

Армашов Н.С.

Научный руководитель: д.в.н., Гусейнов Н.Г.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
nik.armashov.2002@gmail.com

### **Первичная перегонка нефти путем ректификации**

В представленной работе изучены характеристики продуктов производства по первичной переработки нефти и характеристики исходного сырья которой является сырая нефть. Рассмотрен метод по получению топлив и масел из сырой нефти путем ректификации.

Был описан технологический процесс получения различных углеводородов из нефти, который состоит из стадии очистки пластовой нефти при помощи узла электродегидраторов, получения легких углеводородов через отбензинивающую колонну и получения керосиновых, дизельных и мазутных фракций через атмосферную ректификационную колонну.

Частично отбензиненная нефть после отбензинивающей колонны поступает в трубчатую печь которая оснащена специальными горелками, смотровыми окнами и люками. Из печи выходят два нагретых потока один из которых возвращается в отбензинивающую колонну для вноса дополнительного количества энергии необходимой для ректификации, а второй поступает в атмосферную ректификационную колонну где нефть разделяется на несколько фракций. Для более полного выделения фракций в колонну подают водяной пар. С верха колонны выходят фракции имеющие конец кипения 180 °С а в месте с ними и водяной пар, из двух боковых погонов колонны выходят керосиновые (180 - 230 °С) и дизельные (230 - 350 °С) фракции которые поступают в отпарные колонны из которых выделяются остатки легких фракций, с низа колонны выделяются мазутные фракции с точкой кипения выше 350 °С. После колонн фракции проходят через теплообменники и холодильники и в итоге выводятся с установки.

Были изучены физико-химические основы ректификации, массообменного процесса разделения смеси на чистые компоненты имеющие различные температуры кипения за счет многократного противоточного контактирования паров и жидкости.

Рассмотрена классификация ректификационных колонн. В установке используется атмосферная ректификационная колонна части АТ типа (А – 12/9) высотой 14800 мм, числом тарелок 28 шт., и расстоянием между ними 300мм. Основным материалом колонны является нержавеющая сталь. Было рассмотрены вспомогательные оборудования, к которым относятся: резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов, нефтяной центробежный насос, трубчатая печь.

Были рассчитан материальный баланс прихода и расхода компонентов, была выявлена незначительная невязка компонентов. Также рассчитан тепловой баланс. Был рассчитан гидравлический расчет проточной части насоса и получили максимально допустимую частоту вращения винта насоса равную 2950 об/мин, КПД насоса равен 0,7.

### **Литература**

1. Ермолаева В.А., Ткачева Д.Р. Материальный и тепловой баланс производства фтористого водорода, Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2017, № 1(31). - с. 5-11.
2. Гартман Т.Н., Клушин Д.В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов. – М.: Академкнига, 2007. – 416 с.
3. Ермолаева В.А. Алгоритмы расчета и расчетные характеристики химико-технологических процессов, Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, № 5, 2018, стр. 28-33

Волкова А.А.

Научный руководитель: старший преподаватель Е.В. Шарапова  
*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный  
университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
anastaia.367.alunia@gmail.com*

### **Математическое моделирование производства аммиака из природного газа в ChemCAD**

Соединения азота играют исключительно важную роль в жизни на Земле, поскольку они являются составной частью всех белковых соединений и находят широкое применение во всех областях деятельности человека.

В настоящее время основным промежуточным продуктом для получения огромного числа различных азотосодержащих соединений является аммиак, а синтез его из водорода и азота – единственным крупномасштабным методом производства этого важнейшего продукта. Программа ChemCad представляет собой инструментальные средства математического моделирования химико-технологических процессов для решения задач исследования и проектирования как химико-технологических систем, так и отдельных аппаратов.

Исходным сырьем в производстве аммиака является природный газ – бесцветен и не имеет запаха, за исключением случаев повышенного содержания в его составе сероводорода. Смесь с воздухом в диапазоне концентраций от 4,4 до 17% взрывоопасна. Целевой продукт аммиак – бесцветный газ с резким запахом. Жидкий аммиак вызывает сильные ожоги кожи. Смесь аммиака с воздухом взрывоопасна. Газообразный аммиак является токсичным соединением.

Метод производства основан на каталитическом получении синтетического аммиака из водорода и азота, получаемого путем паровой конверсии природного газа в трубчатой печи с последующей паро-воздушной конверсией остаточного метана в шахтном конверторе, двухступенчатой конверсией окиси углерода, очисткой конвертированного газа от двуокиси углерода раствором активированного метилдиэтанолamina, гидрированием (метанированием) остаточного содержания окиси и двуокиси углерода, компримированием синтез-газа. Синтез аммиака протекает на промотированном железном катализаторе при среднем давлении 18,0-22,0 Мпа.

Перед началом моделирования выбирают единицы измерения. Мы смоделировали часть схемы контура синтеза аммиака в программе ChemCAD. Данную схему мы построили с помощью палитры моделей программы. В этой области содержатся различные объекты, используемые в проектировании химико-технологических процессов химического производства. На схеме у нас представлены основная и дополнительная колонна синтеза, для их обозначения мы взяли модуль Stoichiometric reactor (REAC). Он моделирует стехиометрический реактор при наличии набора стехиометрических коэффициентов, ключевых компонентов и степеней превращения. Так как изначально у нас был один поток, перед синтезом он разделился на два, чтобы определить суммарные показатели мы воспользовались модулем Mixer. Модуль смеситель (Mixer) смешивает несколько входных потоков и выполняет расчет фазового равновесия адиабатически при заданном выходном давлении смесителя.

Далее мы задаем химические компоненты, которые будут участвовать в реакции синтеза аммиака. Материальный поток реагентов перед входом в реактор распределяется на две колонны синтеза: смесь циркуляционного газа и очищенной азотоводородной смеси поступает двумя потоками в основную колонну синтеза (поток 1) и дополнительную (поток 2).

После мы вводим данные параметров модулей.

В области Specify Thermal Mode: (Задание теплового режима): выбирается один из тепловых режимов работы реактора:

1. Adiabatic (Адиабатический) – адиабатический;
2. Isothermal (Изотермический) – изотермический;
3. Heat Duty (Тепловая нагрузка) – с заданной тепловой нагрузкой.

Далее в списке Key component (Ключевой компонент) определяется позиция ключевого компонента. В одном реакторе ключевым компонентом мы выбрали азот, в другом водород. Предполагается, что ключевой компонент является реагентом.

В следующих полях мы задали значения:

Frac. Conversion (Степень превращения) – степени превращения ключевого компонента (значение от 0 до 1).

Stoichiometric Coefficients: (Стехиометрические коэффициенты): задается последовательный набор стехиометрических коэффициентов: отрицательных – для реагентов, положительных – для продуктов и нулевых – для веществ, не участвующих в реакции.

Для проведения моделирования технологической схемы используются команды меню Run (Счет). С помощью этих команд можно задавать последовательность расчета и выполнять контроль над ходом расчета. Run All (Счет всего) – рассчитывает все оборудование технологической схемы. При этом программа в первую очередь проверяет все данные перед началом расчетов.

Программа не выдала никаких предупреждений и сообщений об ошибках, значит, все параметры были заданы правильно.

Результатом моделирования будет сравнение мольных долей компонентов продуктов реакции после объединения двух потоков, выходящий из двух реакторов, и общего расхода количества газа с данными состава материальных потоков действующего производства.

Из сравнения будет видно, что общий расход количества газа почти совпадает с данными состава материальных потоков действующего производства, мольная доля аммиака тоже почти совпадает, а у других компонентов разница больше. Из этого можно сделать вывод, что данные не совсем совпадают, так как возможно допущены погрешности во время ввода данных параметров модулей.

Волкова А.А.

Научный руководитель: к.х.н., доцент Ермолаева В.А.

