

УДК 621.592.3.001.2

А. Б. Давыдов, Г. А. Пересторонин, Д. А. Русинов, В. Л. Стулов, В. Н. Удут
 ОАО "НПО ГЕЛИЙМАШ", Луженская наб., 10а, 119855, г. Москва, Россия

РАЗРАБОТКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭФФЕКТИВНЫХ ТУРБОДЕТАНДЕРОВ КРИОГЕННЫХ УСТАНОВОК

Излагается информация о разработках и выпуске в ОАО НПО "ГЕЛИЙМАШ" широкой гаммы современных турбодетандеров для различных систем криогенной техники: воздухоразделительные установки; водородные и гелиевые рефрижераторы и ожижители; установки сжижения природного газа и др.

Ключевые слова: турбодетандер; изоэнтروпийный КПД; рабочее колесо; направляющий аппарат; воздухоразделительная установка; установки сжижения природного газа; масляный тормоз; подшипник.

The information on development and release in ОАО "NPO GELIYMASH" wide scale modern turbine expanders for various systems of cryogenic engineering is stated: air separation plants; hydrogen both helium refrigerators and liquefiers; installations liquefaction natural gas etc.

Key words: turbine expanders; isoentropy efficiency; the driving wheel; directing device; air separation plant; installations liquefaction natural gas; an oil brake; the bearing.

I. ВВЕДЕНИЕ

Развитие современного турбодетандеростроения началось с работ академика П.Л. Капицы, который создал в конце тридцатых годов первый высокоэффективный реактивный турбодетандер для воздухоразделительной установки. Научно-техническим центром по разработке и созданию турбодетандеров стал ВНИИ-КИМАШ, впоследствии переименованный в НПО "ГЕЛИЙМАШ".

Начало широкого внедрения турбодетандеров (ТД) в криогенную технику следует отнести к пятидесятым годам, когда для удовлетворения растущей потребности металлургической и химической промышленности в продуктах разделения воздуха вместо малопроизводительных воздухоразделительных установок (ВРУ) среднего и высокого давлений с поршневыми детандерами стали создавать высокопроизводительные установки, работающие по циклам низкого давления с реактивными турбодетандерами.

В те годы, однако, выпускались турбодетандеры только низкого давления с направляющими аппаратами постоянного сечения, которые позволяли регулировать производительность за счет дросселирования газа на входе. Радиальное закрытое рабочее колесо закреплялось на консоли быстроходной шестерни редуктора, служащего для снижения числа оборотов и передачи мощности на вал тормозного электрогенератора. Турбодетандерные агрегаты оснащались оборудованием для обеспечения циркуляционной смазки подшипников скольжения и зубчатого зацепления редуктора. Они отличались сравнительной простотой конструкции, надежностью в эксплуатации и относительно высокими значениями изоэнтропийных КПД (0,70 – 0,75) при работе в расчетных режимах.

К началу шестидесятых годов были созданы турбодетандеры мощностью от 40 до 550 кВт практически для всех воздухоразделительных установок большой производительности: БР-1, БР-2, БР-5, БР-6, БР-9, БР-14. Велись разработки турбодетандеров и для других систем криогенной техники.

II. ТУРБОДЕТАНДЕРЫ ВОЗДУХОРАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Опыт эксплуатации воздухоразделительных установок первого поколения для производства газообразных продуктов показал, что их холодопроизводительность может изменяться почти в 2 раза. Поэтому применяемые в них турбодетандеры с направляющими аппаратами постоянного сечения длительно работали в нерасчетных режимах, что приводило к низкой эффективности их использования.

В НПО "ГЕЛИЙМАШ" были созданы новые турбодетандеры с эффективным способом регулирования поворотом лопаток направляющего аппарата. Этот способ обеспечивает изменения холодопроизводительности турбодетандера в пределах $\pm 35\%$ от расчетного значения при снижении эффективности турбодетандера в пределах всего 3 – 4 % во всем диапазоне регулирования. Таким образом, удалось обеспечить эксплуатацию новых типов турбодетандеров вблизи максимума их изоэнтропийного КПД при наиболее часто встречающихся режимах работы воздухоразделительной установки.

Наряду с разработкой систем регулирования совершенствовались элементы проточной части турбодетандеров. Профили лопаток направляющих аппаратов стали аэродинамически более совершенными; радиальные колеса были заменены радиально-осевыми закрытыми. В результате эффективность современных турбодетандеров низкого давления составляет 0,82 – 0,85.