

ГЕРВИКОН
HERVICON

ЭККОН
ЕККОН



6 - 9 сентября 2011, СумГУ, г. Сумы, Украина

XIII Международная научно-техническая конференция "ГЕРВИКОН-2011"
Международный форум "НАСОСЫ-2011"
Семинар "ЭККОН-11"

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАРБАМИДА

Краевский В.Н.¹, Марцинковский В.С.², Кухарев И.Е.³, Судак А.В.⁴

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются варианты модернизации компрессорного оборудования в линиях сжатия углекислого газа на различных производствах карбамида, с целью увеличения выпуска продукции. Приводятся примеры реализованных решений на агрегатах таких производителей как CKD PRAHA, NUOVO PIGNONE, а также перспективные предложения.

Ключевые слова: производство карбамида, модернизация компрессора сжатия CO₂.

Эффективность работы производств карбамида в значительной степени зависит от надежности работы компрессорного оборудования. Снижение себестоимости конечного продукта за счет интенсификации, требует изменения параметров компрессорного оборудования.

Ввод новых производств карбамида с наращиванием мощностей потребовал применения различных решений по компрессорному оборудованию. Поэтому в настоящее время используется широкое

¹ Краевский Владимир Николаевич, гл. механик, ОПЗ, а/я 304, Главпочтамп, 65000, г.Одесса, Украина

² Марцинковский Василий Сигизмундович, к.т.н., директор ООО «ТРИЗ» ул. Машиностроителей, 1, 40020, г. Сумы, Украина

³ Кухарев Игорь Евгеньевич, руководитель проекта, ООО «ТРИЗ», ул. Машиностроителей, 1, 40020, г. Сумы, Украина

⁴ Судак Александр Владимирович, начальник цеха, ОАО «ДнепрАЗОТ», ул. С.Горобца, 1, Днепропетровской обл., 51909, г. Днепродзержинск, Украина

многообразие компрессорного оборудования с различными видами приводов. Общее требование для них обеспечение требуемых параметров и высокая надежность. С надежностью возникают проблемы во всех без исключения компрессорах. Особенно в центробежном оборудовании установленном до 1991 года. Меньше проблем в компрессии комбинированной -центробежной с поршневой и больше в компрессии центробежной на полное давление. Связано это с проявлением циркуляционных сил, которые не были учтены при проектировании. Об этих проблемах и их решениях подробно изложено в многочисленных публикациях и реализовано на многих предприятиях. Для предприятий где эти решения не реализованы они актуальны.

На сегодняшний день очень актуален вопрос каким путем достичь изменение требуемых параметров существующей компрессии с высокой эффективностью и надежностью для наращивания производственной мощности. Ответ один - он индивидуален для каждого производства. Поэтому простора для полета фантазии достаточно. Результатом этой фантазии должно быть комплексное решение обеспечивающее технологический процесс получения карбамида высокого качества с высокой надежностью, эффективностью и минимальными затратами для его достижения. В зависимости от достижения требуемого результата возможны следующие решения:

1) Увеличение производительности карбамида до 120...125% можно достичь модернизацией существующих компрессий с относительно небольшими затратами и окупаемостью менее года. Эту модернизацию необходимо проводить в первую очередь, так как она выполняется за счет использования имеющегося внутреннего резерва и направлена на повышение эффективности ее работы

2) Дальнейшее увеличение производительности карбамида до 200% может решаться:

- модернизацией существующей компрессии с заменой проточных частей корпусов компрессоров межступенчатых сепараторов, холодильников, использование дополнительного корпуса сжатия;

- установкой параллельно существующей дополнительной компрессии;
- заменой существующей компрессии на новую.

3) Исчерпав ресурс увеличения производительности, строят новую очередь производства.

Ниже рассмотрим некоторые из них.

На многих производствах карбамида СНГ используется голландская технология фирмы «Стамикарбон» с проектной мощностью по готовому продукту 1000 т/сутки. В компрессии двуокиси углерода используются центробежный компрессор «Бабетта» поз. К-104 (рис.1) и поршневые дожимающие компрессоры 4ДВК-210-10 поз. К-102А и К-102В (рис. 2) производства «ЧКД Прага». Центробежный компрессор работает постоянно,

а поршневые поочередно, для обеспечения их периодического технического обслуживания.

