

doi: 10.51639/2713-0576\_2021\_1\_2\_21

УДК 621.187.12

ГРНТИ 44.31.35, 44.31.31

ВАК 05.14.04, 05.14.14

## Эффективное применение выпара деаэратора для первой ступени отопления

\* Морозов Д.С., Золин М.В., Пазушкина О. В.

УлГТУ, 432027, Россия, г. Ульяновск, ул. Северный венец32

email: \* [goodwin731@mail.ru](mailto:goodwin731@mail.ru), [zolinm6@gmail.ru](mailto:zolinm6@gmail.ru), [o.pazushkina@ulstu.ru](mailto:o.pazushkina@ulstu.ru)

Целью работы является изучение возможности использования низкопотенциальной энергии выпара атмосферного деаэратора в качестве первой ступени нагрева отопительной системы с действующим теплопунктом для экономии пара. Рассмотрен вариант альтернативного применения выпара при большом объёме возврата конденсата с производства, который не требует дополнительного нагрева перед попаданием в деаэратор. Особенность рассмотренной технологии заключается в применении выпара для отопления, нагреве обратной ветки теплосети, ступенчатом нагреве теплоносителя отопления. Рассмотрена экономическая окупаемость данного предложения.

*Ключевые слова:* термическая деаэрация, атмосферный деаэратор, выпар, двухступенчатая система нагрева отопления.

В энергетике и разных отраслях промышленности, где требуется собственная генерация тепла, например, там, где используют паровые котлы, важно применять подготовленную воду, что включает в себя, кроме предварительной механической очистки и умягчения, деаэрацию, то есть удаление различных агрессивных газов, которые негативно влияют на внутренние поверхности котлов и трубопроводов с точки зрения коррозии. Одним из самых часто встречаемых устройств для термической деаэрации является атмосферный деаэратор. Такие устройства значительно распространены, производятся в России и за рубежом, довольно просты по конструкции и в обслуживании. Главным недостатком применяемых аппаратов является большая потеря тепловой энергии с уходящим в атмосферу выпаром. Практически всегда для снижения этих потерь применяются охладители выпара – обычно это кожухотрубчатые теплообменники простой конструкции. Но иногда, когда, например использованный производством пар возвращается в котельную в виде конденсата со значительной температурой, этот конденсат применяют для питания деаэратора без предварительного подогрева, охладитель выпара не находится в работе и выпар уходит в атмосферу без утилизации.

Чтобы наиболее полно использовать энергетический потенциал выпара в отопительный период предлагается новая двухступенчатая система нагрева сетевой воды отопления. Главное отличие от традиционной схемы заключается в подключении к трубопроводу отвода выпара кроме охладителя выпара ещё одного теплообменника, к которому подведён обратный трубопровод сетевой воды отопления. Рассмотрим подробнее предлагаемые изменения[1]. К трубопроводу выпара деаэратора подсоединён охладитель выпара, на который поступает незначительная часть выпара, а большая его часть направляется на новый теплообменник, который по греющей среде включен в трубопровод обратной сетевой воды. Сетевая вода от индивидуального теплового пункта (ИТП) циркулируя по системе отопления здания, подаётся в различные помещения. Далее, в помещении котельной, обратная сетевая вода поступает в теплообменник, где за счёт нагрева выпаром повышается ее температура, после чего подогретая вода возвращается на ИТП. Если регулирование подачи пара

