

Химико-технологические основы производства аммиачной селитры Василенко В. И.¹, Ульянова М. А.², Зволинский В. П.³

¹Василенко Валерий Иванович / Vasilenko Valeriy Ivanovich – генеральный директор,
ООО «ГРАНИНВЕСТ»;

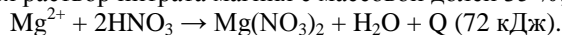
²Ульянова Мария Александровна / Ulyanova Maria Aleksandrovna – бакалавр,
направление: энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии;

³Зволинский Валентин Петрович / Zvolinski Valentin Petrovich – доктор химических наук, профессор,
кафедра экологического мониторинга и прогнозирования,
экологический факультет,
Российский университет дружбы народов, г. Москва

Аннотация: в статье описана химико-технологическая схема производства аммиачной селитры, построена диаграмма материальных потоков производства, с помощью которой была определена доля отходов производства для каждой стадии.

Ключевые слова: аммиачная селитра, диаграмма Санкья, материальный баланс, технология производства.

Химико-технологическая схема производства аммиачной селитры сложна и включает несколько этапов (рисунки 1, 2). Первым этапом является получение раствора нитрата магния (магнезиальной добавки) [1]. Для улучшения физико-химических свойств продукта в раствор перед его упариванием вводится раствор нитрата магния с массовой долей 35 %, получаемый из магнезита ($MgCO_3$):



В результате реакции выделяется теплота, которая используется в технологической линии. Приготовление магнезиальной добавки осуществляется в реакторе периодического действия Р-1 в результате взаимодействия каустического магнезита, конденсата сокового пара и слабой азотной кислоты.

Взаимодействие магнезита с азотной кислотой ($\omega = 36 \%$) проводится в течение 4 часов при атмосферном давлении при температуре не более $80^\circ C$ до полного разложения магнезита. Массовая концентрация Mg доводится до $120-140 \text{ г/дм}^3$, а азотной кислоты до $25-50 \text{ г/дм}^3$ [2]. После фильтрации очищенная магнезиальная добавка поступает в хранилище Е-1, а затем в аппарат использования теплоты нейтрализации (ИТН) Р-3 и донейтрализатор Р-4 [3].

На втором этапе проводят нейтрализацию азотной кислоты газообразным аммиаком с получением раствора аммиачной селитры (рис. 2).

Процесс проводится при атмосферном давлении в двух параллельно работающих аппаратах ИТН Р-3_{1,2} при температуре $148-165^\circ C$. На выходе получается раствор АС с массовой долей амселитры $\geq 89 \%$. В процессе нейтрализации выделяется теплота, которая используется для концентрирования образующегося раствора АС.

Полная нейтрализация протекает с большой скоростью в реакционной зоне нижней части аппарата, и затем раствор выводится из аппарата [3]. Азотная кислота перед подачей на реакторы подогревается до температуры $75-80^\circ C$ в подогревателе Т-2. То же самое происходит и с газообразным аммиаком в аппаратах Т-1, где он нагревается до $120-180^\circ C$.

В аппаратах ИТН поддерживается кислая среда. При испарении раствора аммиачной селитры образуется соковый пар, 20-40 % которого используется в качестве теплоносителя в подогревателях азотной кислоты Т-2_{1,2}, остальную часть направляют в скруббер Х-29. Температуры сокового пара и аммиачной селитры в реакционной зоне одинаковы [4].