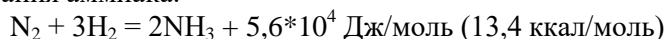
*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
anastaia.367.alunia@gmail.com*

### **Проектирование технологии производства аммиака из природного газа**

В настоящее время основным промежуточным продуктом для получения огромного числа различных азотосодержащих соединений является аммиак, а синтез его из водорода и азота – единственным крупномасштабным методом производства этого важнейшего продукта. Сырьем для производства аммиака служит природный газ – смесь газообразных углеводородов природного происхождения, в основном метана и других примесей алканов. Он может содержать диоксид углерода, азот, сероводород и гелий; смесь с воздухом в концентрации 4,4-17% взрывоопасна. Природный газ бесцветен и не имеет запаха, за исключением высокого содержания сероводорода. Целевой продукт аммиак представляет собой бесцветный газ с резким запахом, температура плавления  $-80^{\circ}\text{C}$ , температура кипения  $-36^{\circ}\text{C}$ , хорошо растворим в воде, спирте и многих других органических растворителях. Он синтезируется из азота и водорода.

Метод производства основан на каталитическом получении синтетического аммиака из водорода и азота, получаемого путем паровой конверсии природного газа в трубчатой печи с последующей паро-воздушной конверсией остаточного метана в шахтном конверторе, двухступенчатой конверсией окиси углерода, очисткой конвертированного газа от двуокиси углерода раствором активированного метилдиэтанолamina, гидрированием (метанированием) остаточного содержания окиси и двуокиси углерода, компримированием синтез-газа. Синтез аммиака протекает на промотированном железном катализаторе при среднем давлении 18,0-22,0 МПа

Уравнение образования аммиака:



В ходе работы были рассчитаны материальный и тепловой балансы данного процесса. По результатам материального баланса количество аммиака в продуктах реакции в количестве 95883,64 кг/ч обеспечивает производительность всей установки в 74935 кг/ч по продукту, содержащему 99,83% аммиака. Производительность в 74935 кг/ч соответствует  $75359 \cdot 24 / 1000 = 1798,44$  т/сут или 656430,6 т/год. По результатам теплового баланса рассчитанное количество теплоты (757667,529 МДж/ч), которое необходимо отвести от реакционной смеси, может быть использовано для проектирования теплообменной аппаратуры.

Основным аппаратом в блоке синтеза аммиака является колонна синтеза, в рассматриваемой схеме используется двухполочная колонна с радиальным типом. Радиальный ход газа обеспечивает пониженное гидравлическое сопротивление слоя, что позволяет использовать более эффективный мелкозернистый катализатор. Рассчитали процентное содержание  $\text{NH}_3$  в газовой смеси на выходе из колонны синтеза, которое составляет 17,8201 %. Произведен технологический расчет: диаметр центральной трубы – 0,592897 м, высота 1-й полки катализатора – 3,76716 м, высота 2-й полки катализатора – 1,88358 м, общая высота катализаторной коробки составляет 5,65074 м, диаметр колонны синтеза аммиака – 2,75 м, высота цилиндрической части корпуса колонны – 6,95041 м, полная высота колонны – 11,9504102 м.

В качестве дополнительного оборудования был произведен расчет на устойчивость изотермического резервуара: толщина 1-го пояса – 11 мм, толщина 2-6 пояса – 9, меридиональные напряжения 1-го пояса – 3,236 МПа, меридиональные напряжения 2-го пояса – 3,438 МПа, меридиональные напряжения 3-го пояса – 3,236 МПа, меридиональные напряжения 4-го пояса – 3,034 МПа, меридиональные напряжения 5-го пояса – 2,832 МПа, меридиональные напряжения 6-го пояса – 2,63 МПа. А также был произведен расчет

поршневого компрессора: массовая производительность компрессора – 0,043 кг/с, объем, описываемый поршнями компрессора – 0,023 м<sup>3</sup>/с, электрическая мощность – 13,3 кВт, диаметр поршня – 0,07 м, средняя скорость поршня – 2,9808 м/с.

#### Литература

1. Аммиак газ, физические свойства аммиака, химические свойства аммиака [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://tgko.ru/spravka/gaz/ammiak/>
2. Гаврилюк А. Н. Технология связанного азота и азотных удобрений. Практикум : учеб. - метод. пособие для студентов специальности «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» / А. Н. Гаврилюк, О. Б. Дормешкин. – Минск : БГТУ, 2018. – 162 с.
3. Кузнецов Л. Д., Демитренко Л. М., Рабина П. Д., Соколинский, Ю. А. Синтез аммиака. – Под редакцией. Л. Д. Кузнецова, – Москва : Химия, 296 с, ил. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: [https://rusneb.ru/catalog/000199\\_000009\\_001083201/](https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_001083201/)
4. Природный газ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://petrodigest.ru/terms/prirodnij-gaz#production>

Жданова В.В.

Научный руководитель: к.х.н., доцент Ермолаева В.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
zhdanova228@yandex.ru*

### **Производство этилового спирта методом прямой гидратации этилена**

Производство этилового спирта является важным этапом в различных химических процессах, таких как производство лекарственных препаратов, парфюмерии, а также в производстве спиртовых напитков и дезинфицирующих средств. В обычных условиях этиловый спирт представляет собой бесцветную жидкость со жгучим горьковатым вкусом и запахом. Одним из наиболее широко используемых способов производства этилового спирта является получения спирта методом прямой гидратации этилена. В этом процессе этилен (исходное сырье), получаемый из газов пиролиза на газофракционирующей установке в виде этилен-этановой фракции, реагирует с водяным паром в присутствии катализатора, что приводит к образованию спирта:  $C_2H_4 + H_2O \rightarrow C_2H_5OH$ . В качестве катализатора используется фосфорная кислота на твердом носителе, процесс прямой гидратации осуществляется при поддержании температуры 260-300 °С и давлении 6-8 МПа. Такой способ является более экономичным, позволяет получить более высокий выход продукта и отличается высокой экологичностью.

Одним из ключевых устройств в технологической схеме процесса производства этанола, является гидратор этилена, в котором происходит основная реакция процесса гидратации, при поддержании определенного давления 8 МПа и температуры 310 °С. Высокое давление обеспечивает более полное взаимодействие молекул этилена с молекулами воды, что способствует большему образованию этилового спирта. Температура также играет важную роль в регулировании скорости реакции и качества получаемого продукта. Корпус и днище гидрататора выкладывается листами красной меди для того чтобы избежать коррозии под действием фосфорной кислоты. Были рассчитаны материальный баланс процесса гидратации в гидрататоре и конструктивный расчет самого аппарата, в ходе которых было определено, что для получения 8,48 тонн этилового спирта, нам потребуется 47,488 кг чистой фосфорной кислоты, необходимой для пропитки катализатора и 118,72 кг самого катализатора. В процессе будет использоваться гидратор длиной 9,5 м, который будет заполнен катализатором на 7 м.

Так же одним из важных этапов в производстве этилового спирта является процесс, который происходит в холодильнике-конденсаторе. Холодильник-конденсатор рассматривается в качестве теплообменника, в котором происходит охлаждение и конденсация паров этилового спирта. Спирт с температурой 95 °С поступает в трубное пространство аппарата. В качестве охлаждающего элемента в межтрубное пространство холодильника-конденсатора поступает вода с температурой 21 °С. Она окружает трубное пространство, через которое проходит горячий спирт и тем самым происходит охлаждение за счет теплообмена между горячим спиртом внутри труб и холодной водой за пределами этих труб. В ходе процесса спирт охлаждается до 40 °С, конденсируется и превращается в жидкость, а вода тем самым нагревается до 35 °С.

Рассмотрена классификация абсорберов. В установке производства этилового спирта используется абсорбер насадочный для улавливания паров этанола из паровоздушной смеси водой. В качестве насадки используются Седла «Инталокс».

Так же был произведен расчёт материального и теплового баланса процесса, в ходе которого был рассчитан приход и расход компонентов, выход целевого продукта 71,8% и уносимая теплота 6077,084 МДж. По мимо, всего этого были выявлены отходы. В качестве отхода неблагоприятно влияющего на окружающую среду был выявлен непрореагировавший этилен. На основании полученных результатов была предложена очистка воздуха от этилена в трубчатом реакторе каталитического окисления с неподвижным слоем катализатора. Принцип

работы данного реактора основан на использовании катализатора для превращения этилена в этиленоксид, который более безопасен для окружающей среды. Концентрация этилена на выходе из каталитического реакторе составляла 0,001 мг/м<sup>3</sup>.

