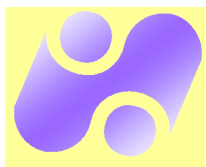


ГРУППА КОМПАНИЙ

**«ИНТЕХ»**

«ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»



ООО «ИНТЕХ»  
630055, Россия, г. Новосибирск,  
ул. Мусы Джалиля 3/1, оф. 510  
тел. +7 (913) 911-6948,  
+7 (913) 937-5587

E-mail: [nmalikov@mail.ru](mailto:nmalikov@mail.ru)

ООО «Интех-Сервис»  
630055, Россия, г. Нефтекамск,  
ул. Высоковольтная 4,  
тел. / факс: (34783) 5-12-55,

E-mail: [inteh-servis@mail.ru](mailto:inteh-servis@mail.ru)

**ВАКУУМНО-АТМОСФЕРНЫЕ  
ДЕАЭРАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ  
ЦЕНТРОБЕЖНО-ВИХРЕВОГО ТИПА**

**«УДАВ»**

**КРАТКОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ**

ТУ 3615-002-71850392-2014  
(Взамен ТУ 3615-002-71850392-2007)

Технический директор  
ООО «ИНТЕХ»

В. Ф. Жеребцов

Новосибирск  
2015

## 1. Краткое описание базовой технологии

Технология деаэрации жидкостей с использованием деаэрационных установок УДАВ существует в двух вариантах:

### 1-й вариант – деаэрация на начальном эффекте

Жидкость, нагретая до температуры насыщения под некоторым давлением подается через тангенциальные патрубки в центробежно-вихревой деаэратор, в котором она закручивается, образуя крутящийся слой на цилиндрических стенках аппарата, этот слой жидкости вскипает при входе в цилиндр в связи с перепадом давления, в результате чего происходит бурное выделение газовой фазы, которая образует выпар, уходящий через специальный патрубок.

Жидкость, лишенная газов, через сливной патрубок уходит из аппарата и поступает на вход диспергирующего (распыляющего) устройства, которое распыляет жидкость в паровом пространстве деаэраторного бака, каждая капля жидкости вскипает, в результате чего образуется выпар, а остаточные газы практически полностью удаляются из жидкости, а выпар через специальный патрубок удаляется из бака.

Из деаэраторного бака деаэрированная жидкость через сливной патрубок направляется на дальнейшее использование.

### 2-й вариант – деаэрация с подогревом деаэрируемой жидкости

Если деаэрируемая жидкость не нагрета до температуры насыщения, то существует возможность нагреть ее непосредственно в центробежно-вихревом деаэраторе, оснащенный барботажной камерой в которую подается греющая среда пар, горячая вода или конденсат.

Жидкость, проходя через барботажную камеру, нагревается до температуры насыщения, и далее процесс идет, как описано выше.

Технология обеспечивает возможность деаэрации при повышенном (0,6-0,8 МПа), атмосферном (0,12-0,18 МПа) и вакуумном (0,02-0,05 МПа) давлении, которому будет соответствовать температура насыщения деаэрируемой воды.

Работа при вакуумном давлении обеспечивается вакууммирующими устройствами, либо водоструйными и пароструйными эжекторами, либо вакуумными насосами.

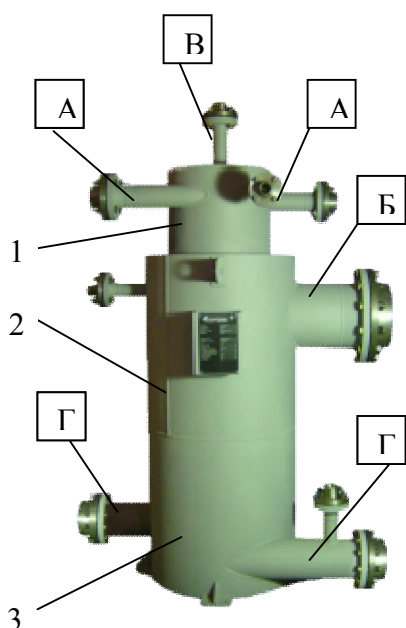
В технологии обеспечивается практически 100%-ная утилизация тепла и воды за счет применения контактных и поверхностных охладителей выпара.

Таким образом, деаэрация воды происходит практически без потерь тепла и воды.

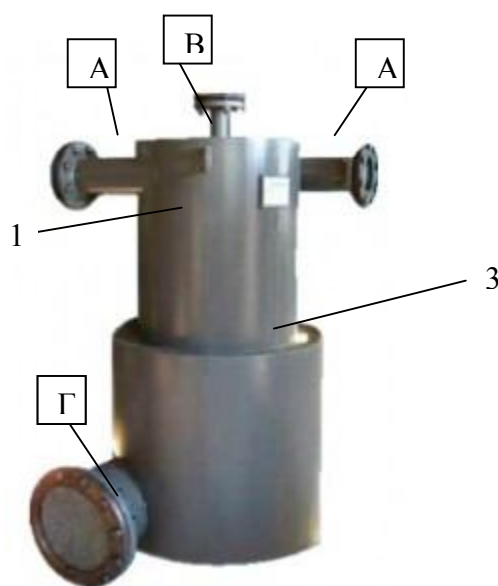
## 2. Краткое описание основного оборудования ДУ УДАВ

### 2.1. Деаэратор центробежно-вихревой ДЦВ.

ТУ 3615-002-71850392-2014



Исполнение ДЦВ  
с подводом греющей среды



Исполнение ДЦВ  
без подвода греющей среды

### Назначение:

ДЦВ предназначен для удаления основной массы газов из деаэрируемой воды и одновременного нагрева ее до температуры насыщения при вакуумном, атмосферном и режиме повышенного давления.

