

**ЭНЕРГЕТИКА. ЭНЕРГОРЕСУРСЫ**

doi: 10.51639/2713-0576\_2021\_1\_4\_53

УДК 621.182.12

ГРНТИ 44.31.31, 44.31.35

ВАК 05.14.04, 05.14.14

**Технологии применения газоотводящих аппаратов вакуумных деаэраторов в котельных**

\* Волкова Е. Ю., Золин М. В., Пазушкина О. В.

*Ульяновский государственный технический университет,  
432027, Россия, Ульяновск, ул. Северный Венец, 32*email: \* [elena356443@mail.ru](mailto:elena356443@mail.ru), [zolinm6@gmail.ru](mailto:zolinm6@gmail.ru), [o.pazushkina@ulstu.ru](mailto:o.pazushkina@ulstu.ru)

Целью работы является анализ применения различных типов газоотводящих аппаратов вакуумных деаэрационных установок. Приведены разработанные авторами технологии включения газоотводящих аппаратов.

*Ключевые слова:* вакуумная деаэрация, газоотводящие аппараты.

Одним из ключевых процессов при подготовке воды на тепловых электрических станциях, является деаэрация – очищение воды от коррозионно-агрессивных газов. Деаэрационные установки осуществляют очистку воды, чем производят защиту систем от коррозии [1].

Важнейшими элементами вакуумных деаэрационных установок являются устройства для отвода выделившихся из обрабатываемой воды коррозионно-агрессивных газов – газоотводящие аппараты. Их эффективность оказывает на качество деаэрации такое же большое влияние, как и конструкция самого деаэратора. С отказами газоотводящих аппаратов связана половина нарушений режимов вакуумной деаэрации воды. В значительной мере неудовлетворительная работа многих вакуумных деаэрационных установок связана с неправильным подбором газоотводящих аппаратов. В вакуумных деаэрационных установках применяются струйные аппараты – водоструйные и пароструйные эжекторы, а также механические вакуумные насосы [2, 3].

Смешиваемые потоки могут находиться в одной и той же фазе (жидкой, паровой, газовой) или в разных фазах (например, пар и жидкость, газ и твердое тело и т.д.). В процессе смешения фазовое состояние смешиваемых потоков может оставаться неизменным или же изменяться. Поток, поступающий в процесс смешения с большой скоростью, называется рабочим, с меньшей скоростью – инжектируемым.

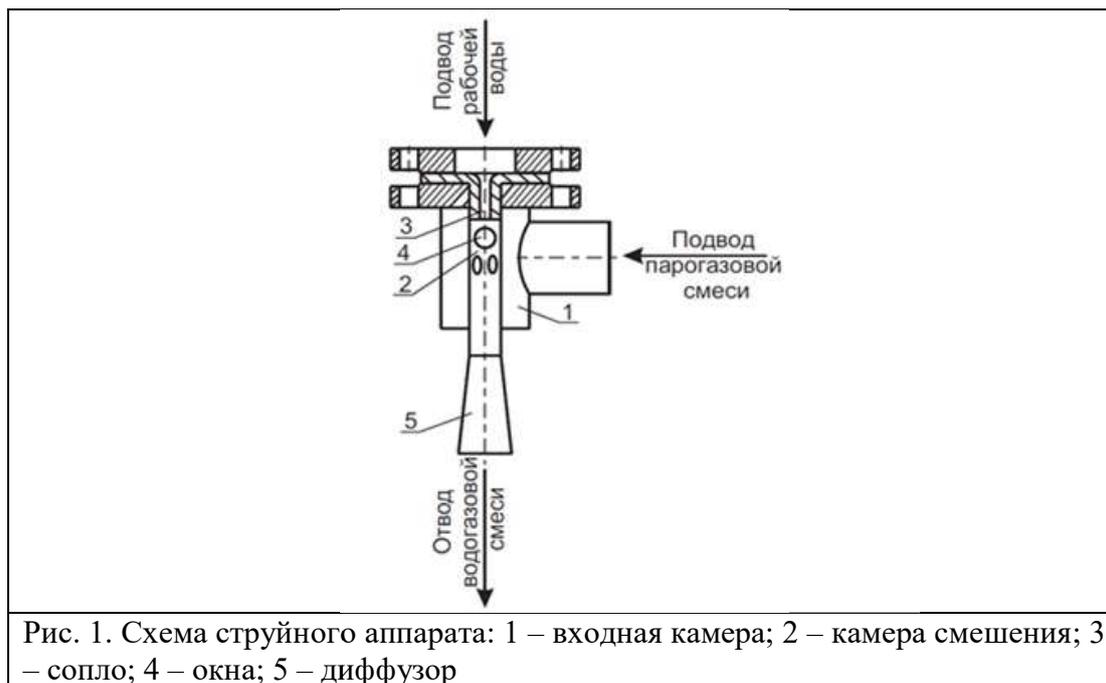
Как правило, в струйных аппаратах происходит сначала преобразование потенциальной энергии и теплоты в кинетическую энергию. В процессе движения через проточную часть струйного аппарата происходит выравнивание скоростей смешиваемых потоков, а затем обратное преобразование кинетической энергии смешанного потока в потенциальную энергию или теплоту.