Задача увеличения выпуска продукции решается путем модернизации основного технологического оборудования и увеличения подачи двуокиси углерода. В настоящее время производительность цехов производства карбамида на различных производствах, работающих с компрессорным оборудованием «ЧКД Прага», составляет 1100...1300 т/час и даже 1400 т/сутки в зимнее время.



Рисунок 1 - Компрессор “Babetta” (производство СКД Прага, поз. К-104)



Рисунок 2 - Компрессор поз. К-102(производство СКД Прага)

Как видно из паспортных данных компрессоров поз. К-104 и поз. К-102, а также из опыта их эксплуатации, агрегаты имеют некоторый запас по мощности приводных электродвигателей, по допустимым значениям давления и температуры сжимаемой среды на входе и выходе из ступеней, по нагрузке на основные элементы базы компрессора. Паспортное значение потребляемой мощности составляет:

- для К-104 - 3,82 МВт при номинальной мощности двигателя 4,8 МВт (запас 25,7%);

- для К-102 - 1,295 МВт при номинальной мощности 1,5 МВт (запас 15,8%).

В зависимости от индивидуальных особенностей конкретных агрегатов, степени износа, имеющихся ресурсов производства, особенностей эксплуатации, может быть достигнута различная степень повышения производительности компрессии. Кроме того, имеются сезонные колебания производительности, связанные с изменением плотности газа на входе в компрессоры.

По результатам анализа данных по производствам карбамида на различных предприятиях для производства 1000 т карбамида в сутки необходим расход двуокси углерода приблизительно 17400 нм³/час, что свидетельствует о том, что запас компрессии по производительности составляет 12,4 %. Следовательно, при номинальной производительности по двуокиси углерода может быть достигнуто производство карбамида 1124 т/сутки (при условии увеличения мощности технологического оборудования).

Увеличение производительности компрессии выше номинальной может быть достигнуто за счет одновременного повышения параметров центробежного и поршневого компрессоров.

Увеличение производительности центробежного компрессора может быть достигнуто за счет реализации следующих мероприятий:

1) Установка лабиринтных уплотнений проточной части (рис. 3). Уплотнения изготавливаются из алюминиевых сплавов. Установка в корпус НД и ВД алюминиевых лабиринтных уплотнений с более эффективной уплотнительной поверхностью позволит снизить перетоки газа по ступеням. Согласно расчетам, уменьшение потерь мощности, связанных с перетоками газа в лабиринтных уплотнениях позволяют повысить производительность на 2,4%. Возможно применение лабиринтных уплотнений из полимерных материалов. Установка таких уплотнений позволит увеличить производительность на 3,7%. Для возможности установки уплотнений в диафрагмах корпуса необходимо выполнить посадочные места.



Рисунок 3 - Лабиринтные уплотнения новой конструкции в корпусе сжатия

2) Установка газоохладителя в линии перепуска газа из задуммисных КНД и КВД на всасывание КНД. Охлаждение перепускаемого газа до 20°C позволит снизить температуру на входе в компрессор на 14...22 °С и за счет этого уменьшить потребляемую мощность компрессора на 20...40 кВт.

3) Изменение схемы соединения задуммисных полостей. Соединение по данной схеме (рис.4) исключает подогрев газа на всасывании КНД газом, поступающим из задуммисных полостей КНД и КВД, что имеет место в штатной схеме. А также уменьшаются потери энергии на повторное сжатие утечек газа из задуммисных полостей КНД и КВД. За счет увеличения эффективности сжатия и повышения КПД компрессорной установки производительность увеличится на 2,8%.

Совместная реализация схемы соединения задуммисных полостей и установка в корпусах НД и ВД алюминиевых уплотнений позволит увеличить производительность на 5,2%. При использовании полимерных уплотнений возможно увеличение производительность на 6,5%.

