

MÜHƏNDİS QURĞULARI VƏ İNŞAAT KONSTRUKSİYALARI

УДК 620.92.220

Д.т.н., проф. КУЛИЧИХИН В.В., бакалавр КОСЮК А.В. (НИУ «МЭИ»)

«О бесперспективности новой термозлектрической установки»

Министерство образования и науки Российской Федерации (МИНОБРРФ) оказывает финансовую поддержку различным техническим университетам в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития и научно-технического комплекса России на 2014-2020 годы». При этом оно рассчитывает на «...определение направлений и разработку технических решений, направленных на повышение термодинамической и технико-экономической эффективности объектов распределенной и малой энергетики».

В качестве своеобразных отчетов о выполнении научно - исследовательских работ по соглашениям между МИНОБРРФ и техническим университетом-исполнителем являются, кроме собственно Отчетов, также публикации статей по выполненным исследованиям в виде их завершающего этапа, в частности в журнале «Теплоэнергетика».

24.07.2016 г. большая группа академиков Российской Академии Наук (РАН) (52 человека), членов-корреспондентов РАН (75 человек) и профессоров РАН (18 человек) обратились с письмом к Президенту Российской Федерации В.В. Путину, в котором дали нелицеприятную оценку современного состояния российской науки. В нем они констатировали падение авторитета науки в обществе, а российской науки – в мире, демотивацию и деморализацию активно работающих ученых, подмену научных критериев оценки бессмысленной формалистикой, последовательную деградацию науки, резкую активизацию бюрократов и «проходимцев от науки», уменьшение доли качественных отечественных публикаций. В письме было отмечено, что «время политической корректности закончилось, давно пора назвать вещи своими имена-

ми».

Именно руководствуясь этими соображениями в данной статье выполнен анализ статьи сотрудников Казанского государственного архитектурно - строительного университета (КазГАСУ) и Казанского научного центра Российской академии наук (КазНЦ РАН), опубликованной в журнале «Теплоэнергетика» /1/ о создании новой термозлектрической установки для использования в котельных.

Авторами был также направляет Отчет в МИНОБРРФ о выполнении договора по соглашению с МИНОБРРФ № 14.574.21.0013, но в связи с определенной недоступностью читателей журнала к этому Отчету в данной статье ссылки на него не используются.

Авторами в статье /1/ были даны описание, некоторые технические характеристики и технико-экономические показатели внедрения так называемой ОЦР-установки, т.е. установки, работающей по органическому циклу Ренкина. На основе критического анализа содержания /1/ доказана бесперспективность ее использования в котельных с водотрейными котлами.

В /1/ дано описание предложенной авторами «Схемы ОЦР-установки», в которой «тепло-носитель-сетевая вода системы теплоснабжения после нагрева в котлах проходит экономайзеры, подогревается до необходимой температуры и из коллектора подается в испаритель ОЦР-установки. В испарителе теплоноситель нагревает хладон, доводя его до состояния перегретого пара. Далее пар совершает работу в турбодетандере и подается в охладитель, где охлаждается оборотной водой из системы теплоснабжения, переходя при этом в фазу влажного пара. Затем влажный пар в конденсаторе перехо-

дит в жидкую фазу, отдавая тепло охлаждающему теплоносителю из системы воздушного охлаждения наружным воздухом. Жидкий хладон необходимо-го давления с помощью насоса подается в испаритель».

Однако, эта схема производит странное впечатление, поскольку из крив термодинамики и теплоэнергетики известно об отсутствии экономайзеров в водогрейных котлах. Они используются только в паровых котлах.

В таблице технических характеристик котлов типа КВГМ производства АО «Дорого-бужкотломаш» указано, что максимальная температура воды на выходе из котлов составляет 150°C. На с. 57 в /1/ сообщается, что котельная работает по температурному графику 130/70°C.

В то же время в таблице «Параметры рабочего тела в точках цикла» в /1/, для органического цикла Ренкина с рабочим телом R245fa) следует, что температура рабочего тела перед детандером составляет 127°C (400-273=127°C).

