

УДК 621.564.25:551.510.534

Г.К. Лавренченко*, А.В. Копытин, А.Ю. Федчун**

Украинская ассоциация производителей технических газов «УА-СИГМА», а/я 271, г. Одесса, Украина, 65026

*e-mail: uasigma@paco.net

**e-mail: fedchun@opz.odessa.ua

КОМПРЕССОРНО-НАСОСНЫЕ УСТАНОВКИ С АММИАЧНЫМИ ХОЛОДИЛЬНЫМИ МАШИНАМИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖИДКОГО CO₂ И ПОДАЧИ ЕГО НА СИНТЕЗ КАРБАМИДА

Диоксид углерода используется для производства карбамида. Его сжимают в многоступенчатом компрессоре до давления 15 МПа и подают в агрегат синтеза карбамида. Удельный расход энергии на сжатие диоксида углерода компрессором достигает 0,16 кВт·ч/кг. Более выгодным может быть применение новых компрессорно-насосных установок ожижения и сжатия диоксида углерода. Рассматриваются установки с аммиачной компрессорной холодильной машиной для ожижения CO₂ и подачи его на синтез карбамида при давлении 15 МПа. Удельный расход энергии в такой установке — 0,118 кВт·ч/кг. В случае применения абсорбционной водоаммиачной холодильной машины для ожижения CO₂ удельные затраты могут быть снижены до 0,09 кВт·ч/кг. Показано, что установки могут увеличить мощность агрегата с 1400 до 2000 т/сут. карбамида. Дальнейшее совершенствование установок позволит полностью обеспечить диоксидом углерода агрегат для производства 2000 т/сут. карбамида.

Ключевые слова: Аммиак. Диоксид углерода. Карбамид. Компрессорно-насосная установка. Аммиачная компрессорная холодильная машина. Абсорбционная водоаммиачная холодильная машина. Компримирование. Эффективность. Удельные энергозатраты.

G.K. Lavrenchenko, A.V. Kopytin, A.Yu. Fedchun

COMPRESSOR-PUMP UNITS WITH AMMONIAC REFRIGERATING MACHINES FOR MANUFACTURE LIQUID CO₂ AND ITS FEEDING ON SYNTHESIS OF UREA

Carbon dioxide is used for manufacture of urea. It compress in the multistage compressor up to pressure 15 MPa and feed to unit of synthesis of urea. The specific power inputs for compression carbon dioxide by compressor achieves 0,16 kW·h/kg. Most favourable is application of new compressor-pump units for liquefaction and compression carbon dioxide. Unit with ammoniac refrigerating machine for liquefaction CO₂ and its feeding on synthesis of urea are considered at pressure 15 MPa. The specific power inputs at such unit is 0,118 kW·h/kg. In case of application of absorptive water-ammoniac refrigerating machine for liquefaction CO₂ the specific power inputs can be reduced up to 0,09 kW·h/kg. It is shown that plants can increase capacity of unit with 1400 up to 2000 TPD of urea. The further perfection of plant will allow to completely provide by carbon dioxide the unit for manufacture 2000 TPD of urea.

Keywords: Ammonia. Carbon dioxide. Urea. Compressor-pump unit. Ammoniac compressor refrigerating machine. Absorptive water-ammoniac refrigerating machine. Compressed. Efficiency. Specific power inputs.

1. ВВЕДЕНИЕ

Увеличение мощностей по производству карбамида является стратегической задачей химических предприятий. В связи с этим актуальным является поиск перспективных способов увеличения производительности агрегатов синтеза карбамида. Один из них

связан с повышением эффективности системы подачи диоксида углерода на производство карбамида.

В настоящее время газообразный диоксид углерода компримируется различными способами в поршневых либо центробежных компрессорах или комбинировано, т.е. последовательно в турбокомпрессоре и поршневом компрессоре, до давления 15 МПа и по-

даётся в установку по производству карбамида. Удельный расход электроэнергии на сжатие CO_2 составляет 0,132-0,160 кВт·ч/кг [1].