осуществляется по температуре обратной сетевой воды или по температуре наружного воздуха, то за счет более высокой температуры «обратки», поступающей в ИТП, будет экономиться пар, используемый как греющий агент в ИТП. Это актуально как в зимний период, когда расход пара на отопление довольно большой, так и в переходный период (осень/весна), когда значительного расхода пара на ИТП нет, и данная система может выступать в качестве основной ступени нагрева. Предлагаемая схема изображена на рис. 1. В атмосферный деаэратор по трубопроводам подвода конденсата с производства и подвода химически очищенной воды подается исходная вода на деаэрацию. По трубопроводу греющего агента подводится пар, вырабатываемый котлом. Из атмосферного деаэратора отводится деаэрированная добавочная питательная вода и направляется в котел. По трубопроводу отвода выпара из атмосферного деаэратора отводится образующийся в результате процесса деаэрации выпар, незначительная часть которого поступает в охладитель выпара, а большая часть выпара поступает в теплообменник, который по греющей среде включен в трубопровод обратной сетевой воды. Сетевая вода, циркулирующая в системе отопления котельной установки, из теплопункта по трубопроводу подается в технологические помещения, откуда по трубопроводу обратной сетевой воды поступает в теплообменник. В нём за счет подачи значительного количества выпара происходит подогрев обратной сетевой воды.

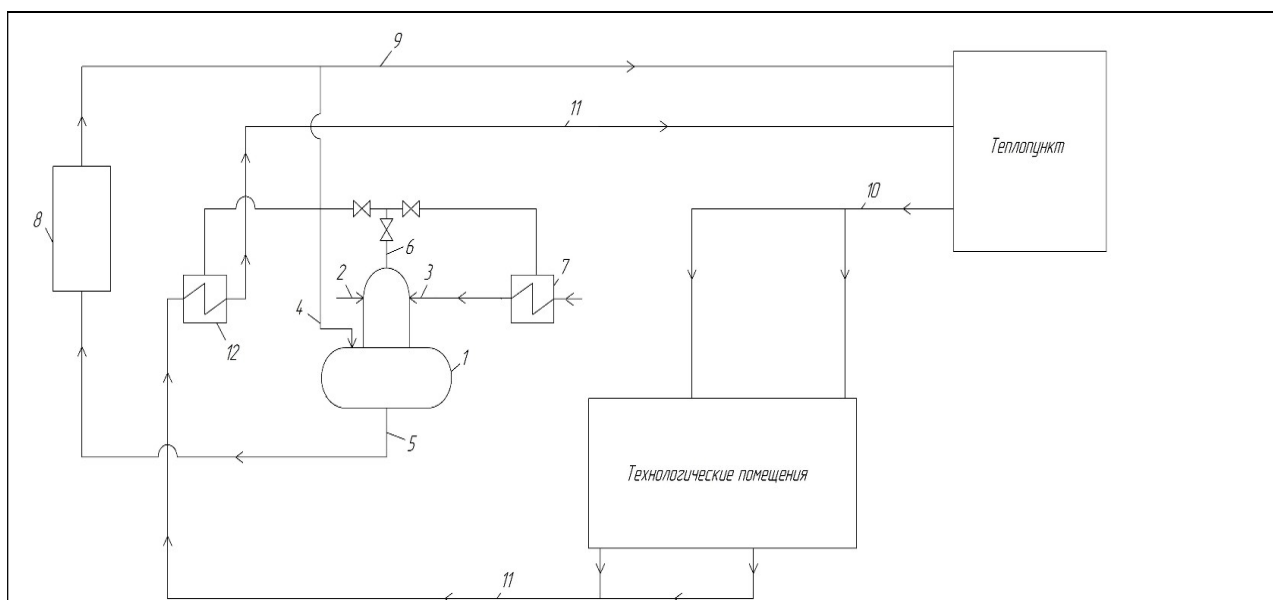


Рис. 1. Схема включения деаэрационной установки: 1 – атмосферный деаэратор; 2 – трубопровод конденсата с производства; 3 – трубопровод химически очищенной воды; 4 – трубопровод греющего агента; 5 – трубопровод деаэрированной воды; 6 – трубопровод выпара; 7 – охладитель выпара; 8 – паровой котел; 9 – паропровод; 10 – трубопровод подачи сетевой воды; 11 – трубопровод обратной сетевой воды; 12 – теплообменник

