

УДК 621.3

**Турбодетандерные и детандергенераторные установки**

Запасник В. А., Кожановский К.В.

Научный руководитель – ст. преподаватель ПАВЛОВСКАЯ А.А.

Одним из наиболее важных направлений в области энергосбережения является решение проблемы рекуперации энергии избыточного давления природного газа, а также пара, направляемого на технологические нужды на узлах их редуцирования.

Рассмотрим вначале использование энергии природного газа. Из магистральных газопроводов, давление в которых поддерживается компрессорными газоперекачивающими станциями на уровне 5,5–7,5 МПа, газ поступает в промышленные и городские системы газоснабжения через газораспределительные станции (ГРС), на которых давление газа снижают до необходимой величины и поддерживают на постоянном уровне. Дальнейшее обеспечение потребителей газом требуемых параметров производится через газорегуляторные пункты (ГРП), где давление снижается в различных пределах: для потребителей I категории оно составляет, как правило, 1,2 МПа, II – 0,6 МПа, перед ГРП ТЭЦ – 1,2–2,6 МПа.

Таким образом, одним из способов экономии энергетических ресурсов может служить использование процесса редуцирования природного газа в ГРС и ГРП с частичным возвратом энергии, затраченной на сжатие природного газа для его транспортировки. Основным путем его реализации является замена дроссельных устройств ГРС и ГРП детандер-генераторными установками, предназначенными для выработки электроэнергии.

Детандергенераторный агрегат (ДГА) состоит из детандера и электрического генератора. Детандер представляет собой тепловую машину, рабочим телом в которой является транспортируемый природный газ.

Энергия природного газа при его расширении в детандере преобразуется в механическую, которая затем в соединенном с детандером генераторе превращается в электрическую энергию.

Использование детандергенераторных установок дает возможность не только обеспечить выработку электроэнергии, но и ввести в хозяйственный оборот вторичные энергоресурсы и снизить уровень вредных выбросов.

В Беларуси турбодетандерные технологии известны с 2000 года. На Лукомльской ГРЭС были внедрены два детандер-генераторных агрегата мощностью 5 и 2,5 МВт, на Минской ТЭЦ-4 установлены две утилизационные детандергенераторные энергетические установки суммарной мощностью 5 МВт. В мае 2008 года введена в эксплуатацию детандергенераторная установка УТДУ-4000 электрической мощностью 4 МВт на Гомельской ТЭЦ-2.

**Оборудование УТДУ-4000 в составе Гомельской ТЭЦ-2**

Еще на этапе разработки детандергенераторной установки были учтены следующие факторы, обусловленные характером эксплуатации в составе Гомельской ТЭЦ-2:

1) значительные сезонные и суточные колебания расхода газа через ГРП ТЭЦ (от 30 000 до 150 000 м<sup>3</sup> /ч), вызванные неравномерностью загрузки оборудования ТЭЦ, и связанная с этим необходимость поддержания давления на входе в котлы в узком диапазоне давлений от 0,072 до 0,09 МПа (абс.);

2) повышенные требования к надежности работы детандер-генераторной установки, через которую должно проходить 80 % всего расхода газа, поступающего на ТЭЦ, обеспечивающей электрической и тепловой энергией потребителей г. Гомеля и Гомельской области;

3) необходимость обеспечения стабильности давления в газопроводе низкого давления (за ДГУ) не только при нормальных, но и при аварийных остановах ДГУ (до момента вступления в режим регулирования автоматики ГРП);

4) все процессы управления ДГУ, а также перевода функций регулирования давления (в газопроводе низкого давления, идущего к котлам ТЭЦ) от ДГУ при запуске, наборе нагрузки и останове ДГУ должны быть полностью автоматизированы.

В комплект поставки УТДУ-4000 входят:

- блок детандер-генераторный;
- блок системы маслоснабжения;
- блок маслоохлаждения;
- блок стопорно-дозировочный;
- блок байпасный;
- программно-технический комплекс системы автоматического управления (ПТК САУ);
- комплектное распределительное устройство (КРУ);
- распределительное устройство собственных нужд УТДУ (РУСН).