Для снижения удельных энергозатрат на компримирование CO_2 до высокого давления предлагаются новые эффективные технологические схемы его подачи, реализация которых может способствовать наращиванию мощностей по производству карбамида. В основе их лежат каскадные схемы ожижения CO_2 и подачи его насосом на синтез карбамида. Сжатие газообразного диоксида углерода в них производится до промежуточного давления [2].

В данной статье рассмотрим характеристики компрессорно-насосных установок, содержащих холодильные машины для ожижения CO_2 .

2. КОМПРЕССОРНО-НАСОСНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖИДКОГО CO_2 И ПОДАЧИ ЕГО НА СИНТЕЗ КАРБАМИДА

Для увеличения производительности агрегатов синтеза карбамида, а также снижения энергозатрат на компримирование CO_2 до 15 МПа разработана и предлагается к внедрению компрессорно-насосная установка подачи его на производство карбамида. Принципиальная схема установки изображена на рис. 1 [3]. В установке реализуется цикл ожижения CO_2 низкого давления с аммиачной компрессорной холодильной машиной (АКХМ) для производства необходимого холода. Для увеличения холодопроизводительности АКХМ, применяемой для ожижения диоксида углерода, используется холод производственного жидкого аммиака, поступающего на производство карбамида. Им переохлаждается жидкий аммиак — рабочее тело машины перед его дросселированием в испаритель NH_3 -конденсатор CO_2 [4,5]. Схема установки позволяет с помощью производимого АКХМ холода ожижать предварительно компримированный CO_2 для его дальнейшего сжатия в насосе до высокого давления (15 МПа) и подачи на синтез карбамида.

В рассматриваемой установке холод сжатого до 1,5 МПа продуктового жидкого аммиака, идущего на производство карбамида, используется для переохлаждения жидкого аммиака в АКХМ перед его дросселированием в испаритель NH_3 -конденсатор CO_2 . За счёт этого увеличивается удельная холодопроизводительность АКХМ. Конденсация CO_2 осуществляется при температуре кипения жидкого аммиака -30°C , что соответствует давлению нагнетания CO_2 1,8 МПа.

Рассмотрим, как работает компрессорно-насосная установка в случае, когда целью является увеличение производительности агрегата синтеза карбамида на 600 т/сут.

Газообразный CO_2 в количестве 18,75 т/ч компримируется в углекислотном компрессоре до давления 1,8 МПа. Затем охлаждается за счёт холода обратного потока, представляющего собой жидкий CO_2 высокого давления. После этого он ожижается за счёт кипения аммиака, циркулирующего в АКХМ, в испарителе-конденсаторе и собирается в сепараторе.

Отсюда насосом с давлением 15 МПа подаётся через рекуперативный теплообменник в агрегат синтеза карбамида. Неконденсирующиеся пары из сепаратора отводятся в атмосферу. АКХМ работает по простому циклу: сжатие аммиака, конденсация, переохлаждение за счёт холода жидкого продуктового аммиака, идущего на производство карбамида, дросселирование и испарение в испарителе-конденсаторе.

