ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГАЗА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ, ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ, СМЕННЫХ ПРОТОЧНЫХ ЧАСТЕЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ

Очилов Абдурахим Абдурасулович

(PhD), доцент. докторант Бухарского государственного технического университета, Узбекистан, г. Бухара E-mail: ochilov82@mail.ru

Умаров Алихан Ахмадович

Соискатель. Бухарского государственного технического университета Узбекистан, г. Бухара

Аннотация. В данной статье представлены методы повышения эффективности газотурбинных установок и технологических процессов за счет замены проточной части ГТУ более высокий по КПД, используемой при добыче газа на месторождения а также в процессах транспортировки по магистральным трубопроводам. При этом за счет снижения нагрузок на используемые газотурбинные установки увеличен ресурс работы и снижен расход топлива.

Ключевые слова: Центробежный компрессор, сменные проточные части, газотурбинный агрегат, газотранспортная система, стандартные проточные части, эффективность

Annotation. This article presents methods for increasing the efficiency of gas turbine units and technological processes by replacing the flow path of the GTU with a higher efficiency one used in gas production at fields as well as in transportation processes through main pipelines. At the same time, due to the reduction of loads on the used gas turbine units, the service life has been increased and fuel consumption has been reduced.

Keywords: Centrifugal compressor, replaceable flow paths, gas turbine unit, gas transportation system, standard flow paths, efficiency

Annotatsiya. Ushbu maqolada gaz turbinasi qurilmalari va texnologik jarayonlarning samaradorligini oshirish usullari, gaz turbinasining oqim qismini almashtirish orqali, konlarda gaz qazib olishda, shuningdek magistral quvurlar orqali tashish jarayonlarida ishlatiladigan yuqori samaradorlikka ega. Shu bilan birga, ishlatilgan gaz turbinasi zavodlariga yuklarning kamayishi tufayli ish resurslari ko'paytirildi va yoqilg'i sarfi kamaytirildi.

Kalit so‘zlar: santrifuj kompressor, almashtiriladigan oqim qismlari, gaz turbinasi birligi, gaz uzatish tizimi, standart oqim qismlari, samaradorlik

Введения

ISSN 3030-3907

Нефтегазовая отрасль является одной из составляющих экономики Узбекистана. Программы развития включают увеличение добычи газа для внутреннего рынка и экспорта. В настоящее время многие газовые месторождения находятся на завершающей стадии освоения и разработки. На этом этапе происходит снижение пластового давления, что в свою очередь создает проблему компримирования газа до необходимого давления и подачи его в магистральный газопровод.

Эффективность процесса сжатия газа в компрессоре определяется политропным коэффициентом полезного действия (КПД), который описывает, какая часть мощности, подводимой к компрессору, преобразуется в полезную работу сжатия.

Следует отметить, что в 1970-1990-х годах для достижения максимальной эффективности при проектировании центробежных компрессоров производители устанавливали оребренный выходной диффузор, положительные качества которого проявлялись лишь в узком диапазоне, близком к номинальным и рабочим (расчетным) режимам работы центробежного компрессора. Например, КПД центробежного компрессора с пароraспределителем (ПД) при работе на номинальном режиме может составлять 84-85%, но при снижении степени сжатия в центробежных компрессорах с 1,44 до 1,35 КПД снижается до 79-80%. Работа центробежного компрессора с пониженным КПД приводит к увеличению расхода топливного газа на единицу политропной работы сжатия и, как следствие, к увеличению числа работающих агрегатов. Показаны факторы, влияющие на рост затрат на собственные нужды на показатели эффективности транспортировки газа.

На основе анализа собственных статистических данных и совместных исследований было разработано комплексная программа замены типовых проточных частей компрессоров СПЧ-16/76-1,44 на СПЧ-16/76-1,35 для повышения эффективности оптимизации параметров ГПА и режимов работы компрессоров.

Указанной программой ¬144 ГПА-М-16 предусмотрена первоочередность последовательной замены СПЧ 16/76-1,44 на СПЧ 16/76-1,35 в годовом цикле с учетом уровня загрузки компрессорных цехов.