Поскольку максимальная температура воды на выходе из водогрейного котла типа КВГМ составляет 150°C, а по температурному графику, принятому в данной котельной - 130°C, что практически совпадает с максимально допустимой температурой рабочего тела (хладона) перед детандером, то нет никакой термодинамической целесообразности устанавливать за водогрейными котлами типа КАГМ какие-либо еще экономайзеры (с целью повышения температуры воды для последующего нагрева хладона, как указано на с. 56 в /1/, до необходимой температуры). (Этого повышения не требуется!)

Следовательно, отсутствует необходимость размещения перед испарителем экономайзеров после водогрейных котлов. И поэтому ОЦР-установка с такой схемой подогрева хладона на входе в детандер, описанная в /1/ на с. 58-59, при указанной максимальной допустимой по надежности температуре хладона, нецелесообразна, бесперспективна и термодинамически несостоятельна.

На с. 59-60 в /1/ авторы указали, что «количество тепловой энергии, необходимой для подогрева в испаритель ОЦР-установки, согласно балансовым расчетам предложенной схемы котельной составило 5510,82 кДж (заметим в скобках, что обычно в таких расчетах используется единица измерения кДж/кг), а количество тепловой энергии, затрачиваемой на преобразование в электрическую, - 400,08 кДж.»

Из этих данных можно определить, что у ОЦР-установки КПД по производству электро-энергии составляет 7,26% (400,08:5510,82 = 7,26%).

Вряд ли такую ОЦР-установку следует рекомендовать к использованию в отопительных котельных.

Представляется целесообразным напомнить читателям журнала и авторам /1/ и /2/ о том, что для оценки эффективности агрегатов, установок и устройств в термодинамике и теплоэнергетике применяется относительный электрический КПД $\eta_{эл}$, который представляет собой произведение относительных внутренних КПД турбодетандера η_{oi} на КПД, учитывающих потери в подшипниках $\eta_{мех}$ и КПД электрического генератора $\eta_{г}$.

При наличии между рабочим колесом детандера и электрическим генератором редуктора (см. пункт 7 данного анализа) расчет относительного электрического КПД должен производиться с учетом КПД редуктора $\eta_{ред}$ (см., например, в /2/, с. 16-20).

В /1/ отсутствуют расчеты перечисленных показателей ОЦР-установки. А без их проведения нет никакого смысла рассуждать об ее эффективности.

В /1/ не указан расход рабочего тела хладона (обычно в кг/с). При отсутствии такого, одного из основных параметров ОЦР-установки, невозможно выполнить:

- расчет электрической мощности детандера (которую авторы приняли равной 350 кВт, не проведя никаких расчетов в обоснование данного значения мощности),
- расчет геометрических характеристик рабочего колеса детандера.

При наличии редуктора, относительный электрический КПД ОЦР - установки обязательно уменьшится.

В /1/ не указано номинальное число оборотов ротора детандера.

В /1/ на с. 60 указано, что «тепловой баланс конденсатора» выражается равенством

$$G_{R245fa} (h^4_{R245fa} - h^5_{R245fa}) = G_{тн} (h^5_{тн} - h^4_{тн}),$$

где G_{R245fa} - расход хладона, кг/с, h^4_{R245fa} - энтальпия хладона на входе в конденсатор (точка 4 на диаграмме рисунка 3 в /1/) кДж/кг, h^5_{R245fa} - энтальпия хладона на выходе из конденсатора (точка 5 на диаграмме), кДж/кг, $h^4_{тн}$ и $h^5_{тн}$ - энтальпия обратного теплоносителя (воды) в соответствующих точках, кДж/кг».

В этом равенстве размерность будет следующая: кг/с x кДж/кг = кДж/с = кВт.

Однако далее в /1/ на с. 60 несколькими строчками ниже указывается: «Для обеспечения необходимого теплообмена и вывода хладона в жидкую фазу в конденсаторе обе части приведенного уравнения должны быть равны 5128, 87 кДж».

Следовательно, по мнению авторов /1/, кВт=кДж? Как это возможно? Какое-то новое слово в термодинамике!

Из рисунка 3 в статье /1/ следует, что после детандера расположен охладитель газа и только потом - конденсатор. Поэтому точка 4 находится не на входе в конденсатор, а на входе в охладитель, точка 5 находится не на выходе из конденсатора, а на входе в конденсатор. На входе в конденсатор находится точка 5, а на выходе - точка 6.