Обычно давление смешанного потока на выходе из струйного аппарата выше давления инжектируемого потока перед аппаратом, но ниже давления рабочего потока.

Струйные аппараты одного и того же типа встречаются под самыми различными названиями, например, инжекторы, компрессоры, эжекторы, элеваторы, насосы и др.

Как правило, в вакуумных деаэрационных установках применяются струйные газоотводящие аппараты – эжекторы. В них осуществляется процесс эжекции, заключающийся в передаче кинетической энергии одного потока другому потоку путем непосредственного контакта (смешения). В процессе движения через проточную часть струйного аппарата происходит выравнивание скоростей смешиваемых потоков, а затем обратное преобразование кинетической энергии смешанного потока в потенциальную энергию или теплоту. Поток, вступающий в процесс смешения с большей скоростью, называется рабочим, с меньшей скоростью – инжектируемым.

Принципиальная схема струйного аппарата показана на рис. 1.



Основные элементы аппарата: рабочее сопло, приемная камера, камера смешения, диффузор. Потоки рабочей и инжектируемой сред поступают в камеру смешения, где происходит выравнивание скоростей, сопровождающееся, как правило, повышением давления. Из камеры смешения поток поступает в диффузор, где происходит дальнейший рост давления. Давление смешанного потока на выходе из диффузора выше давления инжектируемого потока, поступающего в приемную камеру [1].

При вертикальном расположении эжектора давление за ним определяется в основном высотой установки над уровнем воды в баке. Уменьшение давления в сливной трубе за эжектором при прочих равных условиях приводит к уменьшению давления на всасывающей стороне эжектора и увеличению его массовой производительности.

Пароструйные эжекторы характеризуются простотой эксплуатации, дешевизной. Недостатки пароструйных эжекторов: значительный расход пара, который отсутствует в водогрейных котельных, смешение засасываемого газа с паром, медленный пуск, неустойчивая работа при перегрузке. Из-за значительного расхода пара применение пароструйных эжекторов при давлениях, меньших 30...40 мм рт.ст., менее экономично, чем применение водокольцевых насосов. Для экономии пара пароструйные насосы комбинируют с водоструйными.

В установках с водоструйными эжекторами благодаря снижению расхода пара на эжектор появляется возможность использовать высвободившийся пар для дополнительной выработки электроэнергии. Кроме того, снижается потеря конденсата рабочего пара эжектора.

Характеристика водоструйного эжектора существенно отличается от характеристик пароструйного эжектора: во-первых, для водоструйного эжектора давление всасывания

зависит от температуры рабочей воды и, во-вторых, водоструйный эжектор работает с практически постоянной объемной производительностью только при отсасывании сухого воздуха, в то время как объемная производительность пароструйного эжектора остается постоянной только при отсасывания паровоздушной смеси.

Как правило, водоструйные эжекторы включаются в вакуумную деаэрационную установку по замкнутой схеме.

