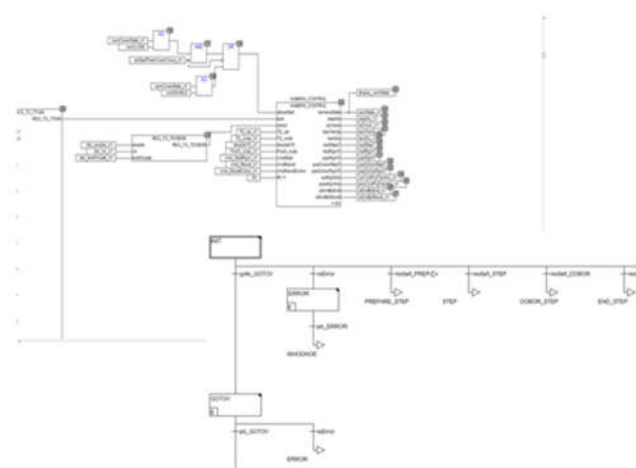


## АСУ ЖБИ (ПЛК)

### Описание алгоритмов



Автоматизация в производстве

## Содержание

1	Общие сведения .....	3
1.1	Состав системы .....	3
1.2	Основные понятия, используемые при описании алгоритмов АСУ.....	3
2	Назначение и характеристика .....	4
2.1	Основные возможности АСУ .....	4
2.1.1	Обработка режима ТВО по ДУ .....	4
2.1.2	Наличие этапа автоподбора температуры .....	4
2.1.3	Режимы управления клапаном .....	4
2.1.4	Режимы расчета этапа предварительной выдержки .....	5
2.1.5	Учет положения крышки пропарочной камеры при запуске режима ТВО .....	5
2.1.6	Энергонезависимое сохранение текущего состояния АСУ .....	5
2.1.7	Учет положения крышки пропарочной камеры .....	5
2.1.8	Живучесть системы .....	5
2.1.9	Авто-настройка ПИД - регулятора .....	6
2.1.10	СМС-оповещение.....	6
2.1.11	Звуковая и световая индикация посредством свето-сигнальной колонны .....	6
2	Используемая информация.....	6
3	Результат работы .....	9
4	Описание алгоритмов .....	9
4.1	Состояния АСУ.....	9
4.2	Обработка режима ТВО .....	10
4.3	Запуск режима с учетом положения крышки пропарочной камеры .....	12
4.4	Автоматический расчет этапа предварительной выдержки .....	12
4.5	Смена режима управления клапаном .....	13
4.6	СМС-оповещения.....	14
4.7	Сигнальная колонна .....	14

## 1 Общие сведения

Автоматизации подлежат пропарочные камеры ямного типа, в которых проводится тепло-влажностная обработка железобетонных изделий насыщенным паром.

### 1.1 Состав системы

Система организована как трехуровневая:

**1. Нижний уровень.** Уровень датчиков и исполнительных механизмов. На этом уровне формируется первичная информация, поступающая в систему, а также осуществляется непосредственное управление исполнительными механизмами. В качестве контрольных элементов выступают: датчик температуры в пропарочной камере; датчик положения клапана; индуктивный датчик положения крышки пропарочной камеры. В качестве исполнительных элементов выступают: клапан запорно-регулирующий; свето-сигнальная колонна.

**2. Средний уровень.** Уровень локальной автоматики (контроллеров). Уровень сбора, обработки и передачи информации. Данный уровень предполагается как автономный, который при отсутствии связи с верхним уровнем способен осуществлять процесс контроля и управления системами. С данного уровня также осуществляется передача информации на верхний уровень системы и (если это требуется) в другие системы.

**3. Верхний уровень.** Уровень человеко-машинных интерфейсов (ManMachine Interface- MMI), операторского контроля и межпроцессового взаимодействия (SCADA-система). На этом уровне в качестве оборудования используются рабочие станции оператора (APM диспетчера).

Средний и верхний уровень системы соединены линиями связи различного типа.

### 1.2 Основные понятия, используемые при описании алгоритмов АСУ

**Режим тепло-влажностной обработки (ТВО)** - режим тепловлажностной обработки ЖБИ изделий в пропарочных камерах ямного типа насыщенным паром.

**Режим управления клапаном запорно-регулирующим (КЗР)** - режим управления клапаном запорно-регулирующим.

## 2 Назначение и характеристика

АСУ предназначена для автоматизации процесса тепло-влажностной (ТВО) обработки насыщенным паром железобетонных изделий (ЖБИ) в пропарочных камерах ямного типа.