#### Литература

1. Ермолаева В.А. Алгоритмы расчета и расчетные характеристики химико-технологических процессов, Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, № 5, 2018, стр. 28-33.
2. Лебедев Н. Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза / Н.Н. Лебедев. М.: Химия, 2005.
3. Тимофеев В. С., Серафинов Л. А. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза : учеб. пособие для вузов. 2-е изд., М. : 2003г., 536 с.
4. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Механические и физические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учебное пособие, 2015 г.

Копылова К.А.

Научный руководитель: к.х.н., доцент Ермолаева В. А.

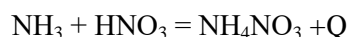
*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
ksyu.kopylova.02@mail.com

### Производство аммиачной селитры

Характерной особенностью формулы аммиачной селитры является присутствие азота в двух формах - нитратной и амидной -  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Это способствует увеличению времени, необходимого для усвоения азота растениями из почвы. Нитратный азот начинает впитываться сразу после внесения удобрения под корень, в то время как амидный азот начинает усваиваться не ранее, чем через неделю после подкормки.

В данной работе был рассмотрен и описан технологический процесс производства аммиачной селитры, который состоит из следующих стадий: получение раствора аммиачной селитры нейтрализацией, выпаривание раствора аммиачной селитры до состояния плава, кристаллизация соли из плава, сушка и охлаждение соли, упаковка.

Производство аммиачной селитры основано на реакции нейтрализации азотной кислоты газообразным аммиаком с последующим упариванием полученного раствора. Нейтрализация азотной кислоты аммиаком – необратимый гетерогенный процесс хемосорбции, протекающий по реакции:



Для обеспечения полного поглощения аммиака на выходе из аппарата ИТН раствор должен содержать небольшой избыток азотной кислоты. При анализе материального и теплового баланса процесса нейтрализации в аппарате ИТН было установлено, что производство составляет 59 597,2 кг/ч, а выделилось 20 323 330,6 кДж теплоты.

Затем кислотный раствор аммония направляют в донейтрализатор, после чего раствор поступает в пленочный выпарной аппарат для его выпаривания до состояния плава, которое осуществляется при помощи водяного пара под давлением 1,4 Мпа. Максимальная температура в трубном пространстве 175,6 °С, в межтрубном пространстве 181,1 °С.

В ходе технологического расчета пленочного выпарного аппарата было определено, что необходимая поверхность теплопередачи равна 155 м<sup>2</sup>, а производительность аппарата по упаренной воде - 1,62 кг/с. В ходе конструктивного расчета было рассчитано число трубок греющей камеры, которое составило 260 штук, а так же внутренний диаметр греющей камеры, который составил 1,383 м.

При получении плава, содержащего 99,8% селитры, он подается в грануляционную башню. Температура гранул при выходе из башни колеблется от 90 до 110 °С, что требует охлаждения в аппарате кипящего слоя. Гранулы аммиачной селитры из аппарата кипящего слоя передаются транспортером для обработки поверхностно-активным веществом (ПАВ) во вращающемся барабане. После этого селитра направляется в бункер для последующего взвешивания и упаковки в бумажные или полиэтиленовые мешки.

По результатам моделирования химико-технологического процесса, был сделан вывод, что за время равное 5 минутам аммиак расходуется с 100% до 28.9%. Азотная кислота расходуется с 58% до 17%, выход аммиачной селитры составляет 83.6%.

### Литература

1. Ильин В.А., Пахотин О.И., Климашкина Г.Г., Василькова О.Е. Получение гранулированного сложного азотно-фосфатного удобрения на основе аммиачной селитры// Новые технологии вазотной промышленности. Ставрополь, 2003.



2. Мельников Е.А. и др. Технология неорганических веществ и минеральных удобрений. - М.: Химия, 1983. -432 с

3. Чернышев А. К., Левин Б.В., Туголуков А.В., Огарков А.А., Ильин В.А. Аммиачная селитра: свойства, производство, применение / под ред. Б.В. Левина, А.В. Туголукова. М. 2009.

Крайнова Е.Е.

Научный руководитель: к.х.н., доцент Ермолаева В.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
savuschkina03@mail.ru

### **Производство двойного суперфосфата поточным методом**

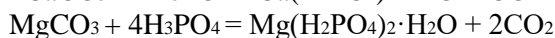
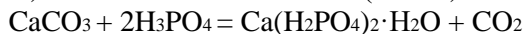
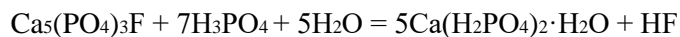
Двойной суперфосфат – это концентрат минерального удобрения, растворимого в воде. Благодаря большой доли фосфора (43 – 46%), данный продукт можно применять на любом виде грунта для обогащения его состава. Для сезонных подкормок двойной суперфосфат является оптимальным решением.

Основное действующее вещество в данном удобрении – моногидрат дигидроортофосфата кальция. Также, присутствуют примеси:

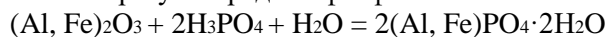
- сульфат кальция,
- соли железа,
- соли алюминия,
- сера.

Изучен технологический процесс производства этого минерального удобрения, который основывается на разложении фосфоритной муки фосфорной кислотой при температуре 80°C.

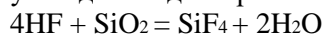
При разложении фосфатов фосфорной кислотой происходят следующие основные реакции:



Оксиды железа и алюминия образуют средние фосфаты:



Выделяющийся HF взаимодействует с диоксидом кремния с образованием  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  и  $\text{SiF}_4$ :



В ходе работы был произведен расчет материального баланса по стадиям. При расчете материального баланса использовался закон сохранения масс, благодаря которому был рассчитан приход и расход компонентов. Сделан расчет теплового баланса производства.

Произведено математическое моделирование технологического процесса. При проведении моделирования кинетики химических реакций, протекающих в реакторе, было рассчитано, что продукт –  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  – образуется спустя 2 минуты реагирования компонентов с концентрацией, равной 5,239, что соответствует уравнению.

Концентрации исходных веществ по истечении 2 – х минут равны:  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$  – 0,152,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  – 1,773,  $\text{H}_2\text{O}$  – 1,064,  $\text{CaCO}_3$  – 0,0009782,  $\text{MgCO}_3$  – 0,177. Данные количественные показатели соответствуют реакциям. Анализируя результаты, можно сказать, что реакция проходит полностью по истечении двух минут.

Подобрано технологическое оборудование, а также рассчитаны его основные параметры. Для данного технологического процесса будет актуальна распылительная сушилка типа РЦ 12,5-1100НК, имеющая следующие основные технические характеристики:

- высота аппарата 12,5 м;
- ширина аппарата 11 м;
- диаметр сушильной камеры 8 м;
- высота сушильной камеры 9 м;
- максимальная температура подаваемого теплоносителя - 700°C;
- температура теплоносителя на выходе из сушильной камеры - 130°C - 110°C;
- производительность по прямой влаге 15000 кг/ч;
- мощность двигателя распыливающего механизма 100 кВт;

- масса установки 45 380 кг.

Разработана модернизированная система очистки отходящих газов со стадии сушки. Предложено новое оборудование для выбранной системы очистки.

#### Литература

1. Воробьев, Н. И. Технология фосфорных и комплексных удобрений: «Технология минеральных удобрений, солей и щелочей» / Н. И. Воробьев. – Минск : БГТУ, 2015. – 177 с.

2. Неорганическая химия: В 3 т. / Под ред. Ю. Д. Третьякова. Т. 1: Физико-химические основы неорганической химии: Учебник для студ. высш. учеб.заведений / М.Е.Тамм, Ю. Д. Третьяков; — М.: Издательский центр «Академия», 2004 — 240 с.

3. Позин М.Е. Технология минеральных солей, [электронный ресурс], режим доступа: <https://bookree.org/reader?file=467882&pg=81>

4. Мельникова Е.Я., Салтанова В.П., Наумова А.М., Блинова Ж.С. Технология неорганических веществ и минеральных удобрений, [электронный ресурс], режим доступа: <https://libcats.org/book/469110>.

