

УДК 621.515

**<sup>1</sup>В.П. Парафейник, доктор техн. наук, <sup>2</sup>С.А. Прилипко**

ПАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе», ул. Горького, 58, г. Сумы, Украина, 40004

e-mail: <sup>1</sup>sparzha-2008@mail.ru, <sup>2</sup>psa-eng@yandex.uaORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7061-6992><sup>1</sup>, <http://orcid.org/0000-0002-6578-2395><sup>2</sup>

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУРБОКОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ С ГАЗОТУРБИННЫМ ПРИВОДОМ ДЛЯ СЖАТИЯ НЕФТЯНОГО ГАЗА

*Турбокомпрессорные установки с газотурбинным двигателем для компримирования природного и нефтяного газов — сложные энерготехнологические комплексы. При их создании используется современный метод системного проектирования. Для расчёта термодинамических потерь в элементах и узлах установки необходимо располагать методикой определения её термодинамического совершенства. На основе применения энтропийного метода, а также других методов термодинамического анализа выполнена оценка термодинамического совершенства турбокомпрессорной установки нефтяного газа, созданной на основе агрегата ТКА-Ц-8БД/0,3-8,16 с газотурбинным двигателем НК-14СТ-8 и центробежным компрессором мощностью 8 МВт. Эффективность установки определялась для условий проектного режима работы.*

**Ключевые слова:** Нефтяной газ. Турбокомпрессорная установка. Турбокомпрессорный агрегат. Термодинамический анализ. Энтропия. Эксергия. Энтропийно-статистический метод анализа.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Создание блочно-комплектных турбокомпрессорных установок (ТКУ) на основе турбокомпрессорных агрегатов (ТКА) с газотурбинным двигателем (ГТД) в ПАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе» стало возможным благодаря освоению системного метода проектирования компрессорного оборудования с использованием математического моделирования рабочих процессов [1-3]. В качестве примера для иллюстрации указанного метода будем рассматривать ТКУ.

### 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования — установка для сжатия нефтяного газа (НГ) ТКА-Ц-8БД/0,3-8,16 с газотурбинным двигателем НК-14СТ-8 производства ОАО «Кузнецов» (г. Самара) [4]. Принципиальная технологическая схема комплекса основного технологического оборудования в составе компрессорной станции (КС) Уренгойского НГКМ представлена на рис. 1, а значения основных параметров в узловых точках — в табл. 1. Представление о внешнем виде станции даёт рис. 2.

Нефтяной газ имеет следующий состав (% мольн.):  $\text{CH}_4$  — 89,06;  $\text{C}_2\text{H}_6$  — 5,64;  $\text{C}_3\text{H}_8$  — 2,68;  $i\text{-C}_4\text{H}_{10}$  — 0,66;  $n\text{-C}_4\text{H}_{10}$  — 0,62;  $i\text{-C}_5\text{H}_{12}$  — 0,17;  $n\text{-C}_5\text{H}_{12}$  — 0,14;  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  — 0,35;  $\text{N}_2$  — 0,62;  $\text{CO}_2$  — 0,06.

В состав ТКУ входят основные системы: очистки НГ; ТКА с многосекционным центробежным компрессором (ЦК); охлаждения с помощью аппаратов воздушного охлаждения (АВО); сепарации на основе мультициклонных сепараторов; подготовки топливно-

го и пускового газа; технологический контур с запорной, регулирующей и предохранительной арматурой, а также первичными приборами системы управления и защиты ТКУ. Имеются также вспомогательные системы, обеспечивающие эффективную работу установки: обогрева и вентиляции; пожаротушения; факельная; подачи ингибитора коррозии; продувки контура инертным газом; сбора конденсата; защиты от гидратов. Вспомогательные системы не оказывают непосредственного влияния на технологические параметры установки, но их следует учитывать при термодинамическом анализе технологической схемы (ТС) блочно-комплектной ТКУ в связи с тем, что их работа связана с энергопотреблением и преобразованием различных видов энергии. Все оборудование основных и вспомогательных систем создано по документации нашего предприятия.

Функциональными системообразующими элементами ТКУ являются система предварительной подготовки (СППГ) НГ и ТКА, оснащенный установкой утилизации теплоты выхлопных газов (УТВГ). Кроме того, в составе ТКУ, как уже отмечалось, имеется весьма сложный технологический контур, состоящий из элементов трубной обвязки и обеспечивающий работу основных технологических систем.

Как показано на рис. 1, СППГ, содержащая две ступени очистки, обеспечивает подготовку НГ на входе в ТКУ. Для реализации процесса компримирования НГ в ТКУ применяется 3-каскадный ЦК, входящий в состав агрегата ТКА-Ц-8БД/0,3-8,16. При этом в каждом каскаде сжатия компрессора (КСК) работает одна секция (корпус) сжатия компрессора (ССК), а также система охлаждения и конденсации.