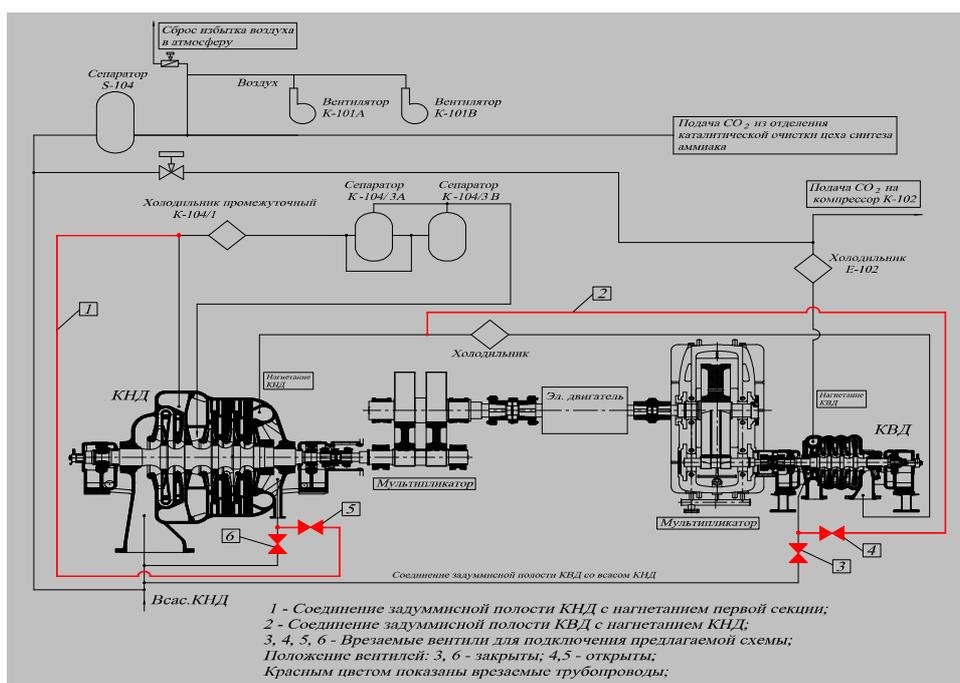


Рисунок 4 - Предлагаемая схема соединения задуммисных полостей компрессора

4) Увеличение давления газа на входе в центробежный компрессор. Для повышения давления газа на входе в компрессор можно использовать газодувку с дополнительным охлаждением газа после нее. На практике технология позволяет повысить давление всаса без использования газодувки.

Поэтому использование более высокого давления газа на входе в центробежный компрессор является наиболее доступным способом повышения его производительности. При паспортном абсолютном давлении газа на входе в центробежный компрессор 0,098 МПа фактическое давление газа на входе в компрессию на различных предприятиях достигает 0,115...0,122 МПа, что может обеспечить увеличение производительности К-104 на 15...22 % без учета влияния поршневого компрессора. При использовании эффекта динамического наддува поршневого компрессора производительность компрессии вырастет еще больше.

Производительность поршневого компрессора может быть повышена при увеличении частоты вращения, повышении давления и снижении температуры газа на входе, уменьшении вредных мертвых пространств, увеличении диаметра цилиндров.

Из приведенных способов увеличения производительности линии сжатия с минимальными затратами может быть реализовано повышение давления газа на входе в центробежный компрессор, эффекта динамического наддува и увеличение диаметра ступеней с учетом обеспечения прочности цилиндров и основных элементов базы компрессора.

Взаимное влияние при совместной работе центробежного и поршневого компрессоров можно понять, рассмотрев их характеристики (Рис.5) в координатах $P-V$ (P - давление на нагнетании центробежного компрессора; V – производительность). Давление нагнетания центробежного компрессора является давлением всасывания для поршневого компрессора. Характеристика центробежного компрессора $P_c = f(V)$ представляет собой ниспадающую кривую, которая с левой стороны ограничена зоной помпажа. Зависимость давления всасывания поршневого компрессора от его производительности $P_p = f(V)^1$ представляет собой кривую, которую в зоне рассмотрения можно считать прямой. Точка пересечения характеристик (0) является рабочей точкой агрегата. При увеличении давления всасывания пропорционально увеличивается производительность и давление нагнетания центробежного компрессора. Характеристики центробежного компрессора с увеличенным давлением всасывания представлены кривыми $P_c = f(V)^1$ и $P_c = f(V)^2$. Рабочие точки (1 и 2) смещаются в сторону увеличения производительности и давления, что ведет также к увеличению мощности, потребляемой центробежным компрессором. Работу поршневого компрессора с увеличенным диаметром цилиндров характеризует зависимость $P_p = f(V)^1$, по точкам пересечения (1^1 и 2^1) которой с характеристиками центробежного компрессора видно, что происходит

дополнительное увеличение производительности с одновременным снижением давления нагнетания центробежного компрессора. При этом снижается потребляемая мощность центробежного компрессора и повышается мощность поршневого компрессора, что способствует более рациональному использованию запаса мощности электродвигателей обоих компрессоров.