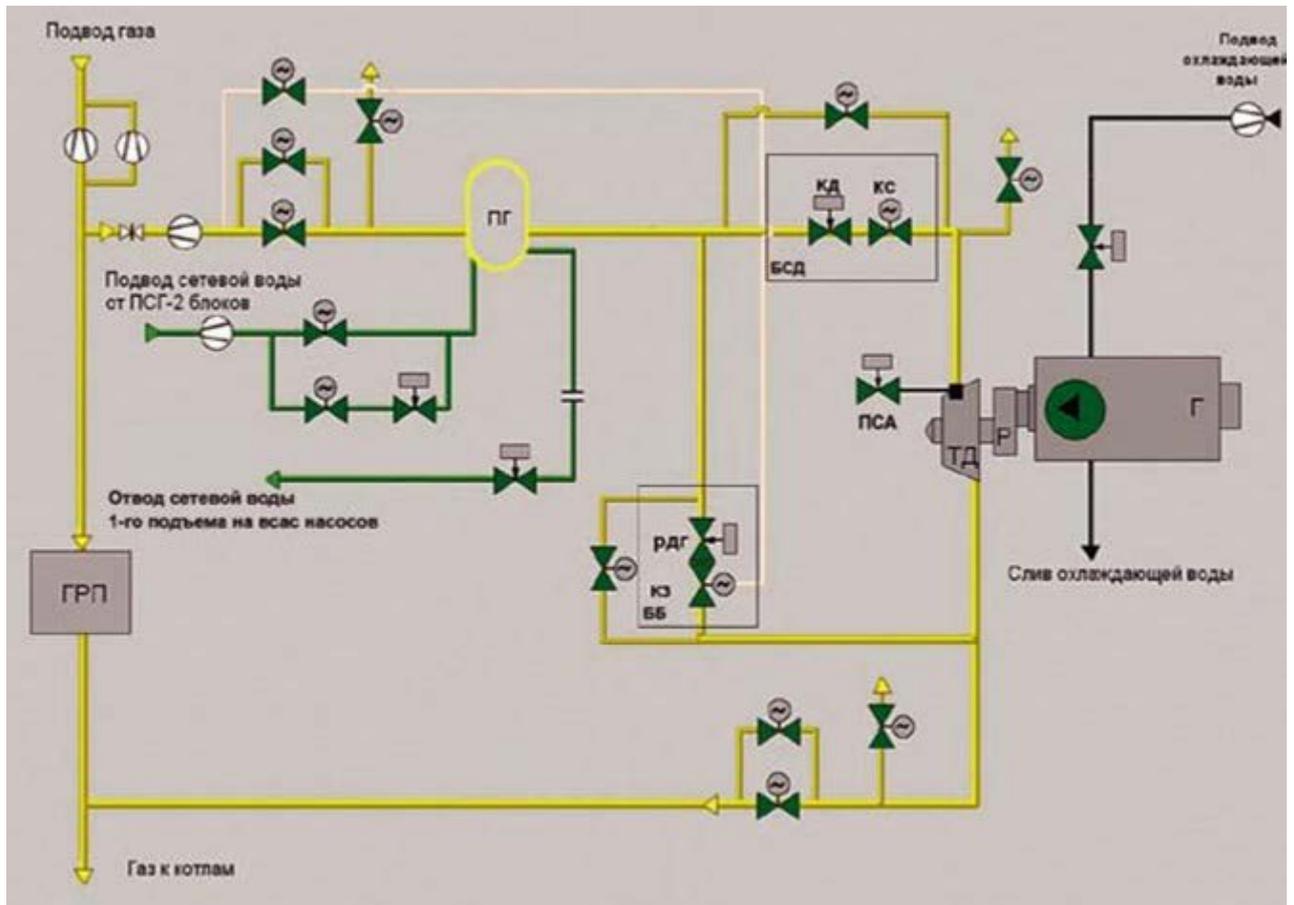


Рисунок 1 – Технологическая схема УТДУ-4000

ГРП – газорегуляторный пункт; ПГ – подогреватель газа; ПСА – поворотный сопловой аппарат; БСД – блок стопорно-дозировочный, где КД – клапан дозирующий, КС – клапан стопорный; ТД – турбодетандер; Р – редуктор; Г – генератор; ББ – блок байпасный, где РДГ – регулятор давления газа, КЗ – клапан защиты

Принцип работы УТДУ-4000 состоит в следующем: природный газ из входного коллектора, пройдя узел очистки, поступает в подогреватель газа, затем через блок стопорно-дозировочный – в турбодетандер (рисунок 1). При расширении газа в детандере, жестко связанном при помощи зубчатой трансмиссии и редуктора с генератором, потенциальная энергия сжатого газа преобразуется в механическую, приводя в действие генератор, который производит электрическую энергию. Далее электроэнергия через повышающий трансформатор направляется в электрическую сеть 110 кВ.

После расширения в турбодетандере газ через отключающую задвижку направляется к котлоагрегатам ТЭЦ.

Для обеспечения бесперебойной подачи газа потребителю УТДУ снабжена байпасной линией, в комплект поставки которой входят клапан защиты (КЗ) и регулятор давления газа (РДГ).

