., Khoroshavin V.S., Filatova E.S., Rusyaeva T.L. Upravlenie protsessami teplovoi obrabotki pishchevykh produktov [Management of processes of thermal treatment of foodstuff]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]*. 2012, no. 6. URL: <http://www.science-education.ru/106-7935> (Accessed 25.12.2012).
15. Mokrushin S.A. Sterilizatsiya konservnoi produktsii [Sterilization of canning production]. *Avtomatizatsiya i proizvodstvo [Automation and production]*. 2010, no. 1'10. URL: <http://www.owen.ru/text/37588154> (Accessed 01.10.2015).

Статья поступила в редакцию 15.10.15