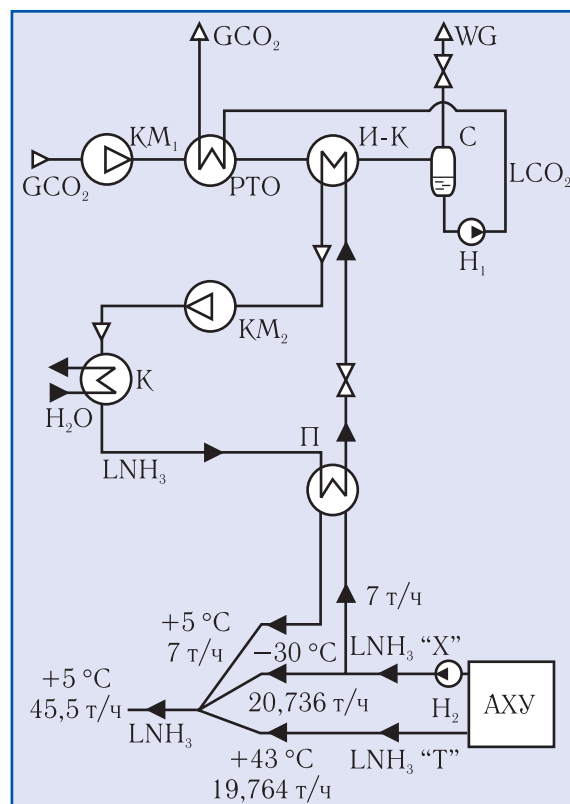


Рис. 1. Принципиальная схема компрессорно-насосной установки для ожижения и подачи диоксида углерода на производство карбамида с аммиачной компрессорной холодильной машиной: «Х», «Т» — холодный и тёплый потоки жидкого аммиака; WG — отбросный газ (неконденсирующиеся газы); KM_1 , KM_2 — углекислотный и аммиачный компрессоры; K — конденсатор АКХМ; C — сепаратор; PТO — рекуперативный теплообменник; H_1 , H_2 — углекислотный и аммиачный насосы; АХУ — аммиачная холодильная установка, входящая в состав агрегата синтеза аммиака; GCO_2 , LCO_2 — газообразный и жидкий CO_2 , соответственно; LNH_3 — жидкий аммиак; И-К — испаритель NH_3 -конденсатор CO_2 ; П — переохладитель

В существующих схемах поток жидкого продуктового аммиака должен подаваться на производство карбамида с температурой 5°C . Его получают путём пропорционального смешения при одинаковых давлениях холодного жидкого аммиака с температурой -30°C и тёплого жидкого аммиака с температурой 43°C . И тот, и другой потоки жидкого продуктового аммиака отбирают из различных ресиверов аммиачной холодильной установки (АХУ), которая используется в составе агрегата синтеза аммиака для захлаживания

продуктового жидкого аммиака, поступающего в изо-термический склад хранения. В итоге часть (~50 %) жидкого аммиака, произведённого в агрегате синтеза аммиака, после АХУ направляется в склад хранения при температуре $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$, а другая часть (~50 %) подаётся на производство карбамида при температуре $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении 1,5 МПа. Температура жидкого аммиака $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ обеспечивается смешением тёплого и холодного аммиака. При увеличении производительности агрегата синтеза карбамида в него необходимо больше подавать и жидкого аммиака, и газообразного CO_2 с давлением 15 МПа. В нижней части рис. 1 показано распределение потоков жидкого аммиака после АХУ для получения после их смешения общего потока с температурой $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Поясним, каким образом выполняется это условие.

Примем, что при мощности аммиачного агрегата 1600 т/сут. его производительность по жидкому аммиаку составляет 66,7 т/ч, по газообразному CO_2 — 42 тыс. $\text{нм}^3/\text{ч}$ (84 т/ч). Из них для производства карбамида используется 33,25 т/ч жидкого аммиака и 21,85 тыс. $\text{нм}^3/\text{ч}$ (43,85 т/ч) газообразного CO_2 при мощности карбамидного агрегата 1400 т/сут. [1].

Определим доли холодного и тёплого жидкого аммиака в их общем потоке, подаваемом на производство карбамида в количестве 33,25 т/ч при температуре $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Давления потоков жидкого аммиака считаем равными 1,5 МПа. Тёплый и холодный жидкий аммиак имеют температуры $43\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$, соответственно. Для обеспечения температуры смешения $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ необходимо 48,8 % тёплого и 51,2 % холодного жидкого аммиака. В результате получим следующие расходы: тёплого жидкого аммиака (при температуре $43\text{ }^{\circ}\text{C}$) — 16,226 т/ч; холодного жидкого аммиака (при температуре $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$) — 17,024 т/ч. Это позволяет получить поток жидкого аммиака с температурой $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и указанным расходом 33,25 т/ч.