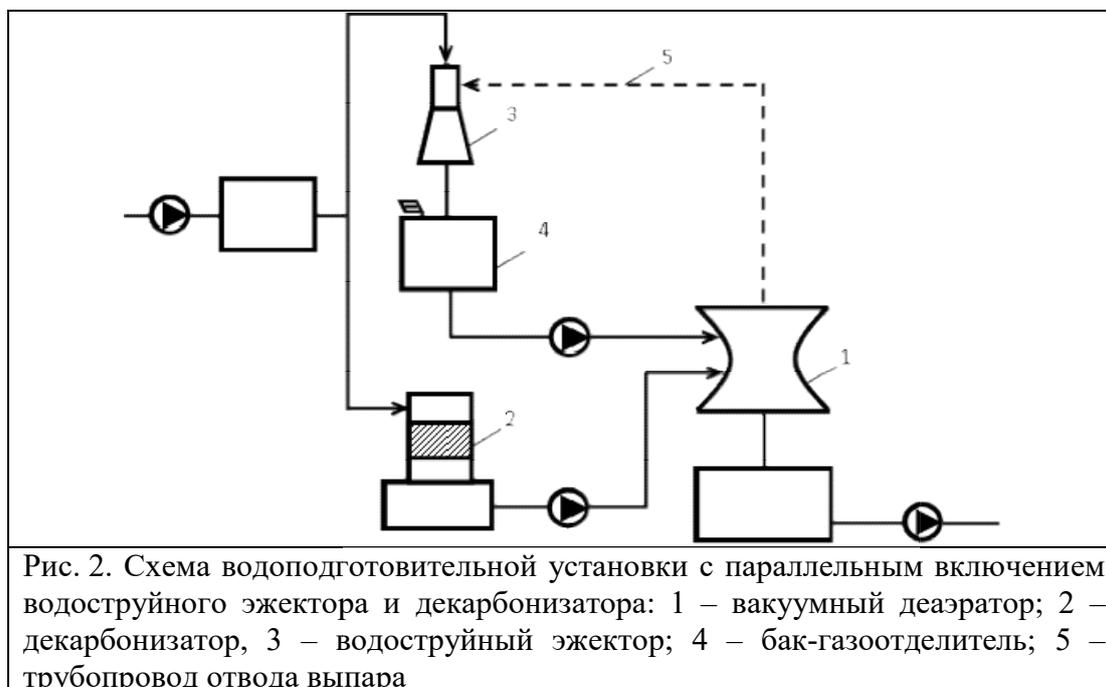
После отсоса и конденсации паровоздушной смеси рабочая вода из эжектора сбрасывается в бак-газоотделитель. Чтобы исключить нагрев рабочей воды, в бак предусматривается постоянная добавка холодной воды, и слив из него части подогретой воды.

Преимущество разомкнутой схемы заключается в простоте и отсутствии потерь теплоты выпара, отсасываемого эжектором из деаэратора. Недостатком такой схемы является возможность неустойчивой работы эжектора при переменном расходе и давлении исходной воды. Поэтому разомкнутая схема включения водоструйного эжектора рекомендуется к использованию в схемах подпитки тепловой сети, характеризуемых стабильным базовым режимом работы деаэратора и наличием достаточного количества исходной холодной воды постоянной температуры

На рис. 2 показан один из разработанных в УЛГТУ вариантов реализации схемы включения водоструйного эжектора [4]. В процессе отвода выпара водоструйными эжекторами химически очищенная вода, используемая в качестве рабочей среды, насыщается кислородом и сливается в бак-газоотделитель в виде газовой эмульсии.

Тем самым, в баке создаются оптимальные условия для десорбции свободного диоксида углерода  $CO_2$ . Этот полезный эффект может быть использован при параллельном включении водоструйного эжектора с баком-газоотделителем и декарбонизатора.

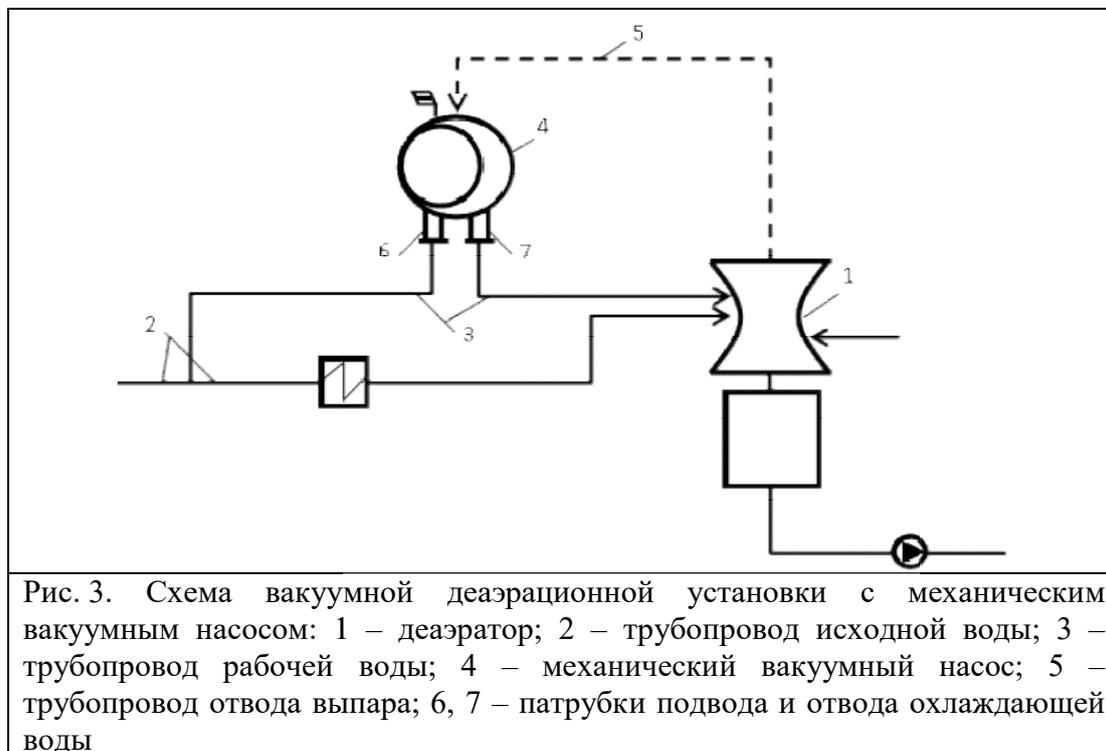
Такое включение позволяет существенно сократить затраты на декарбонизацию подпиточной воды на величину расхода электроэнергии на транспорт рабочей воды и уменьшить капитальные затраты благодаря снижению производительности декарбонизаторов.



