

Е.В. Ерофеева, Б.А. Головушкин

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

Учебное пособие

Иваново 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Ивановский государственный химико-технологический университет

Е.В. Ерофеева, Б.А. Головушкин

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

Учебное пособие

Иваново 2017

УДК 658.512.011.56

Ерофеева, Е.В. Автоматизированное проектирование систем управления: учеб. пособие / Е.В. Ерофеева, Б.А. Головушкин; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2017. – 64 с.

В учебном пособии приведены задания для практических занятий и самостоятельной работы по курсу «Автоматизированное проектирование средств и систем управления», а также сведения о нормативных документах, используемых при проектировании систем автоматизации. Предназначено для студентов как очной, так и заочной форм обучения.

Рецензенты:

кандидат технических наук С.Б. Плетников (Ивановский государственный энергетический университет); кандидат технических наук А.Б. Поздняков (ПАО «Ростелеком», филиалы во Владимирской и Ивановской областях).

© Ерофеева Е.В., Головушкин Б.А., 2017

© ФБГОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет», 2017

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие содержит задания для практических занятий и самостоятельной работы по курсу «Автоматизированное проектирование средств и систем управления», а также сведения о нормативных документах, используемых при проектировании систем автоматизации. Задания для практических работ содержат схему аппарата, либо участка и описание технологического процесса, протекающего на рассматриваемом аппарате, либо участке. Кроме того, приведены сведения о контурах контроля и управления, характерных для систем управления сходных участков действующих производств.

Данные задания могут быть использованы для разработки проектов систем автоматизации и предназначены для студентов как очной, так и заочной форм обучения.

Используя учебное пособие, студенты могут самостоятельно решать задачи, связанные с проектированием систем автоматизации различных аппаратов и технологических процессов химической, а также пищевой промышленности.

1. Содержание практических занятий по курсу «Автоматизированное проектирование средств и систем управления»

1. Описание технологического процесса на рассматриваемом участке (аппарате):

- описание участка (аппарата): назначение участка (аппарата), его место в общем технологическом процессе; сырье, продукты; спецификация на оборудование, входящее в технологическую цепочку участка;

- описание технологического процесса, протекающего на участке, подробная цепочка превращений, химизм.

2. Составление задания на проектирование:

- анализ технологического процесса с точки зрения управления; классификация переменных, выбор каналов управления; выбор параметров, подлежащих контролю, регистрации, сигнализации;

- составление перечня параметров, подлежащих контролю и управлению (см. табл. 1).

3. Обоснование выбора комплекса технических средств АСУТП

- выбор структуры КТС АСУТП;

- выбор ПЛК – программно-логического контроллера, характеристики контроллера, карта заказа на контроллер;

- обоснование выбора датчиков по каждой позиции;

- обоснование выбора регулирующих органов и исполнительных механизмов.

4. Разработка схемы автоматизации:

- перечень точек аналогового ввода, дискретного ввода, аналогового вывода, дискретного вывода;

- разработка развернутой схемы автоматизации;

- описание схемы автоматизации с подробным описанием ответственных, а также типовых контуров управления; при необходимости опи-

сание режимов пуска, останова, режимов срабатывания СПАЗ – системы противоаварийной защиты;

- спецификация на приборы и средства автоматизации.

Задания для самостоятельной работы:

- разработка упрощенной схемы автоматизации;
- разработка принципиальной схемы электропитания;
- разработка принципиальной схемы пневмопитания (при наличии данной схемы);
- разработка схемы соединения внешних проводок;
- заполнение опросных листов на датчики и регулирующие органы и т.д.

Объем самостоятельной работы определяется преподавателем.

Отчет по практикуму должен содержать пояснительную записку и проектную документацию. Текст пояснительной записки должен быть набран в редакторе Word for Windows форматом А4, поля: верхнее – 2 см; нижнее – 2 см; левое – 2 см; правое – 2 см, страницы нумеруются по центру снизу. Шрифт – 14 Times New Roman Cyr, красная строка – 1,25 см, межстрочный интервал – полуторный.

Чертежи выполняются на листах формата А1-А4, согласно гостам, нормам, правилам для проектной документации систем автоматизации с использованием графических редакторов.

Пример перечня параметров, подлежащих контролю и управлению

Таблица 1

№ п/п	Наименование параметра, место отбора измерительного импульса	Заданное значение параметра, допустимые отклонения	Отображение информации				Регулирование/блокировка	Наименование регулирующего воздействия, место установки регулирующего органа, d_y, P_y	Характеристика среды в местах установки			
			показание	регистрация	суммирование	сигнализация			датчиков		регулирующих органов	
									агрессивная	пожаро-взрывоопасная	агрессивная	пожаро-взрывоопасная
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Температура кислоты в циркуляционном сборнике 5.04	60÷75 °С	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-
2	Уровень кислоты в циркуляционном сборнике 5.04	1,5÷2,8 м	+	+	-	+	+	Изменение подачи кислоты в сборник-смеситель 5.12 $d_y = 25$ мм, $P_y = 0,6$ МПа	+	-	+	-

2. Задания для проектирования систем управления

Задание 1

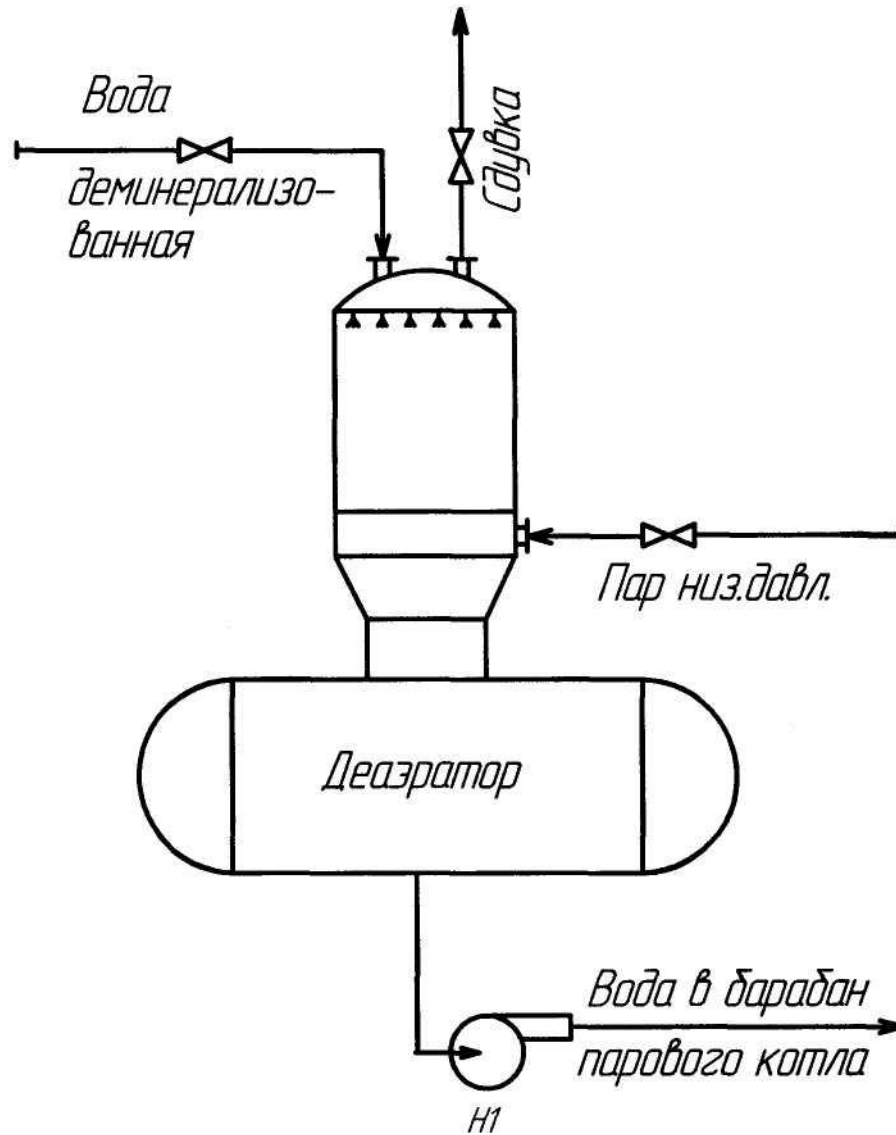


Рис.1. Технологическая схема деаэратора

Деаэратор – техническое устройство (рис.1), реализующее процесс деаэрации некоторой жидкости (обычно воды). **Деаэрация** – удаление кислорода и других газов из жидкости (воды систем отопления, лёгкого жидкого топлива и т. п.).

По принципу действия деаэрация бывает: термическая (наиболее распространённая), десорбционная, химическая. В данном задании удаление кислорода из воды проводится методом термической дегазации.

В жидкости газ может присутствовать в виде:

- собственно растворённых молекул;
- микропузырьков (порядка 10^{-7} м), образующихся вокруг частиц гидрофобных примесей;
- в составе соединений, разрушающихся на последующих стадиях технологического цикла с выделением газа (например, NaHCO_3).

В деаэраторе происходит процесс массообмена между двумя фазами: жидкостью и парогазовой смесью. Кинетическое уравнение для концентрации C_r растворённого в жидкости газа при его равновесной (с учётом содержания во второй фазе) концентрации C_r^p , исходя из закона Генри, выглядит как

$$\frac{dC_r}{d\tau} = kf(C_r^p - C_r),$$

где τ – время; f – удельная поверхность раздела фаз; k – скоростной коэффициент, зависящий, в частности, от характерного диффузионного пути, который газ должен преодолеть для выхода из жидкости. Очевидно, для полного удаления газов из жидкости требуется $C_r^p = 0$ (парциальное давление газа над жидкостью должно стремиться к нулю, то есть выделившиеся газы должны эффективно удаляться и замещаться паром) и бесконечное время протекания процесса. На практике задаются технологически допустимой и экономически целесообразной глубиной дегазации.

В термических деаэраторах, основанных на принципе диффузионной десорбции, жидкость нагревается до кипения; при этом растворимость газов близка к нулю, образующийся пар (выпар) уносит газы (C_r^p снижается), а коэффициент диффузии высок (растёт k).

Выпар – это смесь выделившихся из воды газов и небольшого количества пара, подлежащая эвакуации из деаэратора.

Вода, очищенная от примесей и солей (деминерализованная) по трубопроводу с $d_v=60$ мм подается в головку деаэратора. В головке деаэратора вода распыляется шестью форсунками и в распылённом виде контактирует с поступающим снизу головки деаэратора паром давлением $0,3 \div 0,4$ МПа. Выпар удаляется за счёт вакуумного эжектора, установленного на линии сдува.

Питательная вода, очищенная от кислорода, собирается в баке – аккумуляторе деаэратора. Из бака – аккумулятора питательная вода забирается насосом.

Необходимо предусмотреть:

- 1) регулирование уровня питательной воды в деаэраторе (75 ± 5 % от высоты бака) за счёт изменения расхода деминерализованной воды;
- 2) регулирование давления в головке деаэратора ($0,3 \pm 0,05$ МПа) за счёт изменения расхода пара низкого давления;
- 3) регулирование давления на линии сдува ($0,06 \pm 0,005$ МПа) за счёт изменения степени открытия клапана на линии сдува;
- 4) контроль температуры в деаэраторе ($120 \div 150$ °С);
- 5) контроль расхода питательной воды на выходе из деаэратора ($126,6 \div 131$ т/ч);
- 6) контроль давления на нагнетательной линии насоса ($0,5 \div 0,6$ МПа).

Задание 2

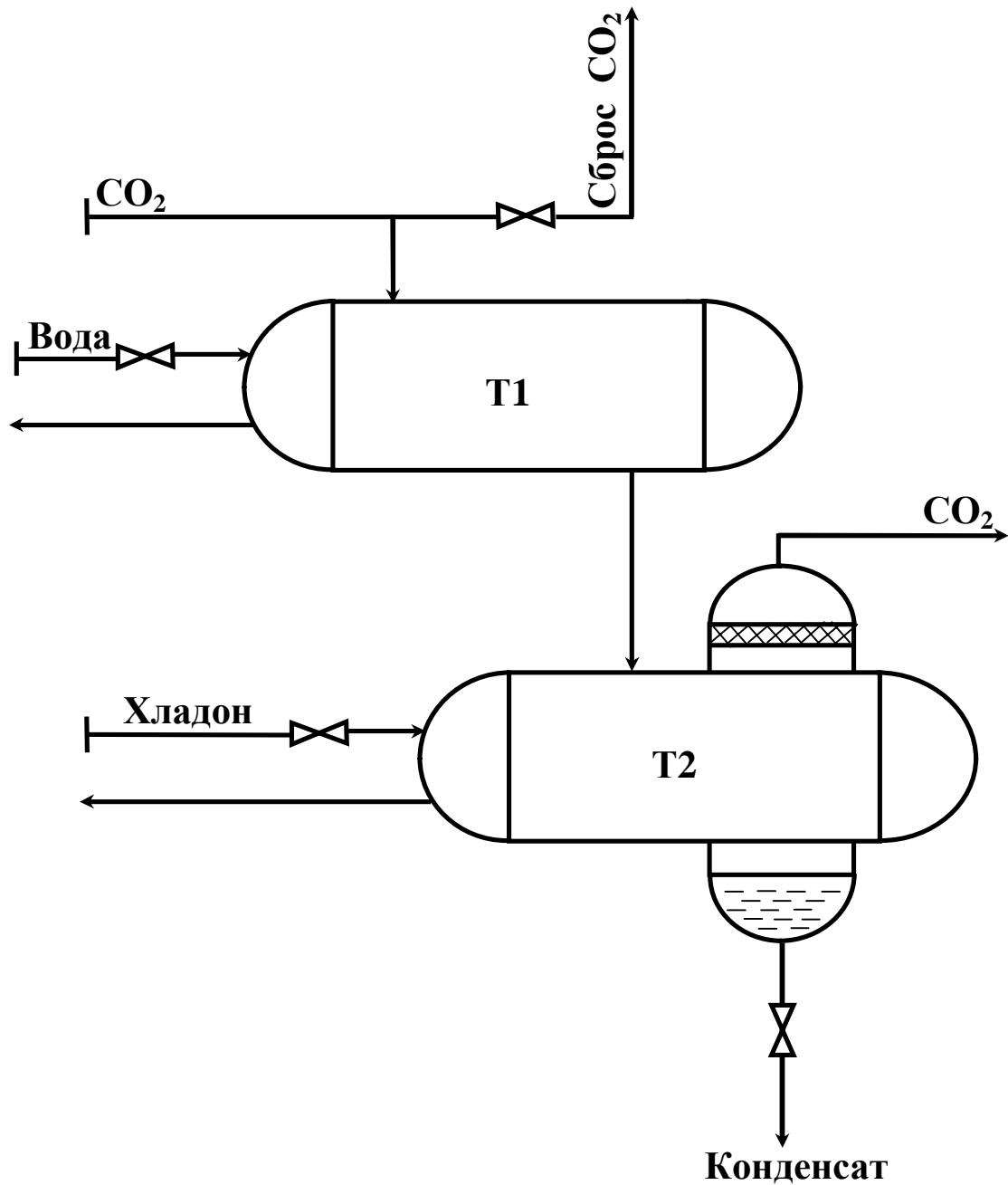


Рис.2. Технологическая схема участка охлаждения и конденсации газообразного CO₂

Участок охлаждения и конденсации газообразного CO₂ – одна из стадий производства жидкой углекислоты (рис.2).

Углекислота – вещество с химическое формулой CO₂ и молекулярной массой 44,011 г/моль, которое может существовать в четырёх фазовых

состояниях – газообразном, жидком, твёрдом и сверхкритическом.

Углекислота жидкая – это сжиженный углекислый газ; бесцветная жидкость, имеющая слегка кислый привкус. Углекислота жидкая получается химическим методом, когда очистке подвергается двуокись углерода. Из нее удаляются все сернистые соединения, далее происходит процесс конденсации газа в жидкое состояние. Углекислота жидкая широко используется в производстве огнетушителей, также применяется в лимонадах, консервантах и газированной воде. Поставляется и хранится углекислота в 40-литровых герметичных баллонах, которые защищены от коррозионных разрушений. Изготавливается в соответствии с ГОСТ 8050-50 "Двуокись углерода". Газообразное состояние CO_2 носит общеупотребительное название «углекислый газ». При атмосферном давлении это газ без цвета и запаха, при температуре $+20\text{ }^\circ\text{C}$ плотностью $1,839\text{ кг/м}^3$ (в 1,52 раза тяжелее воздуха), хорошо растворяется в воде (0,88 объёма в 1 объёме воды), частично взаимодействуя в ней с образованием угольной кислоты. Входит в состав атмосферы в среднем 0,035 % по объёму.

