

Усовершенствование системы газоохлаждения электрогенераторов Кировской ТЭЦ-4

А. И. Пахомов¹, А. Г. Шемпелев²

¹магистрант кафедры теплотехники и гидравлики, Вятский государственный университет.

Россия, г. Киров. E-mail: tosha_pahomov@mail.ru

²доктор технических наук, профессор кафедры теплотехники и гидравлики, Вятский государственный университет. Россия, г. Киров. E-mail: agshem@mail.ru

Аннотация. В отопительный период при низких температурах воздуха средняя температура технической воды снижается. При этом работающее оборудование имеет определенные требования к температуре охлаждающей воды для его исправной работы. В работе Кировской ТЭЦ-4 в некоторые периоды, когда техническая вода имеет низкую температуру, возникает проблема появления конденсата в газоохладителях электрических генераторов. Объектом исследования является система технического водоснабжения Кировской ТЭЦ-4. Цель работы – разработка предложений по решению проблемы возникновения конденсата в системе воздушного охлаждения электрогенераторов. Проанализированы данные по расходам и температурам охлаждающей воды в газоохладителях, предложены варианты усовершенствования систем газоохлаждения электрогенераторов, позволяющие избежать появления конденсата в этих системах. Предложенные варианты усовершенствования системы могут применяться на других ТЭЦ, имеющих такую же проблему.

Ключевые слова: охлаждающая вода, ТЭЦ, газоохладители электрогенераторов, конденсат в газоохладителях.

Введение. В ходе непосредственной работы электрогенераторов их элементы нагреваются. Теплота от элементов генератора отводится газом (воздухом или водородом), который циркулирует между генератором, где он нагревается, и газоохладителями, где газ отдает теплоту охлаждающей воде. При эксплуатации генераторов с воздушным охлаждением требуется поддерживать определенную температуру охлаждающей воды на входе в газоохладители [2, с. 18]. Это связано с наличием в воздухе водяных паров. Из-за низкой температуры воды в трубках газоохладителей температура воздуха у стенок трубок может достичь точки росы, что приведет к конденсации водяных паров воздуха и, следовательно, к появлению капель воды на наружной поверхности трубок. Так как система охлаждения генераторов замкнута, то появление капель воды в охлаждающем воздухе недопустимо и может привести к снижению надежности генератора, а также эрозионному износу его элементов. Поэтому для надежной эксплуатации турбогенераторов требуется поддерживать температуру охлаждающей воды на входе в газоохладители выше определенного минимума.

Вышеописанная проблема наблюдается на ТЭЦ-4, так как в наиболее холодные периоды года температура охлаждающей (технической) воды, подаваемой в газоохладители, снижается ниже допустимого предела, равного 15 °С [1, п. 5.1.11]. В свою очередь, это влечет появление конденсата на трубках газоохладителей турбогенераторов № 2 и № 6, где в качестве охлаждающего газа используется воздух. При этом для предотвращения появления конденсата на ТЭЦ приоткрывается регулирующая диафрагма части низкого давления на одной или нескольких турбинах для большего нагрева технической (циркуляционной) воды, что значительно снижает экономичность работы турбоустановок. Таким образом, нужно решить вышеизложенную проблему появления конденсата.

Цель исследования. Цель работы – разработка усовершенствованных схем системы газоохлаждения электрических генераторов для исключения возможности появления конденсата в газоохладителях и повышения экономичности работы турбоустановок.

Задачи исследования. Для достижения цели требуется решить следующие задачи:

- 1) проанализировать исходные данные и выявить наличие низких температур охлаждающей воды;
- 2) сформулировать варианты усовершенствования системы газоохлаждения электрогенераторов;
- 3) оценить эффективность каждого варианта и выбрать наиболее оптимальный вариант.

Ведущий подход. Были проанализированы данные по температуре охлаждающей воды, поступающей в газоохладители. Данные были взяты за период января 2018 года. Анализ показал, что минимальная температура воды была равна немного менее 9 °С. Такое значение температуры недопустимо, поэтому далее потребовалось разработать мероприятия по повышению температуры охлаждающей воды для подачи ее в газоохладители электрогенераторов. Для разработки меропри-

ятий по решению проблемы использовались следующие данные за январь 2018 года: расход охлаждающей воды, поступающей в газоохладители, температуры воды на входе в газоохладители и выходе из них, а также электрическая нагрузка турбогенераторов. Эти данные позволяют составить зависимость тепловой нагрузки газоохладителей от электрической нагрузки электрогенераторов. Пример графика такой зависимости представлен на рисунке 1.

