

## Логическая подсистема стерилизации консерв для автоклава без противодавления

Олег Клименко, Виктор Трегуб

**Logical subsystems of sterilization of canned food for autoclaves without backpressure:** The quality of foods depends on adherence to production process operations: preparation and processing of raw materials, pump cans, checking tightness of them, sterilizing, sorting and rejection cans, labeling of containers. The most responsible operation is a sterilization of canned food, which should ensure their stability and purity.

There are two main methods of sterilization. The first one consists in the previous packaging of the product followed by sterilization. Sterilization of products in containers can be carried out in periodic action apparatus and continuous. The first type includes different types of autoclaves.

To study the control object and determine its optimal behavior is necessary to apply new methods and approaches. These methods include object-oriented modeling with unified language UML (Unified Modeling Language).

**Key words:** *canned food, autoclaves, object-oriented modeling, logical subsystems.*

### ВВЕДЕНИЕ

Цикл работы автоклава без противодавления разделен на следующие стадии и операции: первая стадия - загрузка аппарата; вторая - рабочая стадия (операции - продувка, нагрев, стерилизация и охлаждение); третья - выгрузка аппарата.

Табл. Цикл автоклава без противодавления

Операция цикла	Условия начала	Управляющие действия
1	2	3
1 Загрузка		
1.1 Начало загрузки	$h_0, V1^{(0)} \dots V4^{(0)}, M1^{(0)}, V5^{(1)}$	$M1^{(1)}$
1.2 Конец загрузки	$\tau_1$	$M1^{(0)}$
2 Рабочая стадия		
2.1 Продувка	$M1^{(0)}$	$V3^{(1)}$
2.2 Конец продувки	$\tau_2$	$V5^{(0)}, V1^{(1)}, V4^{(1)}$
2.3 Нагрев	TE1	$V1^{(0)}, V4^{(0)}$
2.3 Стерилизация	TE2	$V4^{(1)}$
2.4 Начало охлаждения	$\tau_3$	$V3^{(0)}, V1^{(1)}$
2.5 Заполнение водой	PE1	$V5^{(1)}, V2^{(1)}, V4^{(0)}$
2.6 Охлаждение	$h_1$	$V4^{(1)}$
2.7 Конец охлаждения	TE3	$V2^{(0)}$
3 Выгрузка		
3.1 Начало выгрузки	$h_0$	$V4^{(0)}, M1^{(1)}$
3.2 Конец цикла	$\tau_4$	$M1^{(0)}$

Первая стадия работы автоклава без противодавления (рис. 1) начинается при условии, что автоклав пустой, клапаны  $V1(0) \dots V4(0)$  закрыты, тельфер  $M1(0)$  выключен, крышка автоклава  $V5(1)$  открыта. Для загрузки продукта включается

тельфер M1(1). Когда время  $t_1$ , отведенное на загрузку заканчивается, M1(0) выключается. После выключения тельфера начинается рабочая стадия.

