

УДК 661.715:678.675

МОДЕРНИЗАЦИЯ СТАДИИ ГИДРИРОВАНИЯ БЕНЗОЛА В ПРОИЗВОДСТВЕ КАПРОЛАКТАМА

Попов А.А., студент гр. ХОм-221, II курс
Руководитель: Боркина Г.Г., к.х.н, доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Капролактамы – исходное сырье для производства полиамида, который используется для производства широкого спектра химических продуктов, основными из которых являются синтетические волокна и нити, инженерные пластики и пленки. Крупнейшими конечными потребителями капролактамовых производных являются текстильная, автомобильная и шинная отрасли – инженерные пластики широко применяются в производстве автомобилей (в качестве заменителя металла), а кордная ткань – при изготовлении автомобильных шин.

Мировое производство капролактама составляет более трех миллионов тонн в год и продолжает свой рост. Капролактамы являются мономером поликапроамида, из расплава которого производятся полиамидные волокна. Чистота мономера является неременным условием получения из него высококачественных полимерных материалов. В полной мере это относится и к капролактаму. Широкий спектр применения полиамидных волокон приводит к повсеместному наращиванию производственных мощностей для получения капролактама.

В ближайшем будущем спрос на капролактамы в азиатско-тихоокеанском регионе будет расти примерно на 4% в год; в развитых регионах (Северная Америка, страны ЕС, и т.д.) ожидаются умеренные темпы роста [1,2].

На данный момент, наибольший выход по производству получили схемы с использованием ароматического сырья.

Фенольная схема включает следующие стадии: гидрирование фенола, ректификация циклогексанола и его дегидрирование, ректификационная очистка циклогексанона, его оксимирование под действием гидроксилaminsульфата, изомеризация оксима в капролактамы и очистка продукта. Выход капролактама в расчете на фенол 85-88%. Однако, фенол дорогое исходное сырье.

Фотохимическая схема предусматривает гидрирование бензола в циклогексан, фотохимическое нитрозирование циклогексана, изомеризацию циклогексаноноксида в капролактамы и его очистку. Использование данной схемы требует специфического оборудования и затрат электроэнергии, так как используются специальные мощные лампы-излучатели, а также дороговизна материалов для создания оборудования, способного работать в условиях агрессивности сред.

Схема по толуолу включает окисление толуола в бензойную кислоту, гидрирование ее в циклогексанкарбоновую кислоту, нитрозирование с образованием капролактама-сырца, параллельный синтез нитрозилсерной кислоты и очистку полученного продукта. Выход капролактама в расчете на толуол около 71%. Некоторые стадии этой схемы имеют не высокую избирательность, в последствии необходима тщательная очистка капролактама.

Бензольная (окислительная) схема включает следующие стадии: гидрирования бензола, окисления циклогексана, разделения продуктов окисления с выделением циклогексанона и циклогексанола, дегидрирования циклогексанола в циклогексанон, превращения циклогексанона в циклогексаноноксим, изомеризация оксима в капролактam. Выход капролактама в расчете на бензол 65-67%.

Капролактамы получают преимущественно из бензола, его доля в сырьевой отрасли составляет 83,5 %, фенола – 12 %, толуола – 4,3 %, а самое широкое распространение получило производство по бензольной (окислительной) схеме. Основной причиной формирования подобной структуры является минимальный выход побочных продуктов и издержек производства при использовании в качестве сырья бензола [2].

Первой стадией окислительной схемы является гидрирование бензола. Процесс проводят как в жидкой, так и в паровой фазе, но предпочтение с технологической и экономически-производственной точки зрения отдается способу парофазного гидрирования бензола на платиновом катализаторе, преимущественно в трубчатом реакторе. На стадии гидрирования сначала идет подготовка сырья, затем непосредственно гидрирование бензола на платиновом катализаторе и в конце предусмотрена очистка отходящих газов с последующим сжиганием.

Изучение технологической схемы и аналитического контроля позволило выявить в процессе гидрирования бензола и получения циклогексана проблему в виде сжигания части конечного продукта вместе с отходящими газами. Поскольку в отдувочных газах содержится циклогексан, его необходимо извлечь, после стадии ректификации.

Оптимальным решением данной проблемы является установка – насадочного абсорбера, который будет сорбировать остатки циклогексана из отдувочных газов. В качестве абсорбента можно использовать смесь циклогексанона(50-70%) и циклогексанола(50-30%), со стадии окисления циклогексана, которая хорошо абсорбирует циклогексан, при невысоких температурах. Абсорбер будет установлен на потоке, который идет на факел, после холодильника для отходящих газов (рис.1), туда же будет направляться меньшая часть газовой смеси (сбросной газ) после сепаратора. Отходящие газы (азот, водород и меньшая часть ЦГ) после абсорбера можно направить на очистку, рецикл, либо сжигание на факел, предварительно пройдя конденсатор и сепаратор. Абсорбент, прореагировавший, на регенерацию, часть на рецикл. Предлагаемая блок-схема гидрирования бензола с узлом абсорбции циклогексана представлена на рис. 1.