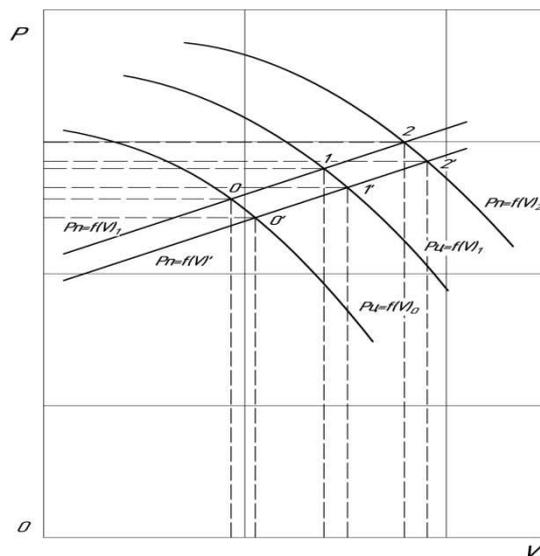


Рисунок 5 - Характеристики центробежного и поршневого компрессоров при увеличении давления всасывания

В качестве успешного примера увеличения производительности линии сжатия CO₂ можно привести опыт ОАО «Одесский припортовый завод». Первый агрегат производства карбамида, на этом предприятии, был запущен в строй в 1984 г., а второй в 1985 г. В 1989 г. была произведена модернизация поршневых компрессоров с целью увеличения их производительности и перевода цилиндропоршневой группы на работу без смазки. По разработке ЦНТТМ «Петроградский» цилиндры первой и второй ступеней были расточены, соответственно, с 210 до 215 мм и с 160 до 165 мм. Это позволило увеличить эффективность работы компрессора на 5 %. Работа без смазки была обеспечена за счет изменения конструкции уплотнений штоков и поршней и применения для уплотняющих элементов композитных самосмазывающихся материалов на основе фторопласта. В процессе эксплуатации компрессоров 4ДВК-210-10 поз. К-102А и К-102В службой механика цеха была произведена доводка поршней и поршневых колец обеих ступеней с целью обеспечения максимальной герметичности уплотнений и увеличения службы до замены направляющих колец.

Начиная с 2002 г. за счет постепенной модернизации повышалась мощность технологического оборудования, и, соответственно, увеличивалась потребность в двуокиси углерода. В настоящее время производительность агрегатов №1 и №2 производства карбамида составляет в летний период, соответственно, 1280 т/сутки и 1330 т/сутки, а при пониженных температурах окружающей среды 1300 т/сутки и 1400 т/сутки. При максимальной достигнутой производительности агрегата №2 - 1400 т/сутки подача газа составляет 23890 нм³/час, что на 22% выше номинальной производительности центробежного компрессора. В то же время, максимальная производительность компрессии агрегата №1 составляет 22400 нм³/час, что выше номинальной производительности центробежного компрессора на 14,6%.

Значения параметров газа (давление, температура) на входе и выходе из ступеней, не смотря на высокое значение производительности, не превышают предельных значений, приведенных в технической документации, однако потребляемая мощность приближается к номинальной мощности двигателя или даже немного превышает ее. При производительности 22400 нм³/час мощность, потребляемая компрессорами первого агрегата, составляет: компрессор К-104 - 4,60 МВт (мощность двигателя - 4,8 МВт); компрессор К-102 - 1,4 МВт (мощность двигателя - 1,5 МВт). При производительности 23000 нм³/час мощность, потребляемая компрессорами второго агрегата, составляет: компрессор К-104 - 4,84 МВт; компрессор К-102 - 1,59 МВт. В связи с тем, что фактическая температура обмоток двигателей (на К-104 - 75...77 °С, на К-102 -77...91 °С) соответствует технической документации, то считается, что двигатели не перегружены и эксплуатация допускается.

Достигнутые значения производительности компрессии агрегата производства карбамида ОАО «ОПЗ», можно считать предельными для настоящего состояния оборудования исходя из того, что исчерпан запас мощности приводных электродвигателей. Однако следует иметь в виду, что, в связи с увеличением расхода скорость газа в промежуточных трубопроводах и аппаратах также выросла, значительно увеличились также их гидравлическое сопротивление и потери мощности, поэтому снижение этих потерь за счет модернизации межступенчатого оборудования может являться резервом в снижении потребляемой мощности и дальнейшем повышении производительности.

