

Расчет системы автоматического регулирования и проектирование  
схемы автоматизации обработки теплом – пастеризации жомопрессовой  
ВОДЫ.

						<b>КАПП.260204.020.ПЗ</b>		
<i>Изм</i>	<i>Кол.у</i>	<i>Лист. №</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Ванян</i>				<b>Пояснительная</b>	<i>Стади</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Посмитная</i>					К	3	20
<i>Н.контр.</i>						<b>КубГТУ 10-П-ТВ1</b>		
<i>Утв.</i>	<i>Пиотровский</i>							

## Реферат

ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ, ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ, АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА, УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ, РЕГУЛЯТОР, РЕГУЛИРУЮЩИЙ КЛАПАН, ПЕРЕДАТОЧНАЯ ФУНКЦИЯ, АВТОМАТИКА.

Объектом исследования является процесс пастеризации жомопрессовой воды.

Цель данной курсовой работы - расчет системы автоматического регулирования и проектирование схемы автоматизации обработки теплом – пастеризации жомопрессовой воды.

При внедрении схемы автоматизации, разработанной в ходе данной курсовой работы, поможет ускорить и улучшить процесс пастеризации жомопрессовой воды.

## Содержание

Введение.....	5
1 Расчет автоматической системы регулирования.....	6
1.1 Определение передаточных функций.....	6
1.2 Определение характеристического уравнения замкнутой системы.....	8
1.3 Определение устойчивости замкнутой системы алгебраическим методом .....	9
1.4 Определение устойчивости замкнутой системы частотным методом.....	9
2 Проектирование системы автоматического контроля и регулирования.....	13
2.1 Описание технологического процесса.....	13
2.2 Описание схемы автоматизации .....	13
2.3 Выбор средств автоматизации.....	13
Заключение.....	18
Список использованных источников.....	19

## Введение

В наше время существует огромное количество различных продуктов питания и их производителей, что создает большую конкуренцию в этом сегменте рынка. Вот почему автоматизация пищевого производства имеет столь большое значение, помогает предприятиям выйти на новый, более высокий уровень, улучшить общие показатели. Автоматизация производств в пищевой сфере – это эффективный способ найти новые решения, пути увеличения выпуска продукции и прибыли от нее, а также существенно понизить себестоимость.

Автоматизация пищевого производства – это комплексный процесс, который включает в себя различные меры по переводу производственного процесса полностью или частично на автоматический режим работы. Современные технологии (шкафы и панели управления, компьютерное программное обеспечение) позволяют добиться практически на любом производстве высокой степени автономности.

Целью данной работы является автоматизация технологического процесса пастеризации жомопрессовой воды.

Задачами курсовой работы являются: выбор объектов управления, определение параметров для контроля, управления, сигнализации; разработка функциональной схемы автоматизации.

## 1 Расчет АСР

Рассчитаем автоматическую систему регулирования по следующим данным: регулируемая величина – рН, контролируемая величина – температура. Схема АСР представлена на рисунке 1:

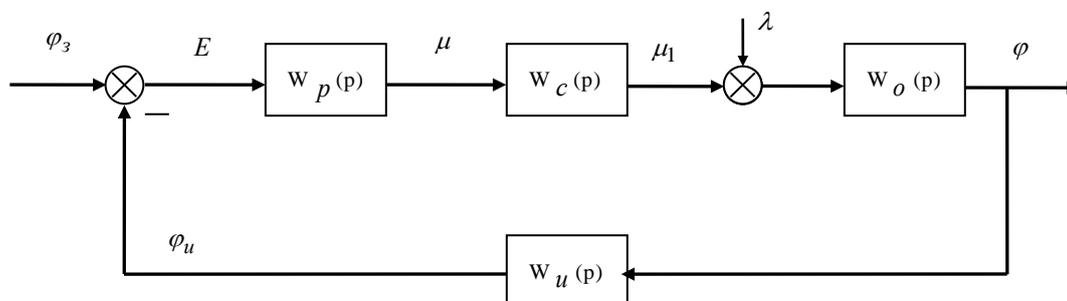


Рисунок 1 - Схема автоматической системы регулирования

На рисунке 1 приняты следующие обозначения:

$W_p(P)$ ,  $W_c(P)$ ,  $W_o(P)$ ,  $W_i(P)$  – передаточные функции: регулятора, исполнительного механизма, объекта регулирования, измерителя соответственно;

$\varphi_z$ ,  $\varphi_d$ ,  $\varphi_i$  – заданное, действительное и измеренное значения регулируемой величины соответственно;

$\lambda$  – возмущающее воздействие;

Передаточные функции и коэффициенты передаточных функций приведены в таблице 1 и таблице 2.

Т а б л и ц а 1 - Передаточные функции элементов

$W_i(P)$	$W_c(P)$	$W_p(P)$	$W_o(P)$
$\frac{K_u}{T_1 p + 1}$	$\frac{1}{T_c p + 1}$	$K_p + T_g p$	$\frac{1}{T_o p}$

Т а б л и ц а 2 - Коэффициенты передаточных функций

$K_0$	$T_0$	$T$	$K_p$	$T_i$	$T_d$	$K_c$	$T_c$	$K_i$	$T_1$
2,5	150	25	6	70	50	0,8	60	1	5

### 1.1 Определение передаточных функций

Найдем передаточные функции разомкнутой и замкнутой САУ по отношению к возмущающему воздействию  $\lambda$  и заданию  $\varphi_z$ .

$$W_{раз}(p) = W_p(p) \times W_c(p) \times W_o(p) \times W_u(p); \quad (1.1)$$

$$W_{раз}(p) = K_u * K_c \times \frac{K_o}{(T_o^2 p^2 + T_1 p + 1)} \times \frac{K_p}{T_1 p + 1}; \quad (1.2)$$

$$\begin{aligned} W_{раз}(p) &= (K_p + T_g p) * \frac{1}{T_c p + 1} \times \frac{1}{T_o p} \times \frac{K_u}{T_1 p + 1} = \\ &= \frac{6 + 50p}{(60p + 1)(5p + 1)150p} = \\ &= \frac{6 + 50p}{45000p^3 + 9750p^2 + 150p}. \end{aligned}$$

Найдем передаточные функции замкнутой САУ по отношению к возмущающему воздействию  $\lambda$  и заданию  $\varphi_3$

$$W^1_{з.с.}(p) = \frac{\varphi(p)}{\lambda(p)} = \frac{W_0(p)}{1 + W_{раз}(p)}; \quad (1.3)$$

$$W^2_{з.с.}(p) = \frac{\varphi(p)}{\varphi_3(p)} = \frac{W_p(p) \times W_c(p) \times W_0(p)}{1 + W_{раз}(p)}; \quad (1.4)$$

$$W^3_{з.с.}(p) = \frac{E(p)}{\varphi_3(p)} = \frac{1}{1 + W_{раз}(p)}; \quad (1.5)$$

По формуле (1.3) найдем  $W^1_{з.с.}(p)$ :

$$\begin{aligned} W^1_{з.с.}(p) &= \frac{\varphi(p)}{\lambda(p)} = \frac{W_0(p)}{1 + W_{раз}(p)} = \\ &= \frac{1}{T_o p} \left( 1 + \frac{K_u \times (K_p + T_g p)}{T_o p (T_c p + 1) (T_1 p + 1)} \right) = \\ &= \frac{1}{T_o p} \times \frac{T_o p (T_1 p + 1) (T_c p + 1)}{T_o p (T_c p + 1) (T_1 p + 1) + K_u \times (K_p + T_g p)} = \\ &= \frac{(T_c p + 1) (T_1 p + 1)}{T_o p (T_c p + 1) (T_1 p + 1) + K_u \times (K_p + T_g p)} = \\ &= \frac{(60p + 1)(5p + 1)}{(60p + 1)(5p + 1)150p + 6 + 50p} = \\ &= \frac{30p^2 + 65p + 1}{45000p^3 + 9750p^2 + 200p + 6} \end{aligned}$$