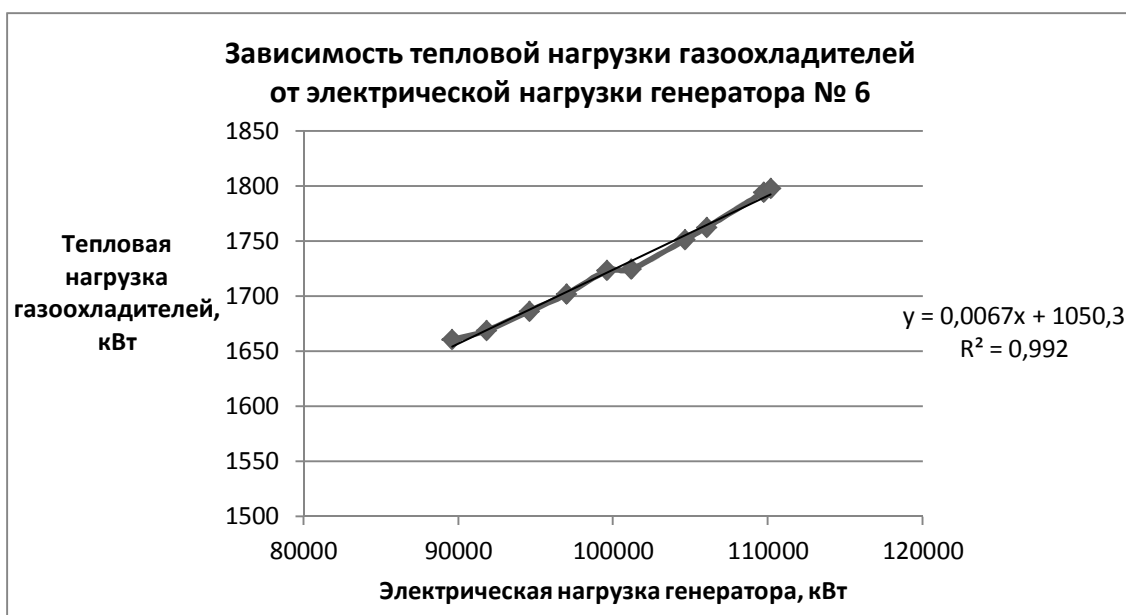


Рис. 1. График и уравнение зависимости тепловой нагрузки газоохладителей от электрической нагрузки генератора № 6

По полученным уравнениям зависимости можно определить максимальную тепловую нагрузку газоохладителей (при максимальной мощности турбоустановок). Затем, зная максимальную тепловую нагрузку газоохладителей и массовый расход охлаждающей воды, можно найти нагрев охлаждающей воды в газоохладителях. Далее были сформулированы два подхода к решению проблемы появления конденсата:

- 1) включение в систему газоохлаждения бака-аккумулятора;
- 2) включение в систему газоохлаждения пластинчатых теплообменников.

Каждый вариант имеет свои преимущества и недостатки. Например, бак-аккумулятор может иметь запас охлаждающей воды для работы системы газоохлаждения в аварийном режиме (при отсутствии подачи холодной охлаждающей воды) в течение получаса, однако такой бак имеет большие габариты. При этом вместо бака можно использовать смеситель, который будет иметь значительно меньшие размеры, но не будет иметь запаса воды. Использование варианта с пластинчатым теплообменником позволяет замкнуть контур системы газоохлаждения электрогенераторов и использовать в контуре основной конденсат – дистиллят, что позволит значительно уменьшить вероятность появления отложений на трубках газоохладителей. Помимо этого, такой теплообменник имеет малые размеры, но требует обслуживания и регулярную чистку пластин.

Далее, используя вышеперечисленные данные, следует найти характеристики оборудования для каждого из вариантов: объем бака и характеристики теплообменника (площадь теплообмена, количество пластин, температурный напор и размеры теплообменного аппарата). Исходя из расчетов, делают выбор в пользу одного из вариантов.

Результаты исследований, их обсуждение. В ходе работы были составлены усовершенствованные схемы системы газоохлаждения электрогенераторов. На рисунках 2 и 3 представлены схемы системы газоохлаждения электрогенератора турбоустановки № 2.