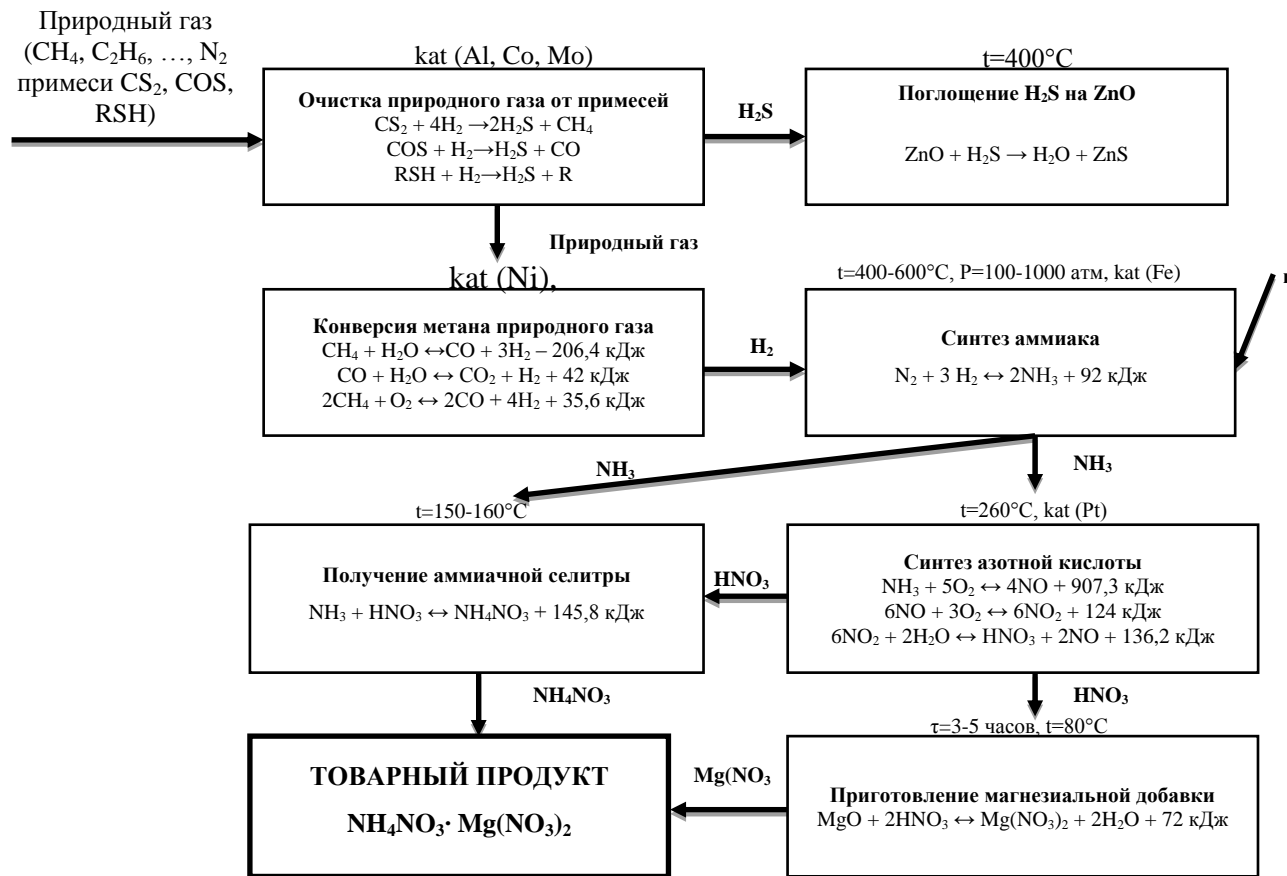


Рис. 1. Химическая схема подготовки сырья и производства аммиачной селитры

Соковый пар поступает в сепарационную часть аппарата, куда из бака Е-20 подаётся закисленный слабый раствор аммиачной селитры ($\omega(HNO_3) \approx 20 \text{ г/дм}^3$) [5], затем раствор поступает в реакционную часть аппарата ИТН, где смешивается с реакционным раствором. При контакте NH₄NO₃ с закисленным раствором из него поглощается не прореагировавший NH₃.

Раствор NH₄NO₃ из аппаратов ИТН поступает в донейтрализатор Р-4, в котором избыток HNO₃ нейтрализуется газообразным NH₃. Для поддержания щелочной среды раствора в раствор вводят магниальную добавку из хранилища Е-1 перед подачей на стадию упаривания [2].