Углекислый газ с давлением 2,04 МПа (20,4 бар) поступает для охлаждения в кожухотрубный теплообменник – Т1. Охлаждение первой степени осуществляется оборотной водой с температуры $85\text{ }^\circ\text{C}$ до $35\text{ }^\circ\text{C}$. Конечная температура углекислого газа контролируется ($35\text{ }^\circ\text{C}$).

Вторая ступень – охлаждение углекислоты и конденсация. Охлаждение углекислого газа и конденсация осуществляются в кожухотрубном горизонтальном теплообменнике, совмещенном с сепаратором Т2, хладоном с температуры $35\text{ }^\circ\text{C}$ до $14\text{ }^\circ\text{C}$. За счёт охлаждения углекислого газа происходит конденсация жидкости и отделение конденсата в сепарационной части второго охладителя. Контроль уровня конденсата в сепараторе осуществляется с помощью уровнемера, также предусмотрена сигнализация минимального уровня 19 см, а также сигнализация максимального уровня 23 см.

Необходимо предусмотреть:

- 1) регулирование температуры углекислого газа на выходе теплообменника $T_1 35 \div 36 \text{ }^\circ\text{C}$;
- 2) контроль давления на линии подачи хладагона $0,18 \div 0,22 \text{ МПа}$;
- 3) контроль температуры хладагона на входе в теплообменник $-35 \text{ }^\circ\text{C}$;
- 4) регулирование уровня конденсата в сепараторе $21 \pm 1 \text{ см}$;
- 5) контроль давления на линии подачи обратной воды $0,14 \div 0,18 \text{ МПа}$;
- 6) контроль температуры углекислого газа на выходе теплообменника $T_2 14 \div 15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Задание 3

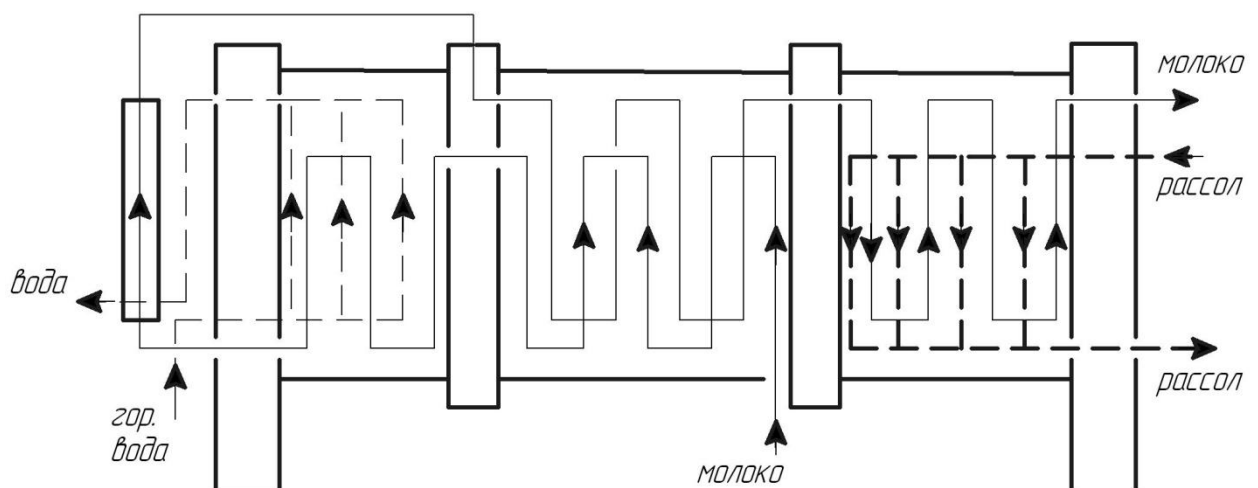


Рис.3. Схема пастеризационно-охладительной установки

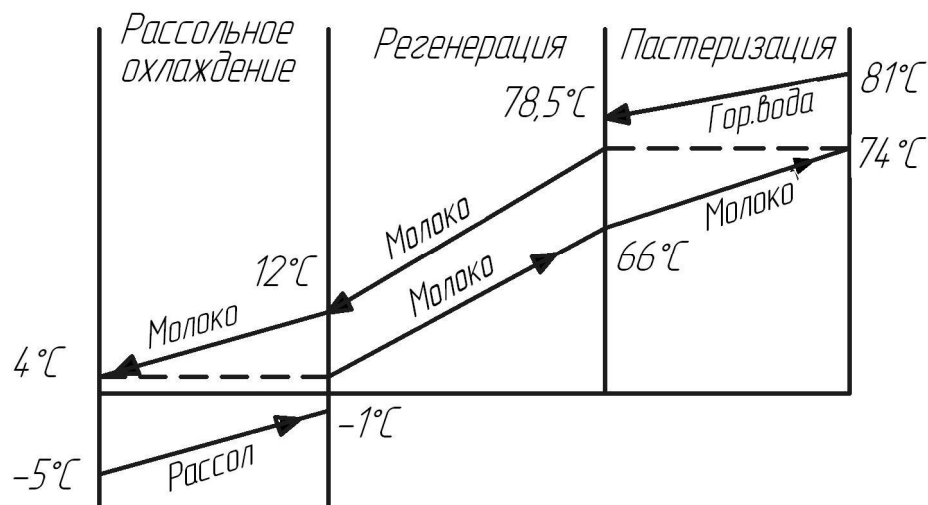


Рис.4. Схема изменения температур в установке

Пастеризационно-охладительная установка (рис. 3) молока состоит из трех секций: регенерации, пастеризации и охлаждения. По сути, установка представляет собой сложный трехсекционный пластинчатый теплообменник. Пластинчатый теплообменник – это устройство для передачи тепла от горячей среды к холодной через стальные, медные и т.д. пластины, которые стянуты в пакет. При стягивании пластин в пакет образуются каналы, по которым и протекают жидкости, участвующие в теплообмене.

Молоко с расходом 6000 л/ч поступает в секцию регенерации, где подогревается с текущей температуры $10\div 15$ °С до температуры $64\div 66$ °С. Затем молоко поступает в секцию пастеризации, где пастеризуется при температуре 74 °С за счет подачи горячей воды (рис.4). Далее молоко поступает опять в секцию регенерации, где охлаждается входящим в установку молоком. На последней секции молоко охлаждается до температуры 4 °С за счет подачи рассола в секцию охлаждения. Необходимо предусмотреть:

- 1) регулирование расхода молока на установку 6000 ± 30 л/ч;
- 2) регулирование температуры пастеризации молока 74 ± 1 °С;
- 3) регулирование расхода рассола на установку $12\pm 0,05$ м³/ч;

- 4) контроль температуры молока на выходе с установки $4 \div 5$ °С;
- 5) контроль температуры горячей воды на входе в установку не ниже 81 °С;
- 6) контроль давления горячей воды на установку $3 \div 3,2$ бар;
- 7) контроль давления рассола на установку $3 \div 3,2$ бар.

Задание 4

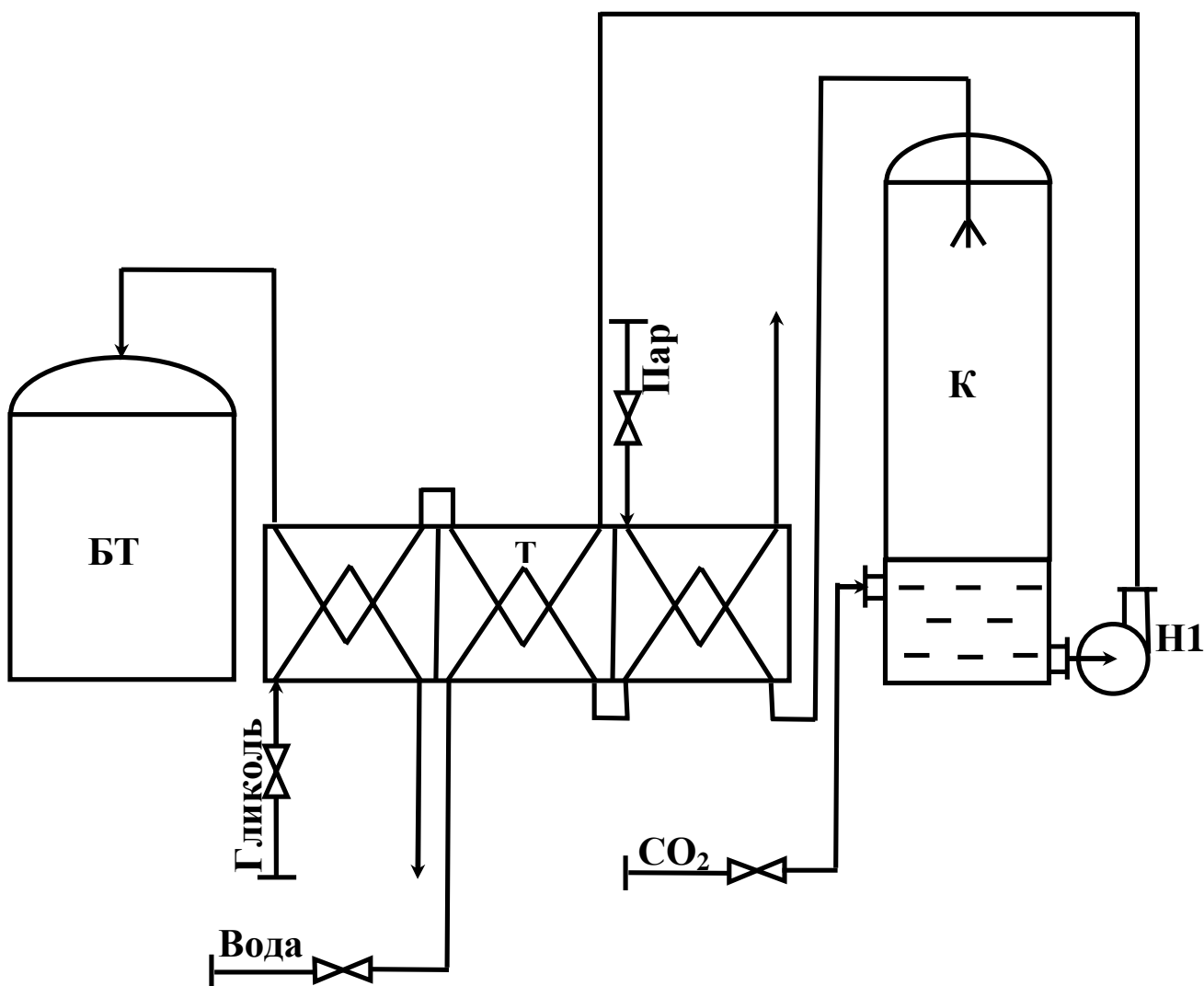


Рис.5. Участок деаэрации воды

В производстве пива требуется деаэрированная вода (рис.5). В частности, деаэрированная вода используется при разбавлении высокоплотного пива до плотности готового пива. В воде много воздуха, а кислород вреден для качества

пива, т.к. уменьшает его стойкость к старению. Для **деаэрации воды** применяются следующие способы: продувка CO_2 , термическая деаэрация, вакуумная деаэрация, восстановление водородом. Рассмотрим участок, где применяется совмещенный способ: продувка CO_2 и термическая деаэрация. Участок деаэрации воды состоит из трехсекционного теплообменника Т, колонны деаэрации К и буферного tanks БТ. Трехсекционный пластинчатый теплообменник состоит из трех секций: регенерации, пастеризации, охлаждения.

Из станции водоподготовки вода под давлением поступает в теплообменник Т, где происходит ее нагрев до $85\text{ }^\circ\text{C}$. После чего вода подается в колонну К. Вода подводится через оросительную форсунку, в то время как свободная от кислорода CO_2 подается встречным потоком снизу. Благодаря большому избытку CO_2 и, следовательно, большой поверхности соприкосновения, происходит эффективное удаление кислорода. Вода из колонны откачивается насосом Н1 и поступает в теплообменник, где происходит ее охлаждение до температуры $2\text{ }^\circ\text{C}$. Деаэрированная вода собирается в буферный tank БТ.

Необходимо предусмотреть:

- 1) регулирование расхода воды на теплообменник $14\pm 0,7\text{ м}^3/\text{ч}$;
- 2) регулирование температуры воды на входе в колонну $85\pm 4\text{ }^\circ\text{C}$;
- 3) регулирование уровня воды в кубовой части колонны $0,7\pm 0,05\text{ м}^3/\text{ч}$ за счет управления насосом Н1;
- 4) регулирование давления CO_2 на колонну $0,6\pm 0,03\text{ МПа}$;
- 5) регулирование температуры воды на выходе теплообменника $2\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$;
- 6) сигнализация верхнего (4,2 м) и нижнего (0,86 м) уровня воды в буферном танке;
- 7) контроль давления воды в нагнетательной линии насоса Н1 $0,26\div 0,3\text{ МПа}$.

Задание 5

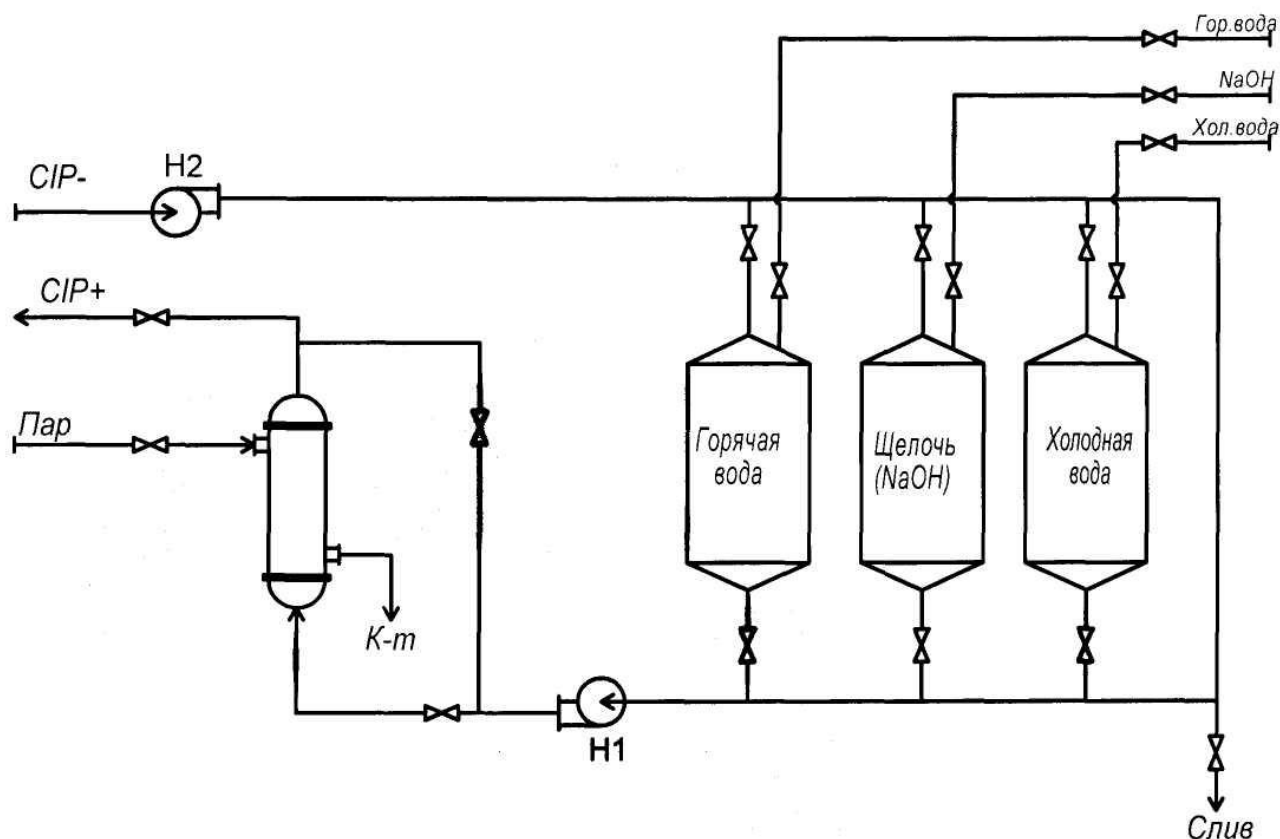


Рис.6. СИП-мойка дрожжевых танков

СИП-мойка, или CIP-станция (Cleaning in Place – безразборная мойка), это станция (модули из нержавеющей стали), которая обеспечивает подготовку, нагрев и циркуляцию моющих растворов внутри технологического оборудования для удаления загрязнений без необходимости его разбора (рис.6).