Регулированию подлежит температура среды в пропарочной камере. В качестве теплоносителя в пропарочных камерах выступает насыщенный пар. Исполнительным элементом в системе выступает клапан запорно-регулирующий, регулирующий объем подаваемого пара в пропарочную камеру и тем самым температуру среды в камере.

ТВО ЖБИ состоит в отработке режима ТВО, состоящего из десяти этапов. Каждый из этапов характеризуется длительностью и температурной уставкой (для автоматического режима управления), которая должна быть достигнута к моменту завершения этапа, а также процентом открытия клапана для заданного этапа (для режима управления «Авто ДУ»). Поддержание заданной температуры в течении текущего этапа возможно как на основе релейного, так и ПИД-регулятора. В процессе отработки режима АСУ может быть переведена из автоматического режима управления в ручной и обратно, без сброса режима управления.

### 2.1 Основные возможности АСУ

#### 2.1.1 Отработка режима ТВО по ДУ

В случае выхода из строя датчика температуры он может быть отключен программно, а процессе обработки будет проходить по заданным значениям величины открытия клапана.

#### 2.1.2 Наличие этапа автодобора температуры

Данная функция состоит во включении ожидания достижения текущей температуры в пропарочной камере конечной температуры по уставке. Последующий этап начнется только с момента достижения текущей температуры в пропарочной камере температуры в соответствии с заданием. Добор температуры в процессе его протекания может быть сброшен, а сама функция может быть отключена программно.

#### 2.1.3 Режимы управления клапаном

В АСУ реализованы режимы управления клапаном, представленные в таблице ниже.

Таблица 1. Режимы управления клапаном

Название режима	Содержание
ПИД	Управление клапаном в автоматическом режиме на основе ПИД-регулятора по текущему показанию датчика температуры в камере и текущей уставке
Релейный	Управление клапаном в автоматическом режиме на основе релейного регулятора по текущему показанию датчика температуры в камере и текущей уставке
Авто ДУ	Управление клапаном в автоматическом режиме по заданным в режиме значениям диаметра условного (% открытия клапана)
АНР ПИД	Идет процесс автоматической настройки ПИД-регулятора
Ручной	Ручной режим управления. Управление клапаном осуществляется посредством кнопок открытия и закрытия клапана на панели управления

Ручной ДУ	Ручной режим управления. Управление клапаном осуществляется посредством ручного задания процента открытия клапана
Авария	Клапан находится в состоянии аварии

Смена режима управления клапаном может проводится в любом состоянии камеры.

#### 2.1.4 Режимы расчета этапа предварительной выдержки

В АСУ реализованы различные режимы расчета предварительной выдержки (этап 1).

Таблица 2. Режимы расчета этапа выдержки

Название режима	Содержание
Автоматический	На основе положения крышки пропарочной камеры по показаниям индуктивного датчика положения. При закрытии крышки исходя из длительности этапа 1 по заданию начинается обратный отсчет остатка этапа.
По заданию	Длительность этапа 1 равна длительно по заданию
Ручной	Длительность этапа 1 при запуске задается вручную посредством элементов сенсорной панели оператора

#### 2.1.5 Учет положения крышки пропарочной камеры при запуске режима ТВО

В АСУ имеется функция контроля положения крышки пропарочной камеры при запуске режима ТВО. Данная функция состоит в том, что режим не будет запущен, пока крышка пропарочной камеры не будет закрыта. Имеется опция программного включения/отключения данной функции.

#### 2.1.6 Энергонезависимое сохранение текущего состояния АСУ

При отключении питания ШУ управляющая программа производит запись параметров системы (ПИД коэффициенты регулятора, настройки регулятора, режим эксплуатации) и текущее состояние (текущий этап режима, остаток длительности текущего этапа и режима) в энергонезависимую память. Срок хранения записанных параметров – до полугода.

#### 2.1.7 Учет положения крышки пропарочной камеры

В АСУ предусмотрена возможность подключения индуктивного датчика положения крышки. В АСУ на основе положения крышки реализовано:

- оповещение (смс и сообщение в АРМ) об открытии крышки камеры во время режима ТВО;
- предотвращение запуск режима ТВО при открытом положении крышки;
- запуск отсчет этапа предварительной выдержки (первого этапа режима ТВО) в момент закрытия крышки.