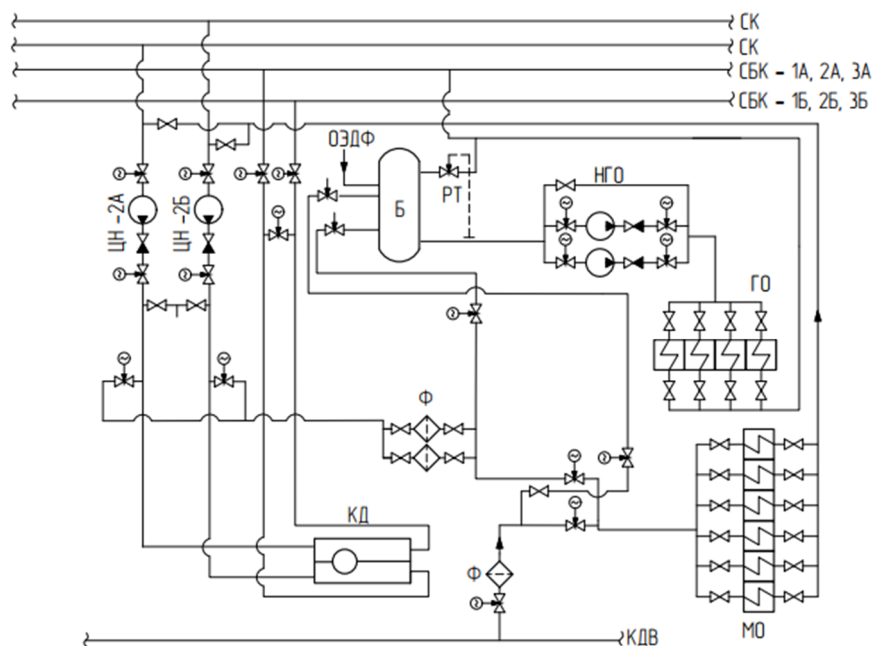


Рис. 2. Схема контура технической воды турбоустановки № 2 с баком-аккумулятором:
 СК – самотечный канал; СБК – сбросной коллектор; ОЭДФ – добавление оксэтилидендифосфоновой кислоты;
 Б – бак-аккумулятор; РТ – регулятор температуры; НГО – насосы системы газоохлаждения;
 ГО – газоохладители; Ф – фильтр; ЦН – циркуляционный насос; МО – маслоохладители;
 КДВ – коллектор добавочной воды; КД – конденсатор

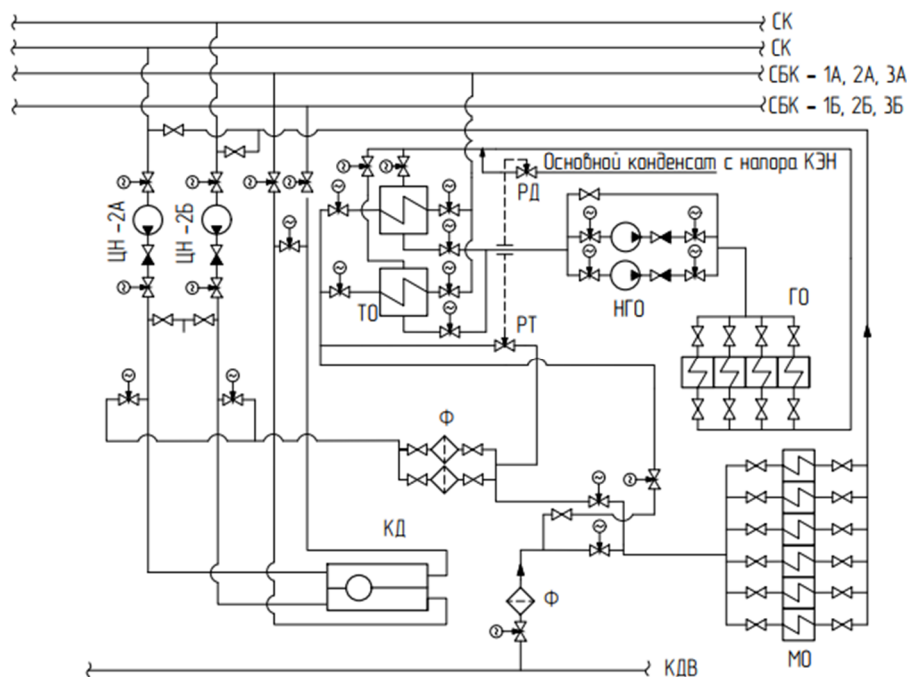


Рис. 3. Схема контура технической воды турбоустановки № 2 с теплообменником:
 РД – регулятор давления; КЭН – конденсатный электронасос; ТО – теплообменник;
 остальные обозначения такие же, как на рисунке 2

Расчет схемы газоохлаждения с баком-аккумулятором показал, что такой бак имеет большие габариты, так как его объем достаточно велик. Например, объем бака-аккумулятора для турбоустановки № 6 равен 129,3 м³. При этом объем пространства, занимаемого пластинчатым теплообменником, рассчитанный по размерам, равен 5,914 м³. Если же вместо бака использовать смеситель, который имеет значительно меньшие размеры, то у такого варианта не останется преимуществ, за исключением простоты конструкции. Поэтому из двух вариантов схем оптимальным был выбран вариант с пластинчатыми теплообменниками. С помощью данного варианта можно изолировать

контур системы газоохлаждения электрогенераторов, тем самым позволив использовать дистиллят в этом контуре, что снижает загрязнение трубок газоохладителей. Для установки предусматривается два теплообменных аппарата, причем в работе находится только один из аппаратов. Второй теплообменник нужен для включения его в работу при выводе на чистку или в ремонт первого теплообменника, что позволяет обслуживать теплообменные аппараты при постоянно работающей системе газоохлаждения генераторов.