Промывка происходит с помощью прокачки через участки оборудования специальных растворов. Растворов может быть несколько, для каждого имеется своя емкость и система подготовки. В процессе мойки контролируется температура и концентрации растворов, а также различные параметры установки. Обычно реализуется компоновка, при которой один набор емкостей может подключаться к различным маршрутам. В СИП-мойке промывка технологических линий может осуществляться в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режиме.

Принцип работы СИП-мойки: циркуляция раствора по маршруту мойки (см. табл. 2, 3), возврат раствора в емкость СИП-мойки, промывка водой, слив в канализацию использованных растворов при условии их загрязненности (несколько циклов промывки).

В пивоваренном производстве промывка сепаратора и дрожжевых танков производится по следующим маршрутам.

Таблица 2

Маршрут промывки сепаратора

Сепаратор (120 минут):

1→	2→	3→	4→	5→	6→	7
Вода 10 мин	Каустик(NaOH) горячий t=85 °C 1,5÷2 % 40 мин	Вода 5 мин	Кислота(HNO ₃) 1,5-2 % 40 мин	Вода 15 мин	Дезинфектор 5 мин	Вода 5 мин

Таблица 3

Маршрут промывки дрожжевых танков

Дрожжевые танки (70 минут):

1→	2→	3→	4
Вода 10 мин	Горячая вода t=85 °C 20 мин	Каустик (NaOH) горячий t=85 °C 1,5÷2 % 30 мин	Горячая вода t=85 °C 10 мин

Необходимо предусмотреть:

1) регулирование температуры горячей воды (каустика) после теплообменника 85±4 °C;

2) регулирование давления в нагнетательной линии насосов Н1, Н2 с помощью частотных преобразователей. Задание по давлению может изменяться от 3 до 7 бар и определяется маршрутом промывки;

3) контроль заполнения емкостей с горячей водой, холодной водой и щелочью с сигнализацией верхнего (95 % от Н) и нижнего (5 % от Н) уровня;

4) контроль концентрации раствора щелочи на возвратной линии СИП-

мойки 1,5÷2 %; предусмотреть возможность слива раствора щелочи и воды при загрязнении (4 цикла промывки); предусмотреть добавление свежей щелочи в емкость при концентрации ниже 1,5 %;

5) контроль суммарного расхода на линиях подачи горячей, холодной воды и щелочи, а также расхода на линии слива.

Задание 6

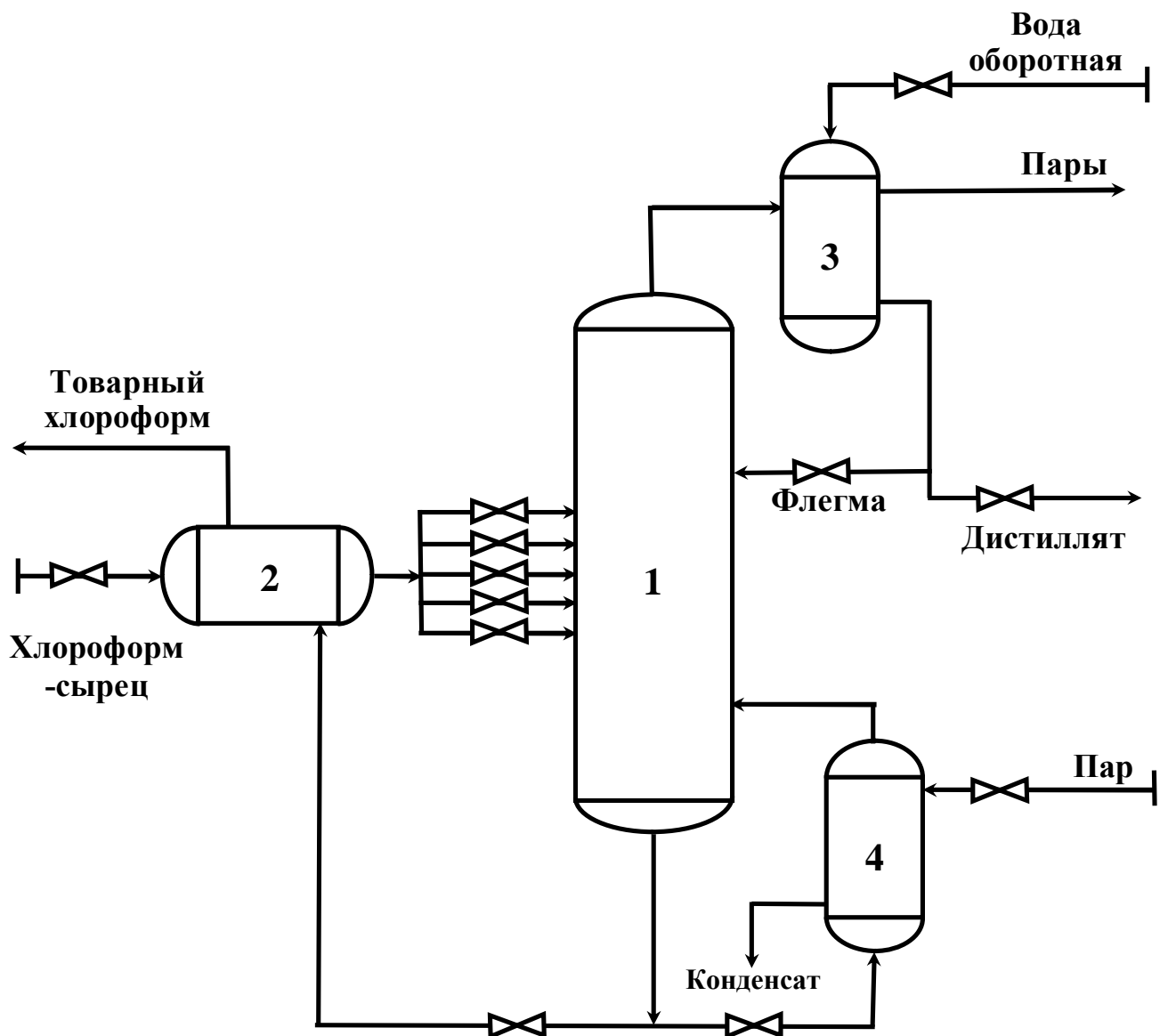


Рис.7. Ректификационная колонна для выделения товарного хлороформа

Ректификация – тепломассообменный процесс, который осуществляется в противоточных колонных аппаратах с контактными элементами (насадка, тарелки). В процессе ректификации (рис.7) происходит непрерывный обмен между жидкой и паровой фазой. Жидкая фаза обогащается более высококипящим компонентом, а паровая фаза – более низкокипящим. Процесс тепломассообмена происходит по всей высоте колонны. Чтобы интенсифицировать процесс тепломассообмена, применяют контактные элементы, увеличивающие поверхность взаимодействия фаз. В случае применения насадки флегма стекает тонкой пленкой по ее развитой поверхности. В случае применения тарелок пар в виде множества пузырьков, образующих развитую поверхность контакта, проходит через слой жидкости на тарелке.

Хлороформ-сырец через теплообменник (поз.2), обогреваемый теплом кубовой жидкости, отводимой из куба колонны, подается на ректификационную колонну тарельчатого типа (поз.1). Расход питания на колонну $3,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ застabilизирован. Температура в кубе колонны $85\div 105 \text{ }^\circ\text{C}$ контролируется и поддерживается за счет кипятильника, обогреваемого паром (поз.4). Пары хлороформа из верхней части колонны с давлением не более $0,02 \text{ МПа}$ и температурой от 58 до $65 \text{ }^\circ\text{C}$ поступают на конденсацию в дефлегматор (поз. 3), охлаждаемый водой. Часть дистиллята в виде флегмы возвращается в колонну. Оставшаяся часть дистиллята отбирается и направляется на стадию олеумной очистки. Несконденсированные пары из дефлегматора направляются в азотный дыхательный клапан. Кубовая жидкость отводится в сборник в зависимости от уровня в кубе колонны.

Необходимо предусмотреть:

- 1) регулирование расхода питания на колонну $3,5\pm 0,13 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- 2) регулирование уровня в кубе колонны $0,8\pm 0,3 \text{ м}$;
- 3) регулирование давления в кубовой части колонны за счет изменения подачи пара в межтрубное пространство кипятильника $0,065\pm 0,005 \text{ МПа}$;

- 4) контроль температуры в кубе колонны $85 \div 105$ °С;
- 5) контроль температуры в двух точках на тарелках 20 ($70 \div 90$ °С), 43 ($60 \div 80$ °С);
- б) контроль давления в верхней части колонны не более 0,02 МПа;
- 7) контроль расхода флегмы $2 \div 10$ м³/ч, флегмовое число изменяется в пределах от 2 до 4;
- 8) контроль расхода дистиллята $0,5 \div 3,5$ м³/ч.

Задание 7

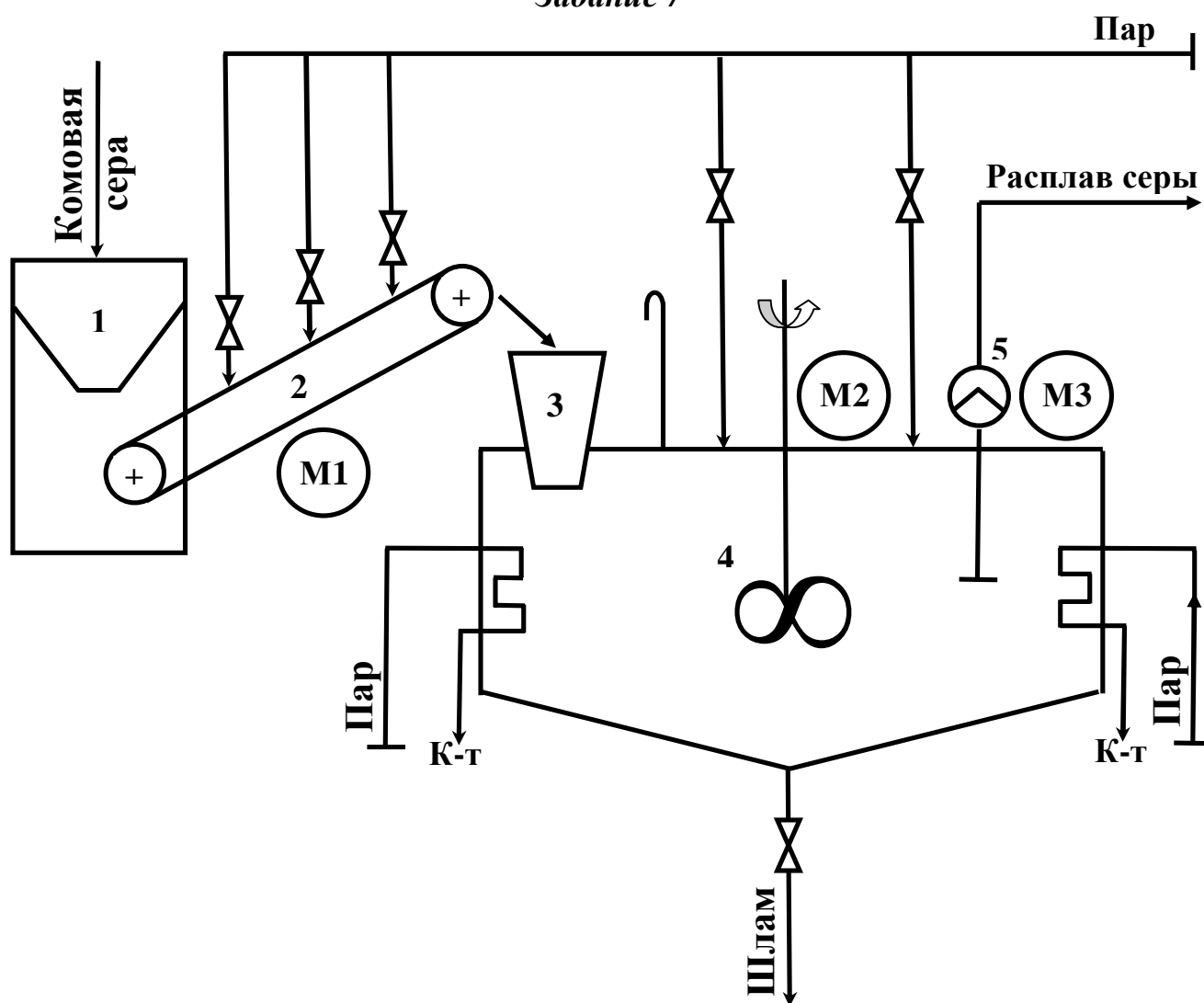


Рис.8. Участок плавления комовой серы:

- 1 – бункер комовой серы; 2 – ленточный конвейер;
 3 – загрузочный патрубок; 4 – плавилка комовой серы; 5 – погружной насос

Участок плавления комовой серы. Плавильный аппарат (плавилка) (рис.8) предназначен для получения жидкой серы из комовой серы под действием высокой температуры. Жидкая сера используется как основное сырье при производстве серной кислоты.

Техническая характеристика плавилки.

Назначение: аппарат для плавления комовой серы.

Среда: жидкая сера, сероводород в составе парогазовой смеси. Класс опасности веществ: сера (ГОСТ 127.1-93) – 4, сероводород – 2, жидкая сера – пожароопасна, $t_{\text{самовоспл}}=190$ °С, сероводород – взрывоопасен, $t_{\text{самовоспл}}=260$ °С.

Производительность аппарата 45 т/ч.

Температура среды: 145÷155 °С.

Поверхность теплообмена регистров 753 м².

Характеристика теплоносителя: пар насыщенный, 158 °С; 0,6 МПа.

Габаритные размеры: 8400 х 9675 мм, $D_{\text{вн}} = 8000$ мм.

Тип мешалки: турбинная.

Плавилка серы представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат с коническим днищем и плоской крышкой. Крышка состоит из отдельных железобетонных съемных секций. Материал аппарата – сталь 20. Опорные балки крышки – 08Х13. Материал мешалки – углеродистая сталь, 08Х13, Х18Н10Т. Цилиндрическая часть аппарата футерована кислотоупорным кирпичом на замазке «Арзамит – 5» по подслою кислотоупорного асбеста на жидком стекле. На крышке в центре аппарата установлено перемешивающее устройство, в крышке имеется отверстие для установки насоса, а также штуцера для установки приборов КИП и А. Подвод тепла для плавления серы осуществляется через регистры с отдельными подводами пара и отводами конденсата. Регистры устанавливаются внутри аппарата, изготавливаются из стальных труб $d=50$, оребренных чугуном. Выпуск шлака производится через нижний штуцер конусного днища.

Перемещение комовой серы от бункера 1 к плавилке 4 производится при помощи ленточного конвейера 2. Комовая сера загружается в аппарат через загрузочный патрубок 3 в крышке, нижняя часть патрубка заглублена под уровень жидкой серы. Плавление комовой серы происходит при смешении уже с расплавленной серой в объеме плавилки. Расплав серы отбирается погружным насосом в сборник для последующей фильтрации. По мере накопления в процессе работы загрязнений (шлама и твердых включений) производят остановку плавилки для чистки. Циркуляция жидкой серы, организованная перемешивающим устройством, препятствует образованию битумной пленки и способствует интенсивному удалению газообразных летучих органических соединений и паров воды. Испарения и газовые выделения от зеркала жидкой серы отводятся через штуцер в крышке диаметром 400 мм.

Необходимо предусмотреть:

- 1) контроль и сигнализацию температуры жидкой серы в плавилке $125 \div 155$ °С;
- 2) контроль и сигнализацию температуры парогазовой смеси в воздушнике плавилки $145 \div 155$ °С, при 168 °С открытие клапанов на пожаротушение, при 140 °С закрытие клапанов пожаротушения;
- 3) контроль и сигнализацию давления расплава серы в нагнетательной линии насоса $0,3 \pm 0,6$ МПа;
- 4) регулирование уровня жидкой серы $4,8 \pm 0,3$ м в плавилке (управление частотным преобразователем насоса, при 5,5 м – останов насоса, при 6,6 м – останов конвейера);
- 5) регулирование давления пара на регистры $0,5 \pm 0,05$ МПа;
- 6) регулирование скорости движения ленточного конвейера;
- 7) температура воздушного пространства конвейера (три точки измерения) при 80 °С открытие клапанов на пожаротушение и останов конвейера, через 5 мин – закрытие клапанов пожаротушения.