#### 2.1.8 Живучесть системы

Эксплуатация системы возможная как при выходе из строя как датчика температуры (режим управления Автоматический ДУ), так и датчика положения клапана. Данная возможность

обеспечивается за счет реализованных алгоритмов управления и введения программной возможности отключения указанных датчиков.

### 2.1.9 Авто-настройка ПИД - регулятора

АСУ включает в свой состав автоматический алгоритм настройки коэффициентов ПИД-регулятора, значительно-облегчающий ввод и непосредственную эксплуатацию АСУ.

### 2.1.10 СМС-оповещение

Шкаф автоматического управления включает в свой состав GSM-модем, посредством которого проводится смс оповещение о возникающих аварийных, тревожных и информационных событиях.

Посредством смс производится оповещение о следующих событиях:

- авария датчика температуры паропровода;
- авария датчика давления паропровода;
- авария датчика температуры пропарочной камеры;
- авария датчика положения клапана запорно-регулирующего;
- завершение режима ТВО;
- переход камеры в состояние «Авария»;
- открытие крышки пропарочной камеры во время режима ТВО.

### 2.1.11 Звуковая и световая индикация посредством свето-сигнальной колонны

Посредством сигнальной колонны проводится оповещение о возникновении следующих событий:

- авария датчика температуры пропарочной камеры;
- авария датчика положения клапана запорно-регулирующего;
- переход камеры в состояние «Авария»;
- завершение режима ТВО;
- открытие крышки пропарочной камеры во время режима ТВО.

## 2 Используемая информация

В качестве исходной информации используются данные, снимаемые с датчиков температуры, давления, положения клапана запорно-регулирующего, положения крышки пропарочной камеры. Эта информация передается в шкаф управления (ШУ), обрабатывается с учетом заданий оператора и аварийных уставок и выдаются управляющие сигналы на клапаны и сигнальные колонны.

Таблица 3. Параметры состояния установок

№	Сигнал контроля	Обозначение/ значение
1	Температура в камере (ДТС035-50М)	Т <sub>кам</sub> = -50...+150 °С
2	Положение клапана запорно-регулирующего (100 Ом)	PS = 0...100%
3	Полное открытие клапана	1 - открыт
4	Полное закрытие клапана	1 - закрыт
5	Температура пара в паропроводе (ДТС035-50М)	Т <sub>пар</sub> = -50...+150 °С
6	Положение крышки пропарочной камеры	isCoverOpen = 1 – открытие крышки

7	Длительность режима ТВО	мин
8	Остаток этапа	мин
9	Остаток режима	мин
10	Длительность добора этапа	мин
11	Длительность добора режима	мин

Таблица 4. Сигналы оператора, настроечные параметры и аварийные уставки

№	Сигнал/параметр	Обозначение/ значение
1	ВКЛ модем	1-включить
2	ВКЛ тлф номер 1..10	1-включить
3	Номер телефона 1..10	0.. 999999999
4	ВКЛ привязку сообщения <b>Авария датчика температуры паропровода</b> к номеру 1..10	1-включить
5	ВКЛ привязку сообщения <b>Понижение температуры пара в паропроводе</b> к номеру 1..10	1-включить
6	ВКЛ привязку сообщения <b>Авария датчика давления паропровода</b> к номеру 1..10	1-включить
7	ВКЛ привязку сообщения <b>Понижение давление пара в паропроводе</b> к номеру 1..10	1-включить
8	ВКЛ привязку сообщения <b>Авария датчика температуры камеры</b> к номеру 1..10	1-включить
9	ВКЛ привязку сообщения <b>Авария датчика положения клапана</b> к номеру 1..10	1-включить
10	ВКЛ привязку сообщения <b>Завершение режима</b> к номеру 1..10	1-включить
11	ВКЛ привязку сообщения <b>Переход камеры в состояние Авария</b> к номеру 1..10	1-включить
12	ВКЛ привязку сообщения <b>Открытие крышки во время режима ТВО</b> к номеру 1..10	1-включить
13	НПГ температуры паропровода	0..100 °С
14	НПГ давления паропровода	0..10 атм
15	ВКЛ смс оповещения паропровода	1-включить
16	ВКЛ смс оповещение снижения температуры паропровода	1-включить
17	ВКЛ смс оповещение аварии датчика температуры	1-включить
18	ВКЛ смс оповещение снижения давления паропровода	1-включить
19	ВКЛ смс оповещение аварии датчика давления	1-включить
20	Точность регулирования	°С
21	Точность позиционирования задвижки	0..100 %
22	Обратный ход	0.. 65535 сек
23	Минимальное время работы клапана	0.. 65535 сек
24	Минимальное время остановки клапана	0.. 65535 сек
25	Период работы задвижки	0.. 65535 сек
26	Минимальный импульс работы	0.. 65535 сек
27	Минимальное время работы клапана	0.. 65535 сек