ISSN 3030-3907

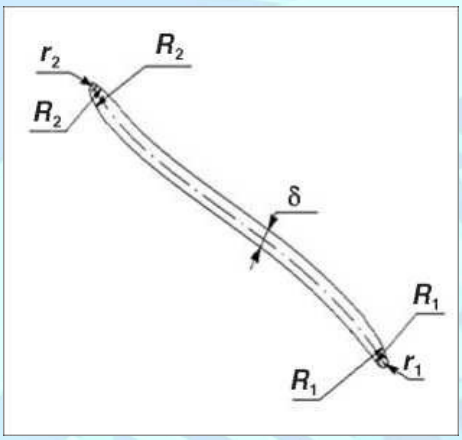


Рис. 1. Радиальное сечение лопаток: R_1 - радиус кривизны лопаток на входе; R_2 - радиус кривизны параклета на выходе; r_1 - радиус вылета частиц на входе; r_2- радиус закругления парапетов при входе; δ – толщина листа



Рис. 2. Поперечное сечение без лопаточного диффузора

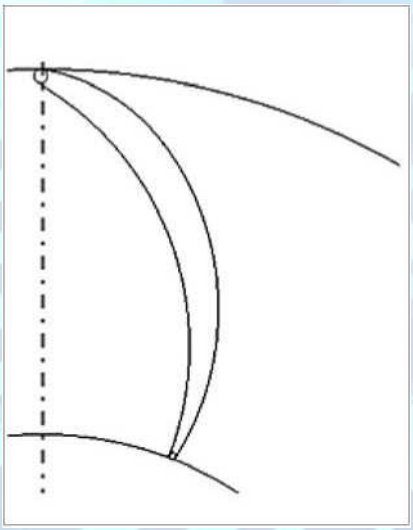


Рис. 3. 1-й ряд лопаток. Профиль ONA

ISSN 3030-3907

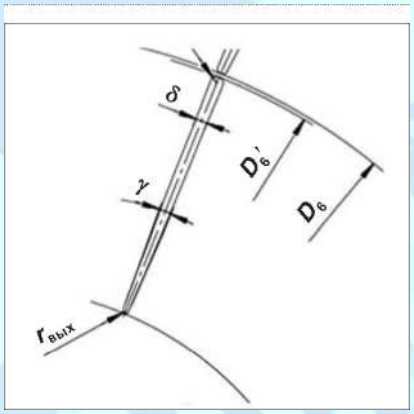


Рис. 4. Профиль 2-го ряда лопаток: D_6 - диаметр выхода из первого яруса; D_6' - диаметр входа из второго яруса; $Г_{вых}$ - радиус округления частиц на выходе; γ - угол заточки лезвий на выходе; δ - толщина листов

На предприятии накоплен опыт замены и эксплуатации центробежнқх агрегатов НЦ-16/76 с номинальной степенью сжатия 1,35 различных производителей. Данный СПЧ был установлен в ГПА как во время реконструкции, так и во время капитального ремонта ГПА.

Проведенные за последние годы усовершенствования методов проектирования и технологии изготовления центробежных компрессоров СПЧ позволили достичь нового уровня газодинамического совершенства конструкций и соответственно политропного КПД (не менее 87%), а также обеспечить равномерную характеристику КПД компрессора, в том числе за счет отказа от ЦД."

Для реализации поставленных задач разработаны и направлены потенциальным заказчикам технические требования на разработку и изготовление АОХ центробежных компрессоров ЦН-16/76, оптимизированных для транспортировки газа низкого давления со степенью повышения давления 1,35 и политропным КПД 87%.

Первая партия СПЧ была реализована в версии колес, приводимых в движение цилиндрическими параболами (P^2D). При этом для достижения наибольшей эффективности и стабильных газодинамических характеристик в проект были включены следующие газодинамические решения, являющиеся отличительной особенностью данного проекта:

Профиль лопаток рабочего колеса спроектирован таким образом, чтобы оптимизировать нагрузку по всей их длине. Пример радиального сечения таких лопаток показан на рисунке 1;

- Использован безлопаточный диффузор (ЦД) оптимальной длины с соотношением D4/D2 = 1,6 (рисунок 2);
- Использован безлопаточный диффузор (ЦД) оптимальной длины с

ISSN 3030-3907

соотношением D4/D2 = 1,6 (рисунок 2);

АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам стендовых испытаний СПЧ показала соответствие заявленных параметров требованиям технических условий, что подтверждено заключением (рис. 7).

Поставленные образцы СПЧ были установлены в корпусе ЦН-16/76 в составе агрегатов ГПА-Ц-16 и введены в эксплуатацию. В ходе проведения монтажных и пусконаладочных работ положительно решены проблемы, связанные с повышенной вибрацией ротора, повышенной течью трубок центробежного компрессора и конденсатоотводчика. Выявлены и устранены ряд конструктивных и технологических недостатков агрегатов СПЧ, в том числе новейших уплотнительных устройств. По состоянию на начало февраля 2017 года в СПЧ действуют следующие часы работы: ГПА Art. № 51 - 331 час; № 52 - 78 часов; № 54 - 4442 часа; № 61 - 1722 часа; № 62 - 1610 часов; № 64 - 1085 часов.