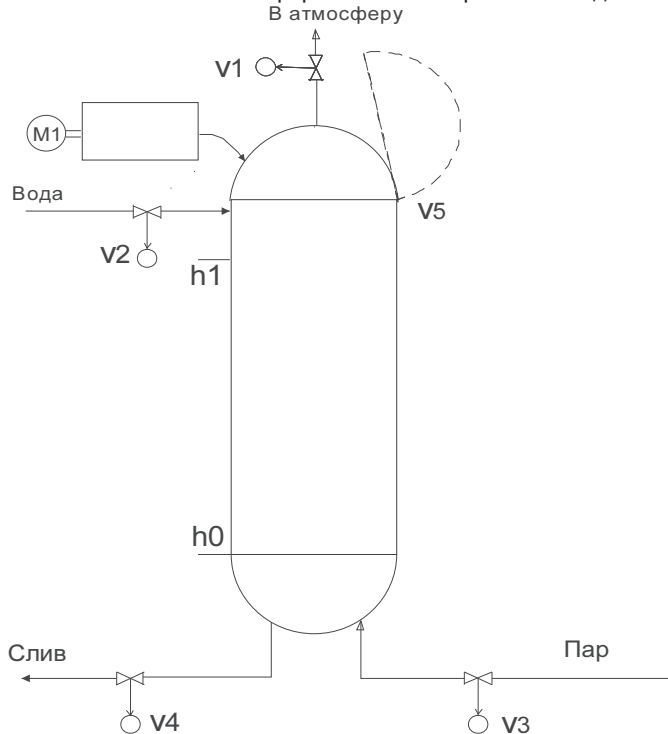


Рис. 1. Технологическая схема автоклава без противодействия

Сначала происходит продувка, открывается клапан подачи пара V3(1) и воздух вытесняется через открытую крышку автоклава. Когда время  $t_2$ , отведенное на продувку заканчивается, закрывается крышка автоклава V5(0), открываются продувочный клапан V1(1) и клапан слива конденсата V4(1). Температура внутри автоклава достигнет  $100^{\circ}\text{C}$  (обозначено через TE1), продувка заканчивается, клапаны V1(0), V4(0) закрываются. Нагрев происходит до достижения заданной температуры TE2, после чего начинается стерилизация и открывается клапан слива конденсата V4(1). По истечению времени стерилизации  $t_3$ , заданного регламентом, клапан V3(0) закрывается, а клапан выпуска воздуха V1(1) открывается. Когда давление в автоклаве достигнет атмосферного (обозначено через PE1), крышка автоклава открывается V5(1), клапан слива закрывается V4(0) и аппарат заполняется водой через клапан V2(1). При достижении верхнего уровня h1, клапан V4(1) открывается. Охлаждение ведется до достижения температуры  $40^{\circ}\text{C}$  (TE3), после чего закрывается клапан V2(0). Третья стадия начинается при срабатывании датчика нижнего уровня h0. Тогда закрывается клапан слива V4(0) и включается тельфер M1(1) на выгрузку. Через время  $t_4$  M1(0) выключается.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

Для описания таких систем с помощью UML [1,2] используются следующие типы диаграмм:

- классов – показывает структуру системы;

- последовательности – описывает временную последовательность использования объектов;
- состояния – определяет последовательность состояний объекта в зависимости от внешних событий;
- деятельности – изменение состояния объекта в зависимости от внутренних действий.

Диаграмма классов (class diagram) служит для представления структуры модели и не зависят от времени. Она определяет типы объектов системы и различные статические связи и отношения между ними. На диаграмме класс изображают прямоугольником, разделенным горизонтальными линиями на три секции: верхняя содержит имя класса, средняя - перечень атрибутов (входных и выходных сигналов и переменных состояния); нижняя - перечень операций (описывают поведение объектов класса). Для того, чтобы построить эту диаграмму надо сначала выделить в системе отдельные, относительно независимые компоненты и определить, каким образом они взаимосвязаны. Двумя основными компонентами комплекса, что рассматриваются, есть автоклав, который является аппаратом периодического действия (АПД), и контроллер. Контроллер направляет объекту управления вентилями V1-V4, крышкой V5 и тельфером M1. Для правильного управления объектом контроллеру необходимо учесть значения уровней, температур, давления и интервалов времени. Таким образом контроллер представлен классом Controller (рис. 2), который содержит атрибуты: уровень, давление и температура, сигналы на открытие (закрытие) вентиляей V1-V4, крышки V5 и тельфера M1. Учитывая многостадийность технологического процесса, в АПД проведена декомпозиция системы на несколько частей, каждая из которых будет отвечать за управление технологическим процессом на определенной стадии. Первая стадия соответствует загрузке аппарата, вторая - рабочей стадии, а третья - выгрузке. Объект представлен классом Apparatus, атрибуты - входные и выходные переменные: уровень, давление и температура, операции - управление потоками и механизмами.