Приведенные выше данные по компрессорам в цехе производства карбамида ОАО «ОПЗ», а также данные по эксплуатации аналогичных агрегатов на других предприятиях (ОАО «ДнепрАзот», ОАО «ФерганаАзот», ОАО «Невинномысский Азот»), свидетельствуют о том, что при близких начальных условиях газа значения основных параметров, в том числе производительности и потребляемой мощности, имеют значительный

отличия. Это связано с особенностями исполнения агрегатов, степенью их износа, условиями эксплуатации, состоянием межступенчатого оборудования, а также, возможно, некорректными измерениями того или иного параметра. Поэтому, при оценке возможности повышения производительности необходимо проведение детального обследования компрессии, анализом имеющихся ресурсов для увеличения производительности или эффективности работы компрессии.

Возможен ли дальнейший рост производительности до 2000...2500 тонн/сутки компрессии СКД Praha? Да возможен. Дальнейшее увеличение производительности линии сжатия возможно при установке более эффективной проточной части К-104, позволяющую использовать резерв мощности приводного двигателя компрессора К-104 и установить параллельно компрессору К-102 еще один меньшей мощности. В этом случае повышение производительности может составить до 45 %.

Альтернативным способом позволяющим увеличить производительность компрессора без замены электродвигателя - это использование энергии пара $P=40$ кгс/см² редуцируемого в РОУ до давления $P=20-22$ кгс/см². Получить требуемое понижение давления возможно также при расширении пара в турбине, при этом турбина вырабатывает полезную работу, которая может быть использована в данном случае для получения дополнительной мощности на привод компрессора К-104.

Таким образом, предприятие получает энергосберегающую технологию, не изменяя традиционного технологического процесса, позволяющую увеличить производительность компрессора без замены электродвигателя (рис. 6).

Конструкция турбоприводного агрегата позволяет установку его в производственном помещении. Вал ротора турбины соединяется непосредственно с ротором компрессора низкого давления компрессора К-104. Для упрощения конструкции и снижения стоимости смазка подшипников турбоприводного агрегата осуществляется от маслостанции компрессора.

Установка после турбокомпрессора К-104 винтового компрессора (рис. 7), чтобы поднять давление всасывания в поршневом компрессоре К-102. Давление нагнетания на выходе из винтового компрессора равно давлению на входе во вторую ступень поршневого компрессора К-102. При этом обе ступени работают К-102 на одинаковом давлении параллельно, что позволяет увеличить производительность компрессии по продукту до 2000...2500 тонн/сутки. При этом необходимо установить сменную проточную часть КНД и КВД и межступенчатое и концевое оборудование.

Независимая система работы заслонок производительности и объема позволяет работать независимо друг от друга, от нагрузки, исключая чрезмерное или низкое сжатие и позволяют снизить потребляемую мощность двигателя.

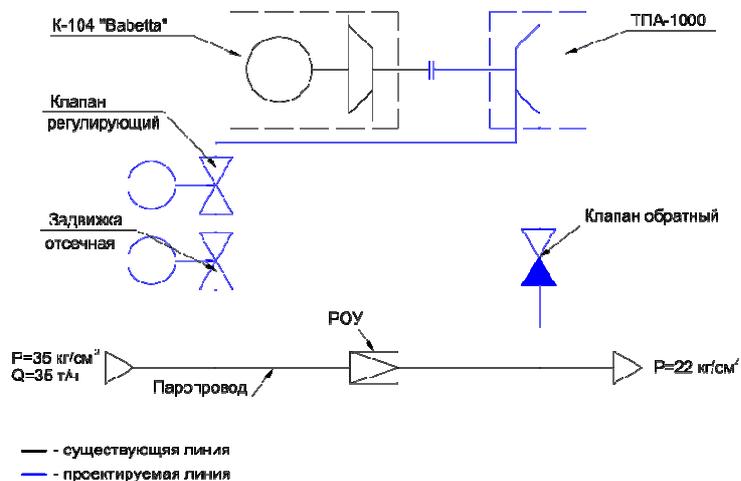


Рисунок 6 - Схема подключения турбоприводного агрегата.