Кутырева Е.В., Гусейнов Н.Г.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
katinakatyua1999@gmail.com*

### **Витамины. Их роль в иммунном становлении организма. Природные источники**

Витамины составляют обширную группу органических веществ разнообразной химической природы, не являющихся для организма пластическим материалом и источником энергии, но биологически весьма активных в малых количествах и необходимых для поддержания нормальных биохимических процессов, лежащих в основе жизни организма. Следовательно, витамины – это биологические регуляторы важнейших процессов обмена веществ в организме. В результате проведенных исследований установлено, что многие витамины в клетках организма превращаются в коферменты, являющихся составной частью ферментов. Коферменты – важнейшие низкомолекулярные соединения, представляющие собой нуклеотиды, содержащие в своем составе витамины или фосфорные эфиры последних. Коферменты взаимодействуют со специфическими белками – апоферментами, образуя ферменты – биологические катализаторы химических процессов в организме. Условно различают две функции коферментов: во – первых, непосредственное участие в каталитическом превращении субстрата одним ферментным белком и во – вторых, активация и перенос молекулы субстрата (или ее части) от одного фермента к другому. Следовательно, являясь составной частью различных коферментов, витамины катализируют реакции биохимического превращения белков, жиров и углеводов, ускоряют процессы синтеза и распада веществ в организме. Этим и объясняется механизм их действия. Витамины оказывают многостороннее влияние на организм и поэтому они широко используются в практике не только в качестве специфических препаратов для лечения и профилактики гиповитаминозов, но и как неспецифические фармакодинамические средства при самых разнообразных заболеваниях непосредственно не связанных с витаминной недостаточностью.

Повышающие общую реактивность организма – регулируют функциональное состояние ЦНС, обмен веществ и трофику тканей, это В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, В<sub>6</sub>, А, С, D. Антигеморрагические – обеспечивают нормальную проницаемость и резистентность кровеносных сосудов, повышают свертываемость крови – С, Р, К. Антианемические – нормализуют и стимулируют кроветворение – С, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>. Антиинфекционные – повышают устойчивость организма к инфекции: стимулируют выработку антител, усиливают фагоцитоз, усиливают защитные свойства эпителия, нейтрализуют токсическое действие возбудителя – С,А, группа В, D. Регулирующие зрение – обеспечивают адаптацию глаза к темноте, усиливают остроту зрения, расширяют поле цветного зрения – А, В<sub>2</sub>, С. В связи с выше изложенным целью наших исследований является: определение в лаборатории наличие витаминов А, D, С, группы В, К в отдельных продуктах питания. Задачи: выяснить значение этих витаминов в образовании ферментов, веществ антиоксидантов, уничтожающих перекисные соединения в организме, повышающие иммунитет. Рассмотреть их экологическое значение. Методом йодометрии и других общепринятых методов исследований, выяснить в каких именно овощах наибольшее количество этих витаминов, и по возможности рекомендовать их для употребления. Поставленная цель и задачи определили предмет исследования: содержание этих витаминов в употребляемых продуктах питания. Объект исследования: капуста, картофель, морковь, болгарский перец, кукуруза, подсолнух.

Результаты исследований свидетельствуют о не высокой энергетической ценности всех продуктов и высокой витаминной насыщенности их, например на 100 г. продукта: капуста - 20 ккал; каротин 30 мкг; С – 30 мг; Е – 0,15 мг; В<sub>1</sub> – 0,05 мг; В<sub>2</sub> – 0,03 мг; В<sub>3</sub> – 0,233 мг; В<sub>6</sub> – 0,124 мг; железо – 0,45 мг. Соответственно картофель – 55 ккал; каротин – 0; С – 7 мг; Е – 0; В<sub>1</sub> – 0,04; В<sub>2</sub> – 0,03 мг; В<sub>3</sub> – 1 мг; В<sub>6</sub> - 0,24 мг; железо - 0,5 мг. Морковь – 41 ккал; каротин – 4453 мкг; С – 3,5 мг; Е – 0,220 мг; В<sub>1</sub> – 0,022 мг; В<sub>2</sub> – 0,031 мг; В<sub>3</sub> – 0,452 мг; В<sub>6</sub> – 0,088 мг; железо –

0,292 мг. Болгарский перец – 53 ккал; каротин – 0; С – 91,5 мг; Е – 0,45; В<sub>1</sub> – 0,073 мг; В<sub>2</sub> – 0,053 мг; В<sub>3</sub> – 0, В<sub>6</sub> – 0,517 мг; железо – 0,45 мг. Кукуруза – 325 ккал; каротин – 45 мкг; С – 5,3 мг; Е – 0,1 мг; В<sub>1</sub> – 0,372 мг; В<sub>2</sub> – 0,2 мг; В<sub>3</sub> – 2мг; В<sub>6</sub> – 0,530 мг; железо – 3,3 мг. Подсолнух -578 ккал; каротин – 30 мкг; С – 11 мг; Е – 31,1 мг; В<sub>1</sub> – 1,33 мг; В<sub>2</sub> – 0,23 мг; В<sub>3</sub> – 0; В<sub>6</sub> – 0,6 мг; железо – 0.

Таким образом, недостаток любого из витаминов в организме вызывает серьезные иммунные расстройства, например дефицит витамина А в эпителиальной ткани вызывает регрессивную метаплазию с явлениями кератогиалинизации. Это приводит к тому, что высокодифференцированный эпителий слизистых оболочек трахеи бронхов, сычуга и кишечника замещается плоским многослойным ороговевающим. В итоге снижаются функциональные возможности организма и иммунобиологическая реактивность, ведущие к плохой усвояемости и оплате корма, низкому уровню защиты против заболеваний, в этиопатогенезе которых основное место занимают микроорганизмы. Отличительная черта всех витаминных соединений - они не могут синтезироваться в достаточном количестве в организме человека ( а некоторые вещества вовсе не вырабатываются эндогенно), поэтому для правильного метаболизма необходимо регулярное поступление этих веществ извне. Если ежедневное потребление нутриента не соответствует физиологической норме, нарушаются соответствующие биохимические реакции, появляются клинические признаки расстройства. Поэтому мы рекомендуем ежедневное потребление объект наших исследований (продукты не только с высоким содержанием витаминов и низкой калорийностью, но и экологически безупречных).

#### Литература

1. Гусейнов Н.Г. Иммунные расстройства в организме сельскохозяйственных животных и возможные риски для здоровья человека в сфере его жизнедеятельности при гехногенных патологиях паразитарной этиологии // Российский научный журнал, №5 (48) 2015 г. – с. 321-324.
2. Сергеев Л.В и др. Биохимическая фармакология. МЖ Издательство «Высшая школа».
3. Ионов П.С. Внутренние незаразные болезни крупного рогатого скота. - Москва, «Агропромиздат» 1985, с. 323.

Кутырева Е.В.

Научный руководитель: к.х.н., доцент Ермолаева В. А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
katinakaty1999@gmail.com

### **Расчет материального и теплового балансов процесса производства азотной кислоты путем окисления аммиака**

Азотная кислота ( $\text{HNO}_3$ ) - одна из сильных одноосновных кислот с резким удушливым запахом, чувствительна к свету и при ярком освещении разлагается на один из оксидов азота (ещё называемый бурым газом -  $\text{NO}_2$ ) и воду. В концентрированном состоянии она не растворяет алюминий и железо, поэтому можно хранить в соответствующих металлических ёмкостях. Азотная кислота - является сильным электролитом (как многие кислоты) и очень сильный окислитель. Её часто используют при реакциях с органическими веществами.

Азотная кислота в современной промышленности образуется в результате химического взаимодействия аммиака с воздухом (кислород) и водой. Аммиак - бесцветный газ с резким запахом, хорошо растворим в воде и других растворителях, образует геми- и моногидраты.

-  $t_{\text{пл}} -77,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

-  $t_{\text{кип}} -33,35 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

- плотность газообразного  $\text{NH}_3$  (при  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $0,1 \text{ МПа}$ )  $0,7714 \text{ кг/м}^3$ ;

-теплота образования аммиака из элементов  $\Delta H_{\text{обр}} -45,94 \text{ кДж/моль}$ .

