

обеспечивающей торцевой зазор на выходе из колеса. Предполагается, что при длительной наработке и нерасчетных режимах работы, износ может увеличиться, что в свою очередь приведет к снижению эффективности центробежной ступени и всего компрессора в целом. Поэтому в составе ГТД планируется использование ОЦК с центробежным колесом закрытого типа.

4. Выводы

1 Проведенные экспериментальные исследования осецентрированного одиннадцатиступенчатого компрессора с открытым центробежным колесом подтвердили заявленные параметры и характеристики.

2 Для оптимизации потерь полного давления в лопаточном диффузоре необходимо повышения диаметра на выходе из элемента и перепрофилирование как первого, так и второго ряда лопаточного диффузора.

3 Для обеспечения длительной работы компрессора в составе двигателя без ухудшения проектных параметров предлагается использование ОЦК с центробежным колесом закрытого типа.

Розглянуті організаційні й технічні можливості по проектуванню, виготовленні й відпрацюванню турбоагрегатів як загальнопромислового, так і спеціального призначення. Показані особливості технічної й кадрової політики, а також політики в області маркетингу в умовах ринкової економіки

Ключові слова: підприємство, насос, турбіна, агрегат, рідинний ракетний двигун

Рассмотрены организационные и технические возможности по проектированию, изготовлению и отработке турбоагрегатов как общепромышленного, так и специального назначения. Показаны особенности технической и кадровой политики, а также политики в области маркетинга в условиях рыночной экономики

Ключевые слова: предприятие, насос, турбина, агрегат, жидкостный ракетный двигатель

It reviews its organisational and technic abilities in design, production and testing of turboagregates both of industrial and special designation. Policies in technic and marketing, in a terms of market economics are also characterised

Key words: factory, pump, turbine, aggregate, liquid rocket engine

Предприятие «Турбонасос» было образовано на базе конструкторского отдела, который занимался проектированием турбонасосных агрегатов жидкостных ракетных двигателей в «Конструкторском бюро химавтоматики» в 1992 г. для разработки и изготовления современного высокотехнологичного промышленного оборудования.

Сегодня ФГУП «Турбонасос» – динамично развивающееся научно-производственное предприятие,

Литература

1. Бойко А.В., Говорущенко Ю.Н., Ершов С.В., Русанов А.В., Северин С.Д. Аэродинамический расчет и оптимальное проектирование проточной части турбомашин. – Харьков, НТУ «ХПИ», 2002.
2. Зангер. Использование методов оптимизации при проектировании компрессоров с управляемой локальной диффузорностью межлопаточных каналов. Тр. америк. общ. инж.-мех. Сер.: Энергетические машины и установки. – 1983. -№2. с. 14-21.
3. Исследование компрессорных решеток с управляемой формой средней линии профиля. В.С. Бекнев, С.Е. Василенко, М.Ю.Сорокалетов, Р.З. Тумашев, М.А. Шаровский. Теплоэнергетика. – 1997.- №4. – с.38-42.
4. Василенко С.Е., Огнев В.В., Тумашев Р.З. Влияние формы средней линии профилей на потери в концевых областях прямых компрессорных решеток. – Изв. вузов. Машиностроение, №2. – 1987.-с. 76-79.
5. Налимов В.В. Теория эксперимента. М.:Наука, 1971, 207с.

УДК 62-50

ФГУП ТУРБОНАСОС – 20 ЛЕТ НА РЫНКЕ ТУРБОАГРЕГАТОВ

С.Г. Валюхов

Доктор технических наук, профессор
Воронежский Государственный Технический Университет
пр. Московский, 14, г. Воронеж, Россия, 394024

С.В. Ярославцев

Кандидат технических наук, доцент, начальник отдела*

О.Н. Бутузов

начальник отдела*
*ФГУП «Турбонасос»
ул. Острогожская, 107, г. Воронеж, Россия, 394052
Контактный тел.: (0732) 72-76-07
E-mail: info@turbonasos.ru

