

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Литвиненко М. С.* Химические продукты коксования для производства полимерных материалов / М. С. Литвиненко, И. М. Носалевич. - Харьков: Гос. науч.- тех. изд-во лит-ры по чер. и цвет. металлургии, 1962. – 278 с.
2. *Макаров Г. Н.* Химическая технология твердых горючих ископаемых / Г. Д. Харлампович – М.: Химия, 1986. – 312 с.
3. *Свентославский В. В.* Физическая химия каменноугольной смолы – М.: ИЛ, 1958. – 370 с.
4. *Глузман Л. Д.* Лабораторный контроль коксохимического производства. / Л. Д. Глузман, И. И. Эдельман. - Харьков: Гос. науч.- тех. изд-во лит-ры по чер. и цвет. металлургии, 1957. – С. 416-462.
5. *Камнева А. И.* Лабораторный практикум по химии топлива / А. И. Камнева, Ю. Г. Королев. – М.: Типография МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1968. – 124 с.
6. *Наканиси К.* Инфракрасные спектры и строение органических соединений: Практическое руководство. – М.: Мир, 1965. – 216 с.

□ Авторы статьи:

Семенова  
Светлана Александровна  
- канд. хим. наук, доц. каф. химической  
технологии твердого топлива и экологи-  
гии КузГТУ,  
с.н.с. лаб. химии и химической техноло-  
гии угля Института угля и углекислоты  
СО РАН  
Тел. 3842-36-55-86,  
e-mail: [chem@kemnet.ru](mailto:chem@kemnet.ru)

Гаврилюк  
Оксана Максимовна  
- аспирант Института угля и уг-  
лекислоты СО РАН  
тел. 36-55-86,  
e-mail: [chem@kemnet.ru](mailto:chem@kemnet.ru)

Патраков  
Юрий Федорович  
– докт. хим. наук, зав. лабораторией  
Института угля и углекислоты СО  
РАН  
Тел. (384-2) 36-34-10, e-mail:  
[chem@kemnet.ru](mailto:chem@kemnet.ru)

УДК 661.717.5

О.А. Кузнецова, Д.А. Гусарова

### ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ МОЩНОСТИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ КАРБАМИДА

Карбамид  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  – диамид угольной кислоты или амид карбаминовой кислоты, называемый также мочевиной. Примерно 90% производимого в мире карбамида используется в качестве удобрения. Это самое эффективное минеральное удобрение, содержащее максимальное количество азота (46,3 %). Из карбамида получают карбамидофармальдегидные смолы и пластмассы, меламин; его используют для приготовления ряда лекарственных и косметических препаратов, для разделения смесей органических соединений и т.д.

Мировое производство карбамида в последние несколько лет, обусловленное устойчивым спросом со стороны сельскохозяйственного и индустриального секторов, достигло рекордного уровня. В 2008 году оно составило 144 млн т, в 2009 году оценивается уже примерно в 150 млн т. Прогнозируется, что в 2012 году общемировое производство карбамида достигнет 185 млн т. Основной причиной роста спроса на минеральные удобрения в мире будет быстрое истощение разработанных сельскохозяйственных угодий и крайне медленное развитие новых: к 2010 экстенсивный прирост пахотных площадей практически прекратится из-за полного исчерпания природных и сельскохозяйственных земель. Прирост площа-

дей не будет превышать 0.3-0.5% в год при росте потребления сельхозпродукции не менее чем на 5-6% в год [1].

На сегодняшний день крупнейшими производителями карбамида являются Азия (Китай и Индия) и Северная Америка (США), и страны, располагающие сырьем: Ближний Восток, Россия, Украина. Доля России в мировом производстве составила в 2009 году 4%, Индии - 10%, США - 12%, Китая - 20%.

Удельный вес карбамида в производстве азотных удобрений в России составляет порядка 30 %. В 2009 году, по официальной данным, в стране было выработано 6,4 млн т карбамида в натуральном весе, 90% из этого было экспортировано.