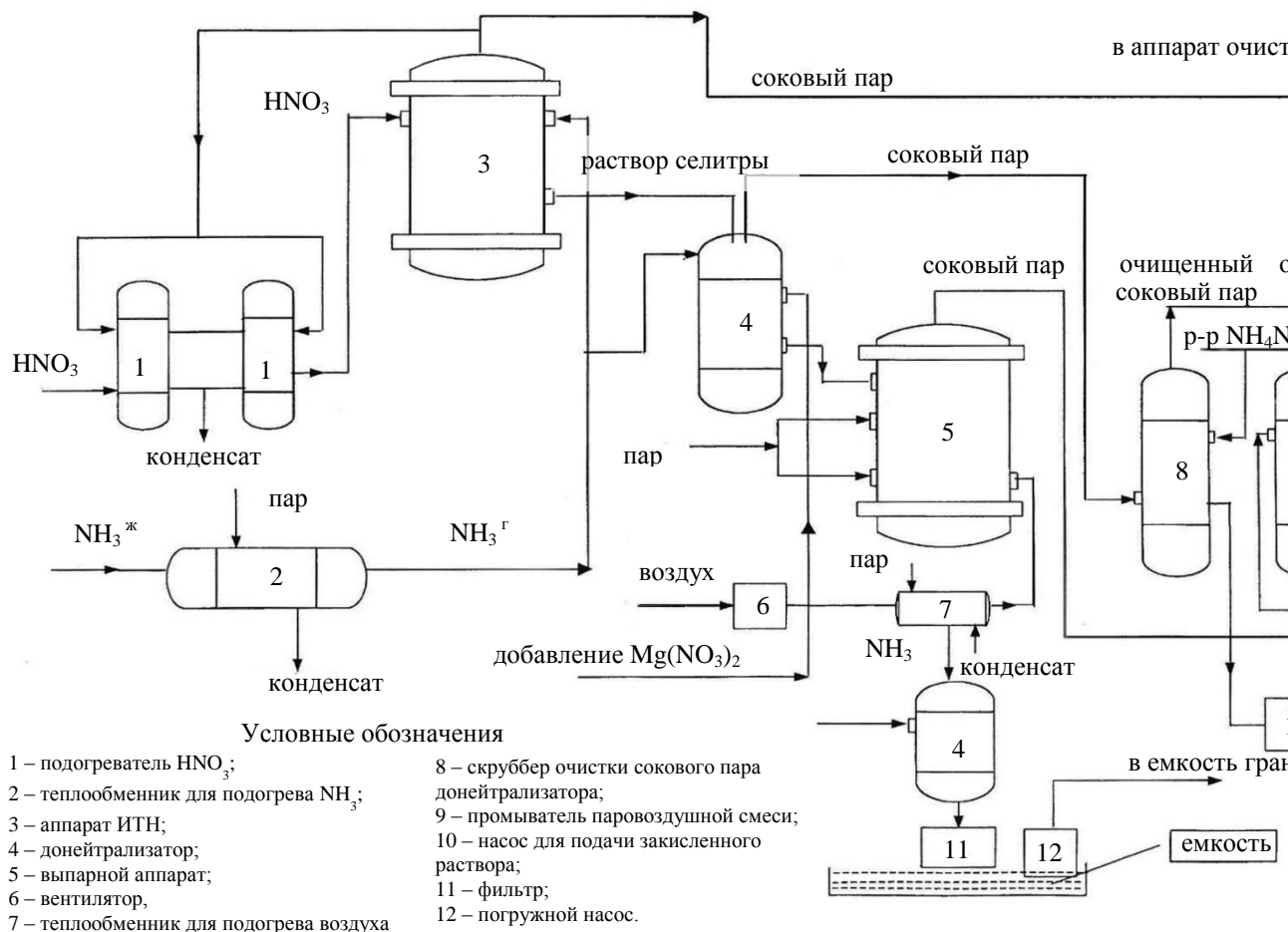


Рис. 2. Технологическая схема производства аммиачной селитры

Контрольный донейтрализатор Р-97 перед выпарным аппаратом Т-10 исключает попадание не прореагированного аммиака на стадию упаривания.

Соковый пар из донейтрализаторов направляется на улавливание аммиака в нейтрализатор Х-86. Массовая доля отработанного раствора NH_4NO_3 , направленного в промыватель паровоздушной смеси Х-98, не превышает 30 %, а массовая концентрация HNO_3 – 20 г/дм³. Очищенный соковый пар из скруббера Х-86 направляется в скруббер Х-29_{1,2}.

После достижения массовой доли аммиачной селитры в растворе не менее 89 %, раствор из донейтрализатора Р-97 направляется в выпарной аппарат Т-10.

На третьем этапе полученный раствор амселитры упаривают до получения высококонцентрированного плава, а затем перекачивают плава в грануляционную башню. Массовая доля в растворе аммиачной селитры доводится до 99,7 %. Упаривание раствора соли осуществляется при атмосферном давлении за счёт использования тепла конденсации в выпарном аппарате Т-10.

На подогреватель Т-11 подаётся атмосферный воздух, который подогревают до 175-190°С насыщенным паром. Массовая концентрация NH_4NO_3 не более 8 г/м³ и NH_3 не более 2 г/м³ [6]. Образовавшаяся смесь поступает в промыватель Х-98, где ее промывают закисленным раствором NH_4NO_3 , поступающим из скруббера Х - 86 [3].

Затем паровоздушную смесь с массовой концентрацией NH_4NO_3 не более 0,2 г/м³ и NH_3 не более 0,3 г/м³ промывают и смешивают с соковым паром из аппаратов ИТН и направляют в скруббер Х-29. После промывателя Х- 98 35 %-ый раствор нитрата аммония направляется в бак Е-20.