- спецтехники (турбонасосные агрегаты жидкостных ракетных двигателей, электронасосные агрегаты);
- турбин, турбонасосных агрегатов, турбокомпрессоров и турбодетандеров для систем и установок гражданского назначения;
- центробежных электронасосных агрегатов для перекачивания нефти и нефтепродуктов, агрессивных и абразивных сред;
- винтовых электронасосных агрегатов для перекачивания многофазных сред;
- автоматизированных модульных насосных станций для перекачивания многофазных сред,
- автоматизированных систем гидроциклонной классификации рудных суспензий;
- автоматизированных насосных станций на базе нефтяных, химических и шламовых электронасосных агрегатов;
- гидроциклонов;
- газовых эжекторов;
- запорно-регулирующей арматуры;
- озонаторных установок и других изделий.

Стратегическими партнерами «Турбонасос» являются такие ведущие отечественные компании, как ОАО «ГМК «Норильский никель», ОАО «Стойленский ГОК», ОАО «Лебединский ГОК», ОАО «АК «Транснефть», ОАО «Роснефть-Сахалинморнефтегаз», ОАО «Лукойл-Пермь», ООО «Севергазпром», ООО «Сургутгазпром», ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат», ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат», ОАО «Кирово-Чепецкий химический комбинат» и др.

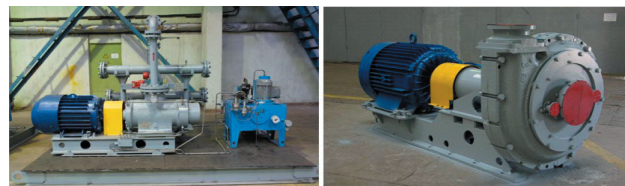
Сегодня «Турбонасос» разрабатывает комплексные программы замены выходящего из строя импортного и устаревшего отечественного оборудования на химических, металлургических, горно-обогатительных и других российских предприятиях.

Продукция «Турбонасос» завоевала авторитет не только на российском, но и на рынках стран СНГ, успешно конкурируя с продукцией самых известных зарубежных производителей насосного оборудования. Химические и нефтяные электронасосные агрегаты находят спрос в Узбекистане – на Навоийском ГМК, в Казахстане – на ОАО «Соколовско-Сорбайское ГПО» и ОАО «Казцинк», в Украине – на ОАО «Мариупольский металлургический комбинат имени Ильича», в Туркмении – на ГК «Туркменнефть».

Химические электронасосные агрегаты типа ХГН и ХВН (рис. 1,а), разработанные взамен продукции немецких фирм «Friatec-Rheinhutte» и «KSB», переносные герметичные шламовые электронасосные агрегаты типа ППН, разработанные взамен продукции шведской фирмы «ITT-Flygt», нефтяные вертикальные электронасосные агрегаты типа НВН разработанные взамен продукции австрийской фирмы «Worthington» таких ведущих мировых производителей, как «Friatec-Rheinhutte» и «KSB», не уступали по техническим и эксплуатационным характеристикам, а также качеству иностранным аналогам.

В последствии «Турбонасос» уверено заявил о себе также как разработчик и производитель автоматизированных насосных станций и систем для нефтедобывающих компаний, металлургических и горно-обогатительных комбинатов на базе различных насосов и других изделий собственной разработки. Например, на базе многофазных электронасосных агрегатов типа

МВН разработаны и изготавливаются модульные автоматизированные многофазные насосные станции производительностью от 60 до 500 м³/ч, взамен многофазных станций немецких фирм «Leistrits» и «Bornemann».



а б
Рис. 1. Электронасосы: винтовой для автоматизированной многофазной насосной станции (а); шламовый агрегат ПГН1000/45 (б)

В последствии «Турбонасос» уверено заявил о себе также как разработчик и производитель автоматизированных насосных станций и систем для нефтедобывающих компаний, металлургических и горно-обогатительных комбинатов на базе различных насосов и других изделий собственной разработки. Например, на базе многофазных электронасосных агрегатов типа МВН разработаны и изготавливаются модульные автоматизированные многофазные насосные станции производительностью от 60 до 500 м³/ч, взамен многофазных станций немецких фирм «Leistrits» и «Bornemann».