28	Максимальное время работы клапана	0.. 65535 сек
Для каждой камеры		
29	Старт режима ТВО	1-включить
30	Сброс режима ТВО	1-включить
31	Длительность этапа (1-10) режима ТВО (часы)	тэ.зад(ч) = 0..60 часов
32	Длительность этапа (1-10) режима ТВО (минуты)	тэ.зад(м) = 0..60 минут
33	Температурная уставка этапа (1-10) режима ТВО	Тэ.зад = 0..100°C
34	% открытия клапана на этапе (1-10) режима ТВО	ДУэ.зад = 0..100%
35	ВКЛ режим расчета выдержки <b>По заданию</b>	1-включить
36	ВКЛ режим расчета выдержки <b>Авто</b>	1-включить
37	ВКЛ режим расчета выдержки <b>Ручной</b>	1-включить
38	Длительность выдержки для ручного режима расчета (часы)	0..60 часов
39	Длительность выдержки для ручного режима расчета (минуты)	0..60 минут
40	ВКЛ режим управления клапаном <b>Авто</b>	1-включить
41	ВКЛ режим управления клапаном <b>ПИД</b>	1-включить
42	ВКЛ режим управления клапаном <b>Релейный</b>	1-включить
43	ВКЛ режим управления клапаном <b>Авто ДУ</b>	1-включить
44	ВКЛ режим управления клапаном <b>Ручной</b>	1-включить
45	Открыть КЗР	1-включить
46	Закрыть КЗР	1-включить
47	КЗР больше	1-включить
48	КЗР меньше	1-включить
49	ВКЛ режим управления клапаном <b>РучнойДУ</b>	1-включить
50	Процент открытия клапана для р. <b>Ручной ДУ</b>	0..100%
51	ВКЛ режим управления клапаном <b>АНР ПИД</b>	1-включить
52	Уставка АНР	0..100 °C
53	Старт процедуры автонастройки ПИД-регулятора	
54	Сброс процедуры автонастройки ПИД-регулятора	
55	Коэффициент пропорциональности	°C
56	Коэффициент интегральной составляющей	сек
57	Коэффициент пропорциональной составляющей	сек
58	ВКЛ датчик положения крышки	ENBLкр = 1-включить
59	ВКЛ учет положения крышки при запуске режима ТВО	Скр.ржм = 1-включить
60	ВКЛ добор температуры	Сдбр = 1 - включить
61	Зона запуска добора	dТдбр = 0..100 °C
62	Максимально допустимое время добора	тд.доп = 0..65535 мин
63	ВКЛ смс рассылку	1-включить
64	ВКЛ смс оповещение аварии ДТ	1-включить
65	ВКЛ смс оповещение аварии ДП КЗР	1-включить
66	ВКЛ смс оповещение завершения режима	1-включить
67	ВКЛ смс оповещение аварии камеры	1-включить
68	ВКЛ смс оповещение открытия крышки пропарочной камеры	1-включить
69	ВКЛ зеленый свет сигнальной колонны	1-включить
70	ВКЛ красный свет сигнальной колонны	1-включить
71	ВКЛ желтый свет сигнальной колонны	1-включить
72	ВКЛ звук сигнальной колонны	1-включить

### 3 Результат работы

Результатом выполнения алгоритма является:

- открытие/закрытие клапана запорно-регулирующего;
- отправка смс-сообщений;
- включение/отключение светосигнальной колонны;
- отказ в выполнении операции

Таблица 5. Управление устройствами

№	Сигнал управления	Обозначение/ значение
1	Открыть КЗР	1-включить
2	Закрыть КЗР	1-включить
3	ВКЛ зеленый свет светосигнальной колонны	1-включить
4	ВКЛ желтый свет светосигнальной колонны	1-включить
5	ВКЛ красный свет светосигнальной колонны	1-включить
6	ВКЛ звуковой сигнал светосигнальной колонны	1-включить
7	Отправить СМС сообщение	Modbus RTU

### 4 Описание алгоритмов

Описание алгоритмов функционирования АСУ приводится на примере одной пропарочной камеры.