Перед перекачиванием на стадию гранулирования плава аммиачной селитры ($t=175-185^\circ\text{C}$) из выпарного аппарата в донейтрализаторе Р-13 подщелачивают аммиаком. Плава аммиачной селитры из гидрозатора Р-13 поступает в бак Е-15, откуда подаётся в грануляционную башню, в напорный бак Е-23 [3].

Последним этапом производства NH_4NO_3 является гранулирование высококонцентрированного плава аммиачной селитры в металлической гранбашне, высота падения гранул составляет 50 м.

Минимальная массовая доля АС в плаве – 99,7 %, а температура 175 -185°С. Из напорного бака Е-23 плав селитры поступает в стояки перед грануляторами, где через леечные грануляторы Х-26 равномерно разбрызгивается в виде капель по всему сечению полного объема башни. Встречный поток воздуха, поднимающийся со скоростью 1,0-1,8 м/с, создается вентиляторами В-28. Падающие капли плава охлаждаются и кристаллизуются в виде гранул. Полученные гранулы NH_4NO_3 температурой 70-120°С падают на конус грануляционной башни и через отверстия для выгрузки поступают на конвейер ПТ-30.

Конвейером ПТ-30 гранулы аммиачной селитры подаются на решётку аппарата охлаждения гранул в кипящем слое Х -33. В случае налипания селитры на конусах и стенках гранбашни на решётке могут образоваться комки и крупные частицы. Крупные фракции растворяются в баке Е-31, в который подаётся слабый раствор NH_4NO_3 , который поступает в дренажный бак Е-6. Из аппарата Х-33 в гранбашню поступает сухой отработанный воздух и далее направляется в скруббер Х-29 для очистки.

Контроль основных стадий процесса осуществляется на центральном пульте управления (ЦПУ). Система управления дистанционная, поэтому человеческий фактор играет важную роль. Последующее регулирование параметров процесса производится с помощью электрических систем [4]. Система безопасности на производстве играет главенствующую роль. Возникновение аварийных ситуаций на технологической линии предупреждается системой блокировок и защит. Кроме того, на каждой стадии процесса есть оборудование, контролирующее температуру, давление, объемы реагирующих компонентов, кислотность среды и т. д. Весь персонал предприятия проходит инструктаж по технике безопасности на производстве.

После охлаждения в аппарате кипящего слоя Х-33 полученная АС подаётся на конвейеры для упаковки и отгрузки в мешках или насыпью в автомобильный или железнодорожный транспорт. Весь процесс упаковки и погрузки механизирован. Управление и сигнализация сбоев осуществляется центральным пультом управления отдела контрольно-измерительных приборов и автоматики (ЦПУ КИПиА).