Теперь коснёмся технологии переохлаждения жидкого аммиака в АКХМ перед дросселированием. Рассмотрим следующий случай. В эксплуатации находится агрегат по производству 1400 т/сут. карбамида, который потребляет 33,25 т/ч жидкого аммиака при давлении 1,5 МПа и температуре $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 43,75 т/ч газообразного CO_2 при давлении 15 МПа и температуре $85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для увеличения производительности указанного агрегата на 600 т/сут., т.е. доведения его мощности до 2000 т/сут. (с учётом модернизации самого агрегата синтеза карбамида), в него дополнительно необходимо подавать 18,75 т/ч CO_2 , а также соответственно и жидкого аммиака — в количестве 14,25 т/ч. В результате суммарное количество CO_2 , подаваемого на производство карбамида, составит 62,5 т/ч, аммиака — 47,5 т/ч. Холод жидкого аммиака можно полезно использовать. Его целесообразно применить для переохлаждения жидкого аммиака в АКХМ перед дросселированием. В переохладителе поток продуктового аммиака нагреется от $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, что позволит для переохлаждения использовать 712 кВт холода.

Реально же для переохлаждения жидкого аммиа-

ка, циркулирующего в АКХМ, от $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ необходимо отвести всего 350 кВт теплоты, которую, как отмечалось, можно передать холодному жидкому аммиаку, идущему на производство карбамида при нагреве его от $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. В связи с этим расход холодного жидкого аммиака, применяемого для переохлаждения аммиака в АКХМ, составит 7 т/ч, вместо 14,25 т/ч, которые необходимы для увеличения производительности агрегата синтеза карбамида. Это позволяет сделать два вывода. Во-первых, для конденсации 18,75 т/ч газообразного CO_2 при помощи холодильной машины достаточно использовать холод 7 т/ч жидкого продуктового аммиака, поступающего на производство карбамида, при его нагреве от $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Во-вторых, оставшаяся часть холода может быть полезно использована на другие технологические нужды.

В результате получается следующее распределение потоков: 7 т/ч жидкого холодного продуктового аммиака направляется в переохладитель АКХМ для увеличения её холодопроизводительности на 20 %; 20,736 т/ч жидкого продуктового холодного аммиака с температурой $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ при давлении 1,5 МПа подаётся на смешение с 19,764 т/ч жидкого тёплого продуктового аммиака с температурой $43\text{ }^{\circ}\text{C}$ и таким же давлением 1,5 МПа. В результате смешения холодного ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) жидкого аммиака с тёплым ($43\text{ }^{\circ}\text{C}$) жидким аммиаком получится 40,5 т/ч жидкого аммиака с температурой $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. К этому количеству жидкого аммиака добавляется 7 т/ч жидкого аммиака с температурой $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ после переохладителя аммиачной холодильной машины. В результате смешения получим 47,5 т/ч жидкого аммиака при температуре $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении 1,5 МПа. При таком расходе диоксида углерода и аммиака производство карбамида возрастёт до 2000 т/сут.

Приведём основные технические характеристики компрессорно-насосной углекислотной установки, схема которой изображена на рис. 1. Давление нагнетания CO_2 — 1,8 МПа, равновесная температура конденсации $-22,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура переохлаждённого жидкого CO_2 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Изотермический КПД углекислотного компрессора — 0,55. Адиабатный КПД насоса — 0,9. Блок осушки оснащён пароподогревателем (на рисунке не показан). Работа сжатия газообразного CO_2 в компрессоре до давления 1,8 МПа составляет — 1540 кВт; затраты на сжатие жидкого CO_2 в насосе от 1,8 до 15 МПа — 54 кВт. Суммарный расход энергии в углекислотной части установки — 1594 кВт. Аммиачная компрессорная холодильная машина работает с температурой конденсации $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ и температурой кипения $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Переохлаждение жидкого аммиака перед дросселированием осуществляется от $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом от него отводится 350 кВт теплоты жидким холодным продуктовым аммиаком, идущим на производство карбамида. Требуемая холодопроизводительность при указанной температуре кипения аммиака — 1670 кВт; теплота конденсации — 2345 кВт; расход аммиака в холодильной машине — 4500 кг/ч; потребляемая мощность холо-

дильной машиной — 632 кВт.

