

«Engineering and Consulting PFA Alexander Gadetskiy»

<https://makston-engineering.ru/>

MASTER

Discipline: PROCESS: sodium rhodanide, sodium rhodanide regeneration, PAN, acrylonitrile copolymerization, carbon fiber, dimethylformamide, dimethylsulfoxide

Name: Alexander.gadetskiy@inbox.lv

Sign.

Date: 20.09.2016

Date: 25.01.2023 ОБНОВЛЕНО



Обзор технологий сополимеризации акрилонитрила в растворах: роданида натрия, диметилсульфоксида, диметилформамида



Dipl. engineer Alexander Gadetskiy, phone: +40 (748) 148 257; e-mail: alexander.gadetskiy@inbox.lv
Certificate of registration on engineering activities and technical consultations № F4/172/17.02.2014

<https://makston-engineering.ru/>

Содержание

1. Введение. ПАН прекурсоры, как продукты двойного назначения. Организация R&D в процессах полимеризации.
2. Растворители, сомомеры, катализаторы, регуляторы молекулярного веса используемых в производстве ПАН прекурсоров.
3. Описание технологии, материальный баланс, BFD и PFD схемы процессов полимеризации определенных техническим заданием:
 - 3.1 Сополимеризация акрилонитрила в водном растворе роданида натрия.
 - 3.2 Сополимеризация акрилонитрила в диметилформамиде.
 - 3.3 Сополимеризация акрилонитрила в диметилсульфоксиде.
4. Качество сырья, растворителей и реагентов
5. Операционные затраты на процессы сополимеризации акрилонитрила в растворителях, определенных техническим заданием (в границах установок)
6. Капитальные затраты на процессы сополимеризации акрилонитрила в растворителях, определенных техническим заданием (в границах установки)
7. Комментарии по условиям строительства и проектирования.

Сокращения.

АН – акрилонитрил

ПАН – полиакрилонитрил

УВ – углеродное волокно (только на основе ПАН)

ИК – итаконовая кислота

МК – метакриловая кислота

АК – акриловая кислота

МА – метилакрилат

ММА – метилметакрилат

ДМФА – диметилформамид

ДМСО – диметилсульфоксид

АИБН – азо(бис) изобутиронитрил

ИПС – изопропиловый спирт

ДИПЭ – диизопропиловый эфир

ММР – молекулярно – массовое распределение

Приложения.

Приложение 1. Техническое задание Заказчика.

Приложение 2. Перечень производителей ПАН прекурсоров и используемые растворители (79 компаний).

Приложение 3. Качественные характеристики: сырья, сополимеров, реагентов, химикатов, энергоресурсов.

1. Введение. ПАН прекурсоры, как продукты двойного назначения. Организация R&D в процессах полимеризации.

1.1 Представленный отчет является концептуальным анализом технологий сополимеризации акрилонитрила в различных растворителях используемых в практике мировых лидеров, выпускающих углеродное волокно.

Техническое задание Заказчика предполагало выпуск отчетов в четырех частях:

Часть 1. Сополимеризация в водном растворе роданида натрия <https://enky-afina.ru/konceptualnii-proekt-n14k>

Часть 2. Сополимеризация акрилонитрила в диметилформамиде <https://enky-afina.ru/konceptualnii-proekt-n13k>

Часть 3. Сополимеризация акрилонитрила в диметилсульфоксиде <https://enky-afina.ru/konceptualnii-proekt-n12k>

Часть 4. Сводное описание процессов с дополнениями по производителям ПАН прекурсоров, используемыми растворителям, долям компании на рынке углеволокна <https://enky-afina.ru/konceptualnii-proekt-n11k>

1.2 Возможность использование полиакрилонитрила в качестве прекурсора для получения углеродного волокна было установлено в 1959 году. Исследования проводились во многих лабораториях, поэтому выяснить приоритетность какой-либо из них не представляется возможным, в том числе и по причинам не публичности этих исследований. Для получения УВ, помимо ПАН, используются: целлюлозные волокна, каменноугольный пек, акриловые полимеры, полифенолы, полиацетилен, но доля УВ на основе перечисленных прекурсоров менее значительна.