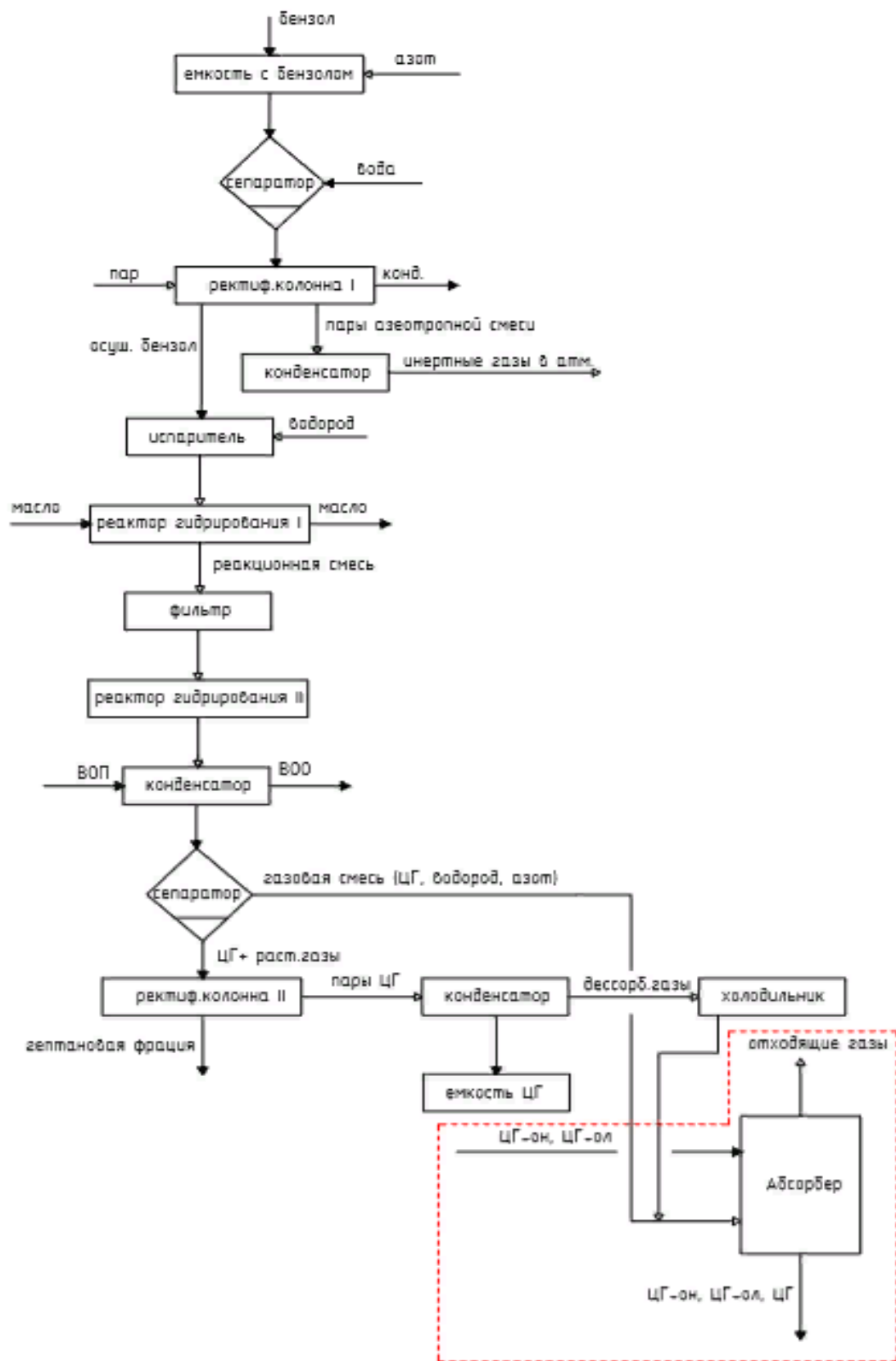


Рис.1. Блок схема процесса гидрирования

Наибольшее распространение в промышленности получили насадочные абсорберы, работающие в плёночном режиме (рис.2.). Насадочные пленочные абсорберы обладают рядом достоинств:

- 1) относительно большая площадь поверхности контакта фаз, по сравнению с плёночными и трубчатыми абсорберами;
- 2) низкое гидравлическое сопротивление, по сравнению с тарельчатыми абсорберами;
- 3) высокая движущая сила за счет малого продольного перемешивания;
- 4) простая конструкция по сравнению с тарельчатыми аппаратами;
- 5) высокая коррозионная стойкость элементов [3,4].