В таблице приведены основные параметры СПЧ ЦК-16/76-1,35 по данным испытаний ГПА (рис. 8) в сравнении со штатным СПЧ ЦН-16/76-1,44 (модификации 2, газодинамические характеристики приведены на рис. 1). Приведенные в таблице данные с политропными значениями КПД в рабочих режимах (РТ1, РТ2, РТ3) подтверждают это.

Экономическая целесообразность замены СПЧ. Этот параметр считается особенно надежным по сравнению со стандартной версией, которая рассчитана на номинальную скорость вращения 5300 об/мин. ¬В некоторых режимах разница в КПД достигает 7,5%, а в потребляемой мощности — до 1,6 МВт.

Другой вариант штатного компрессора (модификация 1 с номинальной частотой вращения 4900 об/мин) показывает большую эффективность по политропному КПД, однако из-за низкого значения номинальной частоты вращения применение этого КПД приводит к снижению относительного КПД двигателя НК-16СТ, наименьшее значение которого достигает абсолютной величины 92,5%.

ISSN 3030-3907

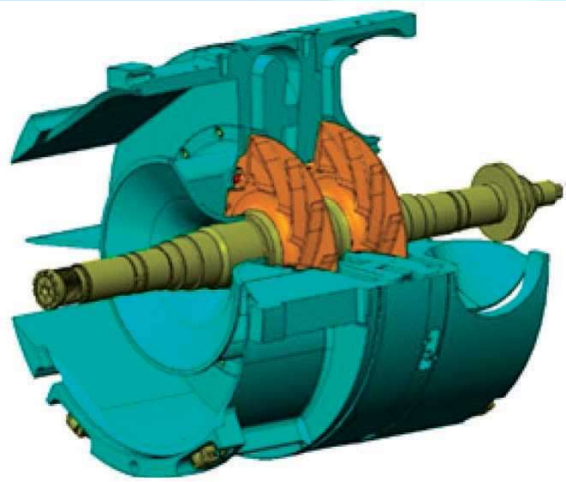


Рис. 5. Сменная проточная часть СПЧ ЦН-16/76-1.35



Рис. 6. Сборка СПЧ ЦН-16/76
1,35 на производственном комплексе

В настоящее время по газодинамическому проекту, выпущена конструкторская документация на второй вариант СПЧ с радиальными рабочими колесами с пространственно-профилированными лопатками.

Конструкция СПЧ в корпусе ЦН-16/76-1,44 с аксиально-радиальными рабочими колесами (ОРРК) представлена на рисунке 11.

Газодинамические расчеты проводились в рамках проектирования СПЧ с ЦН

Целью газодинамического расчетного теста было определение его эффективности и разработка методики расчета ЦН с использованием программного комплекса ANSYS. CFX (Визуализация потока газа в рабочем колесе первой ступени показана на рисунке 12).

На основании анализа результатов численных исследований на номинальном режиме работы в программном комплексе ANSYS сделан вывод о плавном характере распределения скорости и угла потока по длине

ISSN 3030-3907

лопаток, что согласуется с безотрывным характером течения и подтверждает высокую эффективность рабочего колеса.

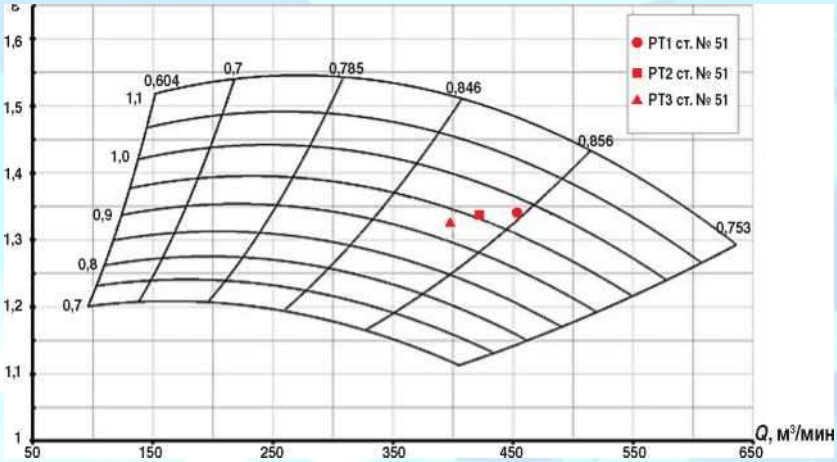


Рисунок. 7. Сопоставление газодинамических свойств СПЧ-16/76-1,35, полученных по результатам испытаний, с требованиями технических условий ТЗ ИАГ.002.НЦ-16/76-14.