На базе шламовых электронасосных агрегатов типа ПГН и гидроциклонов типа ГЦ разработаны и серийно изготавливаются автоматизированные системы гидроциклонной классификации суспензий руд черных и цветных металлов производительностью от 50 до 2000 м³/ч (рис. 1,б) взамен насос-гидроциклонных установок немецкой фирмы «Engineering Dobersek».

На базе высоконапорного шламового насоса ПГН800/200 разработаны и изготавливаются автоматизированные насосные станции для перекачивания отходов обогащения и гидрометаллургического передела взамен станций на базе электронасосных агрегатов немецкой фирмы «Humboldt Wedag».

По заказам ведущих российских предприятий, разработана новая современная конкурентоспособная продукция, такая как высокооборотные турбонасосные агрегаты перекачивая питательной воды для нефтеперерабатывающих предприятий, газовые эжекторы и запорно-регулирующие клапаны (газоплотные шиберы).

Автоматизированные энергетические установки на базе турбонасосных и турбокомпрессорных агрегатов предназначены для перекачивания питательной воды паровых котлов, горячих нефтепродуктов и других сред. Производительность от 100 до 200 м³/час и напор от 500 до 700 м, мощность от 300 до 600 кВт.

Питательный турбонасосный агрегат (ТНА) может быть выполнен с приводом от трёхступенчатой или одноступенчатой паровой турбины (рис. 2). Приёмо-сдаточные испытания у заказчика подтвердили необходимость создания компактных агрегатов на заявленные параметры с высокой надёжностью и длительным ресурсом при эксплуатации.

ТНА разрабатывались взамен существующих многоступенчатых электронасосов массой несколько тонн. Они имеют габариты в 5...6 раз и массу в 30 раз меньшие, чем электронасосы аналогичной производительности.

Вместо 10...20 ступеней имеют одну ступень насоса. Более надёжны (полное отсутствие утечек), обеспечивают регулируемый запуск и стабилизацию параметров за счёт использования оригинальной системы автоматического управления и контроля собственной разработки.

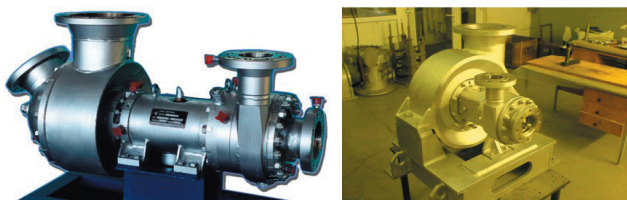


Рис. 2. Автоматизированные энергетические установки на базе турбонасосного агрегата с трехступенчатой (а) и одноступенчатой (б) турбинами

Предприятием разработан и изготовлен опытный образец турбокомпрессорного агрегата (ТКА) на электромагнитных опорах, не имеющий аналогов в мире (рис. 3).



Рис. 3. Турбокомпрессорный агрегат на электромагнитных опорах

ТКА входит в состав опытной установки синтез-газа и выполняет функцию поддержания требуемого расхода и давления воздуха перед генератором синтез-газа. Одноступенчатый компрессор обеспечивает давление 25..27 МПа на номинальном режиме при расходе воздуха 9200..9720 кг/час, а также имеет возможность форсирования по давлению до 28 МПа за счёт использования ленты перепуска. Рабочее тело одноступенчатой газовой турбины – отработанный синтез-газ. Изменение производительности компрессора осуществляется регулированием оборотов по алгоритмам САУК.

Большим практическим достижением «Турбонасос» явилось создание турбонасосного агрегата для нового жидкостного ракетного двигателя РД-0124 третьей ступени современной ракеты-носителя среднего класса «Союз-2».

Для двигателя РД-0124 был разработан новый турбонасосный агрегат, предназначенный для подачи керосина и жидкого кислорода в газогенератор и камеру двигателя (рис. 4).