Задание 8

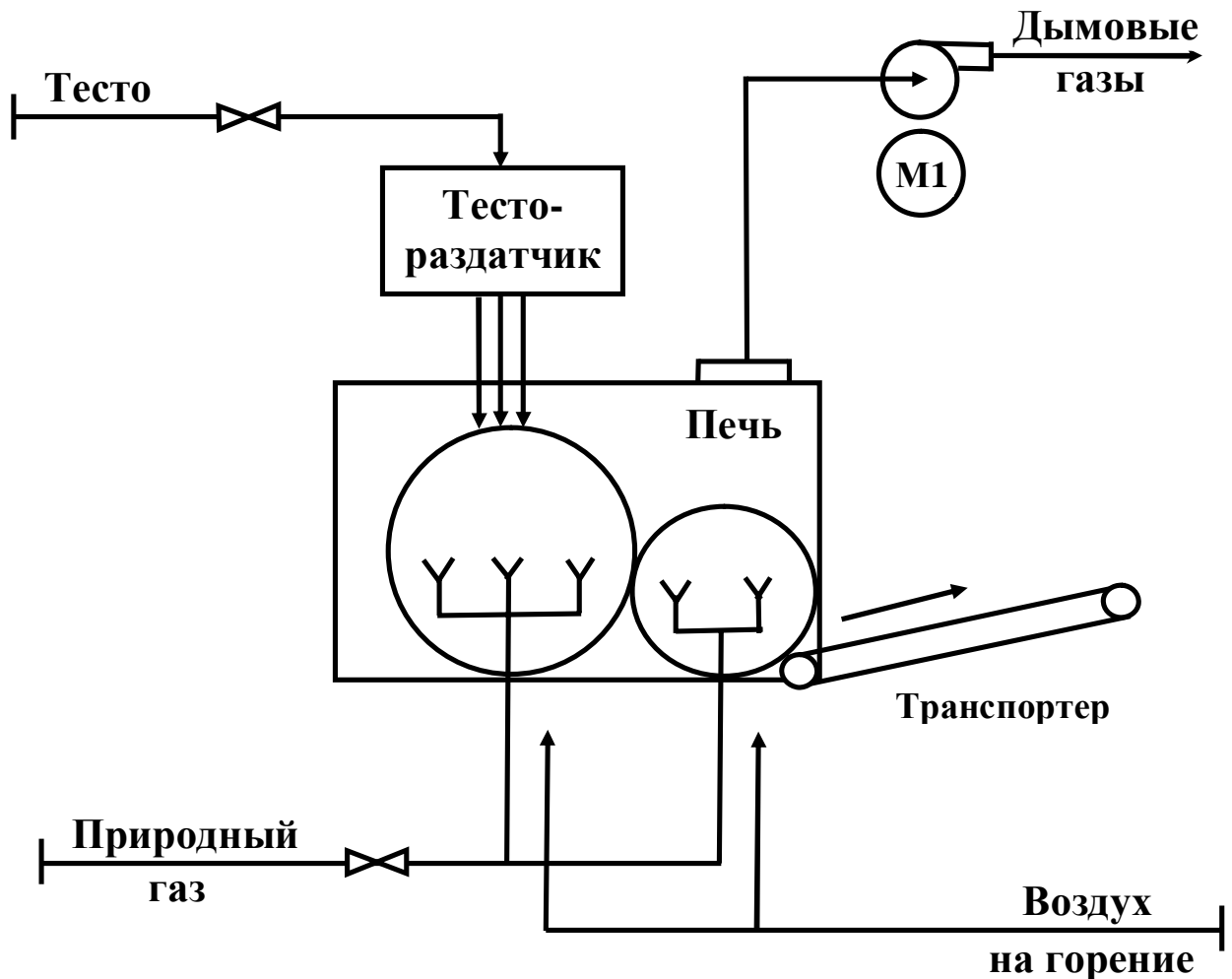


Рис. 9. Участок выпечки блинов

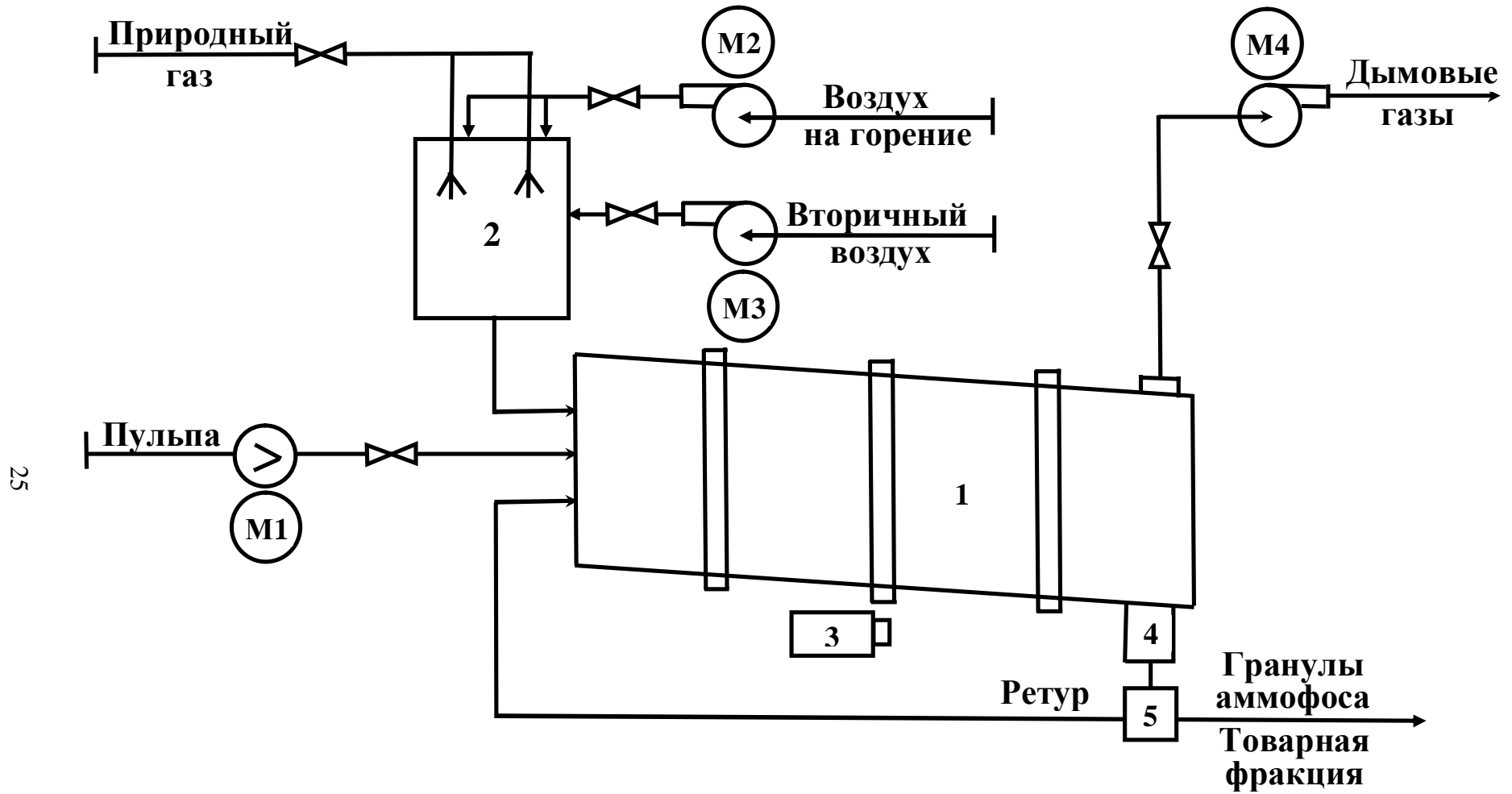
Участок выпечки блинов (рис.9) состоит из тестораздатчика, печи и транспортера. Печь для изготовления блинов состоит из двух вращающихся барабанов жарки. Нагревание барабанов жарки производится природным газом. Газ подается через горелки, которые находятся внутри барабанов печи. Барабан жарки большего диаметра имеет три горелки, барабан малого диаметра – две горелки. Нагревание барабанов жарки контролируется инфракрасными датчиками, измеряющими температуру на внутренней стороне барабанов.

Тестораздатчик формирует три тестовые полосы на большом барабане печи. Обжарка тестовых полос происходит сначала с одной стороны, а затем тестовые полосы переходят на барабан меньшего диаметра, и обжаривается уже с другой стороны. Обжаренные с двух сторон три тестовые полосы поступают на транспортер. Транспортер может быть изготовлен из нержавеющей стали с полотном из полиуретана, либо транспортер изготавливается из нержавеющей стальной сетки. Транспортер снабжается системой очистки. С транспортера тестовые полосы могут поступать на устройства разрезания, дозирования начинки, сворачивания и т.д., в данном задании эти устройства не рассматриваются.

Необходимо предусмотреть:

- 1) регулирование уровня теста в тестораздатчике $20\div 80$ % от Н;
- 2) регулирование температуры большого барабана 200 ± 7 °С, при 220 °С отсечка подачи газа к печи;
- 3) регулирование температуры малого барабана 300 ± 10 °С, при 320 °С отсечка подачи газа к печи;
- 4) контроль погасания пламени горелок, отсечка газа при погасании хотя бы одной горелки;
- 5) контроль текущего 31 м³/ч и суммарного расхода газа на печь;
- 6) контроль и сигнализацию давления воздуха к горелкам $0,12\div 0,14$ МПа;
- 7) контроль и сигнализацию давления газа к горелкам (две точки контроля) $0,04\div 0,05$ МПа;
- 8) регулирование давления дымовых газов на выходе печи 150 ± 50 Па.

Задание 9



25

Рис.10. БГС:

1 – БГС; 2 – топка; 3 – редуктор БГС; 4 – выгрузочная камера; 5 – грохота

Гранулирование и сушка аммофоса осуществляется в аппарате БГС – барабанный гранулятор-сушилка, принцип работы которого заключается в том, что аммонизированная пульпа посредством форсунки диспергируется во вращающийся барабан на завесу сухого продукта.

Аппарат БГС представляет собой барабан диаметром 4,5 м, длиной 16 м, установленный наклонно в сторону движения материала (угол наклона 3°). Скорость вращения барабана 4,5 об/мин.

Центрами гранулообразования являются возвращаемый высушенный продукт и часть высушенных частиц в факеле распыла. Количество возвращенного сухого продукта – ретурность процесса – в основном зависит от начальной влажности пульпы, температуры теплоносителя, нагрузок на аппарат БГС.

Аппарат БГС является саморегулирующим по ретуру. При снижении количества ретура, подаваемого на завесу, часть частиц диспергируемой пульпы не соприкасается с сухим продуктом и высушивается с образованием мелочи, тем самым увеличивается количество ретура в системе. При увеличении количества ретура большая часть частиц диспергируемой пульпы осаждаются на завесу сухого продукта, происходит укрупнение частиц и снижение количества ретура в системе.

При сушке влажных гранул аммофоса одновременно протекают два процесса: испарение влаги (массообмен) и перенос тепла (теплообмен). Вода в аммофосе в основном связана с солями капиллярными силами (гигроскопическая влага). До 0,5 % воды связано в виде кристаллогидратов (кристаллизационная влага), которые, как правило, не разрушаются при температурах сушки. Таким образом, остаточная влажность продукта соответствует содержанию в нем кристаллизационной влаги. В процессе сушки аммофоса топочными газами при температуре не более 690°C происходит сравнительно быстрое испарение влаги с поверхности материала и медленное перемещение ее из внутренних слоев материала к его поверхности. Этот процесс продолжается до тех пор, пока давление водяных паров в дымовых газах не станет

равным давлению насыщенных паров воды над высушиваемым материалом.

Температура газов, отходящих из аппарата БГС, должна быть выше точки росы ($80 \div 125$ °С). Так как аммофос легко плавится и разлагается с выделением аммиака, его сушку проводят прямотоком при температуре не более 690 °С. Время гранулирования и сушки в аппарате БГС составляет $35 \div 40$ мин.

Стабильная работа аппарата БГС, а также качество готового продукта зависят от геометрии факела распыла пульпы, ее дисперсности, плотности орошения и равномерного распределения по сечению факела.

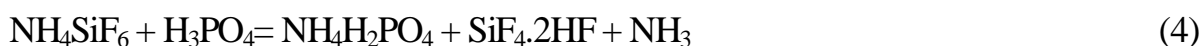
На аппарате БГС установлены две механические или пневматические форсунки. Предусмотрена подача пара для периодической пропарки форсунок.

Теплоносителем в аппарате БГС являются топочные газы, образующиеся при сжигании природного газа в топке. Воздух на горение газа подается вентилятором (двигатель М2), на разбавление топочных газов – вентилятором (двигатель М3). Отработанные дымовые газы отбираются из БГС вытяжным вентилятором (двигатель М4).

В загрузочной части аппарата БГС имеется приемно-винтовая насадка для предотвращения скопления продукта. В зоне грануляции и сушки – лопастная насадка для сохранения необходимой высоты слоя гранул в области распыливания пульпы форсунками, обеспечения требуемой длительности пребывания продукта в аппарате и улучшения процесса окатывания гранул. Выгрузка готового продукта происходит непрерывно через нижний люк выгрузочной камеры, из диаметрально противоположного штуцера отбираются топочные газы. Подача ретура в головную часть барабана производится с помощью обратного шнека.

Отношение количества ретура к количеству готового продукта изменяется в пределах $(1 \div 5):1$. Производительность по испаренной влаге $6,5$ т/ч. Расчетная максимальная производительность по готовому продукту при массовой доле воды в пульпе, подаваемой в аппарат БГС, равной $18 \div 20$ %, составляет $25 \div 28$ т/ч.

В процессе сушки помимо испарения воды из пульпы происходит выделение аммиака и фторсодержащих газов из-за частичного разложения солей, входящих в состав аммофоса по следующим реакциям:



Потери аммиака и фтора в процессе сушки составляют:

NH_3 - 8 % от вводимого в процесс,

F - 2 % от вводимого в процесс.

Отходящие от аппарата БГС топочные газы, содержащие пары воды, аммиак, газообразные соединения фтора и пыль готового продукта подвергаются очистке в системе абсорбции.

Необходимо предусмотреть:

1) регулирование расхода пульпы на БГС $20 \pm 1 \text{ м}^3/\text{ч}$ путем управления частотным преобразователем насоса подачи пульпы; блокировку подачи пульпы ($d_y = 100 \text{ мм}$) при расходе $8 \text{ м}^3/\text{ч}$;

2) регулирование температуры дымовых газов на выходе из БГС $110 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ путем управления заслонкой на подаче природного газа к топке;

3) регулирование температуры дымовых газов на входе в БГС $655 \pm 30 \text{ }^\circ\text{C}$ путем управления заслонкой на подаче вторичного воздуха к топке;

4) регулирование соотношения газ–воздух на горение 1:10 путем изменения подачи воздуха на горение;

5) регулирование разряжения в топке - $0,1 \div + 0,1 \text{ кПа}$ путем управления отбором дымовых газов из БГС; отсечку подачи природного газа при $0,2 \text{ кПа}$;

6) контроль расхода природного газа на топку $500 \div 750 \text{ м}^3/\text{ч}$;

7) контроль плотности пульпы к БГС $1,38 \div 1,5 \text{ г}/\text{см}^3$;

8) контроль давления природного газа на горелку № 1 и на горелку № 2 $1,5 \div 2 \text{ кПа}$; отсечку природного газа при $0,2 \text{ кПа}$ и при $3,2 \text{ кПа}$;

9) контроль расхода воздуха на горение $6500 \div 10000 \text{ м}^3/\text{ч}$;

10) контроль давления воздуха на горелку № 1 и на горелку № 2 $0,2 \div 2,5$ кПа; отсечку природного газа при $0,2$ кПа;

11) контроль факела горелки № 1 и № 2; отсечку подачи природного газа при погасании факела;

12) контроль давления разряжения в БГС - $0,1 \div 0,2$ кПа;

13) температуру левого и правого подшипников редуктора БГС не более 75 °С.

Задание 10

Участок выпарки (рис.11) предназначен для получения плава карбамида из водного раствора карбамида и подачи его на стадию грануляции. Процесс проводится в две ступени.

Раствор с массовой долей карбамида $71 \div 72$ %, температурой $85 \div 98$ °С подается в испаритель I ступени выпарки E1 с предыдущих стадий. Расход раствора $60 \div 75$ м³/ч измеряется расходомером.

Испарители I ступени E1 и II ступени E2 выпарки представляют собой кожухотрубные теплообменники, совмещенные в верхней части с сепараторами S1 и S2. В испарителе I ступени E1 в качестве теплоносителя используется пар с давлением $0,3$ МПа, в испарителе II ступени E2 – пар с давлением $0,8$ Мпа.