Сухая смесь аммиака с воздухом (15,5–28% по массе  $\text{NH}_3$ ) способна взрываться. Жидкий  $\text{NH}_3$  – бесцветная, сильно преломляющая свет жидкость, хороший растворитель для многих органических и неорганических соединений. Технологический процесс получения азотной кислоты по схеме унифицированной комплексной линии УКЛ-7 под давлением  $0,716 \text{ МПа}$  состоит из следующих стадий:

- подготовка и сжатие воздуха;
- подготовка газообразного аммиака;
- подготовка аммиачно-воздушной смеси;
- конверсия аммиака;
- охлаждение нитрозного газа с утилизацией тепла;
- абсорбция оксидов азота;
- каталитическая очистка выхлопных газов от остаточных оксидов азота;
- рекуперация энергии очищенного выхлопного газа;
- хранение и выдача продукционной кислоты.

Технологическая схема процесса получения азотной кислоты путем окисления аммиака состоит из фильтра воздуха; осевого компрессора; воздухоохладителя промежуточного; центробежного нагнетателя; испарителя жидкого аммиака; фильтра газообразного аммиака; подогревателя газообразного аммиака; окислителя; подогревателя воздуха; смесителя; контактного аппарата; котла - утилизатора; сепаратора котла – утилизатора; пароперегревателя; подогревателя хвостовых газов; холодильника – конденсатора; абсорбера тарельчатого; продувочной колонны; сепаратора центробежного; реактора каталитической очистки; камеры сгорания реактора; камеры сгорания турбины; газовой турбины; газотурбинного котла – утилизатора; экономайзера; емкости для конденсата и насоса.

Ключевыми направлениями применения азотной кислоты является производство минеральных удобрений, производство взрывчатых веществ (тротил, нитроглицерин), получения ракетного топлива, производство органических красок и лаков, применение в фармацевтической промышленности, производство фунгицидов, очистка и травление металлических поверхностей; аффинаж драгоценных металлов в ювелирной промышленности; искусственное старение древесины для получения желаемого оттенка и т.д.

На основе изучения кинетической реакции взаимодействия аммиака и кислорода воздуха

был рассчитан материальный и тепловой балансы. Результаты оказались следующими:

Таблица 1 – Материальный баланс стадии окисления аммиака кислородом воздуха (в расчете на 1 тонну моногидрата азотной кислоты).

Приход (до окисления)					
Компонент	м <sup>3</sup> /ч	Об. %	кг/ч	Масс. %	кмоль/ч
NH <sub>3</sub>	380,91	9,5	289,09	5,87	17
Воздух в т.ч	3628,71	90,5	4631,59	94,13	162
O <sub>2</sub>	744,61	18,57	1063,73	21,62	33,24
N <sub>2</sub>	2800,64	69,85	3500,79	71,15	125,03
H <sub>2</sub> O	83,46	2,08	67,07	1,36	3,73
Всего:	4009,62	100	4920,68	100	179
Расход (после окисления)					
Компонент	м <sup>3</sup> /ч	Об. %	кг/ч	Масс. %	кмоль/ч
Нитрозный газ в т.ч					
NO	361,87	8,82	484,64	9,85	16,15
O <sub>2</sub>	278	6,77	397,13	8,07	12,41
N <sub>2</sub>	2810,16	68,46	3512,7	71,39	125,45
H <sub>2</sub> O	654,83	15,95	526,21	10,69	29,23
Всего:	4104,86	100	4920,68	100	183,25

Таблица 2 – Тепловой баланс стадии окисления аммиака кислородом воздуха (в расчете на 1т моногидрата азотной кислоты)

Приход			Расход		
Стадия прихода	МДж/ч	%	Стадия расхода	МДж/ч	%
Тепло, вносимое аммиачно – воздушной смесью (АВС)	1299,44	25	Тепло, уносимое нитрозными газами	5210,77	100
Тепло химической реакции	3911,33	75	Всего	5210,77	100
Всего	5210,77	100			

В данной работе изложены материалы по получению, использованию азотной кислоты. Рассчитан тепловой и материальный балансы производства азотной кислоты на заданную производительность (140000 тонн моногидрата в год).

В результате были выполнены следующие задачи:

- изучены физико – химические свойства азотной кислоты;
- произведен материальный и тепловой балансы расчет азотной кислоты.
- рассмотрены химико – технологический процесс производства азотной кислоты;
- изучена схема технологического процесса производства азотной кислоты;
- изучены условия транспортировки и хранения.

Список использованных источников

1. Караваев, М.М. Каталитическое окисление аммиака / М.М. Караваев, А.П. Засорин, Н.Ф. Клещев. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://ferlibrary.uz/f/kataliticheskoye\\_okisleniye\\_ammiaaka.pdf](http://ferlibrary.uz/f/kataliticheskoye_okisleniye_ammiaaka.pdf);
2. Атрощенко, В.И. Технология азотной кислоты. 3-е изд. / В.И. Атрощенко, С.И. Каргин. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01005952326>;
3. Производство азотной кислоты в агрегатах большой единичной мощности /В.М. Олевский [и др.]. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001264976>;
4. Ильин, А.П. Производство азотной кислоты: учебное пособие / А.П. Ильин, А.В. Кунин, А.А. Ильин; Иван. гос. хим.технол. ун-т.– Иваново, 2011.– 269 с.

Лукмазова А.Р.

Научный руководитель: д.в.н., профессор Гусейнов Н.Г.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: angelinalukmazova8@gmail.com

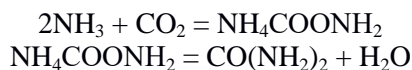
### Производство карбамида по стриппинг-процессу

Карбамид представляет собой белое кристаллическое вещество, содержащее азот в пределах 46-47%. Карбамид выпускают в гранулированном или кристаллическом виде. Карбамид выпускают двух марок: марки А – для промышленности и животноводства и марки Б – для сельского хозяйства в качестве удобрения.

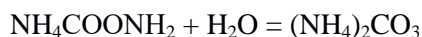
В данной работе был рассмотрен технологический процесс получения карбамида по стриппинг-процессу, изучены физико-химические основы синтеза карбамида.

Процесс синтеза карбамида характеризуется следующими реакциями:

- Основные реакции



- Побочные реакции



В ходе работы был произведён расчёт материального баланса колонны синтеза и стриппинг-дистиллятора. При расчёте использовались формулы, основанные на законе сохранения масс.

В ходе расчета материального баланса колонны синтеза образуется раствор карбамида, который содержит карбамид – 120375 кг/ч, карбамат аммония – 122984,625 кг/ч, гидроксид аммония – 125634,5 кг/ч, свободный аммиак – 5485,5 кг/ч, другие газы – 1229,625 кг/ч. В ходе расчета материального баланса стриппинг-дистиллятора образуется плав карбамида, который содержит карбамид – 120375 кг/ч, карбамат аммония – 8607,375 кг/ч, избыточный аммиак – 3349,125 кг/ч, вода – 60617,25 кг/ч, и газы дистилляции, которые содержат аммиак - 110137,5 кг/ч, углекислый газ – 148272,75 кг/ч, водяной пар – 4509 кг/ч, другие газы – 2459,25 кг/ч.

Был произведен расчет колонны синтеза карбамида и стриппинг-дистиллятора. Из расчета были получены следующие данные:

- Колонна синтеза (высота колонны – 30 м, диаметр колонны – 3,96 м);

- Стриппинг-дистиллятор (высота аппарата – 10,54 м, диаметр аппарата – 1,2 м).

В ходе работы была разработана математическая модель колонны синтеза и было произведено компьютерное моделирование. Из полученных результатов был построен график, по которому можно сделать вывод, образование целевого продукта (карбамида) происходит примерно в районе 50-59%, а побочного продукта (воды) в районе 40-50%.

### Литература

1. Кучерявый В.И., Лебедев В.В. Синтез и применение карбамида. Ленинград: Химия, 2012г
2. Гаврилюк, А. Н. Технология связанного азота и азотных удобрений. – Минск: БГТУ, 2018. – 162 с.
3. Фролов В. Ф. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии", СПб: ХИМИЗДАТ, 2017.



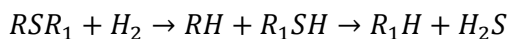
Макарова К.А.