По формуле (1.4) найдем  $W^2_{з.с.}(p)$ :

$$\begin{aligned}
W_{3.c.}^2(p) &= \frac{\varphi(p)}{\varphi_3(p)} = \frac{W_p(p) \times W_c(p) \times W_0(p)}{1 + W_{раз}(p)} = \\
&= \frac{(K_p + T_g p)}{T_0 p(T_c p + 1)} \left( 1 + \frac{K_u \times (K_p + T_g p)}{T_0 p(T_c p + 1)(T_1 p + 1)} \right) = \\
&= \frac{(K_p + T_g p)}{T_0 p(T_c p + 1)} \times \frac{T_0 p(T_1 p + 1)(T_c p + 1)}{T_0 p(T_c p + 1)(T_1 p + 1) + K_u \times (K_p + T_g p)} = \\
&= \frac{(K_p + T_g p) \times (T_1 p + 1)}{T_0 p(T_c p + 1)(T_1 p + 1) + K_u \times (K_p + T_g p)} = \\
&= \frac{(1 + 5p) \times (50p + 6)}{(60p + 1)(5p + 1)150p + 6 + 50p} = \\
&= \frac{250p^2 + 80p + 6}{45000p^3 + 9750p^2 + 200p + 6}
\end{aligned}$$

По формуле (1.5) найдем  $W_{3.c.}^3(p)$ :

$$\begin{aligned}
W_{3.c.}^3(p) &= \frac{E(p)}{\varphi_3(p)} = \frac{1}{1 + W_{раз}(p)} = \\
&= \frac{1}{1 + \frac{K_u \times (K_p + T_g p)}{T_0 p(T_c p + 1)(T_1 p + 1)}} = \\
&= \frac{T_0 p(T_1 p + 1)(T_c p + 1)}{T_0 p(T_c p + 1)(T_1 p + 1) + K_u \times (K_p + T_g p)} = \\
&= \frac{(5p + 1)(60p + 1)150p}{(60p + 1)(5p + 1)150p + 6 + 50p} = \\
&= \frac{45000p^3 + 9750p^2 + 150p}{45000p^3 + 9750p^2 + 200p + 6}
\end{aligned}$$

## 1.2 Определение характеристического уравнения замкнутой системы

Для нахождения характеристического уравнения замкнутой системы сложим полиномы числителя и знаменателя передаточной функции разомкнутой системы и приравняем сумму к нулю, т.е.

$$1 + W_{раз}(p) = 0.$$

Пусть  $W_{раз}(p) = \frac{B(p)}{A(p)}$ , тогда  $1 + \frac{B(p)}{A(p)} = 0$  или  $A(p) + B(p) = 0$ .

В данном примере:

$$W_{раз}(p) = \frac{K_c \times K_0 \times K_u \times K_p}{(T^2_0 p^2 + T_1 p + 1)(T_1 p + 1)}, \quad (1.6)$$

где  $K_u \times (K_p + T_g p) = B(p)$

$$T_0 p (T_c p + 1)(T_1 p + 1) = A(p)$$

Характеристическое уравнение замкнутой системы (получим путем сложения):

$$K_u \times (K_p + T_g p) + T_0 p (T_c p + 1)(T_1 p + 1) = 0$$

Характеристическое уравнение замкнутой САУ принимает вид:

$$45000p^3 + 9750p^2 + 200p + 6 = 0. \quad (1.7)$$

### 1.3 Определение устойчивости замкнутой системы алгебраическим методом

Для анализа устойчивости САУ аналитическим методом составим определитель:

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} C_1 & C_3 & 0 \\ C_0 & C_2 & 0 \\ 0 & C_1 & C_3 \end{vmatrix}.$$

Необходимое условие устойчивости – положительность всех коэффициентов характеристического уравнения  $C_0 > 0$ ,  $C_1 > 0$ ,  $C_2 > 0$ ,  $C_3 > 0$  выполняется.