Суммарная потребляемая мощность всей компрессорно-насосной установкой (углекислотным компрессором, насосом и АКХМ) составляет 2226 кВт. Удельный расход электроэнергии на компримирование 18,75 т/ч CO_2 до давления 15 МПа с использованием дополнительной холодильной машины — 0,118 кВт·ч/кг. Экономия электроэнергии в целом при компримировании CO_2 до давления 15 МПа указанным способом достигает 10 % по сравнению с традиционными схемами компримирования газообразного CO_2 [6].

Анализ показывает, что дальнейшего снижения затрат на производство жидкого CO_2 и его подачи на синтез карбамида можно добиться в результате применения в качестве верхнего каскада для ожижения CO_2 абсорбционной водоаммиачной холодильной машины (АВХМ).

3. ПРИМЕНЕНИЕ АБСОРБЦИОННОЙ ВОДОАММИАЧНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ОЖИЖЕНИЯ CO_2

На предприятиях, производящих карбамид, в избытке имеется водяной пар низких параметров. Его можно использовать для обеспечения теплотой абсорбционной водоаммиачной холодильной машины (АВХМ).

Принципиальная схема компрессорно-насосной установки с АВХМ для ожижения CO_2 представлена на рис. 2.

Принцип действия установки, изображённой на рис. 2, аналогичен предыдущей компрессорно-насосной установке (см. рис. 1). Отличие заключается в том, что вместо аммиачной компрессорной холодильной машины используется абсорбционная водоаммиачная холодильная машина. Схема АВХМ, входящей в состав компрессорно-насосной установки, показана упрощённо. Её работа осуществляется следующим образом. Водоаммиачный раствор кипит в генераторе за счёт подвода теплоты конденсации водяного пара. Образующиеся пары аммиака поднимаются в верх генератора, а противотоком им вниз поступает водоаммиачный раствор. После генератора пары аммиака конденсируются в агрегате воздушного охлаждения АВО, незначительно переохлаждаются в рекуперативном теплообменнике РТО и направляются в переохладитель жидкого аммиака. В нём жидкий аммиак переохлаждается до $-25\text{ }^\circ\text{C}$ за счёт холода жидкого продуктового аммиака, идущего на производство карбамида в количестве 7 т/ч, который нагревается от $-30\text{ }^\circ\text{C}$ до $5\text{ }^\circ\text{C}$. Переохлаждение жидкого аммиака АВХМ позволяет на 20 % увеличить её холодопроизводительность. Далее переохлаждённый жидкий аммиак дросселируется в испаритель NH_3 -конденсатор CO_2 , в котором кипит при $-30\text{ }^\circ\text{C}$. Производимый таким образом холод расходуется на ожижение газообразного CO_2 при температуре $-23\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 1,8 МПа. Пары аммиака из испарителя-конденсатора И-К поступают в рекуперативный теплообменник и абсорбер. В абсорбере происходит поглощение паров амми-

ака бедным водоаммиачным раствором, который поступает в него из генератора. В результате водоаммиачный раствор насыщается аммиаком и насосом подаётся в верхнюю часть генератора. Цикл повторяется.