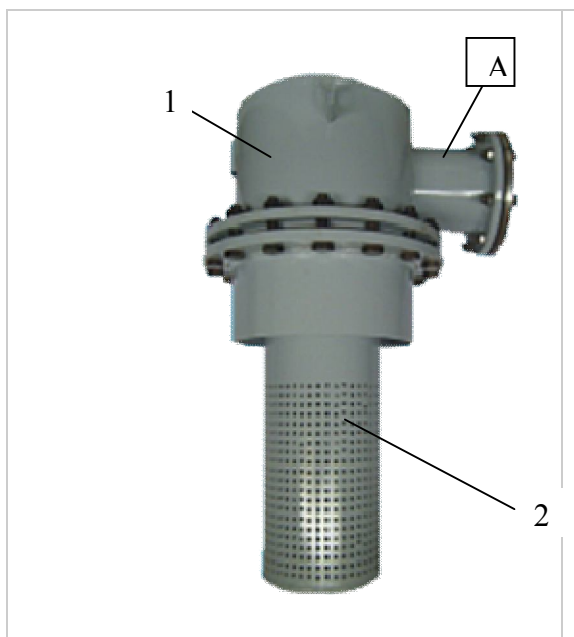
### Принцип действия:

Деаэрируемая вода поступает посредством пары тангенциальных патрубков А, поток воды закручивается в верхней камере 1 деаэратора, образуется цилиндрический слой воды с вертикальной границей раздела жидкой и паровой фазы. Одновременно с водой через патрубок Б подводится греющая среда (пар или перегретая вода), которая смешивается с деаэрируемой водой в камере 2.

В результате вода вскипает с образованием выпара, который выводится через патрубок В, а вода переходит в нижнюю камеру 3 и выводится через пару патрубков Г (в зависимости от компоновки деаэрационной установки исполнение ДЦВ может быть с одним патрубком слива Г). При исполнении деаэратора без подвода греющей среды конструкция ДЦВ - без средней камеры 2, в этом случае деаэрируемая среда должна быть предварительно доведена до рабочей температуры.

## **2.2. Диспергатор капельный ДК**

ТУ 3615-002-71850392-2014



### Назначение:

ДК предназначен для конечной очистки от газов деаэрируемой воды методом диспергации (распыления) воды.

### Общее описание:

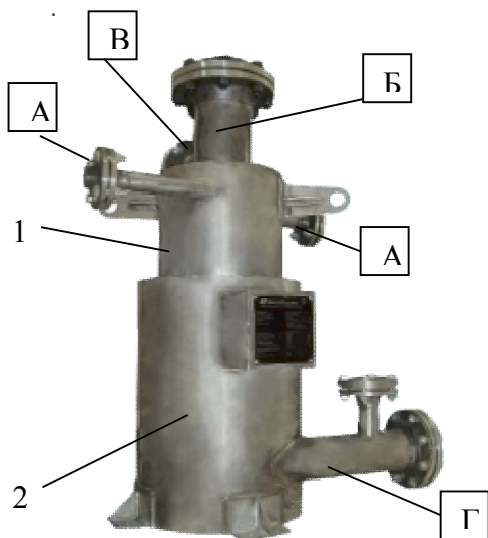
Устройство имеет однокамерный цилиндрический корпус. Камера 1 предназначена для приема деаэрируемой воды и имеет тангенциальный патрубок А, в нижней части устройства размещена перфорированная труба 2 для распыла воды в деаэраторном баке.

### Принцип действия:

Деаэрируемая вода поступает в тангенциальный патрубок **А**, поток воды закручивается в верхней камере капельного диспергатора. Закрученный поток сливается в перфорированную трубу и под действием центробежных сил через отверстия в трубе распыляется в паровом пространстве деаэрационного бака. Так как давление среды в баке ниже, чем в центробежно-вихревом деаэраторе, а поступающая вода нагрета выше температуры насыщения, поэтому она закипает, в результате чего образуется выпар, с которым удаляются остатки газов из воды.

### **2.3. Охладитель выпара контактный (ОВК)**

ТУ 3615-002-71850392-2014 (взамен ТУ 3615-002-71850392-2007)



### Назначение:

Устройство предназначено для охлаждения выпара, поступающего из центробежно-вихревого деаэратора ДЦВ и бака капельной деаэрации БКД (или деаэрационного бака БДА).

### Общее описание:

Устройство имеет двухкамерный цилиндрический корпус. Верхняя камера 1 предназначена для приема охлаждающей воды и имеет один или несколько тангенциальных патрубков **А**.

Для приема выпара служит патрубок **Б** для слива воды в нижнюю камеру 2.

В верхнем корпусе также расположен патрубок вывода неконденсируемых газов (выпара) **Г**.

Патрубок **Г** при работе в вакуумном режиме используется для присоединения к вакуумным аппаратам (эжекторы, вакуумные насосы). Нижняя камера 2 представляет собой циклон для отделения неконденсируемых газов.

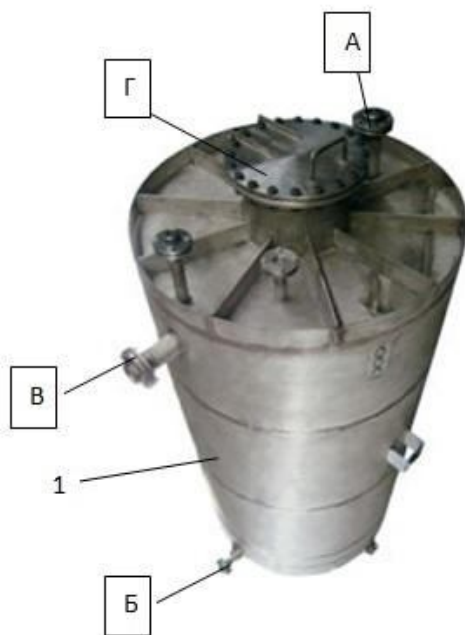
Нагретая вода отводится посредством тангенциального патрубка **В**, расположенного в нижней части камеры 2.