Научный руководитель: к.х.н., доцент Ермолаева В.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
km346851@gmail.com*

### **Обеспечение высокой производительности узла гидроочистки дизельного топлива**

Гидроочистка - процесс нефтепереработки, с помощью которого происходит повышение качества топлив. В процессе гидроочистки удаляются S-, N-, O-, металлсодержащие соединения, а это способствует значительному увеличению резерву двигателей, уменьшению коррозии аппаратов при обработке и грузоперевозке нефтепродуктов, а также повышению их устойчивости к смолообразованию при хранении. К тому же, использование малосернистых топлив не допускает загрязнение окружающей среды. Главной реакцией в процессе гидроочистки является гидрогенолиз сернистых соединений:



Наиболее важным аппаратом на узле гидроочистки является каталитический реактор. В рассматриваемой схеме используется реактор с аксиальным вводом сырья, в котором процесс гидроочистки сопровождается реакциями насыщения олефиновых углеводородов и деструктивной гидрогенизации сернистых, кислородных и азотных соединений с образованием парафиновых углеводородов, сероводорода, воды и аммиака. Также к основному оборудованию на узле гидроочистки относятся: центробежный насос НМ 125-550, кожухотрубный теплообменник 800 ТУ – УКЭ – 4,0 – М12/20 – 6, сепаратор высокого и сепаратор низкого давления, колонна ректификации.

В ходе работы сделан вывод, что для высокой стабильной производительности установки гидроочистки дизельного топлива необходимы следующие условия:

-высокая степень очистки смеси дизельной фракции (88,36% мас.), бензиновой фракции (6,64% мас.), газойлевой фракции (5% мас.) от S-, N-, O-, металлсодержащих соединений и других второстепенных примесей;

-поддержание соотношения  $H_2:УВ$  от 5:1 до 15:1;

-оптимальная температура процесса по длине каталитической зоны и т.д.

Был проведен материальный расчет реакторного блока каталитической гидроочистки дизельного топлива, в ходе которого был получен уточненный выход гидроочищенного дизельного топлива: 95,97% мас.

Также произведен расчет теплового баланса каталитического реактора, из чего сделан вывод, что максимально допустимая температура на выходе из реактора 375 °С. В случае завышения температуры предусмотрена подача холодного водородсодержащего газа в середину реактора между слоями катализатора.

Произведен расчет теплообменника, служащего для подогрева газо-сырьевой смеси, поступающей на гидроочистку в реактор. Была получена уточненная поверхность теплообменного аппарата, которая составила 713,49 м<sup>2</sup>.

Также был произведен расчет центробежного насоса, служащего для перекачки нефти из емкости. По проведенным расчетам можно сделать вывод, что для перекачки смеси из емкости необходим насос с такими характеристиками, как: - Подача - 125 м<sup>3</sup>/ч; напор - 550 м столба жидкости; электродвигатель ВАО4-560 м<sup>2</sup>; мощность электродвигателя 315 кВт; число оборотов в минуту 3000.

Представлены математические модели кинетики химических реакций, которые происходят в реакторе гидроочистки, математическая модель теплообменника, холодильника и математическая модель реактора идеального вытеснения.

Разработаны компьютерные модели, и проведены результаты модельного эксперимента. Произведены расчеты с помощью программы MathCAD.

Из компьютерной модели кинетики химических реакций  $МП + H_2 = УВ + H_2S$ ;  $ТФ + 2H_2 = УВ + H_2S$ ;  $ДБТ + H_2 = УВ + H_2S$ ;  $СЛ + H_2 = МП + УВ$ ;  $ДС + H_2 = 2МП$ ;  $БФ + H_2 = СЛ$ . Видно, что водород полностью расходуется на все реакции обессеривания, со 100% до 9.7% за время равное 10 секундам. Углеводороды в ходе химических реакций образуются на 100% за время равное 10 секундам. Меркаптаны получают в ходе реакции сульфидов и дисульфидов с водородом, за 1.5 секунды, затем расходуются до 1% для получения углеводородов и сероводорода за время, равное 8.5 секунд.

В общей сумме весь процесс занимает 10 секунд. Дисульфиды расходуются полностью за 4 секунды до 0.038%, образуя меркаптаны. Сероводород получается при взаимодействии меркаптанов, тиофенов, дибензотиофенов с водородом. Этот процесс занимает 10 секунд, сероводород образуется на 100%.

Сульфиды получают с помощью бензотиофенов и водорода, за время равное 1.2 секунды, после сразу же расходуются на получение меркаптанов за время равное 3.8 секунд. В общей сумме весь процесс занимает 5 секунд. Тиофены расходуются до 2.5% при реакции с водородом. Реакция проходит за время равное 10 секундам. Бензотиофены и дибензотиофены также расходуются со 100% до  $2.034 \cdot 10^{-4}\%$  за 2 секунды, расход идет на реакцию с водородом. По рисунку 3 и полученным результатам можно сделать вывод, что математическая модель сделана правильно и отвечает требованиям.

#### Литература

1. Цветкова, М.Н. Установка гидроочистки дизтоплива. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=8561](http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=8561)
2. Солодова Н.Л., Терентьева Н.А. Гидроочистка топлив. Учебное пособие. - Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2008г.
3. Борзов А.Н. Моделирование и управление процессом гидроочистки дизельного топлива - Санкт-Петербург, 2015г.

Мальков Е.А.

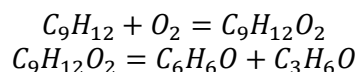
Научный руководитель: к.х.н., доцент Ермолаева В.А.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
evgeniyalkov58@gmail.com

### Производство фенола и ацетона из изопропилбензола

В данной работе изучена характеристика фенола, ацетона, изопропилбензола и гидропероксида изопропилбензола. Рассмотрены методы получения фенола и ацетона, из которых был выбран кумольный. Основным методом получения фенола и ацетона является кумольный.

Рассмотрен и описан технологический процесс, он состоит из стадии окисления кислородом изопропилбензола до гидроперекиси изопропилбензола, дальнейшее концентрирование в ректификационной колонне, и дальнейшее разложение на фенол и ацетон в реакторе разложения.



В ходе работы был произведен практический расчет материального баланса всего производства. При расчете материального баланса использовалось много различных формул, благодаря которым был рассчитан приход и расход компонентов.

Таблица 1 - Материальный баланс

Приход		Расход	
Вещество	G, кг/ч	Вещество	G, кг/ч
ГПИПБ техническая, G <sub>ГП</sub>	1789 4,89	Товарный фенол, G <sub>ТФ</sub>	9803,9 2
Раствор щелочи, G <sub>РЩ</sub>	210,0 7	Товарный ацетон, G <sub>ТА</sub>	6028,4 9
Серная кислота техническая, G <sub>РК</sub>	8,95	Углеводородная фракция, G <sub>УФ</sub>	1063,19
Диэтиленгликоль, G <sub>ДЭГ</sub> <sup>ФС</sup>	19,61	Фенольная смола, G <sub>ФС</sub>	848,93
		Водно-солевой раствор, G <sub>ВС</sub>	388,77
Итого:	1813 3,52	Итого:	18133, 3

Расчёт теплового баланса основан на материальном балансе. Суммарный приход и расход тепла всего производства составит 3430557,4 кДж.

Произведен расчет теплообменника, расположенного перед колонной окисления, служащего для подогрева окислительной шихты. Длина аппарата 3,5 м и диаметр 0,273 м. Рассчитана длина труб, которая равна 3 м. Из длины труб видно, что теплообменник рассчитан правильно, он удовлетворяет условиям ведения процесса и конструкции.

Произведен расчет окислительной колонны, где происходит окисление изопропилбензола. Диаметр колонны составил 3 м и высотой 13,415 м. Сделан расчет его основного элемента: обечайки, который равен 0,015.

Представлены математические модели кинетики химических реакций в производстве фенола и ацетона.

Разработаны компьютерные модели, и проведены результаты модельного эксперимента. Произведены расчеты с помощью программы MathCAD.

Из компьютерной модели первой реакции изопропилбензол расходуется с 100% до 0.03%. Кислород расходуется с 100% до 47% . Выход гидроперекиси изопропилбензола составляет 99.9%.

Из компьютерной модели второй реакции гидроперекись изопропилбензола расходуется с 100% до 0.002%. Выход фенола составляет 99.7%, а ацетона 95.5%.