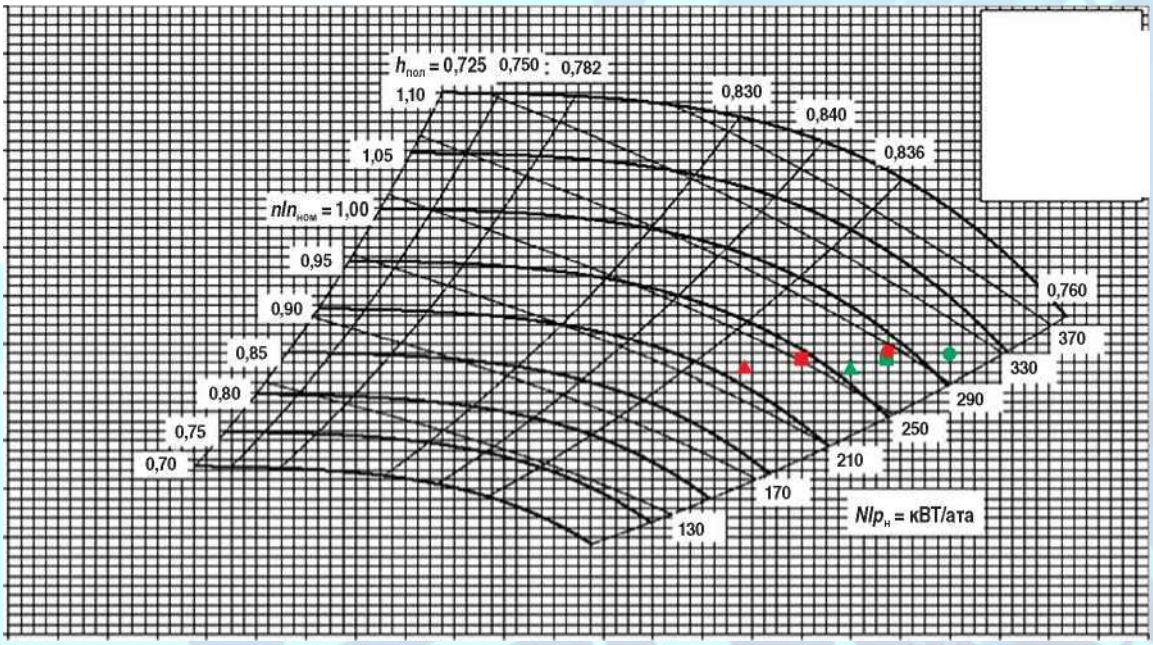


Рисунок. 8. Газодинамические характеристики СПЧ-16/76-1,35 ГСГ ст.ли ЦН-16/76. Выпуск 51 (1 февраля 2017 г.).

Расчетные значения: коэффициент сжатия Z = 0,893; газовая постоянная R = 509,8 Дж/кг-К); температура газа на входе T n = 288,15 К; номинальная скорость n ном = 5300 об/мин

Расчетные значения: коэффициент сятия Z = 0,893; газовая постоянная R = 509,8 Дж/кг-К); температура газа и выхлопных газов T n = 288,15 К; номинальная скорость n имя = 5300 об/мин.

Модель SD экспериментальной фазы с ЦН показана на рисунке 13..

Третий вариант – проектная документация, разработанная для дополнительного альтернативного варианта. Двухступенчатый ЦН с

ISSN 3030-3907

рабочими колесами с цилиндрическими рабочими колесами (РК^) по газодинамическому проекту.

Четвертый разработанный вариант – 3-х этапная конструкция СПЧ (рисунок 14), по результатам расчетных исследований, позволяет получить наибольший эффект от использования НЦ. В этом варианте может быть достигнута политропная эффективность не менее 88%.

Данная версия СПЧ требует более глубокой модернизации компрессора, включая замену крышек и корпусов подшипников.

Также по предложению разработан проект центробежного компрессора для пилотного проекта с ГПА-32 ГТУ-32П, который планируется реализовать в рамках реконструкции КЦ-7 на КС «Таезная». Целью работы была оценка возможных вариантов создания одноступенчатого центробежного компрессора с конструкцией, имеющей нагнетательный газоподвод и политропный КПД не менее 90% (рисунок 15).