Достаточное условие – положительность всех главных диагональных миноров до  $n - 1$  порядка при  $C_0 > 0$ , проверим

$$\Delta_1 = C_1 > 0;$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} C_1 & C_3 \\ C_0 & C_2 \end{vmatrix} = C_1 C_2 - C_3 C_0 = 9750 \times 200 - 45000 \times 6 = 1680000 > 0;$$

Условие выполняется, следовательно, замкнутая САУ устойчива.

### 1.4 Определение устойчивости замкнутой системы частотным методом

Для анализа устойчивости по частотному методу Михайлова запишем выражение годографа Михайлова. Для этого в характеристическое уравнение подставим  $p = i\omega$ .

$$G(j\omega) = 45000(j\omega)^3 + 9750(j\omega)^2 + 200(j\omega) + 6 = 0;$$

Для облегчения процесса построения  $G(i\omega)$  при изменении  $\omega$  от нуля до плюс бесконечности, найдем точки его пересечения с вещественной и мнимой осью комплексной плоскости. Для этого представим  $G(i\omega)$  в виде вещественной и мнимой части:

$$G(j\omega) = \operatorname{Re}(\omega) + j \operatorname{Im}(\omega) = 6 - 9750\omega^2 + j(200\omega - 45000\omega^3);$$

$$\text{поскольку } j^2 = -1, j^3 = -j.$$

$$\operatorname{Re}(\omega) = 6 - 9750\omega^2;$$

$$\operatorname{Im}(\omega) = 200\omega - 45000\omega^3.$$

Для определения точек пересечения годографа Михайлова с вещественной осью приравняем к нулю его мнимую часть

$$\operatorname{Im}(\omega) = 200\omega - 45000\omega^3 = 0;$$

$$\text{Отсюда } \omega_1 = 0, \omega_3 = \sqrt{\frac{200}{45000}} = \pm 0,068 \text{ с}^{-1}.$$

Подставляем полученные положительные значения в вещественную часть  $G(j\omega)$ , находим:

$$\operatorname{Re}(\omega_1) = \operatorname{Re}(0) = 6;$$

$$\operatorname{Re}(\omega_2) = \operatorname{Re}(0,068) = 6 - 9750 \times 0,068^2 = -28,46.$$

Приравняем вещественную часть к нулю:

$$\operatorname{Re}(\omega) = 6 - 9750\omega^2 = 0,$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{6}{9750}} = \pm 0,037 \text{ с}^{-1}.$$

Значение  $\omega_2$  подставляем в мнимую часть:

$$\operatorname{Im}(\omega) = \operatorname{Im}(0,037) = 200 \times 0,037 - 45000 \times 0,037^3 = 12,95 - 3,79 = 9,16.$$

Поскольку  $\omega_3 < \omega_2$ , то чередуемость корней соблюдается и система управления устойчива. Убедимся в этом, построив годограф Михайлова по полученным точкам:

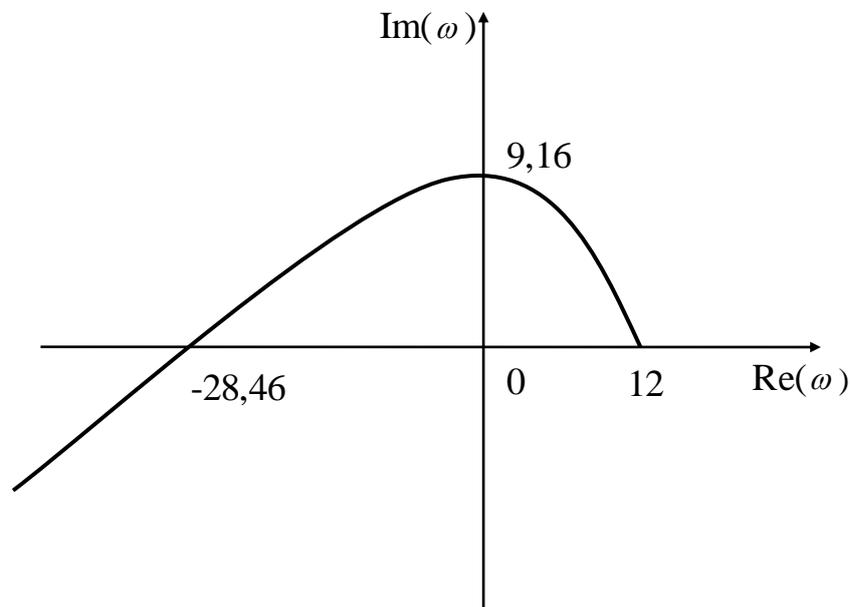


Рисунок 2 - Годограф Михайлова

Из графика  $G(j\omega)$  следует, что он начинается с положительной действительной полуоси и последовательно против часовой стрелки проходит  $n$  – квадрантов, при изменении частоты  $\omega$  от  $0$  до  $+\infty$ . Следовательно, система устойчива.

Определим отклонение регулируемой величины от заданной в установившемся режиме для  $\varphi_3(t) = 1$  и  $\lambda(t) = 1$ .

Найдем статическую ошибку системы для параметров настройки регулятора  $K_p = 6$ ,  $T_o = 50$ . На основании принципа суперпозиции, которому подчиняются линейные системы управления реакции, система на несколько воздействий равна сумме реакций на каждое из них:

$$E_1(p) = W_{3.c.}^{\varphi_3, E}(p) \varphi_3(p),$$

где 
$$W_{3.c.}^{\varphi_3, E}(p) = \frac{E_1(p)}{\varphi_3(p)} = \frac{1}{1 + W_{раз}};$$

$$E_2(p) = W_{3.c.}^{\lambda, E}(p) \lambda(p),$$

где 
$$W_{3.c.}^{\lambda, E}(p) = \frac{E_2(p)}{\lambda(p)} = \frac{W_o(p)}{1 + W_{раз}};$$

$$\varphi_3(p) = \frac{1}{p}, \quad \lambda(p) = \frac{1}{p}.$$

Подставив соответствующие значения передаточных функций, их коэффициентов и найдя предел, получим составляющие статической ошибки по задающему  $\varphi_3$  и возмущающему  $\lambda$  воздействиям:

$$E(\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} p \times \frac{1}{p} \times \frac{1}{1 + W_{раз}} + \lim_{p \rightarrow 0} p \times \frac{1}{p} \times \frac{W_o(p)}{1 + W_{раз}} = 0 + 0,083 = 0,083.$$

Вывод: САУ является статической как по задающему, так и по возмущающему воздействиям.

## **2 Проектирование системы автоматического контроля и регулирования.**

### **2.1 Описание технологического процесса**

С целью обезвреживания жидкости от микроорганизмов в пищевом производстве применяют пароконтактные подогреватели. Жидкость под давлением распыляется в нагревателе и мгновенно обрабатывается паром. Такие подогреватели нашли применение в свеклосахарном производстве при обработке жомопрессовой воды. Жомопрессовая вода из сборника поступает в пароконтактный подогреватель, где обрабатывается паром, и затем, имея температуру 90 °С, поступает в испаритель для утилизации тепла. Жомопрессовая вода, поступающая в производство, должна иметь температуру около 70°С.

### **2.2 Описание схемы автоматизации**

Стабилизация температуры жомопрессовой воды на выходе из пароконтактного подогревателя осуществляется с помощью термопреобразователя сопротивления ТСП 2а и моста с пропорционально-интегральным регулирующим устройством КСП-2 2б. Пневматический сигнал от моста поступает в прибор алгебраического суммирования ПФ1.1 (2в).

Прибор ПФ1.1 (2в) осуществляет коррекцию управляющего сигнала регулятора температуры с учетом количества воды, поступающей в пароконтактный подогреватель. От прибора ПФ1.1-М1 (2в) скорректированный сигнал поступает через панель дистанционного управления БПДУ-А (2г) на регулирующий клапан (2д) подачи пара в пароконтактный подогреватель.

