

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ ДЕТАНДЕРА**

*Аннотация: Энергосбережение становится одним из факторов, определяющих эффективность и экономичность систем подготовки и транспорта природного газа. Утилизация энергии избыточного перепада давления природного газа при его редуцировании в системах газораспределения и газопотребления является одним из видов энергосбережения в газотранспортной системе и оказывается весьма перспективной на сегодня.*

*Ключевые слова: детандер-генераторный агрегат, газораспределительная установка, подогрев газа.*

*Suyundikova Renata Ferdatovna*

*Kazan State Energy University*

*Topic: Optimization of operation of gas distribution plant based on expander.*

*Abstract: Energy conservation becomes one of the factors determining the efficiency and efficiency of natural gas preparation and transportation systems. The utilization of the energy of the excess pressure drop of natural gas during its reduction in gas distribution and gas consumption systems is one of the types of energy saving in the gas transportation system and is very promising today.*

*Keywords: expander-generator unit, gas distribution unit, gas heating.*

В различных зарубежных странах есть опыт применения и работы газобензиновых заводов (ГБЗ) с турбодетандерными установками в качестве источников холода.

Особенностью работы таких установок является выпадение жидкой фазы в процессе расширения газа. Сжижение газа в турбодетандере значительно повышает эффективность установок для сжижения таких газов, как метан и др.

Современные рабочие циклы сжижения газов, как известно, основаны на использовании более высоких давлений, чем в обычных схемах. Это существенно улучшает технологичность схем, и расширительные машины выполняют здесь не только функции по производству холода и использованию возвратной части энергии, но и функции осушительной установки. При этом поток газа охлаждается менее чем на 20-25%, но зато газ после детандера содержит более чем наполовину жидкую фазу.

Мощность детандерных агрегатов зависит от фактически используемого перепада давления, скорости потока газа и расхода газа. Эти величины определяют габариты и рабочие характеристики расширительно-осушительных установок.

Заводы по сжижению углеводородных газов (метан-этановой фракции) применяют преимущественно высокопроизводительные, малогабаритные одноступенчатые реактивные турбодетандеры с турбокомпрессором на одном валу. При числе оборотов в минуту 60000 и более, они имеют высокий КПД, используя высокие скорости газовых потоков.

Однако в заводской практике имеет место и применение осевых турбодетандеров активного типа в одно- и многоступенчатом исполнении. Обычно турбодетандеры комплектуются вместе с турбинным компрессором без редуктора. Турбокомпрессор использует часть энергии, сжимая газ до заданной степени, и поглощает развиваемую детандером мощность с минимальными потерями. Иногда развиваемая детандером мощность

поглощается электрогенератором, а иногда для упрощения систем используют обычные тормозные устройства.

Объемная скорость перерабатываемого газа регулируется в турбодетандере реактивного типа соплами переменного сечения, что наиболее эффективно обеспечивает гибкость режима работы при сохранении достаточно высокого КПД.

Следует иметь в виду, что турбодетандеры реактивного типа с радиальным расположением лопаток, направляющие поток газа от периферии к центру колеса, совершенно непригодны для проведения процессов расширения газа с образованием жидкой фазы. Колесо турбодетандера в этом случае отбрасывает капли жидкости на стенки статора и заставляет выделившуюся жидкость рециркулировать, снижая производительность агрегата и вызывая явления эрозии на ободке колеса и на поверхности сопел.

Практикой установлено, что процессы расширения газа с такой рециркуляцией требуют установки на входе в турбодетандер достаточно тонкого фильтра или просто сепаратора для отделения механических примесей в виде твердых пылеватых металлических и льдистых частиц. Это увеличивает срок безаварийной службы турбогенератора.

В осевых турбодетандерах частицы твердых примесей и капельная жидкость проходят через проточную часть машины и лопатки колеса без рециркуляции, но при этом процесс расширения насыщенного газа протекает со значительным понижением КПД машины.

Турбодетандеры небольших габаритов изготавливаются на значительную пропускную способность по газу.