Для промышленного производства карбамида во всем мире используют открытый русским химиком А.И. Базаровым способ синтеза из аммиака и диоксида углерода, когда последовательно протекают две обратимые реакции[2]:

образование карбамата аммония (кДж) :  

$$2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{CO}(\text{NH}_2)(\text{ONH}_2), \Delta H = -125,6 \quad (1)$$
и дегидратации карбамата аммония до карбамида (кДж) :

$$\text{CO}(\text{NH}_2)(\text{ONH}_2) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}, \Delta H = 15,5 \quad (2)$$

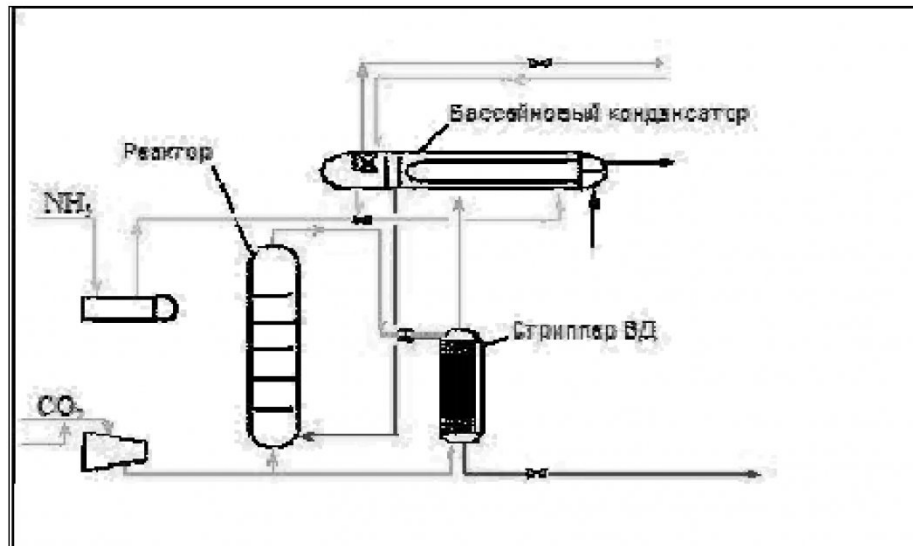
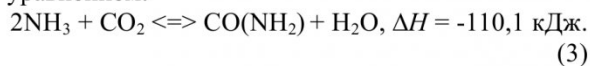


Рис.1. Технология Urea 2000plus™ - синтез с бассейновым конденсатором.

Процесс синтеза описывается суммарным уравнением:



Все известные в настоящее время схемы производства карбамида отличаются, главным образом, способом рекуперации непрореагировавших веществ. Наиболее широкое применение во всем мире нашли схемы с «жидкостным рециклом» как с применением, так и без применения стриппинга. Усовершенствование схем направлены на соединение воедино преимуществ стриппинговой и нестриппинговой технологии получения карбамида.

Для создания нового предприятия по производству карбамида зачастую нужны огромные капиталовложения, а цены на карбамид обычно недостаточно высоки для быстрой окупаемости. Практически во всех рыночных ситуациях производители рассматривают вариант модернизации своих действующих предприятий. Модернизация, как правило, ведет к уменьшению себестоимости

продукции, не требует чрезмерных капиталовложений и окупается за более короткий период, чем при покупке нового предприятия.

Существует различные варианты модернизации действующих производств с целью увеличения их мощности, например, на КОАО «Азот» Кемерово в 2006 году произведена реконструкция реактора синтеза, достигнутая мощность производства – 515 тыс. т/год по сравнению с проектной 450 тыс. т/год. Для оптимизации гидродинамического режима внутри реактора установлен комплект внутренних устройств (КВУ), состоящий из смесителя, распределительной тарелки, насадки продольного секционирования и 15-ти ситчатых тарелок.

Применяя новейшие технологии, такие как, Бассейновый конденсатор, можно еще повысить производительность агрегата карбамида на КОАО «Азот» до более высокого уровня – 2000 мт/сут или даже выше, если потребуется. Вместе с тем, расходные показатели по пару и энергии будут