#### 4.1 Состояния АСУ

АСУ имеет следующие состояния:

- **Готов** – АСУ находится к готовности к запуску режима ТВО;
- **Режим** – в АСУ проходит режим ТВО;
- **Конец** – в АСУ завершен режим ТВО;
- **Авария** – АСУ находится в состоянии аварии.

Граф переходов состояний представлен на рисунке ниже.

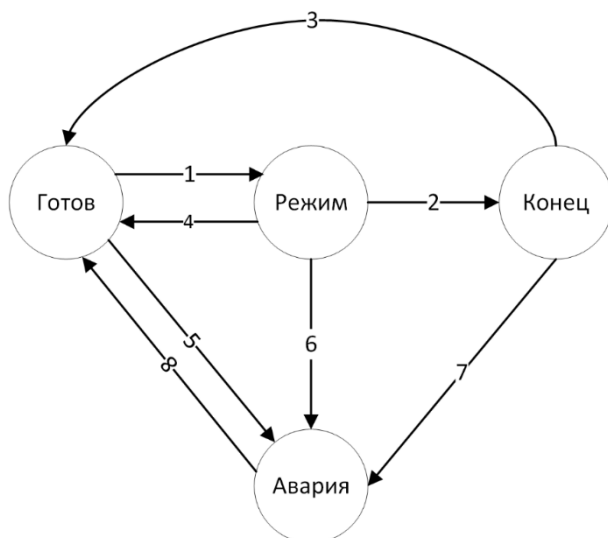


Рисунок 1. Граф переходов состояний АСУ

Описание условий и событий переходов представлено в таблице ниже:

Таблица 6. Условия переходов

№ перехода	Описание
1	Запуск режима ТВО. Нажатие кнопки <b>Старт</b> .
2	Завершение режима ТВО.
3	Нажатие кнопки <b>Сброс</b> .
4	Сброс режима ТВО
5,6,7	(Датчик температуры не отключен и произошла авария датчика температуры) ИЛИ (Датчик положения клапана не отключен и произошла авария датчика положения)
8	(Датчик температуры исправен ИЛИ датчик температуры отключен) И (Датчик положения клапана исправен ИЛИ датчик положения отключен) И Нажата кнопка Сброс

## 4.2 Отработка режима ТВО

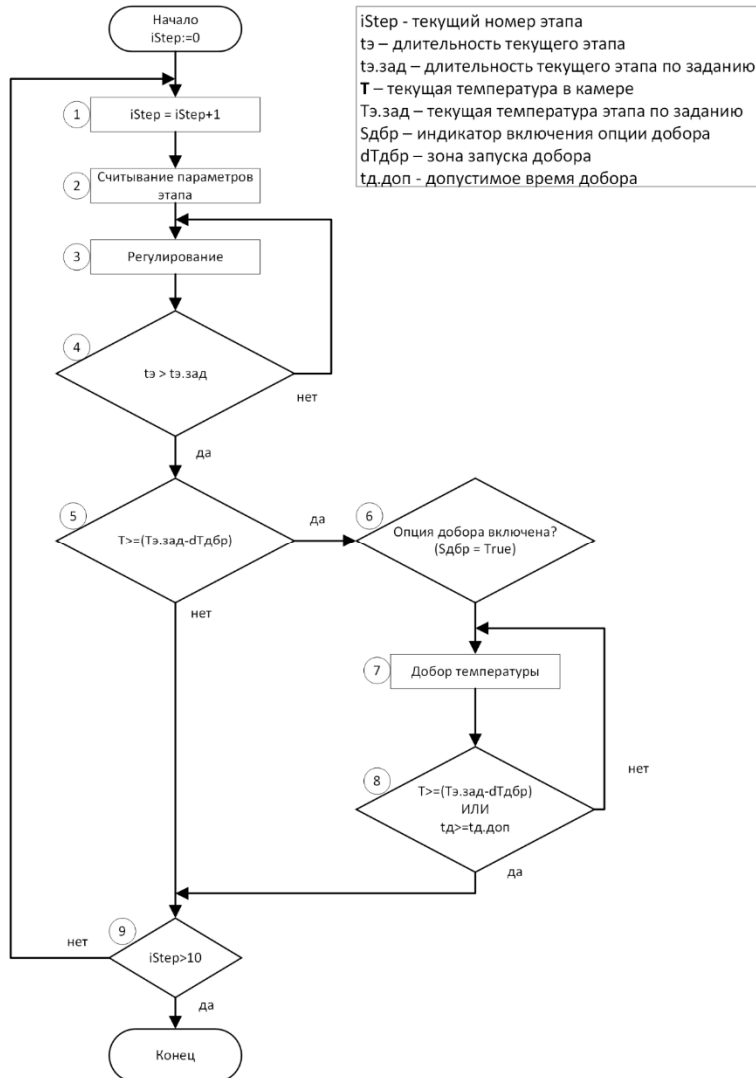
Реализованный режим ТВО состоит из десяти этапов, каждый из которых характеризуется длительностью, температурной уставкой и процентов открытия клапана (для режима Авто ДУ).