1.3 Растворители, используемые при полимеризации, делятся на две группы:

- неорганические (роданид натрия, хлорид цинка, слабый раствор азотной кислоты, гипохлорит натрия, бромид лития)

- органические (диметилформаид (ДМФА), диметилсульфоксид (ДМСО), диметил-ацетамид (ДМАА), этиленкарбонат).

Роданид натрия, хлорид цинка ДМФА, и ДМСО являются типовыми, а остальные редко используются.

1.4 Сомономеры, используемые при полимеризации, делятся на две группы:

- нейтральные (метилакрилат, винилацетат, метилметакрилат). Количество любого из них, как правило, не превышает 3% масс, но известны вариации до 6-9% масс.

- кислотные (метакриловая кислота, акриловая кислота, итаконовая кислота, п-стиролсульфонат натрия, метилсульфонат натрия, натрия п-сульфофенил метал-

лиловый эфир). Количество любого из них, как правило, не превышает 1% масс, но известны вариации до 3% масс.

Приведены типовые сомомеры, количество редко используемых в несколько раз больше.

1.5 Углеродные волокна, а соответственно и ПАН-прекурсоры, входят в перечень продукции двойного назначения, что зафиксировано в Резолюции Совета Безопасности ООН №1540, Регламенте Совета ЕС № 428/2009 и ряде других документов. Наличие собственного производства ПАН сополимеров, являющихся прекурсорами для производства УВ исключает эту зависимость.

На **Фото 1**, завод полного цикла компании SGL Carbon Group от сополимера до УВ, а также выпуск ПАН – прекурсоров для производителей УВ не имеющих собственных сополимеров.

Фото 1.



1.6 Большинство рецептур подбирается полуэмпирическим путем и постоянно корректируется для проверки «правильности» полученного сополимера, на основе качественных характеристик, полученных ПАН волокна и УВ, так как незначительные отклонения в соотношениях в конечном итоге сказываются на качестве. Фактически, процесс оптимизации рецептуры может превратиться в бесконечный и бесполезный труд, а что бы этого не случилось, каждый производитель старается иметь ряд стандартных профиль-

ных кривых Гаусса для молекулярно-массового распределения (ММР). Опираясь на этот параметр для сополимеров с массой от 90.000-140.000 до 200.000 создается собственная библиотека учитывающая:

- рецептуру сополимера
- молекулярный вес и массовое распределение
- характеристики полученного ПАН волокна, являющегося прекурсором для УВ
- характеристики полученного УВ, как конечного продукта

1.7 Создание библиотеки начинается с принятием решения о создании производства сополимеров и заканчивается с прекращением существования производства. Для понимания всей важности этой работы достаточно обратить внимание на **Таблицу 1**, из которой следует, что для заводов полного цикла численность персонала исследовательской лаборатории, которой и поручается создание и ведение библиотеки сопоставима с численностью производственного персонала.

Таблица 1.

| Численность персонала блока полимеризации и лабораторий в составе завода по производству УВ | | |
|--|--------------------|---|
| Наименование | Численность | Примечания |
| Линейный персонал | 15 | Численность блока полимеризации, при круглосуточной 2-сменной работе |
| Процесс-инженеры | 5 | |
| Лаборатория исследовательская | 20 | Дневной график 15 человек и сменный график 5 человек. Показано количество людей для полного цикла. |
| Лаборатория качества | 3 | Дневной график. Показано количество людей только для блока полимеризации |
| Стратегический маркетинг | 3 | Стратегия и направление развития для полного цикла |
| Развитие и стратегия | 1 | |
| Администрация производства полного цикла | - | Индивидуально для каждой компании, как правило не более 2-3 человек, так как бухгалтерия, продажи, кадры, юристы, ремонты и т.д. работают на аутсорсинге. |

Базовые соотношения компонентов процесса сополимеризации опубликованы во многих специальных изданиях и не составляют коммерческой тайны, в отличие от кривых Гаусса для каждой конкретной рецептуры.