Он был выбран на основании данных, приведенных в [1], где представлены результаты модельных испытаний ступени для компрессора мощностью 32 МВт и частотой вращения ротора 5500 об/мин.

По результатам данного исследования установлено, что разработка одноступенчатого СПЧ с считывающим портом может быть перспективной для модернизации существующих компрессоров типа ЦН-16/76 и других, однако эксплуатация ГПА потребует увеличения частоты вращения силовой турбины.

Примером такого решения является компрессор STC-SV (12-3-P) компании Siemens. - MAN установлен в составе газотурбинной установки с приводом ГТУ-16П на компрессорной станции «Волховская» газопровода «Северный поток» с номинальной частотой вращения 5300 об/мин. Результаты газодинамических испытаний данного компрессора подтвердили его политропный КПД на уровне 87%.

Для расчета показателей эффективности проекта замены был рассчитан положительный денежный поток, который мог бы быть получен за счет экономии топливного газа, используемого для собственных нужд ГПУ.

ВЫВОДЫ

• Эксплуатация СПЧ16/76-1,35 в режимах с политропным КПД 85-86%;

Повышение КПД газоперекачивающего агрегата 16/76-1,35 на 5% по сравнению со стандартным газоперекачивающим агрегатом, что обеспечивает экономию топливного газа 314 нм3 в час (на один газопоршневой агрегат);

ISSN 3030-3907

• Повышение эффективности СПЧ 16/76-1.35 в среднем на 7%, что соответствует экономии топлива 439 НМ3/час на GHU;

• годовая наработка каждого установленного СПК – не менее 6000 часов.

Общая экономия топливного газа при замене каждого стандартного пути потока на СПЧ 16/76-1.35 составляет 12% или 753 НМ3/час.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ш.М.Мирзиёев. «О мерах по реализации инвестиционной программы Республики Узбекистан на 2020-2022 годы» Национальная база данных законодательных документов, Постановление № 07/20/4563/0034 от 10.01.2020 г.

2. Ш.М. Мирзиёев Верховенство закона и обеспечение интересов человека являются залогом развития страны и благополучия народа. Выступление на торжественном собрании, посвященном 24-й годовщине принятия Конституции Республики Узбекистан, 7 декабря 2016 года. — Т.: Национальный институт математики «Узбекистан», 2016. — 48 с.

3. Ш.М. Мирзиёев Мы построим наше великое будущее вместе с нашим храбрым и благородным народом. - Т.: Национальный университет «Узбекистан», 2017.-488б

4. Указ № ПФ4947 О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан. - Т.: 7 февраля 2017 г.,

5. Ёрматов Г.Ё., Исамухамедов Ё.О. У. Охрана труда. Учебник, Ташкент, Узбекистан, 2002.

6. Б.Ш.Акрамов, О.Г.Хаитов Сбор и подготовка нефтегазовых продуктов. Учебник. - Т.: «Илм-Зиё» 2003

7. Т.Р. Юлдошев, Н.Q. Эшкабилов Машины и механизмы нефтяных и газовых промыслов. Учебник, Кашкадарьинское областное государственное СМИ -2015, 328 стр.

8. Н.Н. Махмудов, Т.Р. Юлдашев, Б.С. Акрамов, М.А. Турсунов Технология добычи нефти и газа на месторождениях. Учебник. Ташкент. Издательство «Наука и техника»-2015/308 стр.

9. Галеркин Ю.Б., Рекстин А.Ф., Солдатова К.В., Дроздов А.А. Высокоэффективный одноступенчатый полнонапорный компрессор ГХА (газодинамическая конструкция, результаты модельных испытаний) // Компрессорная техника и пневматика. 2014. № 8. С. 19-24.

10. Умаров А.А. Технологическое оборудования для проведения аварийных, ремонтных и монтажных работ на трубопроводах, без снижения рабочего давления и прекрашения снабжения потребителей. Республиканская научно-

ISSN 3030-3907

практическая конференция «Актуальные проблемы промышленной инженерии» Ташкент- 2021, с. 384-385.
11. Умаров А.А., Шаропов Ф.Ф. Компрессорные станции и их газоприводные агрегаты. Сборник тезисов научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников, магистрантов и студентов, посвященной «Году чествования человеческого достоинства и активного добрососедства». Бухара – 27-28 мая 2022 г. 40 с.
12. Умаров А.А., «Техника и экономика» Социально-экономический, инновационный технический, научно-практический журнал науки и образования

ISSN 3030-3907