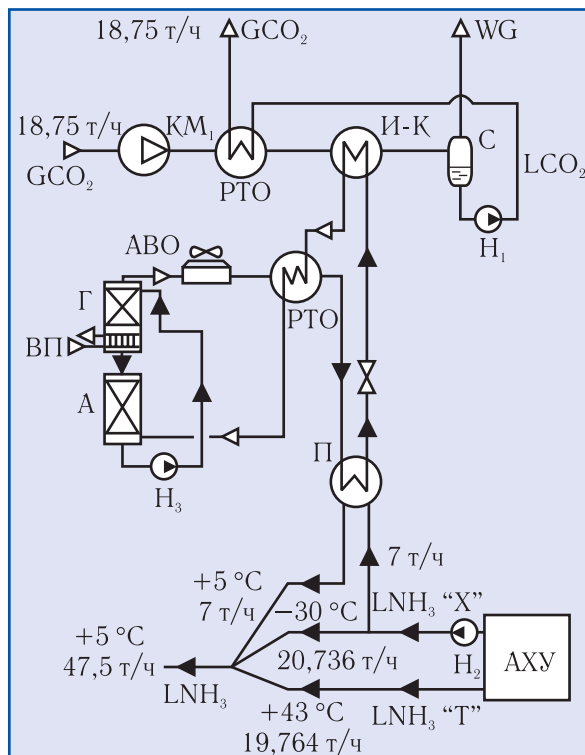


Рис. 2. Принципиальная схема компрессорно-насосной установки для ожижения и подачи диоксида углерода на производство карбамида с абсорбционной водоаммиачной холодильной машиной: «Х», «Т» — холодный и тёплый потоки жидкого аммиака; WG — отбросный газ (неконденсирующиеся газы); КМ₁ — углекислотный компрессор; К — конденсатор; С — сепаратор; РТО — рекуперативный теплообменник; H₁, H₂, H₃ — углекислотный, аммиачный и водоаммиачный насосы; А — абсорбер; Г — генератор; АВО — агрегат воздушного охлаждения; АХУ — аммиачная холодильная установка агрегата синтеза аммиака; GCO₂, LCO₂ — газообразный и жидкий CO_2 , соответственно; ВП — водяной пар; LNH₃ — жидкий аммиак; И-К — испаритель NH_3 -конденсатор CO_2 ; П — переохладитель

Холодопроизводительность АВХМ — 1670 кВт при температуре кипения аммиака $-30\text{ }^\circ\text{C}$. Тепловая нагрузка переохладителя аммиака — 350 кВт. Потребность в водяном паре — 5,5 т/ч при температуре $135\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 0,6 МПа. Энергопотребление — 46 кВт. Суммарное энергопотребление компрессорно-насосной установки составляет 1640 кВт. Удельные энергозатраты на компримирование CO_2 до давления 15 МПа в компрессорно-насосной установке, использующей АВХМ, — 0,09 кВт·ч/кг, что на 32 % меньше по сравнению с прямым сжатием газообразного CO_2 в поршневом либо центробежном компрессоре до давления 15 МПа.

Предложенная схема обладает рядом преимуществ. Во-первых, вместо углекислотного компрессора высокого давления применяется компрессор низкого давления с давлением нагнетания 1,8 МПа. Это может быть винтовой, центробежный или поршневой компрессоры «сухого» сжатия. Во-вторых, испаритель NH_3 -конденсатор CO_2 и переохладитель жидкого аммиака — аппараты, работающие с низкими давлениями в прямом и обратном потоках (не более 1,5-1,8 МПа). Указанные аппараты могут иметь компактное пластинчато-ребристое исполнение. В-третьих, производство аммиака связано с выработкой в избытке водяного пара, некоторое количество которого полезно утилизируется АВХМ для выработки холода и конденсации CO_2 . В-четвёртых, применение холода жидкого продуктового аммиака, поступающего на производство карбамида для переохлаждения жидкого аммиака АВХМ, позволяет на 20 % увеличить её холодопроизводительность и снизить количество циркулирующего водоаммиачного раствора.

4. КОМПРЕССОРНО-НАСОСНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АГРЕГАТА СИНТЕЗА КАРБАМИДА ВСЕМ НЕОБХОДИМЫМ КОЛИЧЕСТВОМ CO_2

При рассмотрении работы двух компрессорно-насосных установок, изображённых на рисунках 1 и 2, анализировались их показатели в случае производства 600 т/сут. карбамида. Такая производительность установок позволяла мощность карбамидного агрегата повысить с 1400 до 2000 т/сут. Однако производительность установок можно увеличить настолько, что они в состоянии обеспечить агрегат синтеза карбамида с указанной производительностью 2000 т/сут. всем необходимым для этого количеством диоксида углерода с давлением 15 МПа. В этом случае можно не использовать с этим давлением газообразный диоксид углерода, который сейчас на предприятиях нагнетается в агрегат синтеза карбамида компрессорной установкой многоступенчатого сжатия.