На I ступени выпарки раствор карбамида упаривается до массовой доли карбамида $94 \div 95$ % при температуре $125 \div 130$ °С и давлении $25 \div 45$ кПа (абс.). Парожидкостная смесь из трубного пространства испарителя E1 поступает в сепаратор S1, где происходит отделение газовой фазы от жидкой. Газовая фаза из сепаратора S1 отводится на конденсацию, а плав карбамида по барометрической трубе поступает на 2-ю ступень выпарки в испаритель E2. Давление пара измеряется и регулируется изменением подачи пара $P=0,3$ Мпа в испаритель с коррекцией по температуре выходящего раствора. Уровень конденсата в межтрубном пространстве E1 измеряется и регулируется. Из испарителя E2 парожидкостная смесь поступает в сепаратор S 2, где происходит отделение газовой фазы от жидкой. Уровень в сепараторе S 2 измеряется уровнемером и регулируется путем изменения числа оборотов двигателя насоса Н1. Газовая фаза

эжектором Э1 отводится на конденсацию. Паровой эжектор использует энергию струи пара для отвода газовой фазы из сепаратора. Плав карбамида насосом Н1 подается на грануляцию.

На II ступени выпарки раствор упаривается до массовой доли карбамида 98÷99 % при абсолютном давлении 8÷10 кПа и температуре 135÷140 °С. Давление пара $P=0,8$ МПа измеряется и регулируется изменением подачи пара на испаритель Е 2 с коррекцией по температуре плава карбамида на выходе из сепаратора S 2. Для предотвращения кристаллизации плава в рубашки линий плава подается пар с давлением 0,3 МПа.

Необходимо предусмотреть:

- 1) регулирование давления пара к испарителю Е1 на уровне $0.25\pm 0,02$ МПа с коррекцией по температуре раствора карбамида 94÷95 %;
- 2) регулирование уровня 26 ± 1 % конденсата в Е1;
- 3) регулирование давления пара к испарителю Е2 $0.6\pm 0,02$ МПа с коррекцией по температуре выходящего из S2 плава карбамида;
- 4) регулирование уровня в сепараторе S2 72 ± 2 % путем изменения числа оборотов двигателя насоса Н1;
- 5) регулирование давления в верхней части сепаратора S2 $10\pm 0,2$ кПа путем изменения расхода пара к эжектору Э1;
- 6) контроль расхода раствора карбамида на Е1 $60\div 80$ м³/ч;
- 7) контроль температуры 125÷130 °С раствора карбамида на выходе S1;
- 8) контроль температуры 135÷140 °С плава карбамида на выходе S2;
- 9) контроль давления пара к Е1 $0,22\div 0,3$ МПа;
- 10) контроль давления пара к Е2 $0,4\div 0,8$ МПа;
- 11) контроль давления пара к эжектору Э1 $0,2\div 0,3$ МПа.

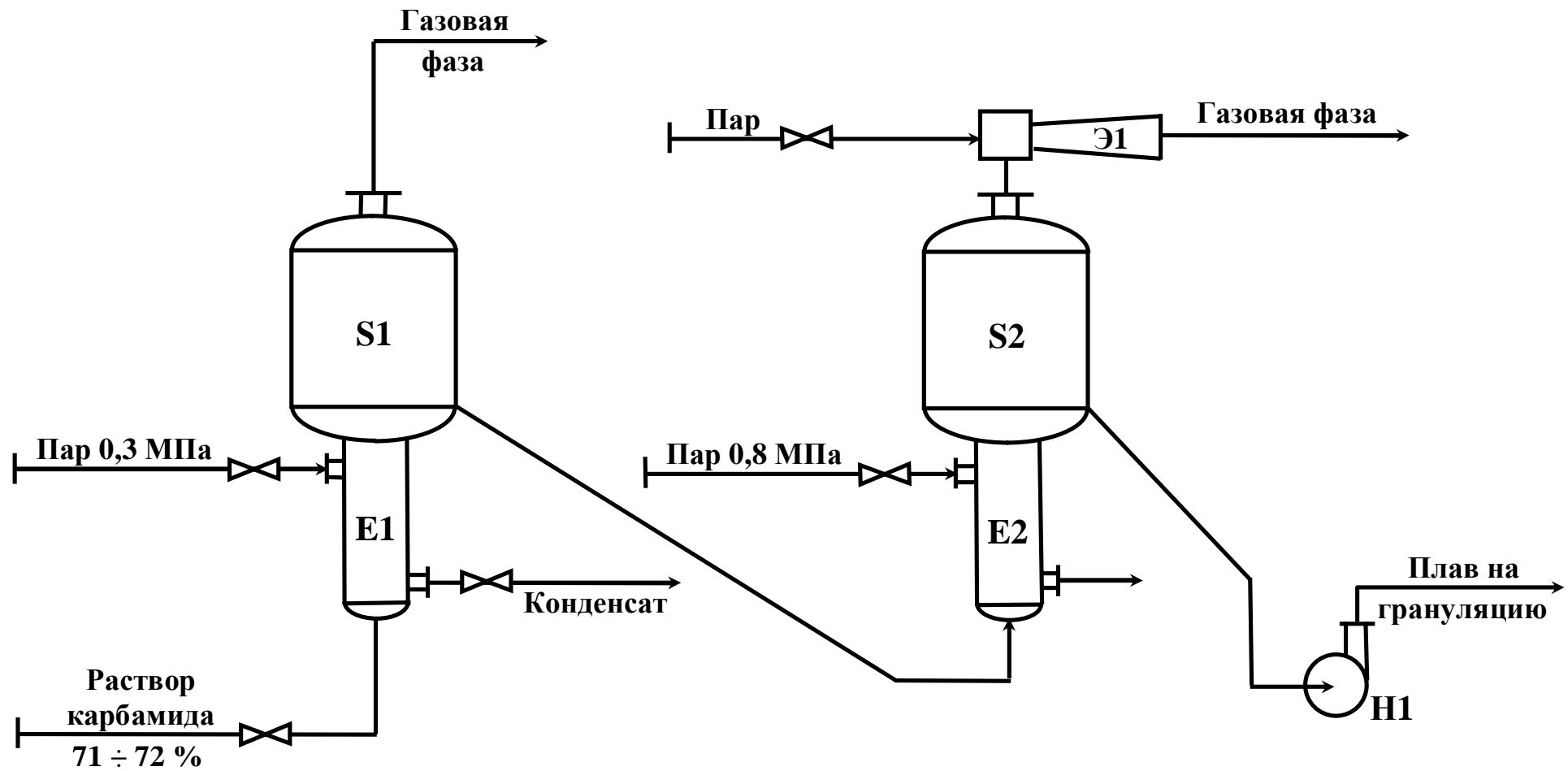


Рис.11. Участок выпарки раствора карбамида:

E1, E2 – испарители I и II ступени выпарки; S1, S2 – сепараторы; Э1 – паровой эжектор; Н1 – насос плава карбамида

Задание 11

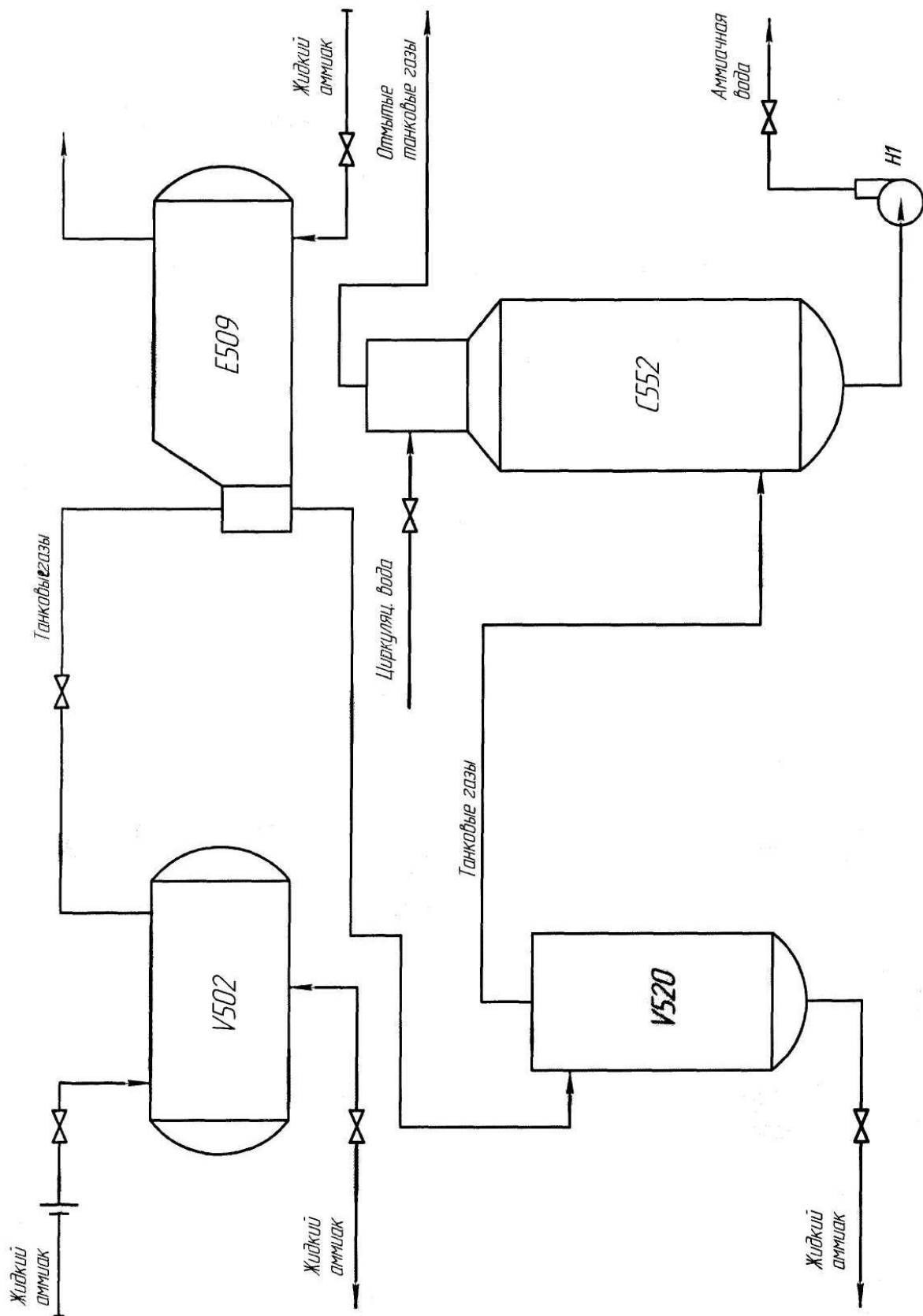


Рис.12. Участок отмывки танковых газов

Участок отмывки танковых газов методом водной абсорбции (рис.12) одна из стадий производства аммиака.

Аммиак – один из важнейших продуктов химической промышленности. Он используется для получения ряда азотсодержащих соединений, азотной кислоты и минеральных удобрений (аммиачная селитра, карбамид). Чистый аммиак и аммиачная вода применяются в качестве минерального удобрения. Жидкий аммиак также используется в холодильных установках как хладагент, в металлургии – для создания защитных средств, в медицине – в производстве пластмасс.

Стадии производства аммиака:

- компрессия природного газа и технологического воздуха;
- сероочистка природного газа;
- конверсия природного газа и оксида углерода;
- охлаждение, отпарка и очистка конвертированного газа;
- компрессия конвертированного газа;
- синтез аммиака;
- холодильный аммиачный цикл;
- выделение аммиака из продувочных и танковых газов;
- выделение водорода из продувочных и танковых газов.

Отмывка аммиака из танковых газов осуществляется в абсорберах насадочного типа при низком давлении $17,6 \text{ кг/см}^2$.

Для орошения абсорберов используется циркуляционная вода с содержанием аммиака $0,02 \text{ мас. \%}$ и с температурой $38 \text{ }^\circ\text{C}$.

Отмытые танковые газы с остаточным содержанием аммиака 5 ppm об. направляются на установку выделения водорода.

Водный раствор с содержанием аммиака $4,34 \text{ мас. \%}$ из нижней части абсорбера танковых газов отводится в колонну дистилляции для выделения аммиака.

В сборник танковых газов V502 поступает жидкий аммиак от сепараторов аммиака. Перед сборником V502 на линии жидкого аммиака установлена

дроссельная шайба для снижения давления с 83,4 МПа до 22,45 МПа. При сбросе давления происходит выделение из жидкого аммиака растворённых в нём газов (танковые газы), которые содержат более 40 об. % аммиака.

Давление в сборнике V502 регулируется выдачей танковых газов в охладитель E 509 с сигнализацией максимального и минимального значения.

Уровень жидкого аммиака в V502 поддерживается. В случае сверхминимального уровня в V 502 срабатывает блокировка на прекращение выдачи жидкого аммиака в расширитель V 508. В случае сверхмаксимального уровня срабатывают блокировки на прекращение подачи жидкого аммиака в сборник V 502. Жидкий аммиак из сборника V502 выдаётся в цикл захлаживания аммиака. Температура аммиака контролируется.

Из сборника V502 выделившиеся танковые газы поступают в охладитель танковых газов E509 для конденсации аммиака. Температура танковых газов на входе в трубное пространство E 509 контролируется.

В охладителе E509 танковые газы охлаждаются с 20 °С до минус 1 °С за счёт холода кипящего в межтрубном пространстве жидкого аммиака с температурой минус 8 °С. Температура и давление жидкого аммиака в межтрубном пространстве контролируются.

Уровень в охладителе E509 регулируется подачей жидкого аммиака из испарителя E508.

Сконденсировавшийся жидкий аммиак выделяется в сепараторе танковых газов V520 и отводится. Уровень жидкого аммиака в сепараторе V520 поддерживается с сигнализацией максимального и минимального значения.

Температура танковых газов на выходе из сепаратора V 520 контролируется. Танковые газы после сепаратора V 520 с давлением 1,73 МПа (17,6 кгс/см² изб.) и температурой минус 2 °С поступают в нижнюю часть абсорбера С 552 под насадку для отмывки от аммиака. Предусмотрен контроль давления.

Танковые газы движутся вверх противотоком по отношению к циркуляционной воде, которая стекает по поверхности насадки и поглощает аммиак.

Циркуляционная вода с температурой 38 °С и давлением 2,45 МПа (25,0 кгс/см² изб.) подается на орошение танковых газов в абсорбер С 552. Расход циркуляционной воды контролируется и поддерживается с сигнализацией минимального значения.

Перепад давления по абсорберу С 552 контролируется с сигнализацией максимального значения.

Отмытые танковые и инертные газы с остаточным содержанием аммиака 23 ppm об. направляются на сжигание в горелки печи первичного риформинга. Температура отходящего газа контролируется.

Аммиачная вода с содержанием аммиака 4,34 мас. % и температурой 55 °С из нижней части абсорбера С 552 насосом Р 552 подается в дистилляционную колонну С 553. Температура аммиачной воды контролируется. Давление аммиачной воды на нагнетании насоса Р 552 контролируется.

Уровень аммиачной воды в абсорбере С 552 контролируется и регулируется с сигнализацией максимального и минимального значений. При сверхмаксимальном уровне срабатывает блокировка на прекращение подачи циркуляционной воды в абсорбер С 552. При сверхминимальном уровне срабатывает блокировка на остановку циркуляционного насоса Н1 и прекращение подачи аммиачной воды в дистилляционную колонну С 553. Перед подачей в дистилляционную колонну С 553 аммиачная вода нагревается до температуры 163 °С в теплообменнике Е 551.

Аммиачная вода с содержанием аммиака 6,86 мас. % при температуре 163 °С и с давлением 2,45 МПа (25 кгс/см² изб.) после теплообменника Е 551 поступает в колонну дистилляции для выделения аммиака.