### Принцип действия:

В патрубок Б поступает выпар из центробежно-вихревых деаэраторов и деаэрационных баков, одновременно через тангенциальный патрубок А в камеру поступает охлаждающая вода. Поток воды закручивается в верхней камере деаэратора и смешивается с поступившим выпаром, в результате чего пары воды конденсируются, а неконденсируемые газы, частично уходят с водой, а частично уходят в нижнюю камеру 2, где через патрубок Г уходят либо в атмосферу, либо при работе в вакуумном режиме, уходят в аппараты создания вакуума. Вода из верхней камеры 1 переливается в нижнюю камеру 2 и выводится через патрубки В в бак-газоотделитель БГО (бак рабочей воды).

## **2.4. Бак газоотделитель БГО**

ТУ 3615-002-71850392-2014



### Назначение

Бак газоотделитель БГО (в дальнейшем БГО), предназначен для отделения газов из воды, поступившей из охладителя выпара, и последующей перекачки нагретой воды для дальнейшего ее использования.

### Общее описание:

Бак состоит из емкости 1, внутри которой находится переливной стакан, в который входит патрубок А для приема воды. Бак снабжен патрубком для вывода рабочей воды Б, а так же уравнительным патрубком В.

### Принцип действия:

В патрубок А поступает вода с охладителя выпара контактного типа и (или) с эжектора и освобождается от неконденсируемых газов, посредством переливного стакана. Через патрубок Б вода выводится из бака, а не конденсируемые газы выводятся в атмосферу.

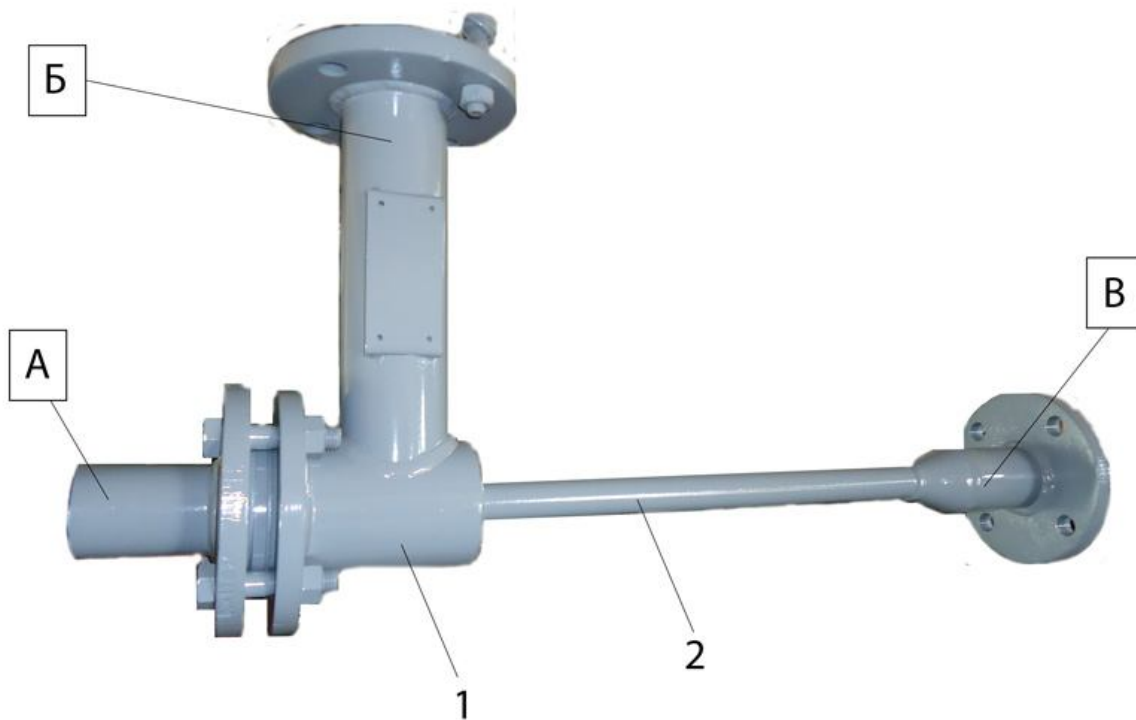
## 2.5. Эжектор водоструйный ЭВ

ТУ 3615-002-71850392-2014 (взамен ТУ 3615-002-71850392-2007)

---

### Назначение:

Эжектор водоструйный предназначен для отсоса парогазовой смеси и создания вакуума в Охладителе Выпара ОВ, Деаэраторе Центробежно-Вихревом ДЦВ и Баке Капельной Деаэрации БКД (деаэрационном баке).



### Принцип действия:

В патрубок «А» поступает рабочая вода и направляется в расположенное в корпусе 1 рабочее сопло. Вследствие разности давлений перед соплом и за ним происходит истечение с большой скоростью водяной струи из сопла, тем самым, струя воды эжектирует (увлекает) парогазовую смесь (выпар/выхлоп) посредством патрубка «Б» создавая в присоединенных к нему аппаратах разрежение. Пар конденсируется и образуется водогазовая смесь. Из корпуса смесь поступает в диффузор 2, в котором кинетическая энергия потока преобразуется в давление. При этом давление водогазовой смеси превышает атмосферное и она выводится через патрубок «В».