#### Литература

1. Байназаров, И. З. «Новые методы математического моделирования процесса разложения гидроперекиси изопропилбензола промышленного производства фенола и ацетона» / И. З. Байназаров, И. В. Ахметов, Р. В. Гафиятуллин // Сборник трудов ИТНТ-2019, САМАРА, 21–24 мая 2019 года. Том 3. – САМАРА: Новая техника, 2019. – С. 843-850. – EDN TBZZJA.

2. Бесчастнов, Михаил Васильевич. «Предупреждение аварий в химических производствах» [Текст]. - Москва: Химия, 1979. - 390 с.

3. Липин, А.А. Расчет теплообменных аппаратов. Кожухотрубчатые теплообменники: учеб. пособие / А.А. Липин, Ю.Е. Романенко, А.В. Шибашов, А.Г. Липин; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2017. - 76 с.

Никитина К. В., Мампория Ю.О.

Научный руководитель: к.х.н., доцент Ермолаева В. А.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

ksusha.nikitina.06@mail.ru

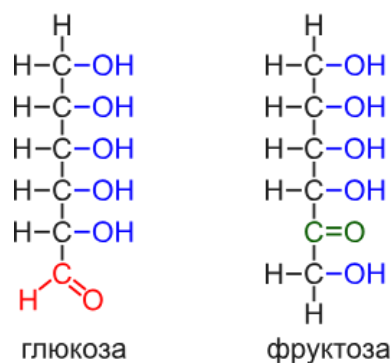
## Структура и основные группы углеводов

Углеводы - это группа органических соединений, состоящих из атомов углерода, водорода и кислорода в соотношении 1:2:1, с общей эмпирической формулой  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ , где "n" представляет собой количество повторений для образования молекулы углевода. Эти соединения имеют решающее значение для живых организмов, поскольку они служат основным источником энергии для жизнедеятельности клеток.

Помимо своей роли в качестве источника энергии, углеводы также играют структурную роль в живых организмах. Например, целлюлоза, разновидность полисахарида, образует структурный компонент клеточных стенок растений, обеспечивая их жесткость и поддержку.

Основные группы углеводов:

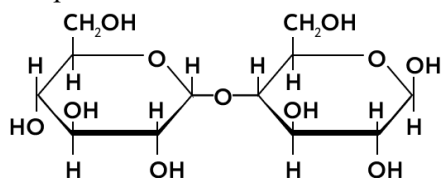
1. Моносахариды, такие как глюкоза и фруктоза, являются простейшими углеводами и служат основой для получения более сложных углеводов.



Структурные формулы основных моносахаридов

В молекуле глюкозы и в молекуле фруктозы присутствует по 5 гидроксильных групп, в связи с чем их можно считать многоатомными спиртами. В составе молекулы глюкозы имеется альдегидная группа, т.е. фактически глюкоза является многоатомным альдегидоспиртом. В случае фруктозы можно обнаружить в ее молекуле кетонную группу, т.е. фруктоза является многоатомным кетоспиртом.

2. Дисахариды, такие как сахароза и лактоза, образуются в результате конденсации двух моносахаридных соединений.

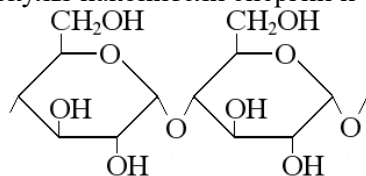


Структурная формула дисахаридов

Поскольку связь между остатками моносахаридов образована при конденсации двух ацетальных гидроксидов, для молекулы сахара невозможно раскрытие ни одного из циклов, т.е. невозможен переход в карбонильную форму. В связи с этим сахароза не способна давать качественные реакции на альдегиды.

Существуют дисахариды, которые дают качественные реакции на альдегидную группу. Такая ситуация возможна, когда в молекуле дисахариды остался полуацетальный гидроксил из альдегидной группы одной из исходных молекул моносахаридов.

3. Полисахариды, такие как крахмал и целлюлоза, представляют собой крупные полимеры, состоящие из повторяющихся моносахаридных соединений, и функционируют как молекулы-накопители энергии и структурные компоненты растений и животных.



Структурная формула полисахаридов

Простейший компонент крахмала – это амилоза. Соединение между остатками глюкозы у нее такое же, как у мальтозы:  $\alpha$ -гликозидная связь в положениях 1 $\rightarrow$ 4. Амилоза образует длинные неразветвленные цепи из сотен мономеров.

Заключение: углеводы являются неотъемлемой частью функционирования живых организмов, являясь не только жизненно важным источником энергии, но и ключевыми структурными компонентами. Дальнейшие исследования в области химии углеводов необходимы для углубления понимания биологических процессов и разработки приложений в различных отраслях промышленности.

1. Углеводы - органические соединения, состоящие из углерода, водорода и кислорода в определенном соотношении.
2. Они являются основным источником энергии для клеточной активности живых организмов.
3. Углеводы играют структурную роль, например, целлюлоза является структурным компонентом клеточных стенок растений.
4. Углеводы подразделяются на моносахариды (глюкоза, фруктоза), дисахариды (сахароза, лактоза) и полисахариды (крахмал, целлюлоза).
5. Они функционируют как энергетические резервуары и структурные компоненты в организмах.
6. Углеводы необходимы для правильного функционирования живых организмов.
7. Дальнейшие исследования в области химии углеводов важны для понимания биологических процессов и разработки применений в промышленности.

#### Литература

1. Т. Н. Грищенко, В. Я. Денисов, К. А. Нянина. Углеводы: учебное пособие, ГОУ ВПО «Кемеровский государственный университет». Кемерово: Кузбассвузиздат, 2009. 117 с.
2. Ю. С. Шабаров, Т. С. Орецкая, П. В. Сергиев, Моно- и дисахариды, учебное пособие, Часть I, 5-е издание, Москва, МГУ им. М. В. Ломоносова, 2010, 82 с.

Олькина Д.М., Петрова Е.И.

Научный руководитель: к.х.н., доцент Ермолаева В.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
petrovvaaa@mail.ru

## Классификация абсорберов

Абсорбер – это аппарат, предназначенный для поглощения газов, паров или разделения газовой смеси на составные части путем растворения одного или нескольких компонентов этой смеси в жидкости, называемой абсорбентом или поглотителем.

- Поверхностные абсорберы с горизонтальным зеркалом жидкости:

Здесь поверхность контакта фаз создается за счет фиксированной поверхности, такой как зеркала жидкости. Эти абсорберы используются для поглощения хорошо растворимых газов.

- Насадочные абсорберы (с неподвижной насадкой): В этом случае поверхность контакта создается с помощью насадки. Насадочные абсорберы могут работать как в пленочном, так и в барботажном режиме.

- Пленочные абсорберы: Здесь поверхность контакта формируется текущей пленкой жидкости. Они также используются для поглощения газов.

- Механические пленочные абсорберы:

Эти абсорберы имеют подвижную насадку и занимают промежуточное положение между насадочными и барботажными абсорберами.

- Барботажные абсорберы: в барботажных абсорберах поверхность межфазного контакта развивается потоками газовых струек или пузырьков, распределяющихся по жидкости. Поверхность контакта в таких аппаратах определяется гидродинамическим режимом (расходами газа и жидкости).

- Распыливающие абсорберы: Эти абсорберы используются для интенсивного контакта газа и жидкости. Газ подается через распылитель, образуя мелкие капли, которые взаимодействуют с жидкостью.

Результаты расчетов производительности для разных типов абсорберов:

Поверхностные абсорберы с горизонтальным зеркалом жидкости – КПД абсорбции: 0.85, скорость удаления газа 100 (произвольные единицы).

Насадочные абсорберы (с неподвижной насадкой) – КПД абсорбции: 0.75, Скорость удаления газа 120 (произвольные единицы).

Пленочные абсорберы – КПД абсорбции: 0.90, Скорость удаления газа 80 (произвольные единицы).

Механические пленочные абсорберы: эти абсорберы имеют подвижную насадку и занимают промежуточное положение между насадочными и барботажными абсорберами.

Барботажные абсорберы: в барботажных абсорберах поверхность межфазного контакта развивается потоками газовых струек или пузырьков, распределяющихся по жидкости. Поверхность контакта в таких аппаратах определяется гидродинамическим режимом (расходами газа и жидкости).