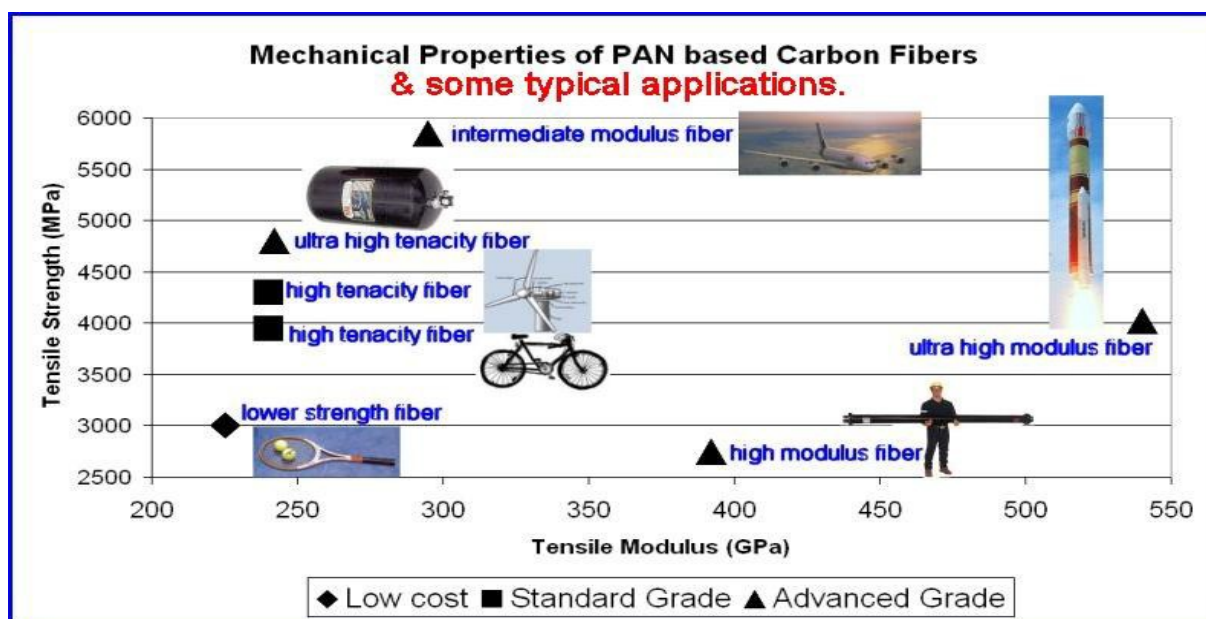
1.8 При копировании процесса на пилотных или лабораторных установках вы никогда не получите полимера с идентичными качественными характеристиками, такова особенность процесса многокомпонентной сополимеризации. Именно поэтому остается повторить, что R&D в случае сополимеров акрилонитрила для углеродного волокна является неотъемлемой частью технологического процесса и только в этом случае можно быть уверенным в получении собственного углеродного волокна, которое отвечает стандартам качества «high tenacity fiber» и «ultra high tenacity fiber». Лабораторную или пилотную установку можно создать самостоятельно, а можно приобрести на рынке, включая и полноцикловый формат, вот один из примеров продаваемого оборудования «Carbon Fiber

Pilot Plants. PAN Polymerization, Precursor Spinning, Oxidation & Carbonization. All process steps under one roof».

1.9 Использование пилотных установок, как полноцикловых, так и только полимеризационных является не прихотью, а необходимостью, т.к. невозможно ведение технологического процесса полимеризации, если он не отработан на пилотной установке, не говоря уже о разработке новых рецептур. Смена поставщика сырья, катализаторов, сомономеров, растворителей т.е любого химиката, используемого в процессе довольно, часто приводит к изменению качества, и только пилотная и лабораторная установки помогут откорректировать режим процесс и достичь требуемых качественных показателей. Наличие пилотной установки не отменяет обязательное наличие и лабораторной установки полимеризации, так как для решения многих вопросов качества получаемого полимера и в особенности отклонения от стандартной кривой Гаусса, гораздо практичнее и намного быстрее решать на лабораторной установке.

1.10 Чем выше степень конверсии, тем более разветвленные цепи имеет получаемый полимер, соответственно очень широкое ММР и низкое качество УВ и в первую очередь по прочностным характеристикам. На **Схеме 1** показаны основные типы УВ с характеристиками механических свойств. **Углеродный скелет будущего УВ закладывается на стадии полимеризации и довольно проблематично, не меняя рецептуру, конверсию и ММР, т.е параметры режима полимеризации, делать исправления недостатков нитей и волокна исключительно физическими процессами, как формование, оксидация, карбонизация.**

Схема 1.



2. Растворители, сомомеры, катализаторы, регуляторы молекулярного веса используемых в производстве ПАН прекурсоров.