В случае аварийной остановки агрегата срабатывает стопорный клапан (СК), который перекрывает подачу газа на УТДУ. Одновременно с закрытием СК открывается быстродействующий клапан защиты (время закрытия СК и открытия КЗ составляет 0,3 с) и газ в обход УТДУ поступает в выходной коллектор ГРП. В это время давление в газопроводе после УТДУ обеспечивается регулятором давления газа. В случае невозможности продолжения работы установки начинают автоматически открываться редуцирующие клапаны ГРП и постепенно закрываться РДГ. После полного закрытия клапанов РДГ и КЗ газораспределительный пункт переходит на штатный режим функционирования.

Для подогрева газа до температуры 80–100 °С используется сетевая вода, отбираемая за подогревателем сетевым горизонтальным № 2, что позволяет задействовать низкопотенциальный пар турбины. При необходимости повышения температуры газа до 115 °С производится дополнительный подогрев сетевой воды в отдельном подогревателе паром 4-го отбора турбины.

В УТДУ-4000 применяется двухполюсный синхронный турбогенератор типа ТК-4-23-УЗ трехфазного тока 50 Гц с бесщеточной системой возбуждения с замкнутым циклом вентиляции производства. Вид климатического исполнения УЗ по ГОСТ 15150-69.

Система автоматического управления утилизационной турбодетандерной установки

является основным логическим управляющим элементом агрегата. Она позволяет обеспечивать дистанционное автоматизированное управление подготовкой и пуском агрегата, контроль и регулирование параметров в процессе работы, поддержание заданной температуры сепарации, нормальную и аварийную остановку агрегата, отображая контролируемые параметры на экране монитора.

На рисунке 2 представлена характеристика зависимости мощности на клеммах генератора от расхода газа.

Особенностями УТДУ-4000 на Гомельской ТЭЦ-2 по сравнению с ранее внедряемыми на территории СНГ установками ОАО «Турбогаз» являются:

- применение стопорно-дозировочного

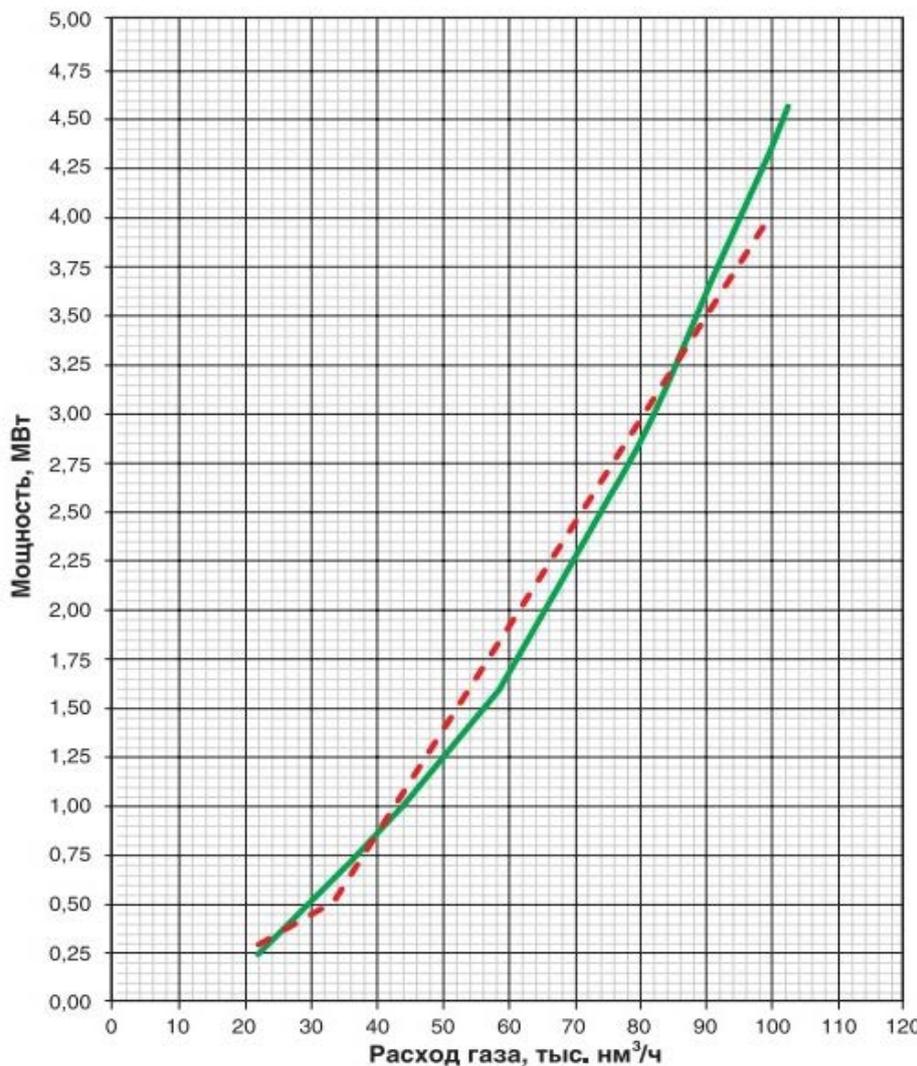


Рисунок 2 – График зависимости мощности от расхода газа:

- данные испытаний;
- - - технические значения

клапана новой конструкции, что позволило снизить потери на дросселирование до 0,03 МПа;

- использование направляющего аппарата с четырьмя ступенями регулирования вместо направляющего аппарата с одной ступенью
- регулирования, что позволяет за счет точного регулирования положения сопловых лопаток получить дополнительную мощность на детандер-генераторной установке.

