



УДК 621.515

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАГНЕТАТЕЛЯ COOPER ТИПА RF-2BB-30

### COOPER RF-2BB-30 CENTRIFUGAL COMPRESSOR MODERNIZATION

**Тамазлыкар Роман Олегович**, магистрант каф. «Турбины и двигатели», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: renbowseven@gmail.com. Тел.: +79826177532

**Недошивина Татьяна Анатольевна**, канд. техн. наук, доцент каф. «Турбины и двигатели», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: tansha2000@mail.ru. Тел.: +79501912634

**Roman O. Tamazlykar**, Master student, Department «Turbines and engines», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Russia, 620002, Yekaterinburg, Mira St., 19. E-mail: renbowseven@gmail.com. Ph.: +79826177532

**Tatyana A. Nedoshivina**, Dr., Assoc. Prof. Department «Turbines and engines», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Russia, 620002, Yekaterinburg, Mira St., 19. E-mail: tansha2000@mail.ru. Ph.: +79501912634

**Аннотация:** В работе рассматриваются варианты модернизации нагнетателя Cooper типа RF-2BB-30, который располагается на КС Оренбургская, и оценивается целесообразность применения данных мер с точки зрения затрат.

**Abstract:** The Cooper RF-2BB-30 centrifugal compressor, which is placed in Orenburg Compressor Station, modernization ways are considered in the paper and the measures advisability is evaluated in respect to costs.

**Ключевые слова:** центробежный нагнетатель; проточная часть; магнитные подшипники; сухие уплотнения; компрессорная станция; природный газ.

**Keywords:** centrifugal compressor; flow channel; magnetic bearings; dry seals; compressor station; natural gas.

#### АКТУАЛЬНОСТЬ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ

Сократить затраты на сжатие природного газа и обслуживание агрегата - в условиях нынешнего экономического кризиса чрезвычайно актуально.

Центробежные нагнетатели (ЦБН) типа RF-2BB-30 располагаются на компрессорной станции (КС) «Оренбургская» ООО «Газпром Трансгаз Екатеринбург» и были введены в действие еще в 80 годах XX века. Приводом данного типа нагнетателей является двухвальная газотурбинная установка ГТК-10И. Из-за истощения местного месторождения давление на входе ЦБН снизилось до 3,9 МПа, что приводит к падению давления и на выходе из нагнетателя: на сегодняшний день давление за ЦБН составляет 5,6 МПа вместо необходимых 7,4 МПа. Также проблемой для данного ГПА является высокое потребление масла.

Проанализировав данные проблемы, было выделено три направления модернизации, в рамках которых можно провести расчетные исследования для повышения эффективности эксплуатации данного ЦБН в составе ГПА.

1. Увеличение давление на выходе из ЦБН до 7,4 МПа. Предполагается, что для решения данного вопроса нужно произвести газодинамический расчет проточной части, увеличив при этом

степень сжатия с 1,42 до 1,87, для обеспечения которой возможно придется добавить в проточную часть третью ступень сжатия.

2. Вместо существующих подшипников скольжения установить магнитный подвес ротора ЦБН. Данное мероприятие позволит полностью исключить затраты на систему маслоснабжения для подшипников скольжения.

3. Установка сухих газовых уплотнений ЦБН. В связи с переводом нагнетателя на магнитный подвес ротора, данное мероприятие является крайне желательным, и замена масляных уплотнений на газовые также позволит исключить затраты на потребление масла

Все эти меры являются целесообразными, так как они позволяют продлить срок службы данного агрегата, что дешевле его утилизации и полной замены. В данном случае полная замена агрегата нецелесообразна, так как месторождение выработается и истощится ещё до того момента, как новый агрегат отработает свой ресурс.

#### ПРОТОЧНАЯ ЧАСТЬ

Модернизация ЦБН в настоящее время применяется достаточно часто. Корпус ЦБН может быть сохранён. Что касается проточной части, то появляется возможность проектировать новые проточные части с высокоэффективными

рабочими колёсами. Примером такой реконструкции является модернизация ЦБН 251-61-1С для ДКС ГП-1,4,8 Медвежьего НГКМ ООО «Газпром добыча Надым» [1].

По мере снижения пластового давления газа и уменьшения дебита газа, существующие ГТД, из-за неполной «загрузки» работают неэффективно. Необходимо либо увеличивать напор в ЦБН повышением степени сжатия, либо увеличить расход. Если повышение степени сжатия ограничено числом рабочих колёс, то по расходу есть возможность использовать осерадиальное рабочее колесо (ОРК) с пространственными лопатками.