2.1 В Приложении 2 собраны материалы по 79 компаниям, производителей ПАН прекурсоров и используемые ими растворители. Распределение по применению выглядит следующим образом.

- диметилформаид 28-32%
- диметилацетаид 22-27%
- водный раствор роданида натрия 10-15%
- водный раствор хлорида цинка 8-12%
- диметилсульфоксид 20-25%
- кислота азотная 8-12%
- этиленкарбонат 15-18%

2.1.1 Относительно растворителей, регламентированных ТЗ:

- использование в качестве растворителя ДМФА не позволяет получать сополимеры с большой молекулярной массой, что накладывает определенные ограничения на качество получаемых ПАН прекурсоров и соответственно УВ

- использование в качестве растворителя ДМСО позволяет получать сополимеры с большой и очень большой молекулярной массой, что открывает доступ для получения неординарного и очень высококачественно УВ на основе соответствующих ПАН прекурсоров

- использование в качестве растворителя водного раствора роданида натрия позволяет получать сополимеры занимающие промежуточное положение между указанными

2.2 В Таблице 2 приведены производители ПАН прекурсоров занимающие основную долю рынка углеволокна. В таблице указаны: тип полимеризации, используемые растворители, как для полимеризации, так и для формования нитей (обычно они совпадают), концентрация мономеров в реакторе полимеризации и степень конверсии.

Таблица 2.