Необходимо предусмотреть:

- 1) контроль температуры 0÷50 °С жидкого аммиака на входе в V502;

контроль давления $220 \div 250$ кгс/см² жидкого аммиака перед дроссельной шайбой;

2) регулирование давления танковых газов 25 ± 2 кгс/см² в сборнике танковых газов V502 выдачей танковых газов в охладитель E 509 с сигнализацией максимального и минимального значения;

3) регулирование уровня жидкого аммиака $50 \div 80$ % в сборнике танковых газов V502; при $L \geq 80$ % срабатывание блокировки на прекращение выдачи жидкого аммиака из V 502; при $L \leq 50$ % срабатывание блокировок на прекращение выдачи жидкого аммиака от сепараторов;

4) контроль температуры $20 \div 30$ °С жидкого аммиака от V 502;

5) контроль температуры $15 \div 25$ °С танковых газов на входе в E 509;

6) контроль температуры $-6 \div -10$ °С жидкого аммиака в межтрубном пространстве охладителя E 509;

7) контроль давления $22 \div 26$ кгс/см² жидкого аммиака в межтрубном пространстве охладителя E 509;

8) регулирование уровня $50 \div 75$ % в охладителе E 509 путем подачи жидкого аммиака от E 509;

9) регулирование уровня $50 \div 75$ % жидкого аммиака в сепараторе танковых газов V 520 изменением отбора жидкого аммиака;

10) контроль температуры $-5 \div 1$ °С танковых газов на выходе из V 520;

11) контроль давления $17 \div 8$ кгс/см² танковых газов перед абсорбером С 552;

12) регулирование расхода циркуляционной воды $12,5 \pm 2$ м³/ч в абсорбер С 552 изменением подачи воды на С 552;

13) контроль перепада давления $0,05 \div 0,15$ кгс/см² на абсорбере С 552;

14) контроль температуры отмытых танковых газов $35 \div 41$ °С на сжигание;

15) контроль температуры аммиачной воды $50 \div 60$ °С после С 552;

16) контроль давления $24 \div 28$ кгс/см² на нагнетательной линии насоса;

17) регулирование уровня $50 \div 75$ % в абсорбере С 552, при $L \geq 90$ % срабатывает блокировка на прекращение подачи циркуляционной воды в абсорбер С 552, при $L \leq 40$ % прекращается выдача аммиачной воды насосом.

Задание 12

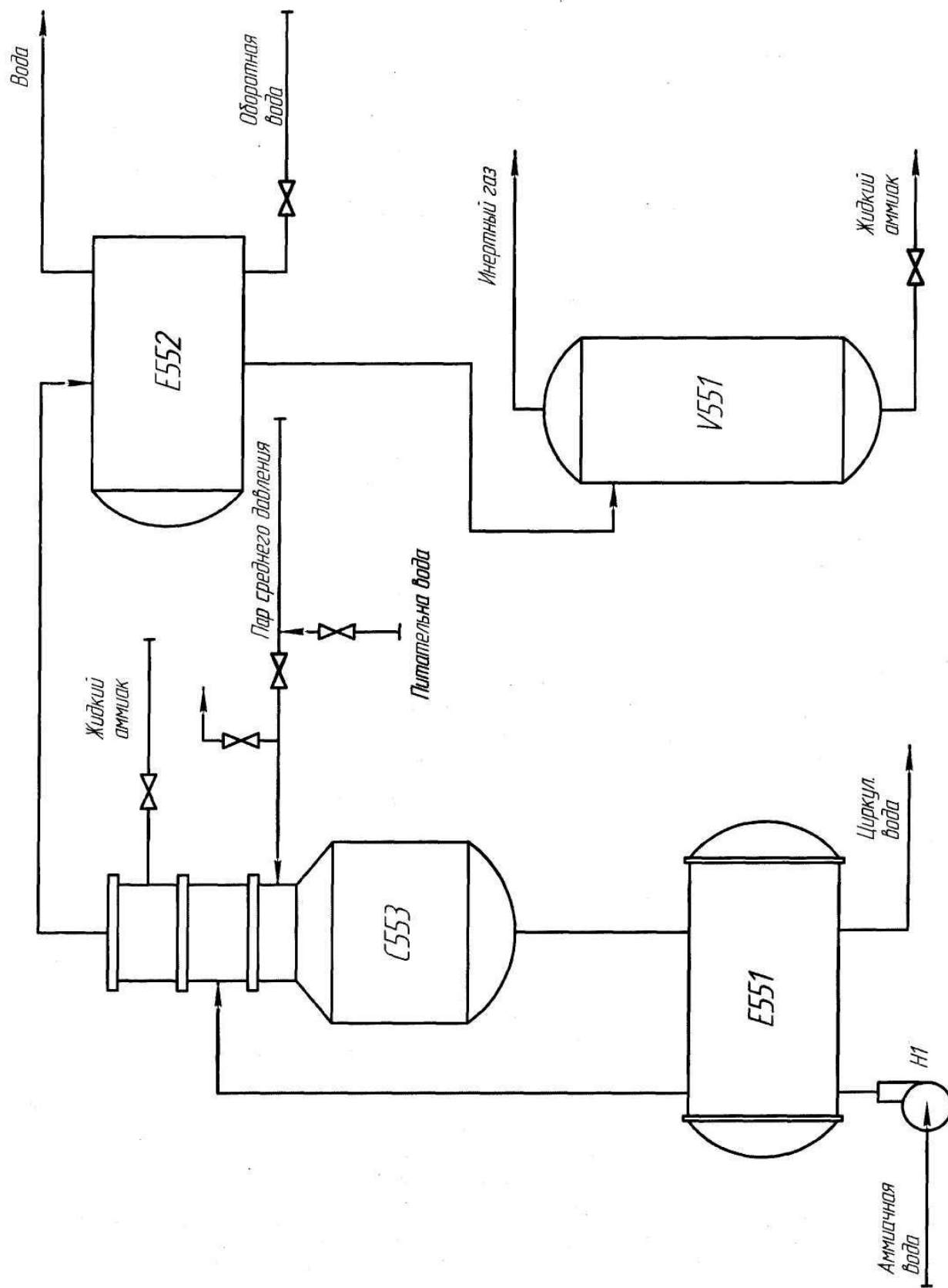


Рис.13. Участок дистилляции

Участок дистилляции (рис.13) одна из стадий производства аммиака.

Аммиачная вода с содержанием аммиака 4,34 мас. % и температурой 55 °С насосом Н1 подается в дистилляционную колонну С 553.

Перед подачей в дистилляционную колонну С 553 аммиачная вода нагревается до температуры 163 °С в теплообменнике Е 551.

Аммиачная вода с содержанием аммиака 6,86 мас. % при температуре 163 °С и с давлением 2,45 МПа (25 кгс/см² изб.) после теплообменника Е 551 поступает в колонну дистилляции С 553 для выделения аммиака.

Процесс дистилляции аммиака в колонне С 553 осуществляется за счет подвода тепла. В качестве теплоносителя используется пар среднего давления.

Пар с давлением 3,73 МПа (38,0 кгс/см² изб.) и температурой 270 °С через клапан подается в колонну дистилляции С 553.

Жидкий аммиак, в качестве флегмы, подается на орошение колонны С 553 через клапан.

Для защиты дистилляционной колонны С 553 от превышения давления выше расчетного и прорыва пара среднего давления установлен предохранительный клапан с давлением начала открытия 2,94 МПа (30 кгс/см² изб.). Сброс пара предусмотрен в атмосферу.

Пары аммиака с температурой 83 °С и давлением 2,45 МПа (25,0 кгс/см² изб.) из верха колонны С 553 поступают в конденсатор Е 552, где охлаждаются и конденсируются.

Сконденсировавшийся аммиак отделяется от инертных газов в сборнике V 551. Инертные газы и не сконденсировавшиеся в конденсаторе Е 552 пары аммиака поступают в охладитель для конденсации.

Необходимо предусмотреть:

- 1) контроль расхода аммиачной воды на участок 9÷19 м³/ч;
- 2) контроль температуры аммиачной воды перед С553 160÷166 °С;
- 3) регулирование расхода пара к С553 5±1,5 м³/ч;
- 4) регулирование температуры пара перед С553 за счет изменения подачи питательной воды 270±10 °С;
- 5) контроль температуры флегмы перед С553 28÷48 °С;
- б) регулирование температуры в верхней части колонны С 553 за счет из-

менения подачи флегмы к колонне 215 ± 15 °С;

7) регулирование температуры в средней части колонны С553 215 ± 15 °С за счет изменения задания по расходу пара;

8) контроль перепада давления на С553 $0,1 \pm 0,05$ кгс/см²;

9) регулирование уровня в колонне С553 $50 \div 75$ % за счет выдачи кубовой жидкости;

10) контроль температуры аммиака перед Е552 $68 \div 98$ °С;

11) контроль давления аммиака перед Е552 $23 \div 27$ кгс/см²;

12) регулирование температуры аммиака на выходе из Е552 за счет изменения подачи оборотной воды 38 ± 5 °С;

13) регулирование уровня аммиака в V551 $50 \div 5$ % за счет изменения выдачи жидкого аммиака;

14) рН аммиака после V551 $6,5 \div 7,5$ ед. рН.

Задание 13

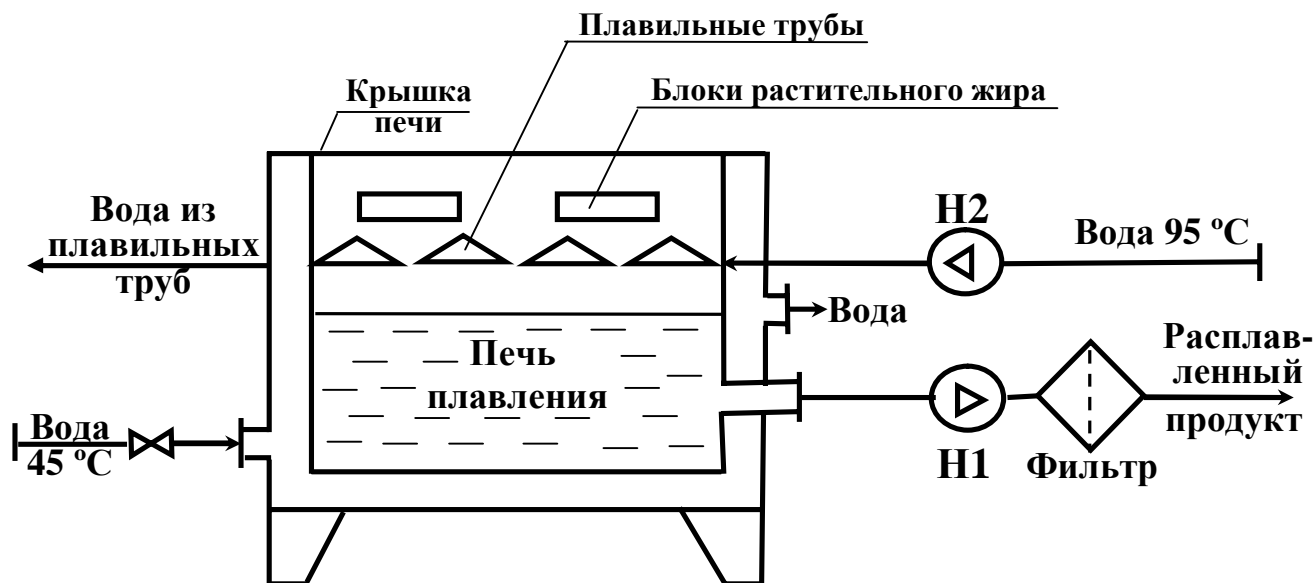


Рис.14. Печь плавления

На рис.14 представлена промышленная **печь плавления** закрытого типа. Она предназначена для плавления растительных жиров, какао-масла, какао-массы в блоках весом $20 \div 25$ кг.

Печь с объемной водяной рубашкой представляет собой емкостной аппа-

рат с крышкой. Каркас выполнен сварным из квадратного нержавеющей профиля и имеет четыре регулируемые опоры. Рубашка ванны обогревается горячей водой, циркулирующей по внутреннему контуру с помощью насоса. Нагрев и поддержание температуры воды в рубашке $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ осуществляется с помощью теплообменника при помощи пара, либо ТЭНа.

Вверху ванны под крышкой имеется трубная решетка. Она состоит из двух коллекторов, соединенных между собой трубами треугольного сечения. По трубной решетке циркулирует вода с температурой $95\text{ }^{\circ}\text{C}$. Именно на трубную решетку оператор помещает блоки растительного жира в твердой фазе для расплавления.

Твердые жиры (кондитерский жир, какао-масло, какао-масса) при распаковке должны быть тщательно проверены на отсутствие посторонних предметов. При наличии загрязнений на поверхности они должны быть тщательно зачищены, а испорченные слои или участки удалены. Перед употреблением в производство жиры тщательно просматривают.

Расплавленная масса из печи откачивается насосом в емкости для хранения, откуда в дальнейшем подается в основное производство. Температура в помещении для хранения расплавленных продуктов $45\div 50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Необходимо предусмотреть:

- 1) регулирование уровня расплава в ванне $10\div 80\%$ от Н (высоты) за счет управления насосом Н1;
- 2) контроль перепада давления на фильтре не более $0,87\text{ бар}$;
- 3) регулирование давления на линии подачи теплоносителя $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ $0,2\div 0,05\text{ МПа}$;
- 4) регулирование температуры теплоносителя $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ на выходе из рубашки печи $43\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 5) контроль давления на нагнетательной линии насоса Н1 не менее $0,2\text{ МПа}$;
- 6) контроль температуры, подаваемой в трубную решетку не менее $93\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 7) контроль температуры, подаваемой в рубашку печи не менее $45\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Задание 14

Участок кристаллизации ТФА-тригидрата фтористого алюминия (рис.15).

Производство фтористого алюминия основано на реакции взаимодействия кремнефтористо-водородной кислоты (H_2SiF_6) с гидроксидом алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$:



В результате реакции образуется пересыщенный раствор фтористого алюминия (ФА) и осадок гидратированной двуокиси кремния ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), называемой в производстве кремнегелем.

Пересыщенный раствор фтористого алюминия относительно устойчив, что дает возможность отделить его на фильтре от кремнегеля до того момента, когда начнется выделение из него кристаллов тригидрата фтористого алюминия ($\text{AlF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).

Отделенный от кремнегеля раствор фтористого алюминия (ФА) подвергают кристаллизации путем перемешивания раствора в течение нескольких часов.



Нагревание раствора позволяет ускорить процесс выделения кристаллов тригидрата фтористого алюминия (ТФА) в твердую фазу.

Кристаллы тригидрата фтористого алюминия (ТФА) отделяют от маточного раствора на фильтре и подвергают прокаливанию в сушильном барабане.

Пересыщенный раствор фторида алюминия (ФА) из сборника С1 насосом Н1 подается в распределитель Е1. С распределителя Е1 раствор самотеком поступает в кристаллизаторы К1, К2, оснащенные мешалками пропеллерного типа. Заполнение кристаллизаторов осуществляется поочередно по уровню. Кристаллизацию ТФА проводят путем перемешивания раствора в течение 5 часов при температуре 90 °С в присутствии затравки. В качестве затравки используется ТФА от предыдущего цикла. Нагревание раствора осуществляется острым водяным паром, только при условии заполнения кристаллизатора до заданного уровня. Слив суспензии из кристаллизаторов в сборник С2 осуществляется Амотеком. После сборника С2 суспензия ТФА подается насосом Н2 на узел

фильтрации. Газы, отходящие от кристаллизаторов, направляются в абсорбер.

Необходимо предусмотреть:

- 1) контроль уровня $0\div 4300$ мм в сборнике С1, с сигнализацией уровней 750 мм и 3000 мм;
- 2) поочередное заполнение кристаллизаторов до уровня 2000 мм, с сигнализацией уровней 100 мм и 2000 мм с помощью насоса Н1 (напор 4,9 бар, $N=75$ кВт);
- 3) управление мешалками сборников $N=10$ кВт и кристаллизаторов $N=4$ кВт через частотные преобразователи;
- 4) регулирование температуры раствора в кристаллизаторах на уровне 90 ± 4 °С;
- 5) контроль давления в линии отбора газов из кристаллизаторов $200\div 500$ Па;
- 6) контроль давления на паропроводе $0.55\div 0,6$ МПа;
- 7) слив ТФА из кристаллизаторов до уровня 100 мм в сборник С2;
- 8) контроль уровня $0\div 5600$ мм в сборнике С2.

Задание 15

Отфильтрованное пивное сусло поступает в **сусловарочный аппарат** (рис.16), где его кипятят с хмелем. Цель кипячения – стерилизация сусла, стабилизация и ароматизация его состава горькими веществами хмеля.

Дробленые зернопродукты всегда содержат некоторое количество микроорганизмов. При кислой реакции среды сусла стерилизация достигается уже через 15 мин кипячения. При кипячении хмеля в сусло переходит значительная часть его углеводов, белковых, горьких, дубильных, ароматических и минеральных веществ. Ароматизация сусла происходит в результате растворения в нем специфических составных частей хмеля и продуктов реакции меланоидинообразования.

С повышением температуры сусла происходит денатурация белков, которая внешне характеризуется появлением мути. Кипячение сусла с хмелем сопровождается снижением его вязкости и повышением цветности в результате реакции меланоидинообразования, карамелизации сахаров, окисления полифенольных веществ и растворения красящих веществ хмеля.