### 3. Основные структурные схемы

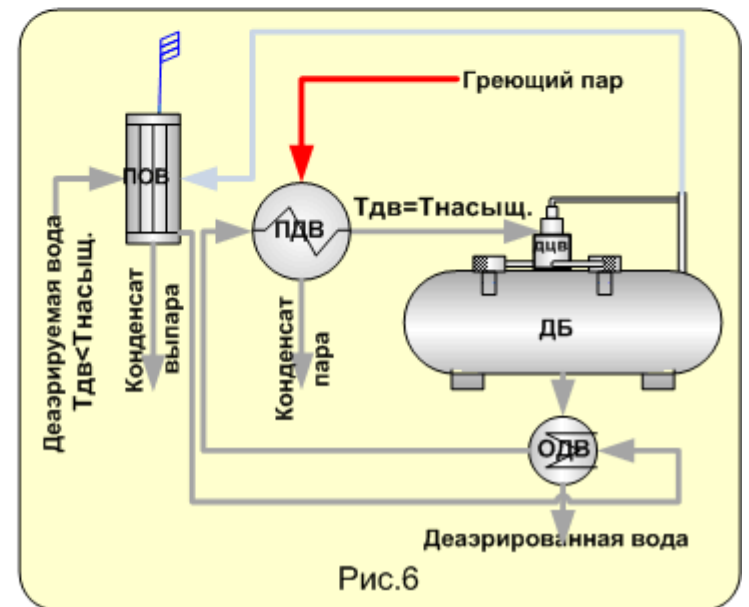
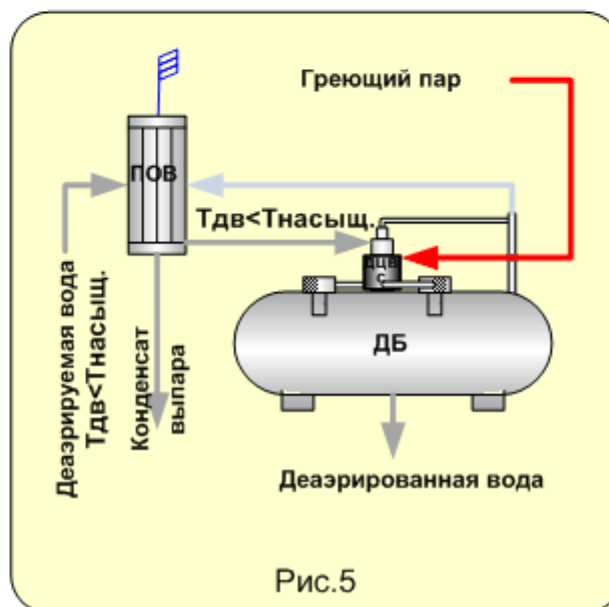
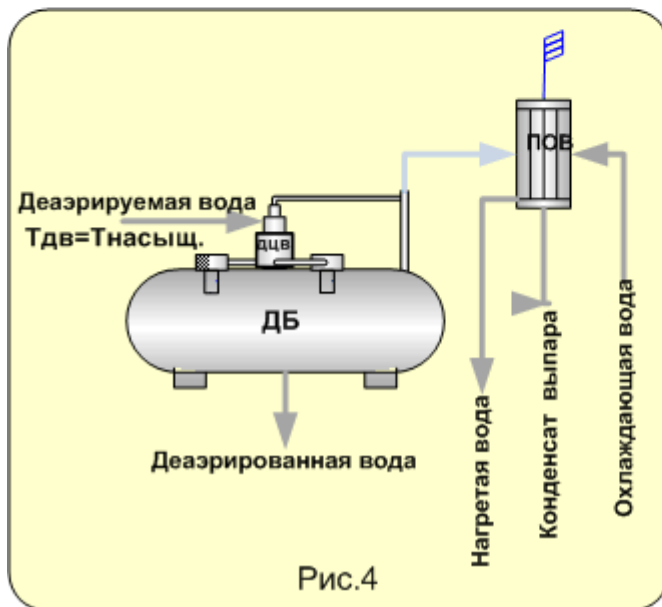
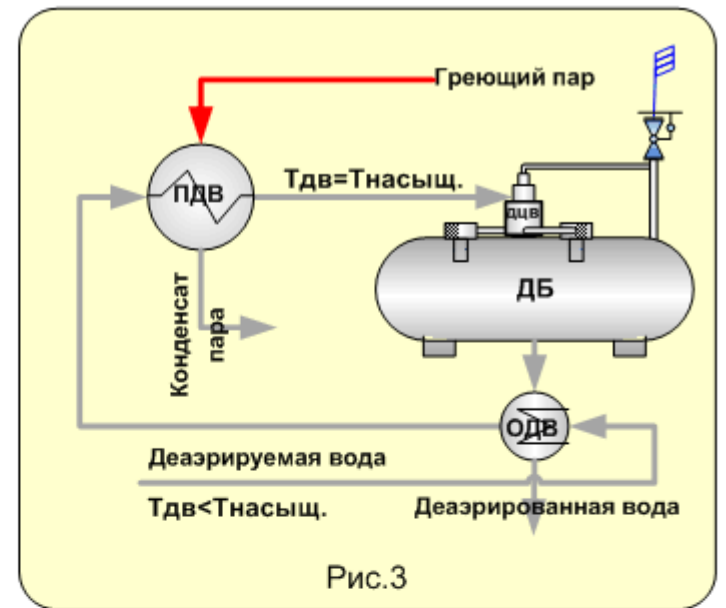
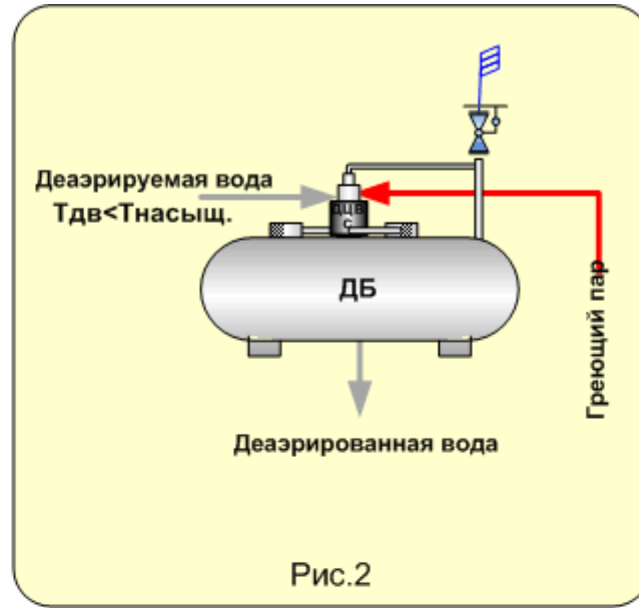
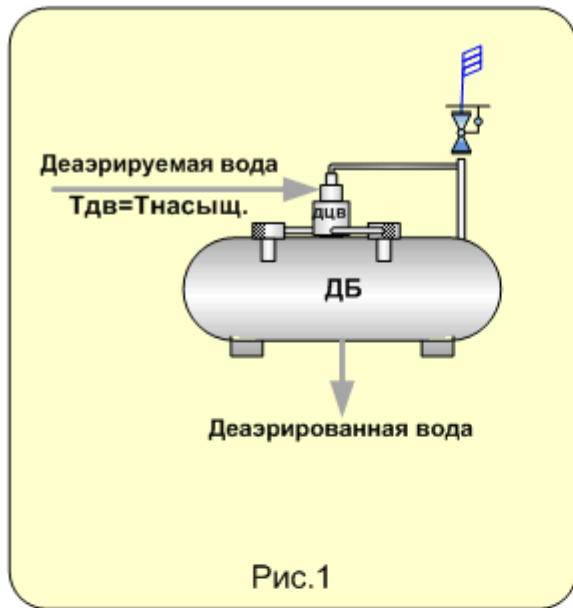
Существует множество вариантов реализации деаэрационных установок УДАВ:

1. В простейшем случае пусть имеется деаэрируемая вода (конденсат), нагретая до температуры насыщения, а выпар не утилизируется и выбрасывается в атмосферу, общая структурная схема деаэрационной установки будет содержать только деаэратор, работающий на начальном эффекте, через выхлопной клапан, соединенный с атмосферой. Рис. 1. Этот вариант может использоваться при деаэрации в атмосферном режиме и режиме повышенного давления.
2. Деаэрируемая вода имеет температуру ниже температуры насыщения, а выпар не утилизируется и выбрасывается в атмосферу, в этом случае используется ДЦВ смешивающего типа, к которому подводится греющий пар, который нагревает деаэрируемую воду до температуры насыщения. Общая структурная схема деаэрационной установки приведена на рис.2. Этот вариант так же используется при деаэрации в атмосферном режиме и режиме повышенного давления.
3. Деаэрируемая вода имеет температуру ниже температуры насыщения, а выпар не утилизируется и выбрасывается в атмосферу, нагрев воды до температуры насыщения осуществляется на поверхностном теплообменнике– подогревателе деаэрируемой воды (ПДВ). В этом случае используется ДЦВ, работающий на «начальном эффекте». Общая структурная схема деаэрационной установки приведена на рис.3. Этот вариант так же используется при деаэрации в атмосферном режиме и режиме повышенного давления.
4. Деаэрируемая вода нагрета температуры насыщения, а выпар утилизируется, охлаждаясь на поверхностном охладителе выпара, в который поступает охлаждающая вода В этом случае используется ДЦВ, работающий на «начальном эффекте». Из охладителя выпара неконденсируемые газы сбрасываются в атмосферу, а конденсат выпара сбрасывается в бак сбора конденсата, нагретая вода возвращается в систему. Общая структурная схема деаэрационной установки, приведена на рис.4. Этот вариант так же используется при деаэрации в атмосферном режиме и режиме повышенного давления.
5. Деаэрируемая вода имеет температуру ниже температуры насыщения, а выпар утилизируется на поверхностном охладителе выпара, нагрев воды до температуры насыщения осуществляется в деаэраторе. В этом случае холодная деаэрируемая подается в ПОВ и охлаждает выпар, для деаэрации используется ДЦВ, смешивающего типа, к которому подводится греющий пар, который нагревает деаэрируемую воду до температуры насыщения. Из охладителя выпара неконденсируемые газы сбрасываются в атмосферу, а конденсат выпара сбрасывается в бак сбора конденсата, нагретая деаэрируемая вода поступает в ДЦВ. Общая структурная схема деаэрационной установки приведена на рис.5. Этот вариант так же используется при деаэрации в атмосферном режиме и режиме повышенного давления
6. Деаэрируемая вода имеет температуру ниже температуры насыщения, а выпар утилизируется на поверхностном охладителе выпара (ПОВ), нагрев воды до температуры насыщения осуществляется на поверхностном теплообменнике – подогревателе деаэрируемой воды (ПДВ). В этом случае холодная деаэрируемая подается в ПОВ и охлаждает выпар, нагретая деаэрируемая вода поступает в ПДВ и далее на деаэратор. Для деаэрации используется ДЦВ, работающий на «начальном эффекте» Из ПОВ неконденсируемые газы сбрасываются в атмосферу, а конденсат выпара сбрасывается в бак сбора конденсата, из ПДВ конденсат греющего пара так же сбрасывается в бак сбора конденсата. Общая структурная схема деаэрационной установки приведена на рис.6. Этот вариант так же используется при деаэрации в атмосферном режиме и режиме повышенного давления.
7. Деаэрируемая вода имеет температуру ниже температуры насыщения, а выпар утилизируется на контактном охладителе выпара (КОВ), нагрев воды до температуры насыщения осуществляется в деаэраторе. В этом случае холодная деаэрируемая воды подается в КОВ и охлаждает выпар, для деаэрации используется ДЦВ, смешивающего типа, к которому подводится греющий пар, который нагревает деаэрируемую воду до температуры насыщения.