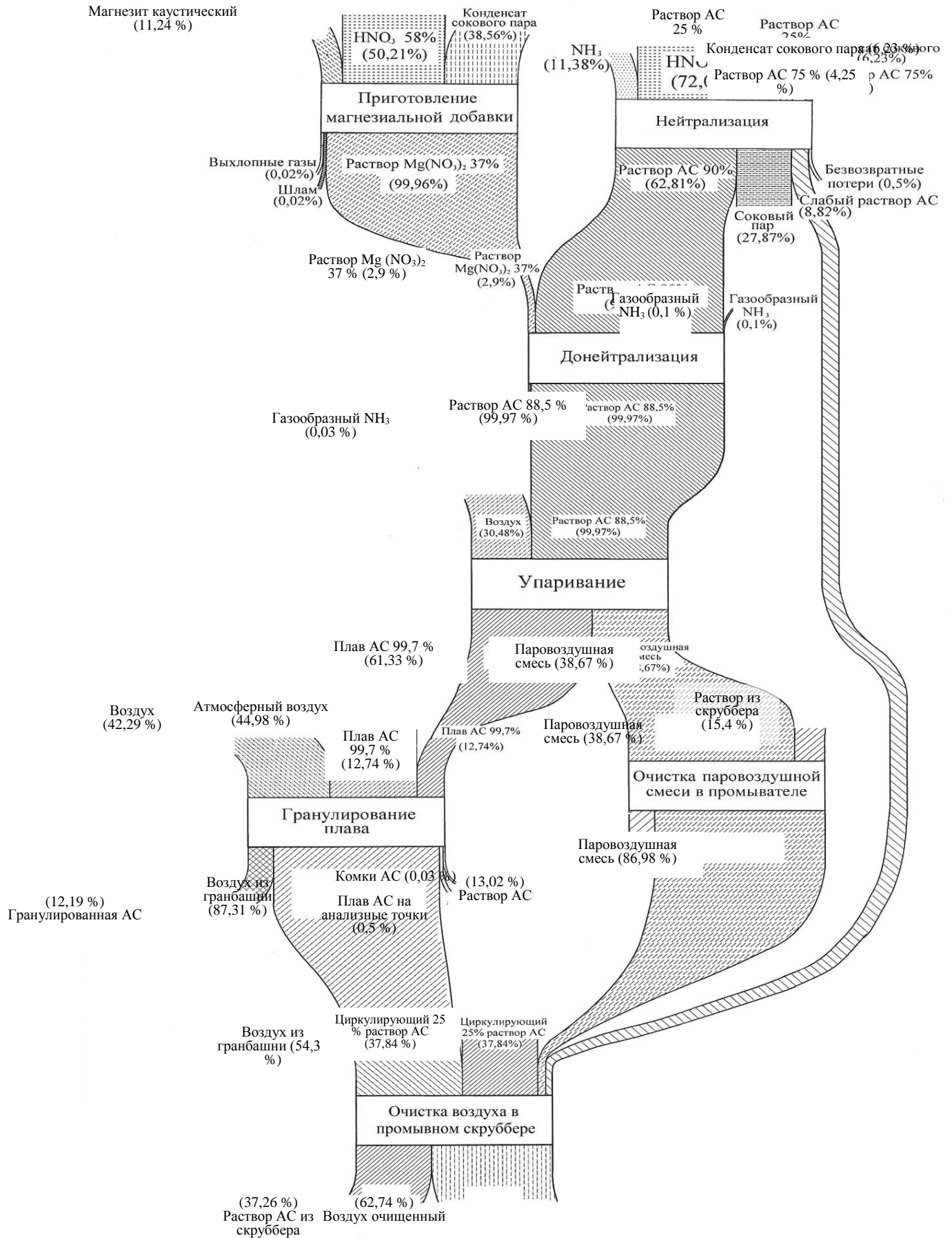


Рис. 3. Анализ материальных потоков производства аммиачной селитры. Диаграмма Санкеля

Упаковка аммиачной селитры в мешки производится с помощью упаковочных полуавтоматов. Дозаторы этих устройств отвешивают порции нитрата аммония по 50 кг, засыпают их в мешки, и после заполнения упакованный готовый продукт конвейером загружается в автомобильный или железнодорожный транспорт.

Для оценки экономической эффективности технологических процессов используют уравнения материального и энергетического (теплового) балансов [7].

Материальный баланс составляют на основании стехиометрии. Баланс состоит из «прихода» – общей массы веществ, поступающих на производство, и «расхода» – общей массы материалов, выходящих из производства. При составлении баланса расхождения между приходом и расходом в 2-3 % считают приемлемыми. Если расхождения превышают 5 %, то необходимо искать причины расхождения: потери, чистота сырья и продуктов, показания приборов, ошибки в методике расчетов и др. Материальный баланс лежит в основе любого технологического расчета, кроме того, он является инструментом контроля производства [8].

На основании материального баланса производства проведен расчет процентного соотношения использованных ресурсов на каждой стадии производства и построена диаграмма Санкея для наглядного представления динамики материальных потоков (рис 3). Ширина потоков пропорциональна количеству ресурсов, расходуемых на каждом этапе.

Таким образом, анализ материальных потоков на основании диаграммы Санкея позволил определить отходы производства, составляющие на стадии нейтрализации 0,5 %, на стадии донейтрализации – 0,03 %, на стадии гранулирования аммиачной селитры – 0,03 %.

Литература

1. *Касаткин А. Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии. - М: Химия, 2005 - 753 с.
2. ОАО «Череповецкий «Азот» - Вологда, изд-во «Метранпаж», 2001 г. - Юс.
3. Технологический регламент производства гранулированной аммиачной селитры в крупнотоннажном агрегате АС-72М. № 18, Том № 1.
4. Технология аммиачной селитры / Под ред. В. М. Олевского - М.: Химия, 1978, 311 с.
5. ГОСТ 2-2013 Селитра аммиачная. Технические условия (с Изменением N 1). Межгосударственный стандарт селитра аммиачная. Технические условия Ammonium nitrate. МКС 65.080. Дата введения 2014-07-01.
6. *Иванов М. С., Олевский В. М., Поляков Н. Н. и др.* Производство аммиачной селитры в агрегатах большой единичной мощности. М.: Химия, 1990, стр. 137, 160.
7. Общая химическая технология. Примеры материальных и тепловых балансов. Учебное пособие. Л., СЗПИ, 1969 г, 256 с.
8. Расчеты химико-технологических процессов. Под ред. И. П. Мухленова. Л., «Химия», 1976 – 299 с.