В начальные моменты пуска, когда давление неконденсирующихся газов ещё велико, а отсасываемый объём мал, насос медленно откачивает требуемый объём. Этот недостаток

отсутствует у поршневых и водокольцевых насосов, засасывающих постоянный объём воздуха независимо от его давления.

На рис. 3 представлена схема реализации одного из решений, позволяющая утилизировать теплоту выпара деаэратора и теплоту рабочей воды насоса [4]. На механический вакуумный насос в качестве рабочей охлаждающей воды, как правило, подаётся техническая вода, которая после насоса вместе с выпаром сливается в канализацию (барботер).



Особенность установки заключается в том, что в качестве рабочей воды механического вакуумного насоса используется исходная вода, подаваемая в вакуумный деаэратор. Смесь выпара и рабочей воды после насоса также направляется в вакуумный деаэратор. Такая подача воды позволяет исключить потери с теплотой отводимого из деаэратора выпара и теплотой рабочей воды насоса. Соответственно сокращаются и затраты на транспортировку охлаждающей воды насоса.

Для уменьшения нагрузки на механический вакуумный насос и снижение расхода подаваемой на него электроэнергии необходимо уменьшать количество и снижать температуру отводимой парогазовой смеси.

При выборе типа газоотводящего аппарата для вакуумного деаэратора необходимо учитывать:

- объект использования и тепловую схему установки;
- размещение деаэратора и использование энергоносителей;
- давление в деаэраторе (температуру деаэрированной воды) и возможный рабочий диапазон его изменения;
- содержание пара в отсасываемой парогазовой смеси;
- технико-экономические требования.

## Выводы

1. В качестве основных газоотводящих устройств вакуумных деаэраторов в котельных применяются водоструйные эжекторы и механические вакуумные насосы.

2. Повышение давления инжектируемого потока без непосредственной затраты механической энергии является основным, принципиальным качеством струйных аппаратов. Благодаря этому качеству использование струйных аппаратов во многих отраслях промышленности позволяет получать более простые и надежные технические решения.

3. Простота схем включения струйных аппаратов в различные установки наряду с исключительной простотой их конструкции, а также несложностью их изготовления является их несомненным преимуществом для применения в качестве газоотсасывающих устройств в вакуумных деаэраторах.

### **Список литературы**

1. Механические вакуумные насосы / Под редакцией Фролова Е.С., М.: Машиностроение. 1989. 288 с.
2. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. М.: Энергия. 1970. 288 с.
3. Хлумский В. Ротационные компрессоры и вакуум-насосы. М.: Машиностроение. 1971. 128 с.
4. Шарапов В.И., Малинина О.В. Технологии отвода и утилизации выпара термических деаэраторов // УлГТУ. 2004. 180 с

### **Technologies of application of gas venting devices of vacuum deaerators in boiler rooms**

Volkova E. Yu., Zolin M. V., Pazushkina O. V.

*Ulyanovsk State Technical University,  
432027, Russia, Ulyanovsk, st. Northern Crown, 32*

The purpose of the work is to analyze the use of various types of gas-venting devices of vacuum deaeration plants. The technologies developed by the authors for the inclusion of gas venting devices are presented.

*Keywords:* vacuum deaeration, gas venting devices