Режим ТВО может быть отработан в следующих режимах управления:

- **Релейный** или **ПИД** – автоматический режим управления без участия оператора на основе данных о длительности и температурной уставки каждого этапа
- **Авто ДУ** – автоматический режим на основе данных о длительности и проценте открытия клапана на каждом этапе

- **Ручной и Ручной ДУ** – на основе длительности каждого этапа и управляющих воздействий оператора с сенсорной панели оператора.

Алгоритм обработки режима управления представлен на рисунке ниже.



**Рисунок 2. Алгоритм обработки режима ТВО**

На первом этапе проводится задание текущего очередного номера этапа.

На втором этапе проводится считывание параметров номера этапа.

На третьем этапе проводится регулирование температуры.

На четвертом этапе проводится проверка завершения длительности этапа.

На пятом этапе проводится проверка достижения текущей температуры заданной температуры по уставке с учетом заданной дельты.

Если опция добора включена, то проводится переход к этапу добора температуры. Условием завершения этапа добора температуры является либо достижение текущей температуры заданной уставки, либо истечение допустимого предельного отводимого времени добора. По завершению этапа добора проводится переход к новому этапу режима.

### 4.3 Запуск режима с учетом положения крышки пропарочной камеры

Запуск режима осуществляется с учетом положения крышки пропарочной камеры. Опция учета положения крышки при запуске режима является отключаемой. Алгоритм запуска режима ТВО с учетом положения крышки представлен на рисунке ниже.

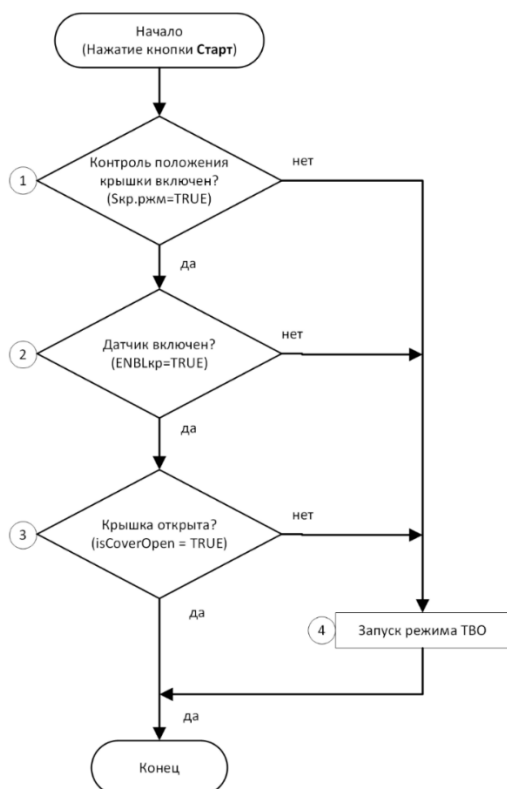


Рисунок 3. Алгоритм запуска режима ТВО

Процесс запуска режима начинается с момента нажатия кнопки **Старт**.

На первом этапе проводится проверка включения контроля положения крышки пропарочной камеры перед запуском режима. В случае если контроль не включен, то режим запускается сразу.

На втором этапе проводится проверка программного включения датчика. Если датчик отключен, то режим запускается.

На третьем этапе проводится проверка положения крышки. Если крышка закрыта, то режим запускается.

### 4.4 Автоматический расчет этапа предварительной выдержки

Перечень доступных в АСУ режимов расчета этапа предварительной выдержки приведен в таблице ниже.

