



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

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

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА 4ДВК-210-10**

**Боряк А.С.<sup>1</sup>, Черкащенко С.И.<sup>2</sup>, Слепченко А. И.<sup>3</sup>**

### **АННОТАЦИЯ**

*Рассмотрена технология компримирования двуокиси углерод в процессе производства карбамида по технологии голландской фирмы «Стамикарбон» с использованием центробежного компрессора и дожимающего поршневого компрессора. Проанализированы способы повышения производительности центробежного и поршневого компрессора. Представлены результаты модернизация поршневых компрессоров 4ДВК-210-10 с целью увеличения их производительности и перевода цилиндропоршневой группы на работу без смазки на ОАО «Одесский припортовый завод».*

**Ключевые слова:** производительность, модернизация, центробежный компрессор, поршневой компрессор, потребляемая мощность, эффективность работы.

На многих производствах карбамида в бывшем 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 и поршневые дожимающие компрессоры 4ДВК-210-10 поз. К-102А и К-102В производства

<sup>1</sup> Боряк Александр Сергеевич, руководитель проекта ООО "ТРИЗ", ул. Машиностроителей, 1, 40020, г. Сумы, Украина

<sup>2</sup> Черкащенко Сергей Иванович, руководитель проекта ООО "ТРИЗ", ул. Машиностроителей, 1, 40020, г. Сумы, Украина

<sup>3</sup> Слепченко Александр Иванович, старший механик цеха карбамида, ОПЗ, а/я 304, Главпочтамп, 65000, г.Одесса, Украина

«ЧКД Прага». Центробежный компрессор работает постоянно, а поршневые поочередно, для обеспечения их периодического технического обслуживания.

Практически на всех предприятиях азотной промышленности перед производством карбамида ставится задача увеличения выпуска продукции, которая 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.

Производительность центробежного и поршневого компрессоров и компрессии в целом зависит от геометрии проточной части, параметров газа на входе и выходе из ступеней. Как видно из паспортных данных компрессоров поз. К-104 и поз. К-102, а также из опыта их эксплуатации на различных предприятиях отрасли, 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 двуокиси углерода приблизительно 17400 м<sup>3</sup>/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. Повышение производительности центробежного компрессора может быть достигнуто за счет модернизации проточной части с увеличением КПД, увеличения частоты вращения, увеличения давления и снижения температуры газа на входе, снижения давления газа на выходе. Наиболее доступным способом

повышения производительности центробежного компрессора при имеющихся ресурсах является использование более высокого давления газа на входе. 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. 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 с минимальными затратами может быть реализовано повышение давления газа на входе за счет центробежного компрессора 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 (см. рис. 1) 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  $P_{ц} = f(V)$  представляет собой ниспадающую кривую, которая с левой стороны ограничена зоной помпажа. Зависимость давления всасывания поршневого компрессора от его производительности  $P_{п} = f(V)$  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  $P_{ц}=f(V)1$  и  $P_{ц} = f(V)2$ . 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  $P_{п} = f(V)1$ , по точкам пересечения (11, и 21) 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.

На ОАО «Одесский припортовый завод» первый агрегат производства карбамида на ОПЗ 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, что 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 оптимального срока службы до замены направляющих колец.

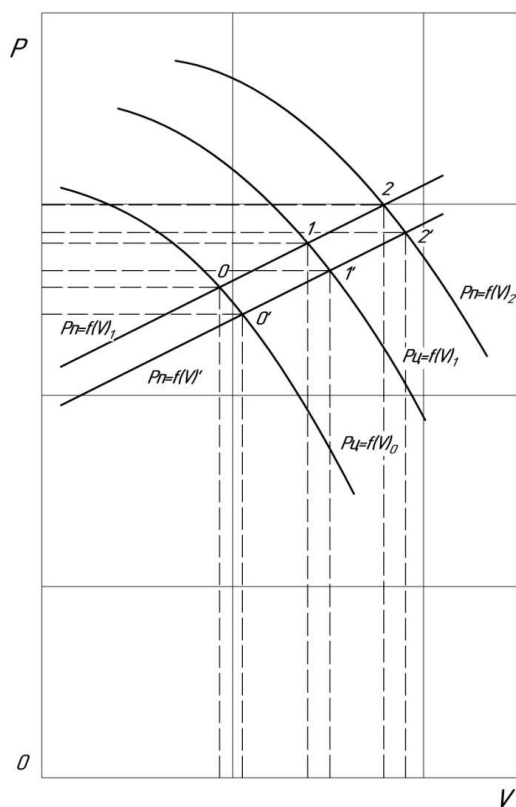


Рисунок 1 - Характеристики центробежного и поршневого компрессоров при увеличении давления всасывания