Абсорберы находят применение в химической, нефтеперерабатывающей и других отраслях промышленности. Они играют важную роль в процессах очистки воздуха и газов от вредных веществ.

Расчет насадочного абсорбера

1. Расход газа при плотности  $1,6 \text{ кг/м}^3$  составляет  $10\ 600 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
2. Площадь сечения абсорбера равна  $1,8 \text{ м}^2$ ;
3. Диаметр абсорбера  $1,52 \text{ м}$ ;
4. Коэффициент смачиваемости, расходы жидкости при ее плотности  $1000 \text{ кг/м}^3$  составляет  $14,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

5. Оптимальная плотность орошения составляет  $17,4 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ .

Расчет тарельчатого абсорбера

1. Скорость газа  $11,7 \text{ м/с}$ ;
2. Общее сопротивление тарелки  $46 \text{ кгс/м}^2$ ;
3. Диаметр абсорбера  $1,6 \text{ м}$ , сопротивление жидкости на тарелке  $35 \text{ кгс/м}^2$ ;
4. Площадь сечения абсорбера  $2,02 \text{ м}^2$ . Скорость газа в свободном сечении при расходе газа  $10600 \text{ м}^3/\text{ч}$  составляет  $1,46 \text{ м/сек}$ .
5. Число единиц на тарелку  $1,92$ . Относительный коэффициент извлечения  $0,854$ .

#### Литература

1. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. - М.: Медиа, 2019. - 134 с.
2. Овчинников Л.Н., Гусев Е.В., Овчинников Н.Л. Барабанный гранулятор-сушилка (БГС): Учеб. пособие / Иван. гос. хим. – технол. ун-т. – Иваново, 2002. – 212 с.
3. Процессы и аппараты химической технологии: учебник: В 2-х ч. / Л. Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ [и др.]; ред. Л. Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ. - Харьков: НТУ "ХПИ". - Ч.2. - 2005. - 531 с



Староверова Е.А.

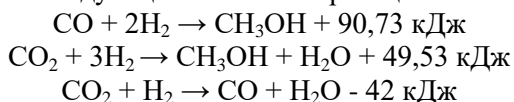
Научный руководитель: к.х.н., доцент Ермолаева В.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
K4tyasha@yandex.ru

### **Производство метилового спирта из природного газа**

Метиловый спирт  $\text{CH}_3\text{OH}$  представляет собой бесцветная, легкоподвижную, легколетучую жидкость с запахом, подобным запаху этиловый спирт. Он горюч, дает с воздухом взрывоопасные смеси. В свободном состоянии метиловый спирт встречается редко, но его производные содержатся во многих растительных маслах, природных красителях, алкалоидах. Растворяется в воде в любых соотношениях, является хорошим растворителем органических кислот. Температура кипения – 64,7 °С, удельный вес – 0,792 г/см<sup>3</sup>.

Основными продуктами для синтеза метилового спирта являются диоксид углерода и водород. Данный синтез-газ получается путем конверсии природного газа. Образование метилового спирта протекает по следующим основным реакциям:



Первые две реакции протекают с выделением теплоты, третья – с поглощением теплоты. Данные реакции протекают для получения метилового спирта.

Для получения синтез-газа, природный газ подвергается конверсии в трубчатой печи при 860 °С. Данная конверсия природного газа происходит под действием катализатора для ускорения процесса, а высокая температура необходима для сжигания органических веществ, содержащихся в исходном сырье, которые не нужны в дальнейшем процессе. По окончании конверсии природного газа переходит в котел-утилизатор для охлаждения газа до 280 - 290 °С. Далее по производству происходит подготовка газа для синтеза и получения метилового спирта.

Процесс производства метилового спирта состоит из следующих стадий:

- сжатие исходного сырья;
- нагревание газа;
- очистка природного газа от серы;
- конверсия природного газа;
- охлаждение, нагревание и снова охлаждение;
- сжатие газа;
- нагревание подготовленного сырья;
- синтез газа для получения метилового спирта;
- охлаждение;
- сжатие продукта и газа;
- поступление в сборник.

В ходе данной работы произвели практический расчет материального баланса на стадии конверсии природного газа. При расчете материального баланса использовались различные формулы, благодаря которым был рассчитан приход и расход компонентов. Также был произведен расчет теплового баланса трубчатой печи. Был рассмотрен контроль производства метилового спирта. Были изучены физико-химические свойства технологического процесса конверсии природного газа.

### **Литература**

1. Ермолаева В.А., Поликарпова Д.М. Анализ технологического процесса производства азотной кислоты, *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*, № 5, том 2, 2018.- с. 73-76.

2. Ермолаева В.А. Алгоритмы расчета и расчетные характеристики химико-технологических процессов, *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, № 5, 2018, стр. 28-33.

3. Ермолаева В.А., Ткачева Д.Р. Материальный и тепловой баланс производства фтористого водорода, *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*. 2017, № 1(31). - с. 5-11.

Трантина К.В., Наумова И.А.

Научный руководитель: к.х.н., доцент Ермолаева В.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
petrovvaaa@mail.ru*

### **Принцип работы и расчет гранулятора – сушилки**

Объект исследования - барабанный гранулятор сушилка. Данный аппарат предназначен для сушки пульпы с получением готового продукта в виде гранул.

Гранулирование - направленное укрупнение частиц, то есть это процесс превращения порошкообразного материала в зерна определенной величины. Гранулирование предотвращает расслаивание смесей сыпучих материалов, а также способствует улучшению сыпучести массы, которое происходит в результате значительного уменьшения суммарной поверхности частиц при их слипании в гранулы и, следовательно, соответствующего уменьшения трения, возникающего между частицами при движении.

Были рассмотрены различные методы гранулирования, такие как гранулирование окатыванием, распыливанием жидкости, в псевдооживленном слое и диспергированием расплавов во встречном потоке воздуха. Каждый из этих методов имеет свои особенности и применяется в зависимости от свойств материала и требуемых характеристик гранул.

Кроме этого были рассмотрены различные типы аппаратов грануляторов, используемых в промышленности. Центробежный смеситель-гранулятор представляет собой устройство, которое позволяет получать гранулы путем смешивания и последующего прессования сырья. Высокоскоростной смеситель-гранулятор отличается от центробежного тем, что он работает на более высоких скоростях и позволяет получать более мелкие гранулы. Гранулятор модели 3027 является примером специализированного оборудования для производства гранул из определенных материалов. Сушилка порционная используется для сушки гранул перед их дальнейшей обработкой или хранением.

Каждый тип гранулятора имеет свои особенности и применяется в зависимости от конкретных условий производства.

В результате расчетов было найдено значение расхода влаги, удаляемой в процессе сушки. Определен тепловой баланс барабанного гранулятора – сушилки. И вычислены основные технические и конструктивные параметры аппарата.

Расход влаги, удаляемой в процессе сушки равен 0,34 кг/с. В качестве топлива используется природный сухой газ следующего состава (% об):  $\text{CH}_4 - 92$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6 - 0,5$ ;  $\text{H}_2 - 5$ ;  $\text{CO} - 1$ ;  $\text{N}_2 - 1,5$ .

Количество тепла, выделяющееся при сжигании 1 кг топлива равно 51944,8 кДж/кг. Средняя температура газа в сушилке 39,13 °С.

Диаметр барабана 4 м, угол наклона барабана 2°, длина 16 м, число оборотов 3 об/мин.

Таким образом, принцип работы и расчет гранулятора-сушилки позволяют получить высококачественные гранулы с заданными характеристиками, что является важным фактором в процессе производства и обработки различных материалов.

### **Литература**

1. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. - М.: Медиа, 2019. - 134 с.
2. Овчинников Л.Н., Гусев Е.В., Овчинников Н.Л. Барабанный гранулятор-сушилка (БГС): Учеб. пособие / Иван. гос. хим. – технол. ун-т. – Иваново, 2002. – 212 с.
3. Процессы и аппараты химической технологии: учебник: В 2-х ч. / Л. Л. Товажнянский [и др.]; ред. Л. Л. Товажнянский. НТУ "ХПИ". Ч.2. - 2005. - 531 с