Предлагаемая система является нерегулируемой, так как тепловая мощность относительно таковой у ИТП небольшая, а автоматика теплопункта полностью остаётся в работе и с учётом полученной более высокой температуры регулирует подачу пара по потребности. Наибольшая эффективность при использовании данной разработки может быть достигнута, если расстояние от деаэратора до теплопункта будет минимальным, тогда и потери от дополнительного нагрева тоже будут минимальными. В результате получаем двухступенчатый нагрев системы отопления, где в зимний период основной ступенью является теплопункт, а данная разработка выступает в роли вспомогательной. В переходный период, особенно при температурах наружного воздуха выше  $0^{\circ}\text{C}$ , данная система может быть основной ступенью нагрева, а теплопункт выступит в качестве сетевого насоса с приборами контроля и автоматики.

На примере котельной предприятия АО «АБИНБев-ЭФЕС» в г. Ульяновск рассмотрена целесообразность данной модернизации. В расчетах использовались следующие данные:

- в зимний период 2019 г. (холодная зима в г. Ульяновск) при наиболее экономичном режиме, когда многие ответвления системы отопления и вентиляции отключены, расход пара на атмосферный деаэратор TDM50 составил от 6 до 13 т/сут, а расход пара на теплопункт 2...6 т/сут;

- в зимний период 2020 г. (теплая зима в г. Ульяновск) также при наиболее экономичном режиме расход пара на атмосферный деаэратор TDM50 составил также 6...13 т/сут, а расход пара на теплопункт значительно снизился и составил 1...2 т/сут;

- в зимний период 2021 г. (очень холодная зима в г. Ульяновск) при экономичном режиме расход пара на атмосферный деаэратор TDM50 составил 5...12 т/сут, а расход пара на теплопункт увеличился и составил 2...8 т/сут.

На основе показаний приборов и проведённых измерений получены следующие результаты:

Давление выпара  $p_v = 0,125$  МПа (по манометру);

Расход выпара  $D_v = 0,017$  кг/с (исходя из объема деаэрируемой воды в атмосферном деаэраторе согласно стандарту составляет 2 кг/т деаэрированной воды) [2];

Температура выпара  $t_v = 94...104$  °С;

Температура конденсата  $t_k = 80$  °С;

Для нахождения теплоты  $Q_v$ , кВт, отводимой с выпаром из деаэратора, используем уравнение теплового баланса:

$$Q_v = D_v \cdot (h_v - h_k) \cdot \eta,$$

где  $h_v$ ,  $h_k$  – энтальпии выпара и конденсата, кДж/кг,  $\eta$  – КПД,  $\eta = 0,98$ .

При приведенных выше измеренных значениях получаем  $Q_v = 39,11$  кВт.

Уточняем тепловую нагрузку ИТП с использованием следующих исходных данных.

Давление пара  $p_n = 1$  МПа;

Расход пара  $D_n = 0,0893$  кг/с (исходя из максимальной нагрузки);

Энтальпия пара,  $h_n$  при 179 °С = 2785,54 кДж/кг;

Энтальпия пара  $h_k$  при 112 °С = 469,86 кДж/кг.

$$Q_n = D_n \cdot (h_n - h_k) \cdot \eta.$$

По расчетам получаем  $Q_n = 202,65$  кВт.

Теоретический расчёт был выполнен исходя из максимальной производительности котельной с деаэратором производительностью 30 м<sup>3</sup> деаэрируемой (подпиточной) воды. Фактическая работа котельной зависит от потребности производства.

Для производства 1 кВт тепловой мощности на ИТП затрачивается 38 кг пара, стоимость которого за 1 тонну составляет 850 р. Продолжительность холодного периода года в г. Ульяновске с температурой 8 °С и ниже составляет 205 суток.