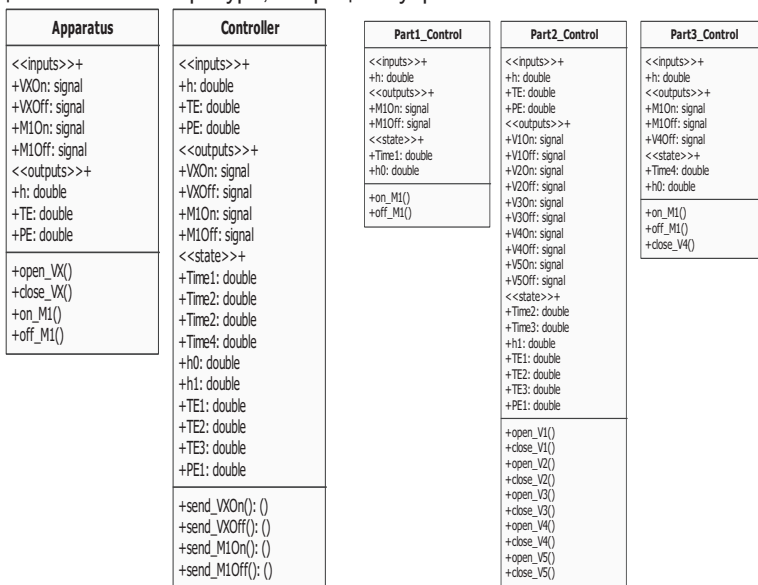


Рис. 2. Диаграмма классов

Диаграмма последовательности (sequence diagram) показывает в какой последовательности появляются объекты при выполнении операции и какой поток информации возникает при этом. Диаграмма последовательности позволяет описать полный цикл работы автоклава с временными интервалами, задаваемые регламентом. С помощью этой диаграммы можно проанализировать временную последовательность стадий и операций цикла. Вертикальные прямоугольники под аппаратом показывают жизненный цикл стадий и операции, происходящие в течение одного временного интервала. Например, четвертая стадия существует во времени, в котором происходят такие действия: закрытие крышки V5(0) и открытия клапанов V1(1) и V4(1) (рис.3).

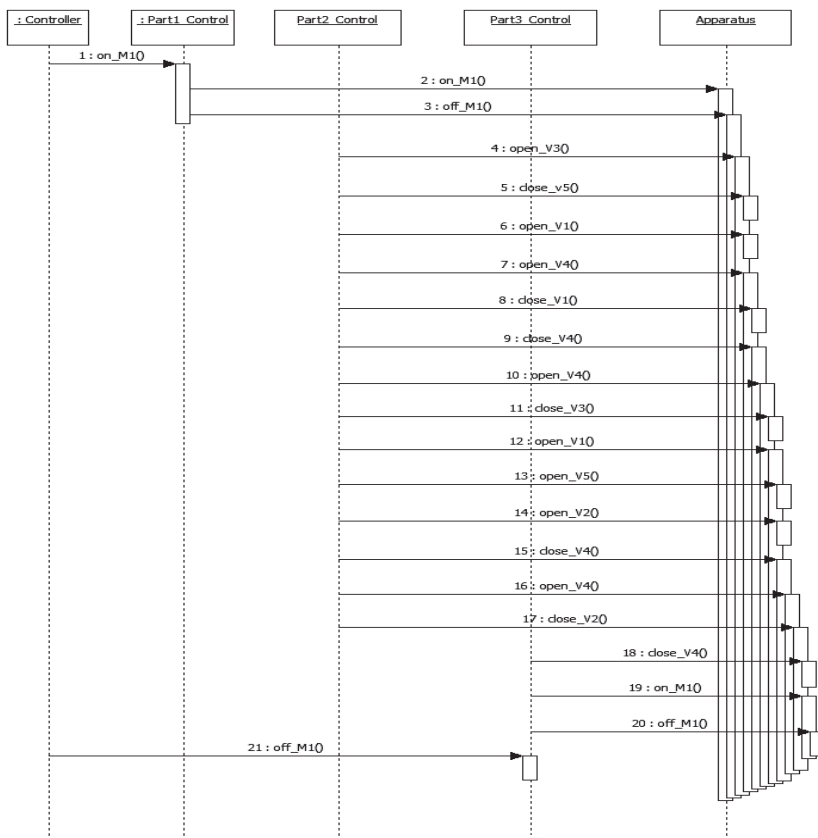


Рис. 3. Диаграмма последовательности

Диаграмма состояния (state diagrams) показывает последовательность состояний, в которых может оказаться объект в зависимости от внешних событий и реакции объекта на эти события. Состояние обозначается Wait и соответствует некоторому интервалу времени в жизни объекта, изображается прямоугольником с закругленными углами, который может иметь одну или несколько секций. В них приводится имя состояния, переменные состояния, внутреннее поведение и т.д. Последнее зачастую содержит следующее: entry - действие на входе в состояние; exit - действие на выходе из состояния. Для класса Controller диаграмма состояния приведена на рис. 4. Фактически в данном случае состояние характеризует ситуацию

ожидания при интервале времени, которые начинаются изменением положения исполнительных органов (Send). Так, при ожидании системы в промежутке стадии 3 система на входе закрывает клапаны V1(0) и V4(0), а при выходе из этого промежутка открывает V4(1). Диаграмма состояния используется для минимизации продолжительности цикла автоклава без противодавления.