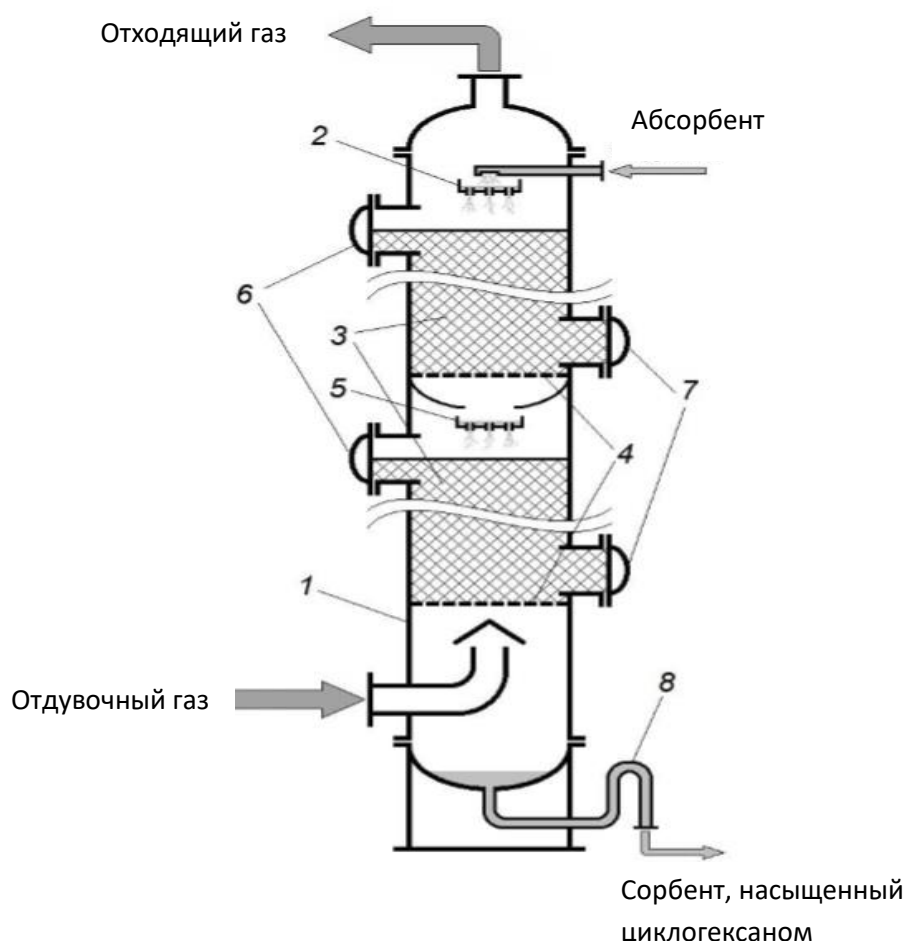


Рис.2. Насадочный абсорбер.

- 1 – корпус, 2 – распределительная тарелка, 3 – сегменты насадки, 4 – опорные решетки, 5 – перераспределительные тарелки, 6 – люки для загрузки насадки, 7 – люки для выгрузки насадки, 8 – гидрозатвор.

Предлагаемое решение – установка дополнительного абсорбера – позволит решить проблему в виде сжигания части конечного продукта вместе с отходящими газами и снизит потери ЦГ из отходящих газов (около 5%, уходящих после колонны ректификации совместно с ЦГ в газовой смеси после сепаратора).

Список литературы:

1. Краткий обзор рынка бензола и его производных // REFINITIV. - URL: www.refinitiv.ru (дата обращения: 01.02.2024). – Текст: электронный.
2. Липницкий, О. А. Капролактамы: критерии качества, методика контроля / Липницкий, О. А., Воронцов, А. С. // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 6. Техника. – 2021. – Т. 11. – №. 2. – С. 91-101. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47570420> (дата обращения: 01.02.2024). – Текст: электронный.
3. Лебедев, Н. Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза : учебник для студентов химико-технологических специальностей вузов / Н. Н. Лебедев. 4-е изд., перераб. и доп. / Репринт. изд. - Москва : Альянс, 2013. - 592 с. - ISBN 978-591-872-03-56. – Текст: непосредственный.
4. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для студентов химико-технологических специальностей вузов / А. Г. Касаткин. Изд. стер. - Москва : Альянс, - 2014. - 752 с. - ISBN 978-590-303-46-28. – Текст: непосредственный.