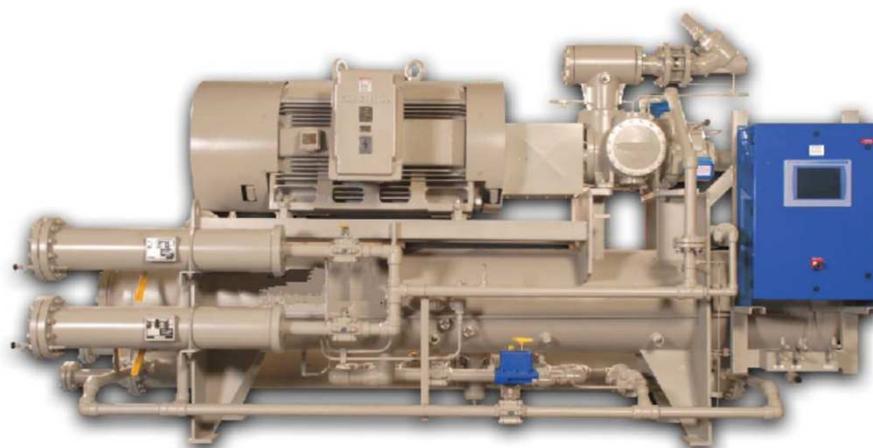


Рисунок 7 - Винтовой компрессор

По стоимости реализации он будет менее затратным но и менее эффективным в сравнении с вновь спроектированной компрессией на такие же параметры. Промежуточный 3-й вариант по капитальным вложениям и эффективности это установка новой компрессии параллельно с модернизированной существующей компрессией.

Вторым примером может служить модернизация компрессорного агрегата 11ТК1 по повышению производительности цеха Карбамид-3 ОАО НАК «АЗОТ» г. Новомосковск (рис. 8).

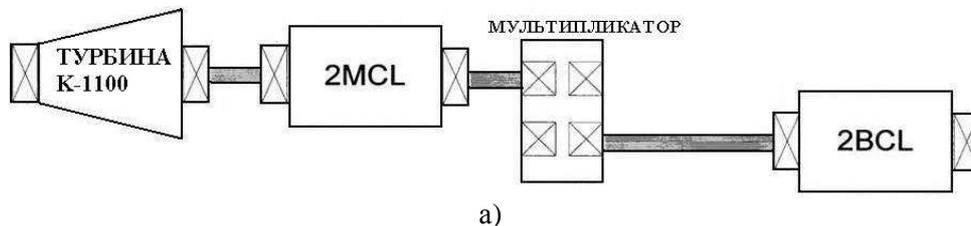


Рисунок 8 - Компрессорный агрегат 11TK1:
а) схема; б) внешний вид

Компрессорный агрегат состоит из турбины ЕК 11000 корпуса низкого давления (КНД) 2MCL-607, мультипликатора, корпуса высокого давления 2BCL306А.

Особенностью агрегата является его низкая виброустойчивость, особенно корпуса высокого давления 2BCL306А. Поэтому любая модернизация подразумевает в первую очередь необходимость повышения виброустойчивости компрессорного агрегата. Применения опор с высокими демпфирующими свойствами, антициркуляционных уплотнений подавляющих возникновение радиальных газовых сил в уплотнительных элементах и упругих соединительных муфт.

Увеличение производительности до 1650 т/сутки достигается уменьшением утечек газа, за счёт применения новых материалов на основе полимера полиэфиркетон (PEEK), по:

- межступенчатым лабиринтным уплотнениям;
- межсекционным лабиринтным уплотнениям;
- концевым лабиринтным уплотнениям.

В качестве основы данных полимерных материалов используется полиэфиркетон (PEEK) – композиционный полукристаллический материал, который имеет уникальное сочетание высоких механических свойств, температурной и химической стойкости.

Форма и геометрические размеры предлагаемых лабиринтов соответствуют штатным, что позволяет производить их установку без доработки посадочных мест. В свою очередь внутренняя расточка лабиринтов имеет меньший диаметр расточки, что позволяет уменьшить в два раза радиальные зазоры между лабиринтами и ротором. Позволяет поддерживать расчётные зазоры благодаря своей гибкости по сравнению с алюминием. Лабиринтные уплотнения из полимерных материалов обеспечивают возвращение в свою исходную форму после касания с ротором.

Данные расчётов повышения производительности за счёт уменьшения утечек газа через уплотнения приведены в таблицах 1 и 2.

За счёт уменьшения утечек газа через уплотнения повысится производительность компрессора на 10% относительно паспортных данных (распределение по компрессорам: 5% - 2MCL-607 – КНД, 5% - 2BCL -306А - КВД)

Производительность компрессора по условиям всасывания после модернизации составила- 26700м³/час. Производительность компрессора по паспорту - 24275м³/час.