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 нм<sup>3</sup>/час, что на 22 % выше номинальной производительности центробежного компрессора. В то же время, максимальная производительность компрессии агрегата №1 составляет 22400 нм<sup>3</sup>/час, что выше номинальной производительности центробежного компрессора на 14,6 %.

Фактические параметры компрессоров К-104, К-102А(В) первого и второго агрегатов при сложившихся условиях эксплуатации на 20 августа 2010 г. приведены в таблице 1. 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 нм<sup>3</sup>/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 нм<sup>3</sup>/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 №2 в цехе 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.

Таблица 1 - Основные параметры центробежного компрессора «Бабетта» поз. К-104 и поршневого компрессора 4ДВК-210-10 поз. К-102 в цехе производства карбамида ОАО «Одесский припортовый завод»

№ п/п	Наименование параметра	Размерность	Паспортные данные	Результаты измерений 20.08.2010 г.	
				1 агрегат	2 агрегат
1	Давление на входе в компрессию	МПа	0,098	0,114	0,1146
<b>Компрессор К-104</b>					
2	Температура газа на входе в 1 ст	°С	45	45,8	38,2
3	Давление на входе в 1 ст	МПа	0,098	0,112	0,114
4	Температура газа на входе в 3 ст	°С	45	43,2	38,3
5	Температура газа на выходе из 3 ст	°С	~190	183	181
6	Давление (изб.) на выходе из 3 ст	МПа	2,705	2,45	2,57
7	Потребляемая мощность на валу двигателя	МВт	3,820	4,6	4,84
8	Мощность электродвигателя	МВт	4,8	4,8	4,8
9	Температура обмотки двигателя	°С	≤120	77	75
<b>Компрессор К-102</b>					
10	Температура газа на входе в компрессор	°С	≤45	44,2	42,9
11	Давление (изб.) на входе в 1 ст	МПа	2,65	2,46	2,52
12	Температура на выходе из 2 ст	МПа	112...115	110	108,8
13	Давление (изб.) на выходе из 2 ст	МПа	15,04(абс)	14,08	14,66
14	Производительность приведенная к нормальным условиям	нм <sup>3</sup> /ч	19350±5%	22400	23000
15	Потребляемая мощность	МВт	1,295	1,4	1,59
16	Мощность электродвигателя	МВт	1,5	1,5	1,5
17	Температура обмотки двигателя	°С	≤120	91	76,5
18	Производительность по карбамиду	т/сутки	1000	1293	1320

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» и т.д.), 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 конкретного агрегата необходимо проведение детального обследования компрессоров в эксплуатации с корректными измерениями параметров, анализом ресурсов и влияющих на производительность факторов.

## **MODERNIZING 4DVK-210-10 PISTON COMPRESSOR**

**Alexander Borjak, Sergey Cherkashchenko,  
TRIZ Ltd**

**Alexander Slepchenko,  
PJSC «Odessa port plant»**

### **SUMMSRY**

*There represented the technique for compressing carbon dioxide in the course of carbamide production on the technique of the Stamicarbon Dutch corporation using centrifugal compressor and booster piston compressor. There studied the ways of increasing the productivity of the centrifugal and piston compressors. There exposed the results of modernizing 4DVK-210-10 piston compressors to increase their productivity and transfer their cylinder and piston groups onto operation under non-lubrication conditions at the JSC Odesskij Priportovy Zavod*

**Keywords: Productivity, modernizing, centrifugal compressor, piston compressor, power consumption, an overall performance.**