Один из первых проектов модернизации ЦБН был осуществлён в 2012 году на ДКС Западно-Такосалинского НГКМ: «РЭП Холдинг» [4] подготовил и поставил сменную проточную часть (СПЧ) с магнитными подвесами (МП) фирмы S2M и СГУ для компрессора 295ГЦ на степень сжатия 2,2. Испытания на месте эксплуатации показали прирост политропного КПД на 5%, что составляет 83%.

Отсюда видно, что проектирование СПЧ становится широко используемой практикой в современной российской энергетике. Данная мера позволяет эффективно стабилизировать режим работы ЦБН и КС в целом.

**СУХИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ УПЛОТНЕНИЯ**  
Основная проблема масляных уплотнений заключается в необходимости обеспечивать расход масла (которое кроме всего прочего может попасть в транспортируемый газ), что является дополнительными расходами, которые можно избежать, заменив их на сухие газодинамические уплотнения (СГДУ).

Использование СГДУ позволяет повысить надёжность и безопасность работы компрессора, минимизировать потери перекачиваемого газа, полностью исключить попадание масла в перекачиваемый газ, увеличить ресурс узла в несколько раз, снизить энергопотребление за счёт насосных систем для циркуляции масла, а также СГДУ имеет малый срок окупаемости.

#### МАГНИТНЫЙ ПОДВЕС

К настоящему времени электромагнитные подшипники для роторных машин перестали быть экзотикой для промышленности, зарекомендовали себя как экономически эффективная, современная и прогрессивная технология, но еще не стали привычным, отработанным продуктом [2]. Система магнитного подвеса СМП (собственно магнитные подшипники МП плюс аппаратура управления ими АМП) представляют собой совокупность разнородных систем - механической части, электромеханической и системы регулирования. Каждая часть влияет на другие, их взаимодействие трудно поддается адекватному

математическому описанию именно из-за разнородности. Расчет и проектирование систем магнитного подвеса - это сложная многопараметрическая задача, при решении которой сложно добиться однозначного оптимума по всем показателям одновременно, когда приоритетом является достижение приемлемого компромисса.

Аппаратура должна работать в режиме «черного ящика» - выполнять все функции по стабилизации ротора на всех режимах и передавать в САУ ГПА полный объем информации о работе СМП. На индикаторе АМП целесообразно отображать только внутреннее состояние аппаратуры.

Первоначально в газодобывающей промышленности в составе ГПА появлялись магнитные подшипники иностранных компаний - мировой лидер в этой области S2M-SKF (Франция). В связи с тенденцией импортозамещения все больше российских компаний ведут исследования в данной области: ОАО «Корпорация ВНИИЭМ», ОАО «ОДК - Газовые турбины», ООО Фирма «Калининградгазприборавтоматика» и другие.

Исследуя опыт других КС с похожими проблемами, удалось выяснить, что, начиная с 2012 года модернизация активно применяется на современных КС. Множество ЦБН были установлены около 20 лет назад и сейчас условия их работы изменились, поэтому целесообразно провести ряд мероприятий по согласованию проточной части и увеличению экономичности работы агрегатов, в частности, за счёт применения МП и СГУ, что полностью исключает затраты на масло.

По данным [4] по всей России установлены 69 ЦБН типа RF-2BV30, которые наработали уже более 200000 часов. С учётом нынешней тенденции предприятий оптимизировать работу КС, можно сделать вывод, что данная работа вполне актуальна и может принести пользу современной энергетике.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арно О. Б., Ефимов А. Н., Лагунов О. В., Кадыров Т.Ф. Особенности работы газоперекачивающих агрегатов ДКС в условиях низкого входного давления. «Газотурбинные технологии», 2015, № 4.
2. Кочетов Д. А., Кравцов Д. В., Кравцова Е. В. Общие принципы построения систем магнитного подвеса для крупных роторных машин. «Газотурбинные технологии», 2015, №4.
3. ТурбоНовости. Газотурбинные технологии, 2015, №4. С.5.
4. Юн В. К., Рейдер А. С., Скорик М. С. Центробежные компрессоры природного газа производства АО «РЭП Холдинг» для дожимных компрессорных станций ПАО «Газпром». Газотурбинные технологии, 2016, №4.