В связи с этим представленное выше равенство является ошибочным и получаемые с его использованием результаты расчета так же являются ошибочными.

В /1/ не выполнены расчеты характеристик испарителя хладона, охладителя хладона, конденсатора, экономайзеров, установленных за водогрейными котлами, как теплообменных аппаратов, что не позволяет определить их тепловые балансы.

В /1/ в таблице 4 «Технико-экономические показатели внедрения ОЦР-установки в течение года» приводятся сведения о выработанной электроэнергии. Она вычисляется авторами примитивным способом - умножением номинальной мощности детандера на число часов работы ОЦР-установки.

Так, например, для января:

$$350 \text{ кВт} \cdot 744 \text{ ч} = 260400 \text{ кВт.ч.}$$

Однако любому теплоэнергетику известно, что для оценки эффективности энергетического оборудования применяется коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) - K_y (см., например, /2/, с. 314).

Он представляет собой отношение количества электроэнергии Э, выработанной установкой в течение определенного промежутка времени t , к тому количеству, которое могло быть выработано за тот же период с установленной мощностью N_y .

Тогда, например, для января по данным в /1/

$$K_y = \frac{Э}{(N_y \cdot t)} = \frac{260400}{(350 \cdot 744)} \cdot 100\% = 100.$$

Однако такое значение КИУМ никогда не бывает в практике эксплуатации любых энерго - установок и свидетельствует о том, что технико-экономические показатели внедрения ОЦР-установки были рассчитаны людьми, весьма далекими от энергетики.

В /1/ в таблице 4 в последней строке почему-то стыдливо не указана суммарная величина часов работы детандера в году, но ее можно легко подсчитать, сложив часы работы за 12 месяцев (5256 ч) или разделив общее количество выработанной электроэнергии, указанной в таблице, на мощность детандера: 1839600 кВт.ч.:350 кВт= 5256 ч.

Как известно, число часов в году составляет 8760 ч, тогда можно легко определить, что ОЦР-установка работает в году всего лишь 5256:8760-100%=60% (40% времени простаивает). Т.е. установка ра-

ботаёт 219 дней в году, а 146 дней в году – простаивает.

Зададимся вопросом: нужна ли ОЦР-установка при такой длительности простоя в году?

Однако изложенные факторы не были учтены авторами при расчете экономических показателей детандера.

Целесообразность применения какого-либо новшества следует оценивать не только по энергетической эффективности (экономии топлива), но и по технико-экономической эффективности с учетом капитальных затрат. С 1995 г. в Российской Федерации действует Методика с определением ЧДД (чистого дисконтированного дохода) и срока окупаемости. Однако такие данные отсутствуют в /1/.

В случае внесения каких-либо изменений в существующие схемы энергоустановок или котельных их эффективность должна проверяться на основании широко применяемого в России и за рубежом эксергетического метода термодинамического анализа (ЭМТА) с расчетом эксергетического КПД (см., например, В.М. Бродянский. Эксергетический метод термодинамического анализа. Москва. Энергия, 1973 г., В.М.Бродянский, В. Флештер, К. Михалек. Эксергетический метод и его приложения. Москва, Энергониздат, 1988 г., А.В. Мартынов. Установки для трансформации тепла и охлаждения. Москва, Энергоатомиздат, 1989 г.)

В /1/ никаких подобных расчетов не было произведено. Вероятно, авторы вообще не имеют представления о существовании этого метода.

ВЫВОДЫ

Анализ статьи /1/ свидетельствует:

- О слабой теоретической подготовке авторов в области термодинамики и теплоэнергетики.
- О бесперспективности использования предложенной авторами новой термодинамической установки на основе органического цикла Ренкина в котельных с водогрейными котлами.

Список использованных источников:

1. Садыхов Р.А., Даминов А.З., Соломин И.Н., Футин В.А. «Применение турбодетандера в паросиловых установках для утилизации тепловой энергии в системах теплоснабжения»/. Теплоэнергетика, 2016, № 5, с. 56-62.
2. «Тепловые электрические станции»/ Буров В.Д. и др. Учебник для вузов. Издательский дом МЭИ, 2007, 466 с. с илл.

*Отзыв на статью дал заведующий
кафедры «Строительство инженерных систем и сооружений»
АзАСУ, д.т.н., профессор
Н.Я. Мамедов*