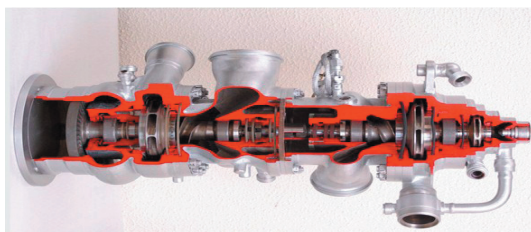


Рис. 4. Турбонасосный агрегат жидкостного ракетного двигателя РД-0124

Он состоит из насосов окислителя и горючего, скомпонованного в одном блоке с турбиной. В обоих насосах ТНА имеется автоматическое устройство для разгрузки ротора от осевых сил. Для предотвращения контакта компонентов, насосы разделены промежуточной полостью и системой уплотнений по валу с основным и промежуточным дренажом.

В конце декабря 2006 г. ракетой-носителем «Союз-2.1б» был успешно выведен на орбиту французский спутник «Corott», где в составе двигателя третьей ступени 14Д23 (РД-0124) успешно отработал турбонасосный агрегат, изготовленный «Турбонасос».

Кроме того, в «Турбонасос» был создан турбонасосный агрегат подачи жидкого водорода для нового кислородно-водородного жидкостного ракетного двигателя РД-146.

Насос водорода скомпонован с турбиной в одном узле. Рабочим телом турбины является газообразный водород. Для обеспечения высоких энергетических параметров двигателя впервые в практике ФГУП «Конструкторское бюро химавтоматики» была выбрана схема с отдельными турбонасосными агрегатами. При этом для обеспечения повышенного КПД турбонасоса горючего, уменьшения его габаритов и массы выбрана высокая скорость вращения ротора (130000 об/мин).

В рамках международных космических программ ФГУП «Турбонасос» разработал по контракту с «China Aerospace Science & Technological Institute» (Китай) высокооборотную турбину (скорость вращения 90000 об/мин) для турбонасосного агрегата перспективного жидкостного ракетного двигателя (рис. 5,а), а также по контракту с «Volvo Aero Corporation» (Швеция) – турбину (скорость вращения 30000 об/мин) для турбонасосного агрегата модернизированного кислородно-водородного жидкостного ракетного двигателя по теме «Вулкан» для европейской ракеты-носителя «Ариан-5» (рис. 5,б).

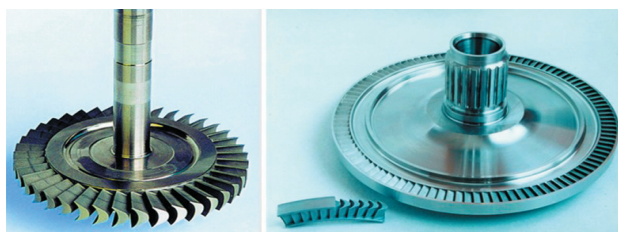


Рис. 5. Внешний вид турбин ТНА

Начиная с 2001 г. каждый нечётный год ФГУП «Турбонасос» проводит международные научно-технические конференции «Разработка, производство и эксплуатация турбо-, электронасосных агрегатов и систем на их основе».

В рамках конференции проводятся межотраслевые международные форумы «Предприятия Роскосмоса – базовым отрасли промышленности» и семинар «Энергосбережение и экология».

В работе конференции «СИНТ» принимают участие руководители и специалисты более 60 предприятий и организаций из России и стран СНГ.

Кроме того, в конференции приняли участие представители крупных фирм из дальнего зарубежья, таких как «Flowsolve» (США), «Intertech» (США) и «Metso minerals» (Швеция).

Сегодня важнейшей задачей предприятия является подготовка нового поколения конструкторов, инженеров, технологов и других технических специалистов. Учитывая потребности рынка труда в высококвалифицированных инженерно-технических кадрах, в 2003 г в ВГТУ была организована кафедра «Нефтегазовое оборудование и транспортировка».