За период с января 2020 г по 14 апреля 2020 г (когда был отключен ИТП) среднее количество подпитки за сутки составило 120 м<sup>3</sup>, что составляет 1/6 максимальной производительности деаэрационной установки. На подогрев химически очищенной воды с помощью охладителя выпара затрачивается 12 % энергии выпара. Тогда количество теплоты составит 5,74 кВт, или в денежном выражении 38007,4 рублей. Если рассчитать за 2021 г, то среднее количество подпитки было около 170 м<sup>3</sup>. На подогрев химически очищенной воды с помощью охладителя выпара также затрачивается 12 % энергии выпара. Получаем 8,13 кВт, в денежном выражении 53811,6 р. Общая стоимость теплообменника и работ составляет около 140000 р. Это значит, что даже при низком объёме производства окупаемость составляет чуть более трех отопительных периодов, а при нормальном объёме в холодный период окупаемость составляет около 2,5 отопительных сезона. Следовательно, в периоды тёплых зим и при достаточно большом объёме производства, который влияет на производительность котельной и, соответственно, объём выпара, нагрев сетевой воды в новом теплообменнике может быть основной ступенью нагрева, а пар на ИТП будет потребляться изредка. В то же время, если рассматривать холодные зимы, то данная система позволяет заместить до 20% отопительной нагрузки при полной загрузке котельной, а также

выходить на максимальные параметры отопления с температурным графиком 95/70 с такой же (около 20 %) экономией пара.

По итогам представленной работы можно сделать следующие выводы:

1. Проанализировано установленное на производственном предприятии г. Ульяновска оборудование. Выполнена оценка возможности совершенствования и повышения эффективности работы оборудования.
2. Разработано новое техническое решение, позволяющее исключить потери теплоты, удаляемой с выпаром атмосферного деаэрата в атмосферу, повысить экономичность и эффективность котельной установки за счет подогрева обратной сетевой воды.
3. Установлено, что вышеуказанная система может использоваться на любых котельных с атмосферными деаэраторами, особенно это важно при реконструкции котельных. Используя данную систему имеется возможность не менять тип деаэратора (например, на вакуумный или другой низкотемпературный), т. к. увеличивается эффективность использования пара.
4. Установлено, что при строительстве новых объектов предпочтительно расположение котельной с деаэратором рядом с тепловым пунктом для прокладки минимально возможного отрезка теплосети от подогрева выпаром до ИТП, а также полное использование обратной воды на подогрев выпаром. Также возможна меньшая тепловая мощность ИТП с учётом полученного нагрева от выпара.
5. Показана возможность использования низкопотенциальной энергии, которая нередко не находит достойного применения (в данном случае это выпар атмосферного деаэратора). Также инновационным подходом является нагрев обратного трубопровода энергией такого типа в качестве первой (не основной) ступени.
6. Окупаемость проекта при реконструкции укладывается в закладываемые для такого рода проектов три года даже при условии относительно низкого производства. При реконструкции предприятий с большим объёмом производства срок окупаемости уменьшается до одного года.

## Список литературы

1. Пазушкина О.В., Золин М.В., Морозов Д.С. Применение экономически эффективной технологии подогрева обратной сетевой воды в котельных установках // Сборник докладов VIII Всероссийской НТК. М.: МИСИ-МГСУ. 2020. С. 154-158.
2. ГОСТ 16860-88 Деаэраторы термические. Типы, основные параметры, приемка, методы контроля от 04.11.88 N 3646, дата введения 1990-01-01–URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200011642> (дата обращения: 14.03.2021). – Текст: электронный.

## **Efficient use of deaerator vapor for the first stage of heating**

Morozov D. S., Zolin M. V., Pazushkina O. V.

*UISTU, 32 Severny Venets str., Ulyanovsk, 432027, Russia*

The aim of the work is to study the possibility of using the low-potential vapor energy of an atmospheric deaerator as the first stage of heating a heating system with an operating heat point to save steam. An alternative application of the vapor is considered for a large volume of condensate return from production, which does not require additional heating before entering the deaerator. The peculiarity of the considered technology is the use of vapor for heating, heating of the reverse branch of the heating network, step heating of the heating medium. The economic payback of this offer is considered.

*Keywords:* thermal deaeration, atmospheric deaerator, vapor, two-stage heating system.