Применение специальных расширительных машин – детандеров, где происходит адиабатное расширение газа с отдачей внешней работы на вал машины, позволяет получить значительно большее охлаждение, чем при дросселировании газов, при этом, используется и дополнительная работа возвратной части энергии обрабатываемого потока газа.

По принципу действия детандеры разделяют на поршневые и турбинные (турбодетандеры). Поршневые детандеры – машины объёмного периодического действия, в которых внутренняя энергия газа при его расширении преобразуется во внешнюю работу, перемещая поршень. Применяются в установках с холодильными циклами высокого (15–20 МПа) и среднего (2–8 МПа) давления.

Одноцилиндровые детандеры обычно имеют производительность до 30 м<sup>3</sup>/мин, с КПД более 80% при числе оборотов коленчатого вала до 500 об/мин. В качестве холодильного агента предпочтительно применять продукты, отходы или полуфабрикаты данного производства, в частности пропан-бутановые смеси.

Для температур кипения в пределах минус 10°С — минус 40°С рекомендуется применять газовые смеси типа пропан-пропилен. Адиабатическое расширение многокомпонентной углеводородной смеси сопровождается внутренним теплообменом между компонентами, в результате чего температура и теплосодержание определяются как средние величины отдельных компонентов, а внешняя работа определяется как сумма работ отдельных ее компонентов по диаграммам состояния.

Работа расширения смеси сопровождается выпадением жидкой фазы и характеризуется выделением дополнительного тепла конденсации и растворения газов в жидкости. Выделение жидкости интенсивно происходит при изобарическом охлаждении смеси в теплообменниках – конденсаторах.

Турбодетандеры – машины кинетического действия, в которых поток газа проходит через неподвижные направляющие каналы (сопла), превращая внутреннюю энергию газа в кинетическую, и систему вращающихся межлопаточных каналов ротора, где энергия потока преобразуется в механическую работу, в результате чего понижается температура газа. Торможение турбодетандера осуществляется электрогенератором, гидротормозом или нагнетателем.

## Список литературы

1. Кулаков, А.С. Отраслевой обзор «Теплоэнергетика России 2012-2016. 10 лет с начала энергореформы» / А. С. Кулаков, С.Н. Поповский // Теплоэнергетика. - 2016. - № 1. - С. 1-15.
2. Исследование сходимости метода расчета установившихся режимов систем электроснабжения при работе отдельно с энергосистемой / О.В. Буланова, В.А. Игуменцев, А.В. Малафеев, Ю.Н. Ротанова // Электротехнические системы и комплексы. - 2005. - № 10. - С. 129-134.
3. Влияние высоковольтных двигателей собственных нужд на надежность системы электроснабжения собственных нужд ТЭЦ ОАО «ММК» / А.В. Малафеев, О.И. Карандаева, Ю.Н. Ротанова, О.В. Буланова // Электротехнические системы и комплексы. - 2009. - № 17. - С. 96-104.
4. Методика прогнозирования остаточного ресурса электрооборудования при эксплуатации / К.Э. Одинцов, Ю.Н. Ротанова, О.И. Карандаева и др. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2010. - № 3-1. -С. 192-198.
5. Cinnella, P. Efficient Implementation of Short Fundamentals. Equations of State for Numerical Simulation of Dense Gas Flows / P. Cinnella, S.J. Hercus // Conference Paper of 42nd AIAA Thermophysics Conference, At Honolulu, Hawaii, Volume: AIAA 20113947. - 2011. DOI 10.2514/6.2011-3947
6. Quantification of Thermodynamic Uncertainties in Real Gas Flows / P. Cinnella, P. Congedo, L. Pa-russini, L. Pediroda // Int J Eng Syst Modell Simul. - 2010. - P. 12-24. DOI:10.1504/ijesms. 2010.031867
7. Nannan, N.R. Advancements in Non-Classical Gas Dynamics. Ph.D. thesis / N.R. Nannan. - Technische Universiteit Delft, 2009.
8. Zamfirescu, C. Performance Investigation of High-Temperature Heat Pumps with Various BZT Working Fluids / C. Zamfirescu, I. Dincer // Thermochemica Acta. -2009. -P. 66-67. DOI: 10.1016/j.tca.2009.01.028