В число сотрудников кафедры входят руководители и ведущие специалисты ФГУП «Турбонасос», обладающие практическим опытом создания оборудования для нефтегазовой отрасли и имеющие ученые степени, полученные при решении конкретных технических проблем.

Одной из задач профессиональной подготовки персонала ФГУП «Турбонасос» является непрерывная подготовка и переподготовка кадров с целью сохранения накопленного предприятием опыта и знаний, на-

учно-технического и интеллектуального потенциала. Основной составляющей этой задачи является подготовка кадрового резерва.

На ФГУП «Турбонасос» действует «Программа работы с молодыми специалистами», направленная на привлечение и закрепление молодых специалистов на предприятии, их становление в профессиональной деятельности.

Мы строим новое предприятие, мобильное, лучшее в своем деле. Обладая высоким научно-производственным потенциалом и многолетним опытом работы «Турбонасос» с оптимизмом смотрит в завтрашний день и специалистам предприятия по плечу решение любых, самых сложных задач, связанных с разработкой и изготовлением современного высокотехнологичного промышленного оборудования.

УДК 532.5.013.12

СОПРОТИВЛЕНИЕ И ТЕПЛООБМЕН КРЕСТООБРАЗНЫХ ВСТАВОК В ТРУБЕ

А. А. Халатов

Доктор технических наук, профессор, заведующий отделом*
Контактный тел.: (044) 456-93-02
E-mail: khalatov@vortex.org.ua

И. И. Борисов

Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник*
E-mail: borisov@vortex.org.ua

В. Н. Онищенко

Кандидат технических наук, научный сотрудник*
E-mail: vitaliy@vortex.org.ua

Т. В. Доник

Инженер 2 категории*

*Отдел высокотемпературной термогазодинамики
Института технической теплофизики НАН Украины
ул. Желябова, 2-а, г. Киев, Украина, 23057
Контактный тел.: (044) 453-28-53

Досліджений вплив розрізної хрестоподібної вставки на теплообмін та гідравлічний опір в трубі. Показано, що із збільшенням зазору відбувається зменшення гідравлічного опору всередині труби. Застосування вставки з гладкою поверхнею збільшує коефіцієнт тепловіддачі в порівнянні з гладкою трубою на 50% при $Re_D = 63000$, і на 35% при $Re_D = 110000$

Ключові слова: хрестоподібна вставка, теплообмін, гідравлічний опір

Исследовано влияние разрезной крестообразной вставки на гидравлическое сопротивление и теплообмен в трубе. Показано, что с увеличением зазора происходит уменьшение гидравлического сопротивления. Применение вставки с гладкой поверхностью увеличивает коэффициент теплоотдачи по сравнению с гладкой трубой на 50% при $Re_D = 63000$, и на 35% при $Re_D = 110000$

Ключевые слова: крестообразная вставка, теплообмен, гидравлическое сопротивление

The influence of divided cruciform insert on the hydraulic resistance and heat transfer in a round tube is studied. As shown, increase in a gap between tube and insert leads to reduction in the hydraulic resistance. Application of smooth insert increases the heat transfer coefficient up to 50% at Re_D of 63000, and up to 35% at Re_D of 110000 compared to a smooth tube data

Keywords: cruciform insertion, heat transfer, hydraulic resistance

Введение

Проблема интенсификации теплообмена в трубах круглого поперечного сечения продолжает привлекать внимание исследователей в связи с разработкой новых энергетических установок, интенсивных технологических аппаратов, промышленных теплообменников, рекуператоров теплоты, химических реакторов. Для внутренней интенсификации теплообмена широко ис-

пользуются шнеки и скрученные ленты, аксиально-лопаточные завихрители, продольная и поперечная накатка трубы, углубления различной формы, турбулизация потока, оребрение поверхности. Особый интерес представляет интенсификация теплообмена за счет установки в трубе сменных крестообразных вставок, которые технологичны в изготовлении и просты в использовании.

В настоящее время в литературе имеются ограниченные данные по теплообмену и гидравлическому со-