### **2.3 Выбор технических средств автоматизации**

На основании проведенного анализа технологического процесса производства кисломолочных напитков проводится выбор технических средств контроля и управления. Функциональная схема автоматизации приведена в иллюстративной части.

- 1) Термопреобразователь сопротивления ТСМ 1-1187

Термопреобразователи с защитной арматурой из стали 10X17- Н13М2Т могут использоваться в агрессивной рабочей среде, содержащей до 25% H<sub>2</sub>S и CO<sub>2</sub> и рассчитаны на работу в среде, содержащей до 10 мг/м<sup>3</sup> сероводорода (кратковременно до 100 мг/м<sup>3</sup> в течение до 230 часов в год). Термопреобразователи предназначены для применения во взрывоопасных зонах и помещениях 0, 1 и 2 классов по ГОСТ Р 51330.9 и ГОСТ Р 51330.13, а также во взрывоопасных зонах и помещениях всех классов согласно гл. 7.3 ПУЭ и другим нормативно-техническим документам имеют взрывобезопасный уровень взрывозащиты. Конструкция термопреобразователей может иметь вид взрывозащиты «Искробезопасная цепь», с маркировкой взрывозащиты OExiaIICT6, IExibIICT6 и «Взрывонепроницаемая оболочка».

Диапазон измеряемых температур от минус 200 °С до плюс 500 °С по ГОСТ 6651-94 — 50М, 100М, 50П, 100П, 2х50П, 2х100П Класс допуска по ГОСТ 6651-94 — В, С. Материал защитной арматуры — сталь 12X18Н10Т, 10X17Н13М2Т Материал головки — алюминиевый сплав, сталь 12X18Н10Т Термопреобразователи поставляются с вводными устройствами: для присоединения бронированного кабеля (Б), для открытой прокладки присоединяемого кабеля (К), для трубной прокладки кабеля (Т) с присоединительной резьбой G3/4 (возможна поставка G1/2).



Рисунок 3 - Термопреобразователь сопротивления ТСМ 1-1187

2) Автоматический показывающий регулирующей и регистрирующей потенциометр типа КСП2

Предназначены для измерения, записи и регулирования (при наличии регулирующего устройства) температуры и других величин, изменения значений которых могут быть преобразованы в изменение напряжения постоянного тока.

Технические характеристики: основная погрешность от нормирующего значения показаний  $\pm 0,5$  %, записи  $\pm 1,0$  %; погрешность срабатывания контактов регулирующего устройства для одноточечных приборов  $\pm 1,0$  %; погрешность выходного сигнала от нормирующего значения для приборов с выходными преобразователями постоянной тока и напряжения без линейризации сигнала  $\pm 1,0$  %: количество точек измерения 1, 3, 6, 12.

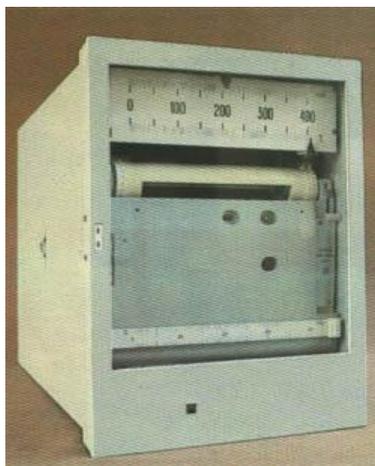


Рисунок 4 - Автоматический показывающий потенциометр типа КСП2

3) ПФ1.1-М1 прибор алгебраического суммирования пневматический  
Пневматический прибор ПФ1.1-М1 используется для осуществления алгебраического сложения трёх пневматических сигналов, два из которых со знаком «плюс» и один со знаком «минус». ПФ1.1-М1 входит в систему приборов СТАРТ (Система автоматических регуляторов и приборов, построенных на пневматических элементах).

Прибор ПФ1.1-М1 может быть использован для умножения на два одного сигнала и деления на два одного или суммы двух сигналов.