Анализ показывает, что холода потока жидкого продуктового аммиака для ожижения требуемого в этом случае CO_2 достаточно. Единственным ограничением является необходимость обеспечения температуры смешения 5 °С потоков жидкого аммиака, подаваемого в агрегат синтеза карбамида с давлением 1,5 МПа для его окончательного сжатия до 15 МПа. Покажем, как выполнить это условие.

Для этого нужно включить в схему установки дополнительную абсорбционную бромистолитиевую холодильную машину (АВХМ), как следует из рис. 3, для охлаждения потока тёплого жидкого аммиака перед его смешением с холодным жидким аммиаком. Такая установка сможет произвести всё количество низкотемпературного диоксида углерода и подать его на производство карбамида при помощи насосов с давлением 15 МПа.

Указанная компрессорно-насосная установка (см. рис. 3) обеспечивает одновременную подачу жидкого

аммиака и жидкого диоксида углерода на синтез карбамида с давлением 15 МПа. В случае производства в данной установке всего количества CO_2 для получения 2000 т/сут. карбамида необходимо подавать в агрегат насосами при давлении 15 МПа жидкий CO_2 в количестве 62,5 т/ч и жидкий NH_3 — 47,5 т/ч. Ожижение всего количества газообразного CO_2 становится возможным благодаря использованию дополнительной АВХМ. Она позволяет отвести необходимое количество теплоты от жидкого продуктового тёплого аммиака в интервале от 43 °С до 15 °С. В связи с этим высвобождается такое же количество холода на низкотемпературном уровне (от -30 до 0 °С) для переохлаждения жидкого аммиака, циркулирующего в АВХМ. Расчётами установлено, что для обеспечения температуры смешения холодного и тёплого аммиака 5 °С и суммарного расхода 47,5 т/ч, холодный жидкий аммиак можно нагреть от -30 °С до 0 °С в количестве 27,736 т/ч в переохладителе, а тёплый жидкий аммиак охладить от 43 °С до 15 °С в количестве 19,764 т/ч при помощи АВХМ. Это позволит АВХМ ожижить и переохладить 62,5 т/ч газообразного CO_2 , который затем насосом можно подать на производство карбамида с давлением 15 МПа, предварительно подогрев в рекуперативном теплообменнике до температуры 85 °С. Жидкий аммиак с температурой 5 °С и давлением 1,5 МПа сжимают в плунжерном насосе (на рисунке не показан) до давления 15 МПа и далее также направляют в агрегат синтеза карбамида.

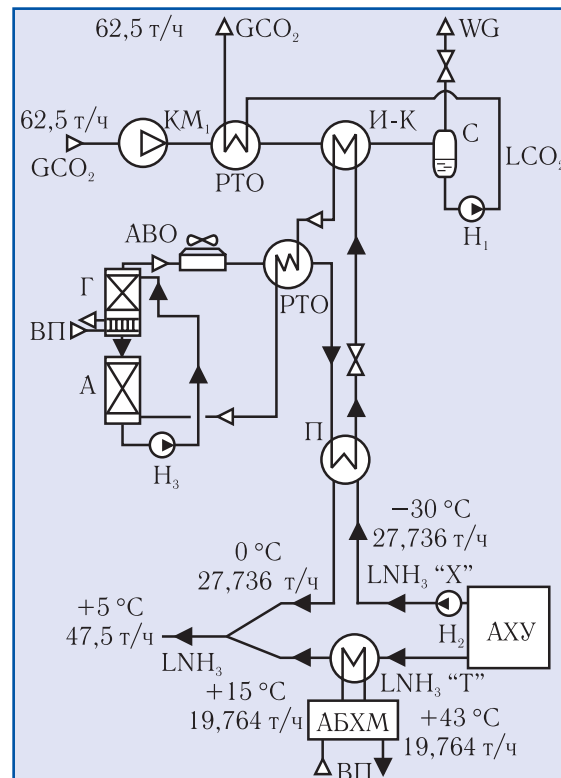


Рис. 3. Принципиальная технологическая схема компрессорно-насосной установки для ожижения CO_2 и подачи его вместе с жидким аммиаком на производство карбамида (обозначения аналогичны рис. 2): АВХМ — абсорбционная бромистолитиевая холодильная машина