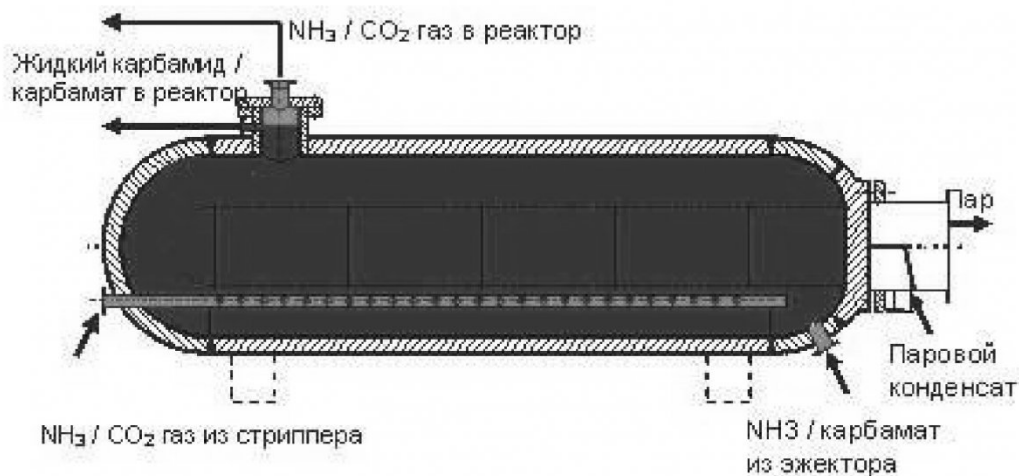


Рис.2. Бассейновой конденсатор

значительно снижены (-20%), а эксплуатация станет чрезвычайно надежной, упростятся процедуры пуска/остановки.

Данный процесс может иметь различное аппаратное оформление. На рис.1 представлена схема стадии синтеза карбамида, модернизированной установкой Бассейнового конденсатора и стриппера высокого давления.

Новая технология успешно эксплуатируется на производстве карбамида мощностью 2700 тонн/сутки в Китае, запущенном в 2004 году, а также на производстве мощностью 3200 тонн/сутки в Катаре, запущенном в 2005 году.

На рис.2 изображен бассейновой конденсатор. Это горизонтальный сосуд высокого давления, в котором объединены реакционный объем и конденсирующая способность. После реактора, раствор карбамида поступает в стриппер, в котором непрореагировавший карбамат подвергается диссоциации и возвращается в газовой форме в Бассейновый конденсатор. Эта внутренняя рециркуляция происходит без добавления воды. Отходящие газы стриппера конденсируются в Бассейновом конденсаторе, при этом в его трубном пространстве образуется пар, который используется в подогревателях, эжекторах, десорбционных колоннах. Кроме того в Бассейновом конденсаторе идет реакция образования карбамида из карбамата аммония. Дальнейшая реакция выходящего из Бассейнового конденсатора раствора карбамида проходит в реакторе карбамида. Раствор карбамида после стриппера направляется непосредственно на вторую ступень дистилляции, т.е. необходимость в первой ступени дистилляции отпадает [3].

Преимуществами синтеза с использованием бассейнового конденсатора являются:

- требуется на 40% меньше поверхности теплообмена по сравнению с вертикальным конденсатором пленочного типа,
- конденсатор высокого давления и реактор объединены в одном аппарате,
- длина трубопроводов высокого давления из коррозионно-стойкой стали значительно снижается,
- снижение расхода пара за счет улучшения регенерации тепла

-легкость в эксплуатации, стабильный синтез нечувствительный к изменению соотношения  $\text{NH}_3/\text{CO}_2$

- увеличение мощности производства в целом.

В случае ограничения места для расположения оборудования, Стамикарбон предлагает Комби-реактор в качестве альтернативы Бассейновому конденсатору [1]. Типовой Комби-реактор показан на следующем эскизе.

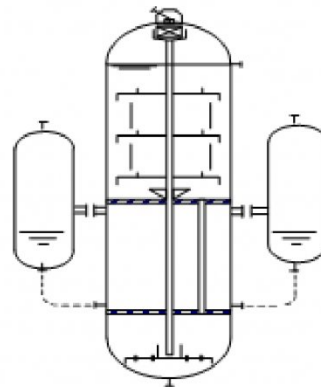


Рис.3. Комби-реактор

Комби-реактор – аппарат вертикального типа, в котором время удержания и конденсирующая способность объединены.

В этом реакторе также используется конденсатор погруженного типа, но в отличие от бассейнового конденсатора, этот конденсатор почти не имеет времени удержания.

В этом конденсаторе трубная пространство – сторона процесса, в то время как межтрубное пространство – пара/конденсата.

В верхней части конденсатора предусмотрена задержка жидкой части, которая состоит из отделений, разделенных ситчатыми тарелками.

На вершине реактора отходящие газы промываются рециркулированным раствором карбамата из секции рециркуляции и, в случае, если происходит промывка общего количества инертных, в качестве поглотительной среды также может использоваться жидкий аммиак в этой части скруббера.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.e-plastic.ru>
2. Справочник азотчика. – М.: Химия, 1987. – 464 с.
3. <http://www.newchemistry.ru>.

□ Авторы статьи:

Кузнецова  
Ольга Анатольевна  
- канд.хим.наук, доц. каф. химии и  
технологии неорганических ве-  
ществ КузГТУ  
Тел.8(3842)39-63-17

Гусарова  
Дарья Александровна  
- студ. КузГТУ (гр. ХН-051)  
Тел.8(3842)39-63-17