Полученная схема системы газоохлаждения с теплообменниками позволяет обеспечивать требуемую температуру воды на входе в газоохладители при различных, в том числе максимальной, электрических нагрузках: не ниже 20 °С в холодные периоды и не выше 32 °С в наиболее жаркие периоды. Требуемая температура охлаждающей воды на выходе из теплообменника (на входе в газоохладители) обеспечивается с помощью регулятора температуры, который контролирует расход холодной (циркуляционной или технической) воды, поступающей в теплообменный аппарат.

Так как температура охлаждающей воды не опускается ниже 20 °С, то воздух у трубок газоохладителей не охлаждается до точки росы, следовательно, не происходит конденсация водяных паров воздуха. Таким образом, благодаря такому усовершенствованию системы, можно решить проблему возникновения конденсата в системе газоохлаждения и повысить надежность и срок службы этой системы и электрогенераторов. Кроме того, поскольку проблема появления конденсата устранена, то больше не требуется приоткрывать регулирующие диафрагмы части низкого давления турбин для большего нагрева технической (циркуляционной) воды, следовательно, повышается экономичность работы турбоустановок и ТЭЦ в целом.

Выводы. Итак, благодаря полученным результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1) были проанализированы исходные данные, по которым можно выявить наличие слишком низкой температуры воды на входе в газоохладители в холодные периоды года, что служит причиной появления конденсата в газоохладителях;

2) было предложено два варианта усовершенствования систем газоохлаждения электрогенераторов, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки: установка в систему бака-аккумулятора и установка пластинчатых теплообменников;

3) оба предложенных варианта позволяют обеспечить требуемые параметры охлаждающей воды для надежной работы системы газоохлаждения, поэтому для выбора варианта рассматривались особенности эксплуатации оборудования. Исходя из этих особенностей, оптимальным был выбран вариант с пластинчатыми теплообменниками, так как он позволяет не только решить проблему появления конденсата в газоохладителях, но и замкнуть контур системы газоохлаждения с использованием в этом контуре дистиллята, тем самым повысив надежность работы этой системы.

Таким образом, предложенное усовершенствование системы газоохлаждения электрогенераторов позволяет решить проблему появления конденсата, повысить надежность работы турбогенераторов, а также экономичность работы турбоустановок. Такие схемы могут применяться на других ТЭЦ с такой же проблемой.

Список литературы

1. Об утверждении Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации : приказ Минэнерго России от 19.06.2003 № 229 // Российская газета. 2003. № 229. Доступ из норматив.-техн. системы «Техэксперт».
2. Покровский В. Н. Водоснабжение тепловых электростанций / В. Н. Покровский. 2-е изд., перераб. и доп. М.-Л. : Государственное энергетическое изд-во, 1958. 168 с.

Improvement of gas cooling system of electric generators of Kirov CHP-4 (Central Heating Plant)

A. I. Pakhomov¹, A. G. Shempelev²

¹master student of the Department of heat engineering and hydraulics, Vyatka State University. Russia, Kirov. E-mail: tosha_pahomov@mail.ru

²Doctor of Technical Sciences, professor of the Department of heat engineering and hydraulics, Vyatka State University. Russia, Kirov. E-mail: agshem@mail.ru

Abstract. During the heating period, at low air temperatures, the average temperature of the process water is reduced. In this case, the operating equipment has certain requirements for the temperature of the cooling water for its proper operation. In the work of Kirov CHP-4 in some periods, when the process water has a low temperature, there

is a problem of condensation in the gas coolers of electric generators. The object of the study is the technical water supply system of Kirov CHP-4. The aim of the work is to develop proposals to solve the problem of condensation in the air cooling system of electric generators. The data on cooling water flow rates and temperatures in gas coolers are analyzed, options for improving gas cooling systems of electric generators are proposed, allowing to avoid the appearance of condensate in these systems. The proposed options for improving the system can be applied to other CHPs that have the same problem.

Keywords: cooling water, central heating plants, gas coolers power generators, condensate in the condenser.

References

1. On the approval of the Rules for the technical operation of power plants and networks of the Russian Federation: Order of the Ministry of Energy of Russia dated June 19, 2003 No. 229 // Russian newspaper. 2003. No. 229. Access from the norm.-tech. Tekhexpert system. (in Russ.)

2. Pokrovskij V. N. *Vodosnabzhenie teplovyh elektrostancij* [Water supply of thermal power plants] / V. N. Pokrovsky. 2nd publ., revised and add. M.-L. State Energy Publishing House. 1958. 168 p.