Основные производители УВ имеющие собственные производства сополимеров

| Компания | Адрес Сайта | Тип полимеризации | Растворитель при полимеризации | Растворитель при формировании нитей | Водный раствор на полимеризации, % масс | Концентрация мономеров в реакторе полимеризации, % | Конверсия в реакторе полимеризации, % | Доля на рынке, % | |
|---|---|---|--|---|---|--|---------------------------------------|------------------|------|
| Toray Industries | http://www.toraycf.com/ | Периодический, в растворителе Непрерывная, в растворителе | Диметилсульфоксид | Диметилсульфоксид | >97 | 15-30 | 50-98 | 22.15 | |
| Toho Tenax | http://www.tohotenax.com/ | Непрерывная, в растворителе | Вода/Хлорид Цинка | Вода/Хлорид Цинка | 50-70 | 11-20 | 50-70 | 17.90 | |
| Mitsubishi Rayon Co., LTD | http://www.mrc.co.jp/english/products/special/index.html | Непрерывная, в водной дисперсии (суспензионная полимеризация) | Вода | Вода/Диметилацетамид | 100 | 12-25 | 60-80 | 14.80 | |
| Hexcel | http://www.hexcel.com/products/aerospace/acf_carbon_fibers | Непрерывная, в водной дисперсии (суспензионная полимеризация) | Вода | Вода/Роданид Натрия | 100 | 12-25 | 60-80 | 5.70 | |
| Cytec Solvay Group ранее называлась American Cyanamid | http://www.cytec.com/ | Непрерывная, в водной дисперсии (суспензионная полимеризация) Непрерывная, в растворителе | Вода Вода/Роданид Натрия | Вода/Роданид Натрия | 100 50-52 | 12-25 15-25 | 60-80 50-70 | 2.50 | |
| SGL Group | http://www.sglgroup.com/cms/international/products/rod-duct-groups/cf/carbon-fibers-for-intake-fittings/index.html?_locale=en | Непрерывная, в водной дисперсии (суспензионная полимеризация) | Вода | Вода/Диметилацетамид | 100 | 12-25 | 60-80 | 6.20 | |
| Zoltek | http://zoltek.com/ | Непрерывная, в водной дисперсии (суспензионная полимеризация) | Вода | Диметилформамид | 100 | 12-25 | 60-80 | 6.10 | |
| TaeKwang | http://www.taekwang.co.kr/en/product/product_4.asp | Непрерывная, в водной дисперсии (суспензионная полимеризация) Непрерывная, в растворителе | Вода Вода/Роданид Натрия | Вода/Роданид Натрия | 100 50-52 | 12-25 15-25 | 60-80 50-70 | 2.00 | |
| Nippon Graphite Fiber Corporation | http://www.ngfworld.com/en.html | Непрерывная, в водной дисперсии (суспензионная полимеризация) | Вода | Вода/Роданид Натрия | 100 | 12-25 | 60-80 | 2.10 | |
| Accordis ранее называлась Courtaulds | http://www.icis.com/resources/news/2005/08/26/1002551/acordis-uk-carbon-fibre-unit-faces-closure/ | Непрерывная, в растворителе Периодический, в растворителе | Вода/Роданид Натрия | Вода/Роданид Натрия | 50-52 | 15-25 | 50-70 | 0.90 | |
| Formosa Plastics Corporation | http://www.compositesworld.com/suppliers/FORMOSA/APLA | Непрерывная, в водной дисперсии (суспензионная полимеризация) | Вода | Диметилформамид | 100 | 12-25 | 60-80 | 5.50 | |
| DowAksa (AKSACA) carbon fibers | http://www.aksacausa.com/ http://www.dowaksa.com/aksaca/ | Непрерывная, в водной дисперсии (суспензионная полимеризация) | Вода | Вода/Диметилацетамид | 100 | 12-25 | 60-80 | 1.40 | |
| Kemrock Industries and Exports Limited | http://www.kemrock.com/carbon-fibre.php | Непрерывная, в водной дисперсии (суспензионная полимеризация) Непрерывная, в растворителе | Вода Диметилформамид | Вода/Роданид Натрия Диметилформамид | 100 100 | 12-25 20-30 | 60-80 50-70 | 0.50 | |
| Zhongfu Shenyang Carbon Fiber Co., Ltd. | http://www.composite-expo.com/15-zhongfu-shenyang-carbon-fiber.html | Непрерывная, в водной дисперсии (суспензионная полимеризация) Непрерывная, в растворителе | Вода Диметилформамид | Вода/Роданид Натрия Диметилформамид | 100 100 | 12-25 20-30 | 60-80 50-70 | 1.80 | |
| Hyosung | http://www.hyosung.com/en/biz/industrial_materials/carbon_fiber.do | Непрерывная, в водной дисперсии (суспензионная полимеризация) Непрерывная, в растворителе Непрерывная, в растворителе | Вода Вода/Роданид Натрия Диметилформамид | Вода/Роданид Натрия Вода/Роданид Натрия Диметилформамид | 100 50-52 100 | 12-25 15-25 20-30 | 60-80 50-70 | 1.60 | |
| Asahi Kasei | http://www.asahi-kasei.co.jp/asahi/en/ | Непрерывная, в водной дисперсии (суспензионная полимеризация) | Вода | Вода/Азотная Кислота | 100 | 12-25 | 60-80 | 5.80 | |
| Nippon Exlan | http://www.exlanfiber.com/ | Непрерывная, в растворителе | Вода/Роданид Натрия | Вода/Роданид Натрия | 50-52 | 15-25 | 50-70 | 0.75 | |
| Другие производители | Все вышеперечисленные, а так же большая доля процессов периодического действия на малых мощностях | | Все вышеперечисленные, а также этиленкарбонат | | Все вышеперечисленные, для этиленкарбоната 100% | | 15-30 | 50-70 | 2.30 |

2.3 В Таблице 3 предоставлены соотношения компонентов сополимеризации используемые для получения углеволокна с модулем упругости при растяжении «Tensile modulus» от 240 до 270 ГПа и прочностью при растяжении «Tensile strength» 4500 до 5500 МПа, относящихся к категории «high tenacity fiber» и «ultra high tenacity fiber».

Таблица 3.

Соотношения мономеров в процессах сополимеризации для получения УВ "high modulus fiber"

| Наименования | % масс. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 93.00 | 94.00 | 95.00 | 96.00 | 96.00 | 96.00 | 96.00 | 96.10 | 97.00 | 97.50 | 97.50 | 97.50 | 98.00 | 98.40 | 98.80 | 99.10 | 99.20 | 99.60 |
| Акрилонитрил | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Кислотные сомомеры | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Итаконовая кислота | | 1.30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | | | 1.00 | 2.50 | 1.50 | 0.80 | | | | 0.90 | | |
| Метакриловая кислота | 6.00 | | | | | 0.80 | | | | | | 0.80 | | | | | | |
| Акриловая кислота | 1.00 | | 1.00 | 0.50 | | | | 1.50 | 3.20 | | | 0.30 | | 1.60 | 1.20 | | 0.80 | 0.40 |
| Нейтральные сомомеры | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Метилакрилат | | 4.70 | 2.00 | | | 2.00 | 2.50 | 0.70 | 2.00 | | | | 2.00 | | | | | |
| Метилметакрилат | | | 1.00 | 2.50 | 3.00 | | | | | | 0.70 | 0.90 | | | | | | |
| ИТОГО | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Примечания | ** | | | | *** | | | **** | | | | | | | | | | * |