Опыт эксплуатации УТДУ-4000 в составе Гомельской ТЭЦ-2 позволяет утверждать, что установка полностью соответствует современному уровню развития техники. Ее использование дает возможность ввести в хозяйственный оборот вторичные энергоресурсы и получить до 1 % дополнительной мощности, снизить расход топлива, а также улучшить экологические показатели.

Следует отметить, что детандер-генераторы относятся к оборудованию, созданному по «безтопливным» технологиям, поддерживаемым Киотским протоколом к Конвенции ООН по изменению климата, и реализация такого рода проектов может проводиться с использованием механизма привлечения средств за счет продажи квот на эмиссию парниковых газов.

Эти факторы служат основанием для дальнейшего развития и совершенствования технологических схем ДГУ и расширения их использования в нашей стране. Перспективным на сегодняшний день направлением видится внедрение аналогичных утилизационных детандерных установок не только на газорегуляторных пунктах электростанций Белорусской энергосистемы, но и в большей степени на газораспределительных станциях ОАО «Белтрансгаз», где перепады давления и расходы газа больше. Это значительно повысит эффективность использования вторичных энергетических ресурсов в Республике Беларусь.

#### **Турбодетандерная установка ТГ 0,75 ПА/6,3 Р13/4 («Кубань 0,75 ПВАЗ»)**

Турбогенераторная установка ТГ 0,75 ПВАЗ/6,3 Р13/4 «Кубань» с противодавлением пара предназначена для выработки электрической энергии и для обеспечения паром технологических нужд производства.

Установка состоит из:

- турбогенератора и его систем, смонтированных на единой раме;
- аварийного масляного бака;
- эжектора пароструйного;
- поста дистанционного управления;
- клапана предохранительного;
- тиристорного возбуждательного устройства.

Свежий пар турбоустановки с параметрами поступает в турбину через стопорный клапан и парораспределение, обеспечивающее пуск и останов ТГ при заданных параметрах. Отработанный пар из турбины поступает в коллектор греющего пара Д-6 ата.

Для защиты выхлопной части турбины от превышения давления предусмотрен предохранительный клапан, настроенный на открытие при  $P=6.6 \text{ кгс/см}^2$  (изб.).

Отсос паровоздушной смеси из уплотнений турбины, стопорного клапана и парораспределения турбины осуществляется эжектором системы отсоса, в охладителях которого пар полностью конденсируется, а воздух удаляется в помещение. Рабочий пар на эжектор поступает из линии свежего пара (от стопорного клапана) через запорный вентиль ПО-77.

Дополнительно, для улучшения работы концевых уплотнений, смонтирована линия отсоса паровоздушной смеси на вакуумный деаэрактор №7.

Дренажи от паропровода свежего пара, выхлопного паропровода, продувки и коллектора отсоса из уплотнений направляются в систему дренажей и продувок установки.

Для охлаждения маслоохладителя и охладителей эжектора используется циркуляционная (либо техническая) вода.

- Работа на номинальном режиме:

Отборный пар 13ата (от паропровода после БРОУ-140/13№3) подводится к стопорному клапану. Через открытый клапан и парораспределение пар, проходя через проточную часть

турбины, приводит во вращение её ротор и, связанный с ним через редуктор посредством зубчатых муфт, ротор генератора.

Система регулирования и защиты, смазка подшипников турбины и редуктора, зубчатого зацепления редуктора на рабочих режимах обеспечивается маслом от насоса-регулятора, а в режиме пуска и останова – от винтового масляного насоса.

Давление пара за турбиной при работе по тепловому графику или в общую электрическую сеть поддерживается системой регулирования.

Давление пара в концевых уплотнениях поддерживается системой отсоса пара из уплотнений.

#### **Литература**

1. Зенович-Лешкевич-Ольпинский, Ю.А. Опыт эксплуатации утилизационной турбодетандердной установки на Гомельской ТЭЦ-2 / Ю.А. Зенович-Лешкевич-Ольпинский // Энергетическая стратегия. – 2010. – №4 (16). – С.14-18.