Экономическая эффективность модернизации лабиринтных уплотнений и опорных подшипников компрессорных установок: 11 ТК 1; «Babetta» приведены в таблице 3

Увеличение производительности до 1800 т/сутки достигнуто сменной проточной частью КВД, при этом полностью исчерпывается запас по мощности штатной турбины.

Дальнейшее увеличение производительности до 2000 т/сутки было достигнуто заменой штатной турбины на новую SST 600 (SIEMENS). При этом была заменена зубчатая пара мультипликатора и упругие соединительные муфты.

Для увеличения до 3000 т/сутки была в 2010г. введена в строй вторая очередь производительностью 1000 т/сутки (рис. 9) с компрессией до монтажа ТК-102 (рис. 10), и после ввода в эксплуатацию (рис. 11) в 2010г. 2MCL-607 – КНД.

Таблица 1

Наименование уплотнения	Массовый расход протечек через уплотнения с паспортными зазорами		Массовый расход протечек через уплотнения с зазорами после ремонта		Массовый расход протечек через уплотнения с зазорами после модернизации	
	Зазор,* мм	Расход, кг/с	Зазор,* мм	Расход, кг/с	Зазор,* мм	Расход, кг/с
Раб. колес	0,65-1,2	0,96	-	-	0,20	0,132
Межсекционное	0,725	0,452	-	-	0,10	0,038
Концевые **	0,5	0,0745	-	-	0,10	0,01

* зазоры диаметральные

** Суммарная величина утечек 2BCL -306А – КВД

Таблица 2

Наименование уплотнения	Массовый расход протечек через уплотнения с паспортными зазорами		Массовый расход протечек через уплотнения с зазорами после ремонта		Массовый расход протечек через уплотнения с зазорами после модернизации	
	Зазор,* мм	Расход, кг/с	Зазор,* мм	Расход, кг/с	Зазор,* мм	Расход, кг/с
Раб. колес	0,35	0,785	0,50	1,280	0,20	0,384
Межсекционное	0,20	0,35	0,60	0,90	0,10	0,166
Концевые **	0,20	0,745	0,60	1,79	0,10	0,345

* зазоры диаметральные

** Суммарная величина утечек



Рисунок 9 - Вторая очередь производства карбамида



Рисунок 10 - Компрессорный агрегат 1984г. выпуска ТК-102

Таблица 3

Установка	Повышение производительности компрессора при модернизации лабиринтных уплотнений с использованием материала РЕЕК, % (кг/ч) [кВт]			Дополнительное уменьшение потерь мощности в лабиринтных уплотнениях компрессоров и в зубчатых парах мультипликаторов при установке демпферных подшипников фирмы «ТРИЗ» по сравнению со штатными подшипниками, кВт			
	КНД	КВД	Всего компрессора*	КНД	КВД	Мультипликатор	Всего компрессора
11 ТК 1	3,8 (922)	4,4 (1068)	8,2 (1990) [471,51]	104, 6	172, 8	38	315,4
«Babetta»**	1,62 (627)	2,07 (805)	3,69 (1432) [97,82]	26	27,4	41	94,4

* - в квадратных скобках приведена суммарная величина уменьшения потерь мощности в результате модернизации лабиринтных уплотнений.
 ** - повышение производительности по сравнению со штатными уплотнениями; снижение потерь мощности в результате установки подшипников для 2-х мультипликаторов.



Рисунок 11 - Компрессорный агрегат 1984г. выпуска ТК-102 после капитального ремонта, монтажа и ввода в эксплуатацию в 2010г

Примером наращивания мощности производства параллельной установкой компрессоров может послужить цех производства карбамида №2 НАК «АЗОТ». Цех введен в эксплуатацию в 1964 г. Проектная мощность 500 т/сутки. В 1970 г. мощность доведена до 800 т/сутки. В 1972г. Производительность доведена до 1000 т/сутки. Ввод новой компрессии в 2000г. с многовальным компрессором GK-530/10 фирмы MANN-BORSIG (рис. 12) обеспечил производительность 1200 т/сутки.