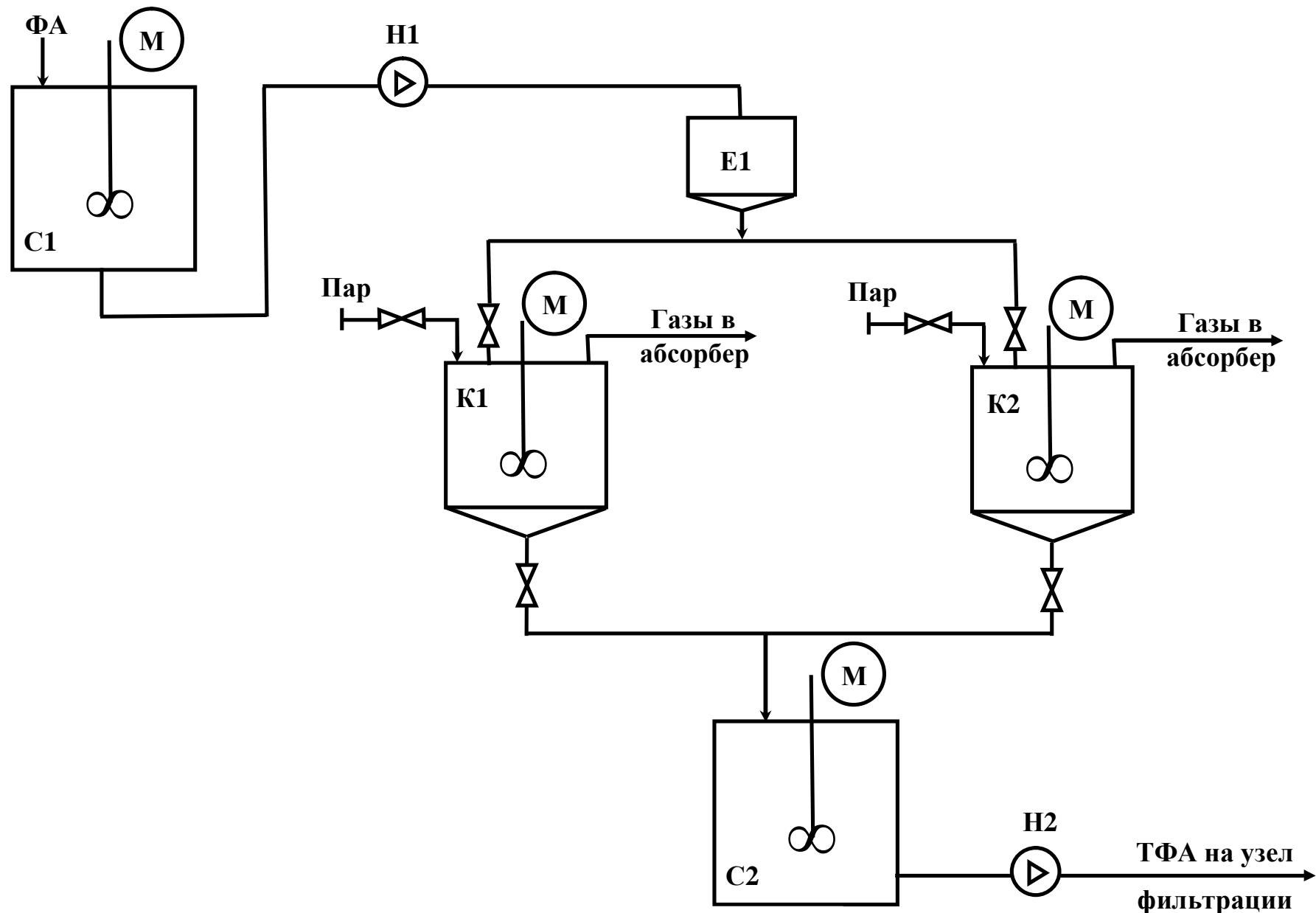


Рис.15. Участок кристаллизации

Факторы, влияющие на процесс кипячения сусла с хмелем: продолжительность кипячения, рН и состав воды, концентрация сусла. При длительном кипячении сусла с хмелем раствор насыщается горькими кислотами, что приводит к изменению рН сусла. Это является причиной выпадения их в осадок. Коагуляция белков наиболее полно проходит при рН 5,2 в присутствии сульфатов и хлоридов. Дубильные вещества хмеля ускоряют коагуляцию белков.

При работе с мягкой водой образующиеся кислоты способствуют осаждению горьких веществ, тем самым снижая ощущение горечи. При использовании карбонатных вод действие кислот в начале брожения нейтрализуется.

При высокой концентрации сусла в среде возрастает количество коагулируемого белка, который при осаждении выводит из раствора горькие вещества.

Сусло с хмелем кипятят в суслотварочных аппаратах. Поступающее в суслотварочный аппарат сусло должно иметь температуру $63 \div 75$ °С, для того чтобы предохранить его от инфицирования и максимально продлить активность ферментов. Сусло кипятят только после заполнения аппарата. Продолжительность кипячения не должна превышать 2 ч при скорости испарения воды $5 \div 6$ % в час к массе сусла. В начале варки стараются избежать сильного вспенивания, а в конце – гарантировать хорошее образование хлопьев.

Хмелепродукты в сусло вносят в два, три или четыре приема. Конец кипячения сусла определяют по содержанию сухих веществ в нем, свертыванию белково-дубильных веществ, образованию хлопьев и прозрачности горячего сусла. После окончания кипячения охмеленное сусло поступает в хмелеотделитель. Так для удаления взвесей горячего сусла применяют гидроциклонный аппарат – вирпул.

Необходимо предусмотреть:

- 1) заполнение котла суслом до уровня 1600 мм и слив охмеленного сусла после окончания кипячения с постоянным контролем уровня $0 \div 1600$ мм ($0 \div 80$ % от Н);
- 2) регулирование температуры кипячения сусла 103 ± 5 °С;
- 3) контроль рН сусла в котле $5,0 \div 5,3$ ед рН;

4) контроль температуры сусла на выходе из выносного теплообменника $103 \div 106 \text{ } ^\circ\text{C}$;

5) контроль давления пара $0,3 \div 0,4 \text{ МПа}$;

б) также необходимо предусмотреть управление насосом рециркуляции.

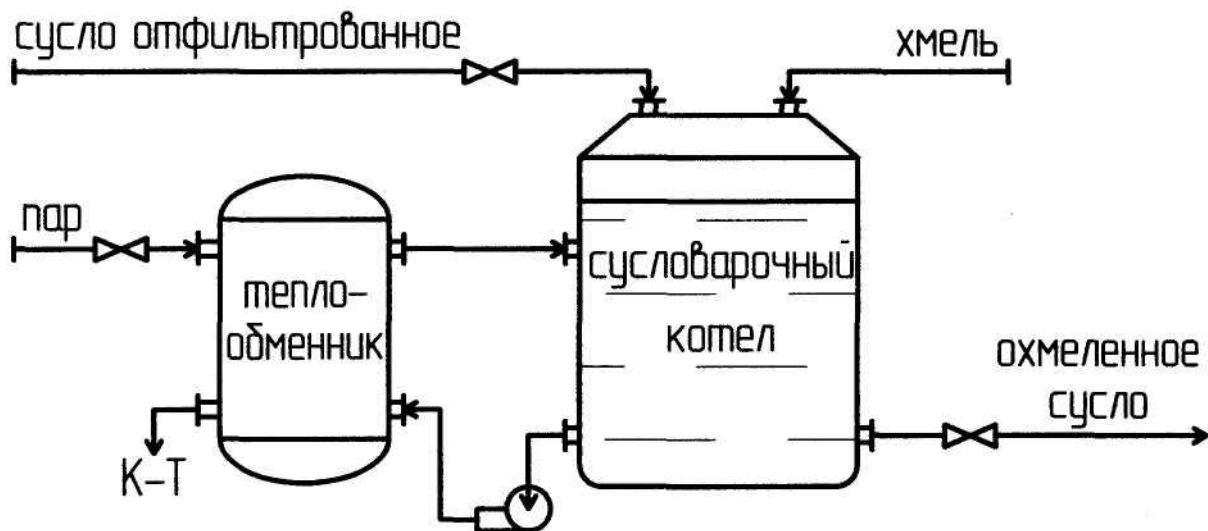


Рис.16. Сушеварочный котел

3. Нормативные требования к выполнению схем автоматизации

3.1. Условные обозначения приборов и средств автоматизации в схемах автоматизации

Для того чтобы перейти к условным обозначениям приборов и средств автоматизации по ГОСТу 21.208-2013 СПДС, введем следующие определения:

- **контур контроля, регулирования и управления:** совокупность отдельных функционально связанных приборов, выполняющих определенную задачу по контролю, регулированию, сигнализации, управлению и т.п.;

- **система противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ):** система управления технологическим процессом, которая в случае выхода процесса за безопасные рамки выполняет комплекс мер по защите оборудования и персонала.

3.1.1. Условные обозначения приборов и средств автоматизации

Таблица 4

Условные графические обозначения приборов и средств автоматизации

Наименование	Обозначение
1. Прибор, аппарат, устанавливаемый вне щита (по месту): а) основное обозначение; б) допускаемое обозначение	
2. Прибор, аппарат, устанавливаемый на щите, пульте: а) основное обозначение; б) допускаемое обозначение	
3. Функциональные блоки цифровой техники (контроллер, системный блок, монитор, устройство сопряжения и др.).	
4. Прибор, устройство ПАЗ, установленный вне щита: а) основное обозначение; б) допускаемое обозначение	
4.*** Прибор (устройство) ПАЗ, установленный на щите*: а) основное обозначение; б) допускаемое обозначение	
5. Исполнительный механизм. Общее обозначение.	
6. Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала: открывает регулирующий орган; закрывает регулирующий орган; оставляет регулирующий орган в неизменном положении	
7. Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом**	

* При размещении оборудования ПАЗ в шкафах, стойках и стативах, предназначенных для размещения только систем ПАЗ, на схемах допускается не обозначать это оборудование ромбами.

** Обозначение может применяться с любым из дополнительных знаков, характеризующих положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала.

*** Нумерация соответствует оригиналу. - Примечание изготовителя базы данных.

3.1.2. Символьные обозначения

Таблица 5

Основные символьные обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов

Обозначение	Измеряемая величина		Функциональный признак прибора		
	Основное обозначение измеряемой величины	Дополнительное обозначение, уточняющее измеряемую величину	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительное значение
1	2	3	4	5	6
А	Анализ Величина, характеризующая качество: состав, концентрация, детектор дыма и т.п.	-	Сигнализация	-	-
В	Пламя, горение	-	-	-	-
С	+	-	-	Автоматическое регулирование, управление	-
Д	+	Разность, перепад	-	-	Величина отклонения от заданной измеряемой величины
Е	Напряжение	-	-	Чувствительный элемент	-

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6
F	Расход	Соотношение, доля, дробь	-	-	-
G	+	-	Первичный показывающий прибор	-	-
H	Ручное воздействие	-	-	-	Верхний предел измеряемой величины
I	Ток	-	Вторичный показывающий прибор	-	-
J	Мощность	Автоматическое переключение, обегание	-	-	-
K	Время, временная программа	-	-	Станция управления	-
L	Уровень	-	-	-	Нижний предел измеряемой величины
M	+	-	-	-	Величина или среднее положение (между верхним H и нижним L)
N	+	-	-	-	-
O	+	-	-	-	-
P	Давление, вакуум	-	-	-	-
Q	Количество	Интегрирование, суммирование по времени	-	+	-
R	Радиоактивность	-	Регистрация	-	-
S	Скорость, частота	Самосрабатывающее устройство безопасности	-	Включение, отключение, переключение, блокировка	-
T	Температура	-	-	Преобразование	-
U	Несколько разнородных измеряемых величин	-	-	-	-
V	Вибрация	-	+	-	-
W	Вес, сила, масса	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6
X	Нерекомендуемая резервная буква	-	Вспомогательные компьютерные устройства	-	-
Y	Событие, состояние	-	-	Вспомогательное вычислительное устройство	-
Z	Размер, положение, перемещение	Система инструментальной безопасности, ПАЗ	-	+	-

Примечания:

1. Буквенные обозначения, отмеченные знаком "+", назначаются по выбору пользователя, а отмеченные знаком "-" не используются.
2. В круглых скобках приведены номера пунктов пояснения.

3.1.3. Правила построения условных обозначений приборов и средств автоматизации в схемах

1. ГОСТ 21.208-2013 СПДС устанавливает два метода построения условных обозначений: упрощенный и развернутый.

2. При упрощенном методе построения приборы и средства автоматизации, осуществляющие сложные функции, например контроль, регулирование, сигнализацию, изображают одним условным обозначением. При этом первичные измерительные преобразователи и всю вспомогательную аппаратуру не изображают.

3. При развернутом методе построения каждый прибор или блок, входящий в единый измерительный, регулирующий или управляющий комплект средств автоматизации, указывают отдельным условным обозначением.

4. Условные обозначения приборов и средств автоматизации, применяемые в схемах, включают в себя графические, буквенные и цифровые обозначения. В верхней части графического обозначения наносят буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора, определяющего его назначение.

В нижней части графического обозначения наносят цифровое (позиционное) обозначение прибора или комплекта средств автоматизации.

5. При построении обозначений комплектов средств автоматизации первая буква в обозначении каждого входящего в комплект прибора или устройства (кроме устройств ручного управления и параметра "событие, состояние") является обозначением измеряемой комплектом величины.

6. Буквенные обозначения устройств, выполненных в виде отдельных блоков и предназначенных для ручных операций, независимо от того, в состав какого комплекта они входят, должны начинаться с буквы Н.

7. Первая буква У показывает состояние или событие, которое определяет реакцию устройства.

8. Символ S применяется в качестве дополнительного обозначения измеряемой величины F, P, T и указывает на самосрабатывающие устройства безопасности – предохранительный или отсечной клапан, термореле. Символ S не должен использоваться для обозначения устройств, входящих в систему инструментальной безопасности – ПАЗ.

9. Символ Z применяется в качестве дополнительного обозначения измеряемой величины для устройств системы инструментальной безопасности – ПАЗ.

10. Порядок расположения буквенных обозначений принимают с соблюдением последовательности обозначений, приведенной на рис.17.



Рис.17. Принцип построения условного обозначения прибора

11. Функциональные признаки приборов:

- букву А применяют для обозначения функции "сигнализация" независимо от того, вынесена ли сигнальная аппаратура на какой-либо щит или для сигнализации используются лампы, встроенные в сам прибор;

- букву К применяют для обозначения станции управления, имеющей переключатель для выбора вида управления и устройство для дистанционного управления;

- букву Е применяют для обозначения чувствительного элемента, выполняющего функцию первичного преобразования: преобразователи термоэлектрические, термопреобразователи сопротивления, датчики пирометров, сужающие устройства расходомеров и т.п.;

- букву S применяют для обозначения контактного устройства прибора, используемого только для включения, отключения, переключения, блокировки.

При применении контактного устройства прибора для включения, отключения и одновременно для сигнализации в обозначении прибора используют обе буквы: S и A;

- букву Т применяют для обозначения первичного прибора бесшкального с дистанционной передачей сигнала: манометры, дифманометры, манометрические термометры;

- букву Y применяют для обозначения вспомогательного устройства, выполняющего функцию вычислительного устройства;

- предельные значения измеряемых величин, по которым осуществляют, например, включение, отключение, блокировку, сигнализацию, допускается конкретизировать добавлением букв H и L. Комбинацию букв HH и LL используют для указания двух величин. Буквы наносят справа от графического обозначения;

- отклонение функции D при объединении с функцией A (тревога) указывает, что измеренная переменная отклонилась от задания или другой контрольной точки больше чем на predetermined число.

12. При построении буквенных обозначений указывают не все функциональные признаки прибора, а лишь те, которые используют в данной схеме.

13. При необходимости конкретизации измеряемой величины справа от графического обозначения прибора допускается указывать наименование, символ этой величины или ее значение, для измеряемой величины А указывают тип анализатора, обозначение анализируемой величины и интервал значений измеряемого параметра.

14. Для обозначения величин, не предусмотренных настоящим стандартом, допускается использовать резервные буквы. Применение резервных букв должно быть расшифровано на схеме.

15. Подвод линий связи к прибору изображают в любой точке графического обозначения (сверху, снизу, сбоку). При необходимости указания направления передачи сигнала на линиях связи наносят стрелки.

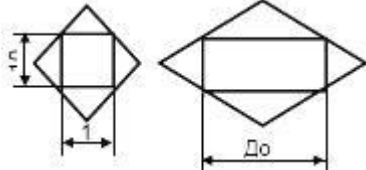
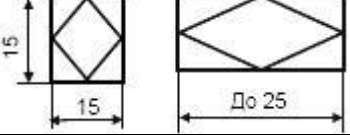

16. Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации приведены в табл. 7.