Основные характеристики приборов. Диапазон изменения входных и выходных аналоговых сигналов от 20 до 100 (от 0,2 до 1,0) кПа (кгс/см<sup>2</sup>). Пределы смещения выходного сигнала с помощью ПФ1.1-М1 от 100 до 20 (от 1,0 до 0,2) и от 20 до 100 (от 0,2 до 1,0) кПа (кгс/см<sup>2</sup>). Давление воздуха питания  $140 \pm 14$  (1,4  $\pm$  0,14) кПа (кгс/см<sup>2</sup>). Предел допускаемой основной погрешности \*  $\pm 1,5$  %.

Расстояние передачи сигнала прибором ПФ1.1-М1 по трассе, не более 300 м, с внутренним диаметром 6 мм.

Прибор может быть использован в пожаро- и взрывоопасных помещениях



Рисунок 5 - Прибор алгебраического суммирования ПФ1.1-М1

#### 4) Панель байпасная БПДУ-А

Панель байпасная БПДУ-А предназначена для осуществления перехода с автоматического регулирования на ручное управление пневматическими исполнительными механизмами приводами в автоматизированных системах управления технологическими процессами. Панель обеспечивает автоматический (дистанционный) и ручной режим работы; безударный переход с автоматического на ручной режим; индикацию управляющего сигнала.

Климатические условия: панель байпасная устойчива к температуре окружающего воздуха в диапазоне от  $+5^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ . Технические характеристики: давление питания панели: – 0,14 МПа. Выходной пневматический сигнал в автоматическом и ручном режиме:

– от 0,02 до 0,1 МПа. Расход воздуха: – не менее 10 л/мин. Диаметр условного прохода трубопроводов панели: – не менее 3 мм.

Рабочее положение в пространстве: – горизонтальное. Масса: – не более 1,25 кг.



Рисунок 6 - панель байпасная БПДУ-А

#### 5) Автоматический клапан XLC 420 CSA

Автоматический клапан снижает более высокое давление (расход воды) на входе до устойчивого более низкого давления (расхода воды) на выходе. Принцип действия основывается на том, что автоматический клапан приводится в действие протекающей средой и действует согласно законам гидравлики.

Материалы. Главный клапан: корпус и крышка из чугуна CS 400-15; направляющие из бронзы; седло клапана, шток, пружины, болты и гайки нерж.стали; уплотнение, мембрана из NBR.

Объект управления - распределительный клапан: корпус из бронзы, крышка из нерж.стали, уплотнение из NBR, контрольные трубки из нерж.стали. Для защиты от коррозии - внутри и снаружи – эпоксидное покрытие, годное для питьевой воды.

## Заключение

Автоматизация производственных процессов - способ организации производства, при котором функции управления и контроля, обычно возлагавшиеся на человека, перекладываются на автоматические системы и устройства.

Автоматизация производственных процессов - важнейшая часть современной промышленности, один из главных приоритетов технологического прогресса.

В данной курсовой работе была разработана схема автоматизации управления технологическим процессом производства пастеризации жомопрессовой воды, которая включает в себя контуры регулирования температуры и контроля давления.

Разработанная в ходе курсовой работы схема автоматизации процесса производства кисломолочных напитков и выбранные системы управления техпроцессом предназначены для оптимизации данной стадии. Внедрение разработанных систем автоматизации на конкретном производстве повысит качество выпускаемой продукции, снизит технологические потери. А также обеспечивает полное или частичное освобождение обслуживающего персонала от выполнения функций контроля и управления.

### Список использованных источников

- 1 Пугачев В. И. Задания и методические указания по курсу «Автоматика»/ В.И. Пугачев – Краснодар:Изд. гос.ун-та, 2009. – 77 с.
2. Под ред. Л, А. Широкова Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в пищевой промышленности -М.:Пищевая промышленность, 2012.-317с.
3. Соколов В.А. Автоматизация технологических процессов пищевой промышленности .-М.:Агропромиздат, 2011.-445с.