Из охладителя выпара неконденсируемые газы сбрасываются в атмосферу, а нагретая вода сбрасывается в бак-газоотделитель (БГО), нагретая деаэрируемая вода поступает в теплообменник – охладитель деаэрируемой воды (ОДВ) В ОДВ деаэрируемая вода нагревается, рекуперирова тепло деаэрированной воды, и далее поступает в ДЦВ. Общая структурная схема деаэрационной установки приведена на рис.7. Этот вариант используется при деаэрации в атмосферном режиме.

8. Деаэрируемая вода имеет температуру ниже температуры насыщения, а выпар утилизируется на контактном охладителе выпара (КОВ), нагрев воды до температуры насыщения осуществляется на поверхностном теплообменнике – подогревателе деаэрируемой воды (ПДВ). В этом случае холодная деаэрируемая воды подается в КОВ и охлаждает выпар. Из охладителя выпара неконденсируемые газы сбрасываются в атмосферу, а нагретая вода сбрасывается в бак-газоотделитель (БГО), нагретая деаэрируемая вода поступает в теплообменник – охладитель деаэрируемой воды (ОДВ), туда же поступает второй поток деаэрируемой воды. В ОДВ деаэрируемая вода нагревается, рекуперирова тепло деаэрированной воды, и далее поступает в ПДВ, где нагревается до температуры насыщения, и далее на деаэратор. Для деаэрации используется ДЦВ, работающий на «начальном эффекте» Из ПДВ конденсат греющего пара сбрасывается в бак сбора конденсата. Общая структурная схема деаэрационной установки приведена на рис.8. Этот вариант используется при деаэрации в атмосферном режиме.
9. Деаэрационные установки УДАВ могут работать в вакуумном режиме, для чего они оснащаются блоком создания вакуума на основе водоструйного эжектора и циркуляционного насоса. Деаэрируемая вода имеет температуру ниже температуры насыщения, а выпар утилизируется на контактном охладителе выпара (КОВ), нагрев воды до температуры насыщения осуществляется на поверхностном теплообменнике – подогревателе деаэрируемой воды (ПДВ). В этом случае вся холодная деаэрируемая вода подается в КОВ и охлаждает выпар. Из охладителя выпара неконденсируемые газы и часть выпара отсасываются водоструйным эжектором, а нагретая вода сбрасывается в бак-газоотделитель (БГО), одновременно в БГО поступает рабочая вода водоструйного эжектора. Из БГО часть воды отбирается циркуляционным насосом (ЦН) и направляется на эжектор, другая часть воды направляется в ПДВ, где нагревается греющей водой до температуры насыщения и далее поступает на деаэратор. Для деаэрации используется ДЦВ, работающий на «начальном эффекте» Из ПДВ охлажденная вода возвращается в систему. Общая структурная схема деаэрационной установки, приведена на рис.9. Этот вариант используется при деаэрации в вакуумном режиме.
10. Деаэрируемая вода имеет температуру ниже температуры насыщения, а выпар утилизируется на контактном охладителе выпара (КОВ), предварительный нагрев воды осуществляется на поверхностном теплообменнике – подогревателе деаэрируемой воды (ПДВ). В этом случае вся холодная деаэрируемая вода подается в КОВ и охлаждает выпар. Из охладителя выпара неконденсируемые газы и часть выпара отсасываются водоструйным эжектором, а нагретая вода сбрасывается в бак-газоотделитель (БГО), одновременно в БГО поступает рабочая вода водоструйного эжектора. Из БГО часть воды отбирается циркуляционным насосом (ЦН) и направляется на эжектор, другая часть воды направляется в ПДВ, где нагревается греющей водой до температуры насыщения и далее поступает на деаэратор. Для деаэрации используется ДЦВ, смешивающего типа, к которому подводится греющая вода, которая нагревает деаэрируемую воду до температуры насыщения. Из ПДВ охлажденная вода возвращается в систему. Общая структурная схема деаэрационной установки, приведена на рис.10. Этот вариант используется при деаэрации в вакуумном режиме.