Рисунок 12 - Многовальный 10-ти ступенчатый электроприводной компрессор GK-530/10 фирмы MANN-BORSIG

На сегодняшний день используются различные виды компрессорных агрегатов, поэтому для правильности выбора необходимого компрессорного оборудования необходимо проанализировать их достоинства и недостатки. Ниже (рис. 13) приведен пример технико-экономических показателей при выборе компрессорного агрегата, которые рассматривались в 1990г. Черкасским ОАО «АЗОТ».

Очевидно, что при таких показателях тендер, в котором участвовали ведущие компрессоростроительные фирмы, выиграл проект ВНИИКОМПРЕССОРМАШ-МАН ГХХ. Реализовать его не удалось из-за развала системы и лишь в измененном виде он реализован в 2000 г. в г. Новомосковске в виде многовального компрессора GK-530/10 фирмы MANN-BORSIG (рис. 12) производительностью 1200 т/сутки.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ КАРБАМИДА 1500 ТОНН В СУТКИ

Табл. 1

ПОКАЗАТЕЛИ	Существующая установка	По предложению ВНИИКОМПРЕССОР-МАН ГХХ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, нм ³ /час	19550	24980
УСТАНОВЛЕННАЯ МОЩНОСТЬ, кВт	6300	6300
ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ, кВт	5320	5855
МАССА КОМПРЕССОРОВ, кг	7200	3900
ПЛОЩАДЬ, ЗАНИМАЕМАЯ КОМПРЕССОРАМИ, м ²	145	98
УДЕЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ, кВт/нм ³ /час	0,272	0,234
УДЕЛЬНАЯ МАССА, кг/нм ³ /час	0,368	0,156
УДЕЛЬНАЯ ПЛОЩАДЬ, м ² /нм ³ /час	7,4x10⁻³	3,9x10⁻³

Табл. 2

ПОКАЗАТЕЛИ	НОВО-ПИНЬОНЕ	ДРЕССЕР-РЭНД	МАННЕСМАН-ДЕМАГ	ВНИИКОМПРЕССОРМАШ-МАН ГХХ
ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ, кВт	7200	7745	6770	5855
МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРОПРИВОДА, кВт	8350	8100	7400	6300

Рисунок 13 - Техничко-экономические показатели при выборе компрессорного агрегата

В Черкассах в настоящий момент идут пусконаладочные работы многовального компрессора 8RKB62 - SKD NOVE ENERGO (рис. 14). Производительность на всасе - 29300 нм³/час, на нагнетании – около 27000 нм³/час, давление всасывания – 0,102 МПа абс., давление нагнетания – 15,5 МПа абс., потребляемая мощность 6265 +10% -0% кВт, мощность электродвигателя – 8000 кВт, число оборотов: электродвигателя 1500 об/мин, 1-2й ступени-10071 об/мин, 3-4й ступени-19853 об/мин, 5-6й ступени - 32045 об/мин, 7-8й ступени-35250 об/мин.

Опыт эксплуатации и ввода в эксплуатацию многовальных компрессоров выявил, что на сегодняшний день ахиллесовой пятой является система пуска и управления режимами работы компрессоров. Для исключения простоев необходим двукратный запас по опорным, опорно-упорным и уплотнительным узлам а также комплект запасных роторов.



Рисунок 14- Многовальный компрессор 8RKB62 - CKD NOVE ENERGO

Таким образом для успешного развития эффективности производства карбамида имеется большой спектр возможных решений. Выбор конкретного решения индивидуально для каждого производства с учетом имеющихся ресурсов и технологических особенностей. Наибольшую эффективность обеспечивают усилия направленные на модернизацию и повышение надежности работы компрессорного оборудования. При строительстве новой компрессии необходимо приобретать компрессорное оборудование с хорошим соотношением надежности и экономичности с применением современных систем управления, защиты и узлов обеспечивающих их.

INCREASE OVERALL PERFORMANCE OF THE COMPRESSOR EQUIPMENT FOR CARBAMIDE PRODUCTION

**Vladimir Kraevsky
PJSC «Odessa port plant»,**

**Vasily Martsinkovsky, Igor Kuharev,
TRIZ Ltd,**

**Alexander Sudak,
JSC «DniproAZOT»**

SUMMARY

There considered alternatives for modernizing equipment in the lines for CO₂ compressing at various productions of carbamide for the purpose of increasing the product output. There given examples of realized technical decisions in the units of such producers as CKD PRAHA, NUOVO PIGNONE, and also there represented perspective proposals.

Keywords: carbamide production, modernizing the compressor for CO₂ compressing.