Удельные энергозатраты во всех процессах установки, которые завершаются сжатием CO_2 до давления 15 МПа, составят 0,1 кВт·ч/кг. Расход водяного пара при давлении 0,6 МПа и температуре 135 °С — 19,5 т/ч, из которых на АВХМ приходится 18 т/ч, а на АБХМ — 1,5 т/ч.

Компрессорно-насосную установку, изображённую на рис. 3, целесообразно использовать при проектировании нового производства аммиака и карбамида. Что же касается существующих производств, то более выгодно применять компрессорно-насосные установки, изображённые на рисунках 2 или 3. С их помощью можно увеличить производство карбамида с 1400 до 2000 т/сут. и при этом экономить от 10 до 30 % электроэнергии на подготовку CO_2 с давлением 15 МПа.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сжатие диоксида углерода до сверхкритических давлений (15 МПа) можно осуществить различными способами. Наиболее выгодно — применение на практике компрессорно-насосных схем компримирования. Сжатие диоксида углерода в этих установках по сравнению с чисто компрессорной схемой позволит экономить от 10 до 30 % электроэнергии, что свидетельствует об их высокой эффективности. При этом удельный расход электроэнергии на сжатие 1 кг CO_2 до 15 МПа будет составлять 0,09-0,118 кВт·ч/кг.

Производство сжатого до давления 15 МПа газобразного CO_2 в предлагаемых установках позволит увеличить мощность карбамидного агрегата до 2000

т/сут, т.е. дополнительно вырабатывать 42 % продукта. В случае применения абсорбционной водоаммиачной и бромистолитиевой холодильных машин подачу всего требуемого количества жидкого CO_2 для производства 2000 т/сут. карбамида можно осуществлять с помощью насоса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник азотчика в 2-ух томах. Т.2. — М.: Химия, 1969. — 444 с.
2. Лавренченко Г.К., Копытин А.В., Федчун А.Ю. Компрессорно-насосная установка, использующая холод жидкого аммиака, для производства жидкого CO_2 и подачи его на синтез карбамида// Технические газы. — 2009. — № 2. — С. 24-30.
3. Патент Украины № 38274, МПК F25B1/00. Компрессорно-насосная установка сжижения диоксида углерода и подачи его с высоким давлением в агрегат синтеза карбамида// Бюллетень. — 2008 г. — № 24.
4. Лавренченко Г.К., Копытин А.В., Швец С.Г. Пути повышения эффективности крупных аммиачных холодильных машин// Технические газы. — 2008. — № 3. — С. 60-63.
5. Лавренченко Г.К. Повышение эффективности охлаждения потоков жидкостей и газов в низкотемпературных системах// Технические газы. — 2008. — № 6. — С. 56-60.
6. Лавренченко Г.К., Копытин А.В. Энергетические показатели различных процессов сжатия диоксида углерода до сверхкритических давлений// Технические газы. — 2007. — № 1. — С. 31-36.



ВНИМАНИЮ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ, ВЫПУСКНИКОВ ТЕХНИКУМОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ КОЛЛЕДЖЕЙ!



- получение высшего образования без отрыва от производства за 4 года;
- зачисление без экзаменов сразу на 3-ий курс Одесской государственной академии холода по направлению Украинской ассоциации производителей технических газов «УА-СИГМА»;
- специальность — 7.090507 «Криогенная техника и технология»;
- форма обучения — заочная контрактная;
- завершение учебы — защитой дипломного проекта;
- диплом Министерства образования и науки Украины признается в странах СНГ.

Условия приёма по контактному тел./факсу: +38 (048) 777-00-87