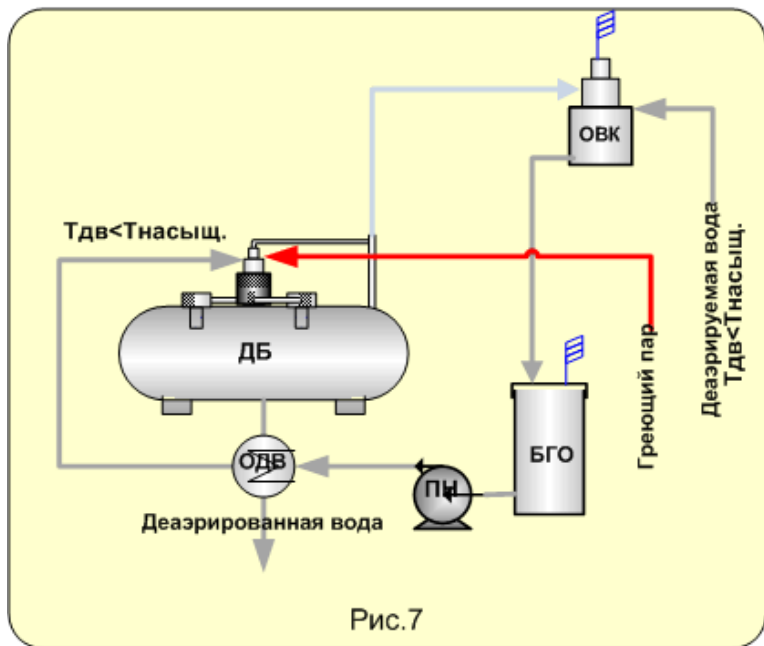


Рис.7

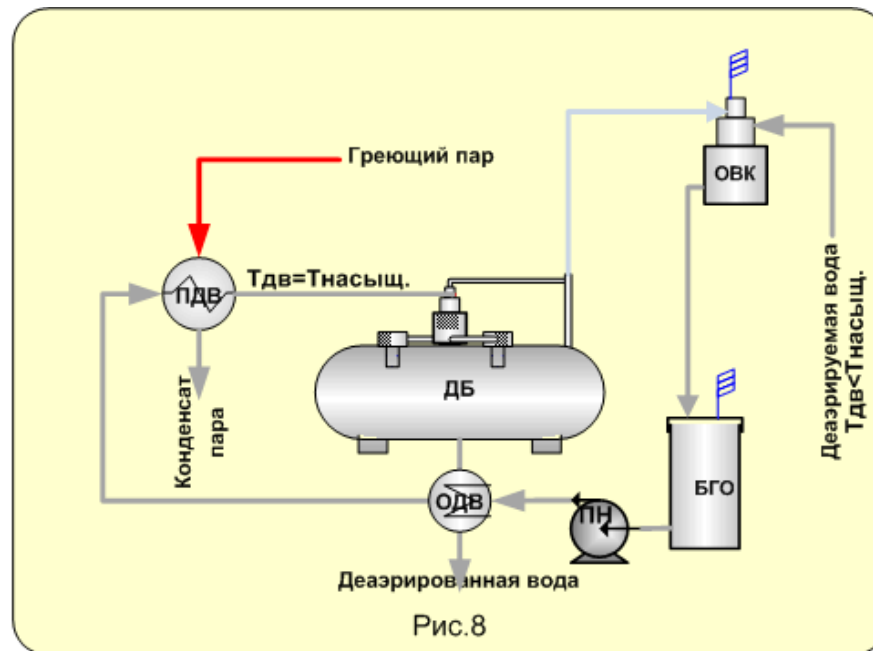


Рис.8

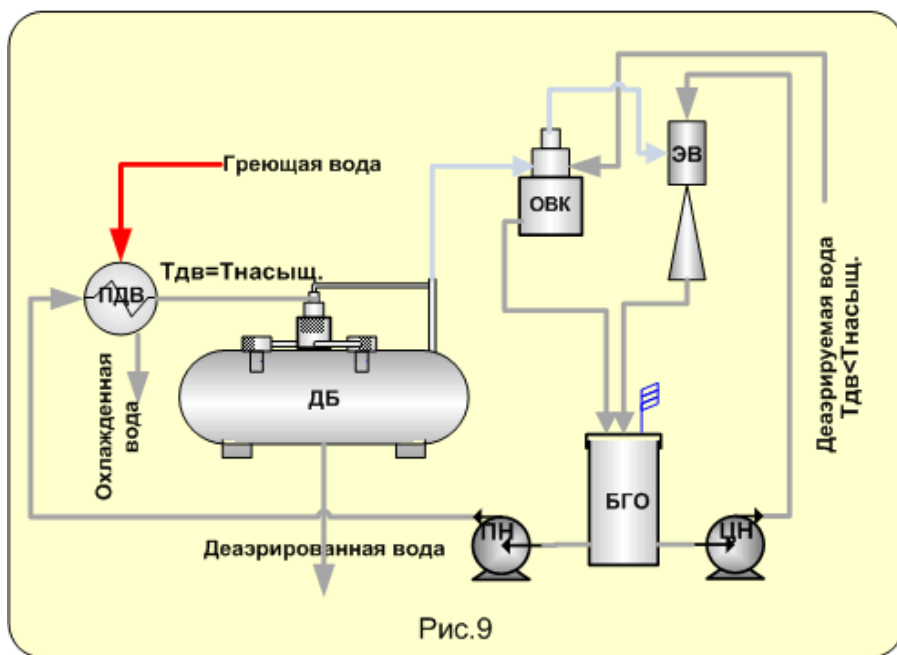


Рис.9

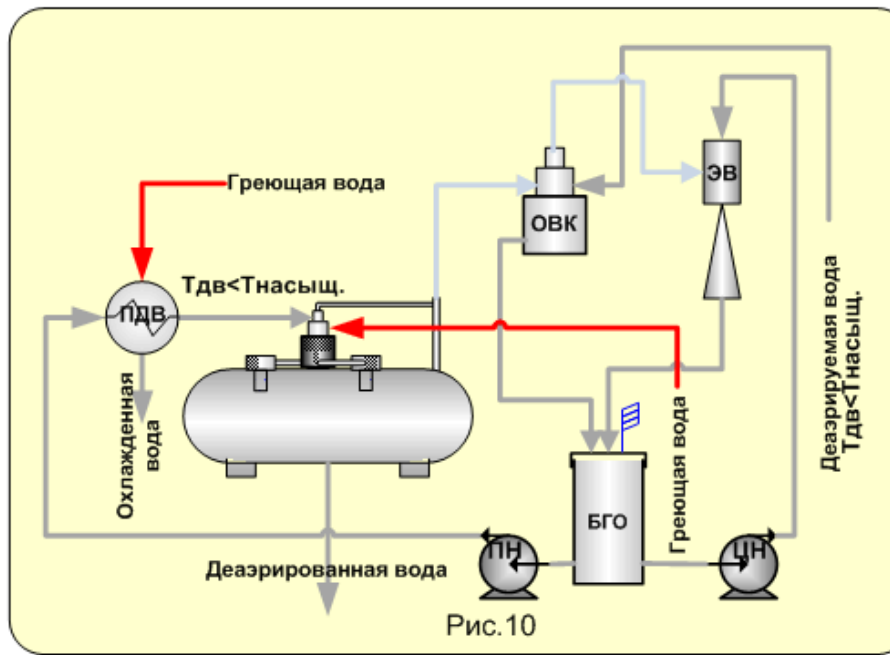


Рис.10

#### 4. Наиболее близкие аналоги и наше преимущество

- **Сторк** – распылительные деаэраторы, показывают неплохие результаты по качеству деаэрации, но требуют стабильного и достаточно высокого давления деаэрируемой воды, а также необходим пар для барботажа воды в деаэраторном баке. Отсутствует возможность подвода различных потоков деаэрируемой воды на один деаэратор. Отсутствуют охладители выпара, что приводит к снижению энергоэффективности установки в целом.
- **Кварк** – центробежный деаэратор, но отсутствие второй ступени снижает качество деаэрации, неустойчивая работа при отклонениях от номинального режима. Отсутствует система автоматического управления деаэратором
- **Струйный Вихревой Деаэратор (СВД)** – производится компанией НПО «Новые технологии» распылительный деаэратор на основе вихревых форсунок. Работает только на начальном эффекте без возможности подогрева воды в деаэраторе. Отсутствует возможность подвода различных потоков деаэрируемой воды на один деаэратор. Отсутствие охладителей выпара приводит к неоправданным потерям тепла и воды, выбрасываемых в атмосферу. Отсутствует система автоматического управления деаэратором.
- **Тарельчатые и струйные деаэраторы (ДА, ДСА, ДП)** – разработка НПО ЦКТИ им. Ползунова, производимые заводом Сарэнергомаш и другими не обеспечивают необходимое качество деаэрированной воды, особенно при отклонении расхода от номинального. Отсутствует возможность работы на начальном эффекте, обязательна подача пара, как в деаэрационную колонку, так и в деаэраторный бак. Отсутствует система автоматического управления деаэратором.

Таким образом, деаэрационные установки «УДАВ» (ДУ УДАВ) по сравнению с вышеприведенными деаэраторами имеют следующие преимущества:

- Низкая металлоемкость и малые габариты;
- ДУ УДАВ способны работать в двух режимах:
  - на «начальном эффекте» – с предварительным подогревом воды до температуры насыщения в поверхностных подогревателях, что важно при приготовлении подпиточной воды для тепловых сетей, и особенно для АЭС (данный принцип реализован на Балаковской АЭС, теплоноситель 1-го контура нельзя смешивать с подпиточной водой);
  - с нагревом воды в центробежно-вихревом деаэраторе (ДЦВ) паром или перегретой водой, при этом степень подогрева воды может достигать 90-95°C, путем барботажа воды в камере ДЦВ, барботаж проходит без гидроударов за счет тонкого слоя нагреваемой воды (данный принцип реализован на деаэраторе для сернокислотного производства в Белореченском химкомбинате группы компаний МДМ с остаточным содержанием кислорода 3 мкг/л).