3.1.4. Размеры условных обозначений

Таблица 6

Размеры условных графических обозначений
приборов и средств автоматизации






Наименование	Обозначение
1	2
1. Прибор, аппарат: а) основное обозначение; б) допускаемое обозначение	
2. Функциональные блоки цифровой техники (контроллер, системный блок, устройство сопряжения и др.)	<p>Размеры по усмотрению разработчика, применительно к удобству оформления схемы</p>
3. Прибор (устройство, входящее в контур) ПАЗ	

1	2
основное обозначение;	
допускаемое обозначение	
4. Исполнительный механизм	

Условные графические обозначения на схемах выполняют сплошной толстой основной линией, а горизонтальную разделительную черту внутри графического обозначения и линии связи – сплошной тонкой линией по ГОСТ 2.303.



Таблица 7

Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации



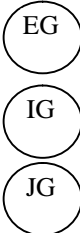




Наименование	Обозначение
1	2
Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту. Например: преобразователь термоэлектрический (термопара), термопреобразователь сопротивления, термобаллон манометрического термометра, датчик пирометра и т.п.	
Прибор для измерения температуры показывающий, установленный по месту. Например: термометр ртутный, термометр манометрический и т.п.	
Прибор для измерения температуры показывающий, установленный на щите. Например: милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.	
Прибор для измерения температуры бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: термометр манометрический (или любой другой датчик температуры) бесшкальный с пневмо- или электропередачей	
Прибор для измерения температуры одноточечный, регистрирующий, установленный на щите. Например: самопишущий милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.	


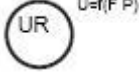

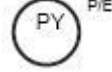

Продолжение табл. 7

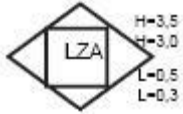

1	2
<p>Прибор для измерения температуры с автоматическим обгоняющим устройством, регистрирующий. Например: многоточечный самопишущий потенциометр, мост автоматический и т.п.</p>	
<p>Прибор для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, установленный на щите. Например: любой самопишущий регулятор температуры (термометр манометрический, милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.)</p>	
<p>Регулятор температуры бесшкальный, установленный по месту. Например: dilatометрический регулятор температуры</p>	
<p>Комплект для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, снабженный станцией управления, установленный на щите. Например: вторичный прибор и регулирующий блок системы "Старт"</p>	
<p>Прибор для измерения температуры бесшкальный с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле температурное</p>	
<p>Первичный прибор контроля температуры в системе ПАЗ</p>	
<p>Байпасная панель дистанционного управления, установленная на щите</p>	
<p>Переключатель электрических цепей измерения (управления), переключатель для газовых (воздушных) линий, установленный на щите</p>	
<p>Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий, установленный по месту Например: любой показывающий манометр, дифманометр, тягомер, напорометр, вакуумметр и т.п.</p>	
<p>Прибор для измерения перепада давления показывающий, установленный по месту. Например: дифманометр показывающий</p>	
<p>Прибор для измерения давления (разрежения) бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: манометр (дифманометр) бесшкальный с пневмо- или электропередачей</p>	
<p>Прибор для измерения давления (разрежения) регистрирующий, установленный на щите. Например: самопишущий манометр или любой вторичный прибор для регистрации давления</p>	

1	2
Прибор для измерения давления с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле давления	
Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий с контактным устройством, установленный по месту. Например: электроконтактный манометр, вакуумметр и т.п.	
Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту. Например: датчик индукционного расходомера и т.п.	
Прибор для измерения расхода бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: ротаметр бесшкальный с пневмо- или электропередачей	
Прибор для измерения соотношения расходов регистрирующий, установленный на щите. Например: любой вторичный прибор для регистрации соотношения расходов	
Прибор для измерения расхода показывающий, установленный по месту. Например: дифманометр (ротаметр) показывающий	
Прибор для измерения расхода интегрирующий, установленный по месту. Например: любой счетчик-расходомер с интегратором	
Прибор для измерения расхода интегрирующий, с устройством для выдачи сигнала после прохождения заданного количества вещества, установленный по месту. Например: счетчик-дозатор	
Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения уровня, установленный по месту. Например: датчик электрического или емкостного уровнемера	
Прибор для измерения уровня показывающий, установленный по месту. Например: манометр (дифманометр), используемый для измерения уровня	
Прибор для измерения уровня с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле уровня, используемое для блокировки и сигнализации верхнего уровня	
Прибор для измерения уровня бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: уровнемер бесшкальный с пневмо- или электропередачей	
Прибор для измерения уровня бесшкальный, регулирующий, с контактным устройством, установленный по месту. Например: электрический регулятор-сигнализатор уровня. Буква Н в данном примере означает блокировку по верхнему уровню	

Продолжение табл. 7

1	2
<p>Прибор для измерения уровня показывающий, с контактным устройством, установленный на щите. Например: прибор вторичный показывающий с сигнальным устройством. Буквы Н и L означают сигнализацию верхнего и нижнего уровней</p>	
<p>Прибор для измерения плотности раствора бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: датчик плотномера с пневмо- или электропередачей</p>	
<p>Прибор для измерения размеров показывающий, установленный по месту. Например: прибор показывающий для измерения толщины стальной ленты</p>	
<p>Прибор для измерения электрической величины показывающий, установленный по месту. Например: - напряжение; - сила тока; - мощность</p>	
<p>Прибор для управления процессом по временной программе, установленный на щите. Например: командный электропневматический прибор (КЭП), многоцепное реле времени</p>	
<p>Прибор для измерения влажности регистрирующий. Например: прибор влагомера</p>	
<p>Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения качества продукта, установленный по месту. Например: датчик рН-метра</p>	
<p>Прибор для измерения качества продукта показывающий, установленный по месту. Например: газоанализатор показывающий для контроля содержания кислорода в дымовых газах</p>	
<p>Прибор для измерения качества продукта регистрирующий, регулирующий, установленный на щите. Например: прибор вторичный самопишущий регулятора концентрации серной кислоты в растворе</p>	
<p>Прибор для измерения радиоактивности показывающий, с контактным устройством, установленный по месту Например: прибор для показания и сигнализации предельно допустимых концентраций</p>	

1	2
<p>Прибор для измерения скорости вращения, привода регистрирующий, установленный на щите. Например: прибор вторичный тахогенератора</p>	
<p>Прибор для измерения нескольких разнородных величин регистрирующий, установленный по месту. Например: дифманометр-расходомер самопишущий с дополнительной записью давления. Надпись, расшифровывающая измеряемые величины, наносится справа от прибора</p>	
<p>Прибор для измерения вязкости раствора показывающий, установленный по месту. Например: вискозиметр показывающий</p>	
<p>Прибор для измерения массы продукта показывающий, сигнализирующий, установленный по месту. Например: устройство электронно-тензометрическое сигнализирующее</p>	
<p>Прибор для контроля погасания факела в печи бесшкальный, с контактным устройством, установленный на щите. Например: прибор вторичный запально-защитного устройства</p>	
<p>Преобразователь сигнала, установленный на щите. Входной сигнал электрический, выходной сигнал тоже электрический. Например: преобразователь измерительный, служащий для преобразования термоЭДС термометра термоэлектрического в сигнал постоянного тока</p>	
<p>Преобразователь сигнала, установленный по месту. Входной сигнал пневматический, выходной – электрический</p>	
<p>Вычислительное устройство, выполняющее функцию умножения. Например: множитель на постоянный коэффициент К, установленный на щите</p>	
<p>Пусковая аппаратура для управления электродвигателем (включение, выключение насоса; открытие, закрытие задвижки и т.д.). Например: магнитный пускатель, контактор и т.п. Применение резервной буквы N должно быть оговорено на поле схемы</p>	
<p>Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления (включение, выключение двигателя; открытие, закрытие запорного органа, изменение задания регулятору), установленная на щите. Например: кнопка, ключ управления, задатчик</p>	
<p>Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, снабженная устройством для сигнализации, установленная на щите. Например: кнопка со встроенной лампочкой, ключ управления с подсветкой и т.п.</p>	

1	2
Прибор для измерения уровня с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле уровня, используемое для ПАЗ верхнего уровня и нижнего уровня с выводом сигнала при четырех значениях уровня	
Клапан регулирующий, закрывающий при прекращении подачи энергии с функцией ручного управления	

Примечание: в изображении прибора или аппарата для всех примеров вместо окружности допускается использовать квадрат или прямоугольник.

3.2. Требования к упрощенным и развернутым схемам автоматизации

Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов определяются ГОСТом 21.408-2013. Схемы автоматизации разрабатывают в целом на технологическую (инженерную) систему или ее часть – технологическую линию, блок оборудования, установку или агрегат.

На схеме автоматизации изображают:

- технологическое и инженерное оборудование и коммуникации (трубопроводы, газоходы, воздухопроводы) автоматизируемого объекта (далее – технологическое оборудование);
- технические средства автоматизации или контуры контроля, регулирования и управления;
- линии связи между отдельными техническими средствами автоматизации или контурами (при необходимости). Линии связи между приборами и контурами контроля и управления, в том числе линии беспроводной связи, изображают на схемах условными графическими обозначениями.

Технологическое оборудование на схемах автоматизации изображается в соответствии с технологической схемой. При этом допускается упрощать изображения технологического оборудования, не показывая на схеме оборудование, коммуникации и их элементы, которые не оснащаются технически-

ми средствами автоматизации и не влияют на работу систем автоматизации.

Технологическое оборудование изображают с учетом требований следующих стандартов:

- оборудование – по ГОСТ 2.780. ГОСТ 2.782. ГОСТ 2.788. ГОСТ 2.789. ГОСТ 2.790, ГОСТ 2.791. ГОСТ 2.792. ГОСТ 2.793, ГОСТ 2.794. ГОСТ 2.795;
- трубопроводную запорную арматуру, используемую в системах автоматизации (не регулирующую), – по ГОСТ 2.785.

Условные графические и буквенные обозначения приборов и контуров контроля и управления принимают по ГОСТ 21.208. Буквенные обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов указывают в верхней части условного графического обозначения.

Схемы автоматизации выполняют двумя способами:

- развернутым, при котором на схеме изображают состав и место расположения технических средств автоматизации каждого контура контроля и управления:
- упрощенным, при котором на схеме изображают основные функции контуров контроля и управления (без выделения входящих в них отдельных технических средств автоматизации и указания места расположения).

Развернутый способ выполнения схем автоматизации

Технологическое оборудование изображают в верхней части схемы.

Условное графическое обозначение приборов, встраиваемых в технологические коммуникации, показывают в разрыве линий изображения коммуникаций; а устанавливаемых на технологическом оборудовании (с помощью закладных устройств) показывают рядом. Условное графическое обозначение приборов по ГОСТ 21.208.

Остальные технические средства автоматизации показывают условными графическими обозначениями в прямоугольниках, расположенных в нижней части схемы. Каждому прямоугольнику присваивают заголовки, соответствующие показанным в них техническим средствам.

Первым располагают прямоугольник, в котором показаны внешитовые приборы, конструктивно не связанные с технологическим оборудованием, с заголовком «Приборы местные», ниже – прямоугольники, в которых показаны щиты и пульты, а также, при необходимости, комплексы технических средств, например щит контроллеров, щит системы ПАЗ.

Заголовки прямоугольников, предназначенных для изображения щитов и пультов, принимают в соответствии с наименованиями, принятыми в эскизных чертежах общих видов, для комплексов технических средств – в соответствии с их записью в спецификации оборудования, изделий и материалов.

На схеме автоматизации буквенно-цифровые обозначения приборов указывают в нижней части окружности (квадрата, прямоугольника) или с правой стороны от него, обозначения электроаппаратов – справа от их условного графического обозначения.

При этом обозначения технических средств присваивают по спецификации оборудования, изделий и материалов и составляют из цифрового обозначения соответствующего контура и буквенного обозначения (прописными буквами) каждого элемента, входящего в контур, в зависимости от последовательности прохождения сигнала.

При большом количестве приборов допускается применять обозначения, в которых первый знак соответствует условному обозначению измеряемой величины, последующие знаки – порядковому номеру контура в пределах измеряемой величины.

Электроаппараты, входящие в систему автоматизации (звонки, сирены, сигнальные лампы, табло, электродвигатели и др.), показывают на схеме графическими условными обозначениями по ГОСТ 2.722, ГОСТ 2.732, ГОСТ 2.741 и присваивают им буквенно-цифровые обозначения по ГОСТ 2.710.

Линии связи допускается изображать с разрывом при большой протяженности и/или при сложном их расположении. Места разрывов линий связи нумеруют арабскими цифрами в порядке их расположения в прямоугольнике с заголовком «Приборы местные».

Допускается пересечение линий связи с изображениями технологического оборудования. Пересечение линий связи с обозначениями приборов не до-

пускается.

На линиях связи указывают предельные (максимальные или минимальные) рабочие значения измеряемых (регулируемых) величин по ГОСТ 8.417 или в единицах шкалы выбираемого прибора. Для обозначения разрежения (вакуума) ставят знак «минус» перед значением измеряемых (регулируемых) величин. Для приборов, встраиваемых непосредственно в технологическое оборудование и не имеющих линий связи с другими приборами, предельные значения величин указывают рядом с обозначением приборов.

Технологическое оборудование допускается не изображать на схеме в случаях, когда точки контроля и управления в технологических цехах немногочисленны (например, в рабочей документации по диспетчеризации).

Упрощенный способ выполнения схем автоматизации

При упрощенном способе выполнения схем автоматизации контуры контроля и управления, а также одиночные приборы наносят рядом с изображением технологического оборудования и коммуникаций (или в их разрыве).

В нижней части схемы рекомендуется приводить таблицу контуров.

В таблице контуров указывают номера контуров и номер листа основного комплекта, на котором приведен состав каждого контура.

Контур (независимо от числа входящих в него элементов) изображают в виде окружности (прямоугольника), разделенной горизонтальной чертой. В верхнюю часть окружности записывают буквенное обозначение, определяющее измеряемый (регулируемый) параметр, и функции, выполняемые данным контуром, в нижнюю – номер контура. Для контуров систем автоматического регулирования, кроме того, на схеме изображают исполнительные механизмы, регулирующие органы и линию связи, соединяющую контуры с исполнительными механизмами.

Предельные рабочие значения измеряемых (регулируемых) величин указывают рядом с графическими обозначениями контуров или в дополнительной графе таблицы контуров.

Когда на схемах автоматизации сложно привести полный состав элементов контура, разрабатывают структурную схему контура.

Библиографический список

1. Ерофеева, Е.В. Проектирование систем автоматизации: учеб. пособие / Е.В. Ерофеева, Б.А. Головушкин; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2012. - 96 с.
2. Схиртладзе, А.Г. Интегрированные системы проектирования и управления: учеб. для вузов по направлению подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств». – М.: Академия, 2010 . – 348 с.
3. Мельников, В.П. Информационное обеспечение систем управления : учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.П. Мельников. — М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 336 с.
4. Грименицкий, П.Н. MasterSCADA: учеб. пособие / П.Н. Грименицкий; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2016. – 108 с.
5. Невиницын, В.Ю. Современные приборы измерения теплоэнергетических величин. Измерение уровня и расхода: учеб. пособие / В.Ю. Невиницын, А.Н. Лабутин; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2014. – 84 с.
6. Самарский, А.П. Технические средства автоматизации. Пневматические системы: учеб. пособие / А.П. Самарский; Иван. гос. хим.- технол. ун-т.- Иваново, 2014. – 64 с.
7. Харазов, В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами / В.Г. Харазов. – СПб: Профессия, 2009. – 592 с.
8. ГОСТ 21.208-2013 СПДС. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.
9. ГОСТ 21.408-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов.

Оглавление

Введение.....	3
1. Содержание практических занятий по курсу «Автоматизированное проектирование средств и систем управления».....	4
2. Задания для проектирования систем управления.....	7
3. Нормативные требования к выполнению схем автоматизации.....	45
3.1. Условные обозначения приборов и средств автоматизации в схемах автоматизации.....	45
3.1.1. Условные обозначения приборов и средств автоматизации...	46
3.1.2. Символьные обозначения.....	47
3.1.3. Правила построения условных обозначений приборов и средств автоматизации в схемах.....	49
3.1.4. Размеры условных обозначений.....	52
3.2. Требования к упрощенным и развернутым схемам автоматизации.....	58
Библиографический список.....	62

Учебное издание

Ерофеева Елена Владимировна
Головушкин Борис Анатольевич

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Учебное пособие

Редактор О.А. Соловьева
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный
химико-технологический университет»
153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 7