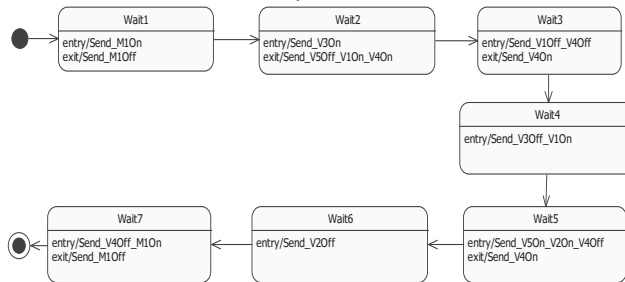


Рис.4. диаграмма состояния

Диаграмма деятельности (activity diagram) предназначена для описания изменения состояния объекта под действием внутренних predetermined действий. В отличие от диаграммы состояния основным элементом этих диаграмм является действие. Для этой цели использованы блок-схемы или структурные схемы алгоритмов. Каждое действие на диаграмме соответствует выполнению некоторой операции, переход к следующему шагу срабатывает только при завершении операции предыдущего действия. Эта диаграмма фактически является алгоритмом логического управления автоклава. У стрелок записывают условия перехода к данному действию. Так, например, включения тельфера M1(1) состоится только при условии, что уровень будет минимальный (h0), клапаны V1(0)-V4(0) закрытые (V1Off-V4Off), тельфер выключен M1(0) (M1Off), а крышка автоклава открыта V5(1) (V5On) (рис.5).

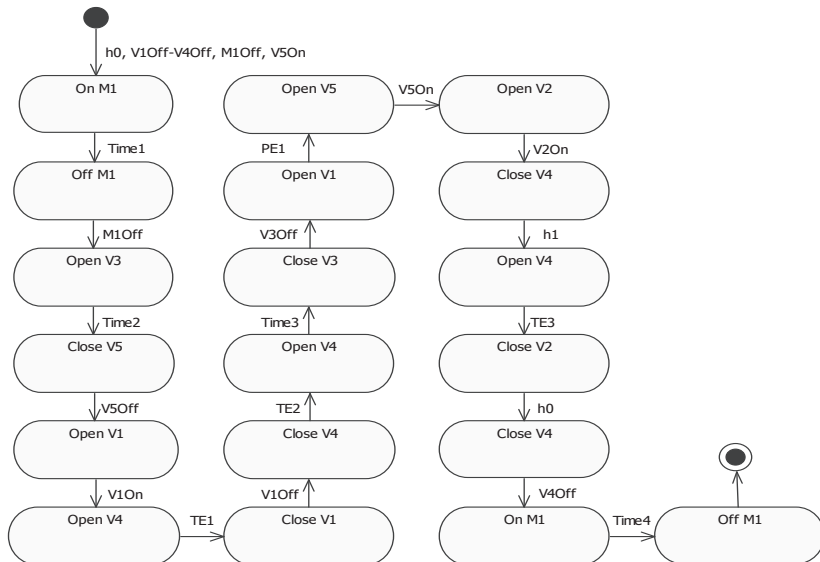


Рис. 5. Диаграмма деятельности

Через время отведенное на загрузку (Time1) тельфер выключится. Только после того, как выключится тельфер, откроется клапан V3(1).

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Выше приведенные диаграммы позволяют представить процесс стерилизации, таким образом, чтобы были определены все связи как между аппаратом и контроллером, так и внутри самого аппарата. А это в свою очередь помогает быстрее и качественнее наглядно смоделировать этот процесс учетом того, что UML является общепринятым стандартом в области разработки моделей систем с их последующей реализацией соответствующими инструментальными средствами.

Разработанная модель может использоваться для улучшения эффективности работы автоклавов с противодавлением и для разработки логической подсистемы АСУ таким автоклавом.

### **ЛИТЕРАТУРА**

[1]. Трегуб В.Г., Побудова математичної моделі автоматизованого апарата періодичної дії / В.Г. Трегуб. // Журнал Харчова Промисловість №3, 2004. — 165 — 169с.

[2]. Бенькович Е.С. Практическое моделирование динамических систем / Е.С. Бенькович, Ю.Б. Колесов, Ю.Б. Сениченков. — СПб.:БХВ-Петербург, 2002. — 464 с.

### **Для контактов:**

Асп. Олег Клименко, Кафедра "Интегрированных автоматизированных систем управления", Национальный университет пищевых технологий, тел.: 093-907-44-50, e-mail: frank.\_.s@bigmir.net

**Доклад был рецензирован**