- Деаэрационные аппараты ДУ УДАВ могут работать без конструктивных изменений при повышенном (0,6-0,8 МПа), атмосферном (0,12-0,18 МПа) и вакуумном (0,02-0,05 МПа) давлении насыщения.
- Конструкция ДЦВ позволяет подводить несколько потоков деаэрируемой воды, имеющих различные теплофизические параметры;
- Конструкция распылительного устройства – капельный диспергатор (КД) позволяет получать капли даже при низком расходе деаэрируемой воды, за счет чего достигается высокое качество деаэрируемой воды, (кислород менее 1 мкг/л);
- За счет отсутствия барботажного устройства внутри деаэраторного бака, через которое подается пар, практически отсутствует коррозия бака, а также не требуется аккумулировать большой объем воды для барботажа (нормативный запас воды при барботаже должен составлять объем равный 11 мин. работы деаэратора).
- ДУ УДАВ обладают большой удельной производительностью (на единицу объема бака, на единицу веса металла и т.п.). Например, деаэрационная установка с баком

в  $25 \text{ м}^3$ , с колонкой ДА-50, производительностью 50 т/ч, была реконструирована в г. Фрязино Московской обл. с увеличением производительности до 230 т/ч при хорошем качестве деаэрирования и сохранением старого бака. Разработана установка производительностью 200 т/ч с объемом бака  $4,6 \text{ м}^3$ , способная работать как в атмосферном, так и в вакуумном режиме.

- Деаэрационные аппараты практически не требуют ежегодного ремонта, так как не имеют деталей, выходящих из строя. На тарельчатых деаэраторах ДА, ДСА, ДП приходится практически ежегодно заменять дырчатые тарелки, выполненные из нержавеющей стали;
- ДУ УДАВ комплектуются высокоэффективными контактными и поверхностными охладителями выпара, за счет чего производится утилизация тепла и воды уносимой с выпаром, это обеспечивает высокую энергоэффективность процесса деаэрации, поскольку потери тепла и воды отсутствуют, а утилизированное тепло и вода возвращаются на деаэрационную установку;
- Сама механическая конструкция деаэратора УДАВ обеспечивает режим саморегулирования, но высокое качество деаэрации обеспечивается наличием автоматизированной системы управления деаэрационной установкой, которая контролирует и регулирует работу установки в зависимости от расхода и теплофизических характеристик деаэрируемой воды и теплоносителя, а также минимизирует расход теплоносителя и электрической энергии и устраняет возможность проскоков удаляемых газов.