Таблица 7. Режимы расчета этапа предварительной выдержки

Название режима	Содержание
Автоматический	На основе положения крышки пропарочной камеры по показаниям индуктивного датчика положения. При закрытии крышки исходя из длительности этапа 1 по заданию начинается обратный отсчет остатка этапа.
По заданию	Длительность этапа 1 равна длительно по заданию
Ручной	Длительность этапа 1 при запуске задается вручную

В автоматическом режиме алгоритм работает только при включенном датчике положения крышки пропарочной камеры.

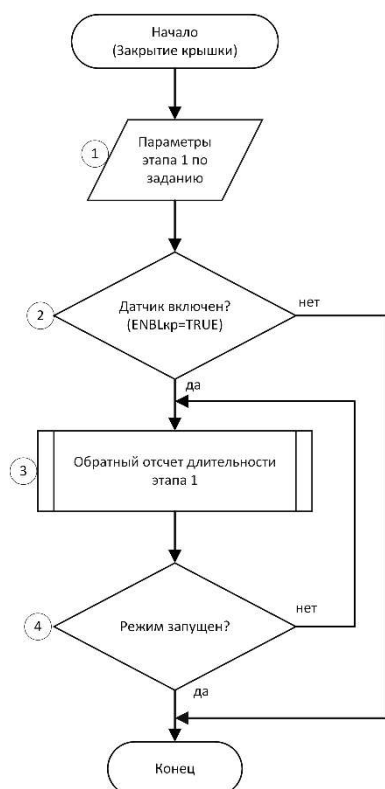


Рисунок 4. Алгоритм автоматического расчета выдержки

Алгоритм начинает свою работу с момента закрытия крышки пропарочной камеры.

На первом этапе вводятся температурная уставка и длительность первого этапа по заданию.

На втором этапе проводится проверка включения датчика положения крышки. Если датчик не включен, то автоматический расчет не проводится.

На третьем этапе проводится обратный отсчет длительности первого этапа.

Расчет длительности первого этапа завершается в момент запуска программы.

## 4.5 Смена режима управления клапаном

Режимы управления клапаном и условия доступности режимов приведены в таблице ниже.

Название режима	Условие
Релейный	(Авария ДТ) ИЛИ (ДТ отключен программно) ИЛИ ((Авария ДП КЗР) И (ДП не отключен программно))
ПИД	
АНР ПИД	
Ручной	Доступен всегда
Ручной ДУ	(Авария ДП КЗР) ИЛИ (ДП КЗР отключен программно)
Авто ДУ	

## 4.6 СМС-оповещения

В АСУ реализовано смс-оповещение аварийных, тревожных и информационных сообщений.

Таблица 8. Таблица смс - сообщений

№	Параметр/объект	Значение/событие	Содержание сообщения
1	Датчик температуры паропровода	Авария	АВАРИЯ! Авария ДТ паропровода
2	Температура пара в паропроводе	< НПГ температуры	ТРЕВОГА! Низкая температура пара: текущая = X; уставка = X.
3	Датчик давления паропровода	Авария	АВАРИЯ! Авария ДД паропровода
4	Давление пара в паропроводе	< НПГ давления	ТРЕВОГА! Низкое давление пара: текущее = X; уставка = X.
5	Датчик температуры камеры	Авария	АВАРИЯ! Авария ДТ камеры №1.
6	Датчик положения клапана камеры	Авария	АВАРИЯ! Авария ДП КЗР камеры №1.
7	Режим	Завершение режима	ИНФОРМАЦИЯ! Конец режима ТВО в камере №1.
8	Камера	Переход камеры в состояние <b>Авария</b>	АВАРИЯ! Переход в состояние АВАРИЯ камеры №1.
9	Крышка	Открытие крышки во время режима	ТРЕВОГА! Открытие крышки до завершения ТВО в камере №1.

## 4.7 Сигнальная колонна

В АСУ реализована светозвуковая сигнализация о событиях АСУ. Сброс подачи световой и звуковой сигнализации осуществляется посредством механической кнопки сброса на передней панели оператора.

Таблица 9. Таблица смс - сообщений

№	Параметр/объект	Значение/событие	Цвет сигнальной колонны
1	Режим	Завершение режима	Зеленый
2	Датчик температуры камеры	Авария	Красный + подача звукового сигнала
3	Датчик положения клапана камеры	Авария	
4	Камера	Переход камеры в состояние <b>Авария</b>	
5	Крышка	Открытие крышки во время режима	Желтый + подача звукового сигнала