* - dicyclohexylammonium 2-cyanoacrylate

** - 2-methyl-2-acrylamidopropane sulfonate

*** - производные итаконовой кислоты: монометилитаконат, моноэтилитаконат, моно-н-бутилитаконат, моноамидитаконат, моно-н-октилаидитаконат

****- зеленым цветом выделена рецептура для сополимеризации в трех различных растворителях, которые определены Техническим Задаанием.

Замена акриловой или итаконовой кислоты на соответствующие эфиры и амиды, часть из которых выделена желтым фоном, производится в соотношениях близких или равных к дозировкам этих кислот. Процесс получения эфиров является не сложным, как в аппаратном оформлении, так и в технологическом плане, а сглаживание экзотермического пика при термоциклизации происходит более эффективно. Многие производители углеволокна имеющие собственную сополимеризацию и занятые оптимизацией рецептур имеют собственные установки для получения эфиров, размеры которой очень небольшие, фактически это дополнительное помещение в составе лаборатории.

2.4 Товарные марки катализаторов имеют широкие вариации в названиях, но фактически все сводится к следующим группам:

- пероксиды. Компании Arkema, Pergan и Akzo Nobel выпускают катализаторы под товарными марками Luperox, Peroxan и Triganoх соответственно, в том числе и для сополимеризации акрилонитрила. Преимуществом данных компаний является технологический сервис, который они оказывают покупателю при подборе катализаторов для вашего процесса. Российские производители перекисей также могут являться поставщиками катализаторов, например, перекиси бензоила.

- персульфаты калия, сульфиты и бисульфиты натрия используются в комплексе с сульфатом железа двухвалентным, как окислительно-восстановительные системы для полимеризации акрилонитрила в воде и водных растворах органических растворителей. Использование этого комплекса позволяет легко контролировать молекулярный вес по-

лучаемого полимера, что является его неоспоримым преимуществом. **Не используются совместно с роданидом натрия.**

- нитрилы, как динитрил азодиизомасляной кислоты и его аналоги могут использоваться при полимеризации с любым из растворителей указанном в **Таблице 2** и при любых типах полимеризации.

2.5 Выбор катализатора не является технически сложным процессом в отличие от корректировки режима при переходе с катализатора одной компании на катализатор другой и наличие лабораторной установки, в этом случае, обязательно.

2.6 Электронный пучок, также, как и катализатор может быть использован в качестве инициатора процесса, что позволяет получать **сополимеры с бимодальным распределением молекулярной массы**. Квалифицированное использование эффекта постполимеризации позволяет избежать облучения всего объема реактора и открывает дорогу к «ultra high tenacity fiber». Долгое время считалось, что только унимодальное распределение молекулярного веса гарантирует качественное УВ. Но данные компании Toray Industries, которые используются ими на собственном производстве, показали, что более подходящим молекулярно-массовым профилем для производства углеволокна **является уширенный бимодальный профиль**, получение которого возможно в процессе двухстадийной полимеризации. Бимодальные сополимеры акрилонитрила и способы их получения закрыты патентными правами, патенты регулярно поддерживаются и обновляются, соответственно имеются лицензии на процесс. Достаточное количества лабораторных и пилотных исследований, **п.1.7-1.9**, позволит создать собственную библиотеку, освоить процесс и выполнить технологическую реплику на основе квалифицированного использования НИОКР (R&D).

2.7 Регуляторы молекулярного. Часто используемые: изопропиловый спирт, диоксид тиомочевины или монометиловый эфир гидрохинона. Менее часто используемые: этиловый, метиловый спирт, этилмеркаптан, лаурилмеркаптан, додецилмеркаптан, 2-меркаптоэтанол, тиогликолевая кислота, дитиогликоль.

3. Описание технологии, материальный баланс, BFD и PFD схемы процессов полимеризации определенных техническим заданием:

Согласно технического задания, **Приложение 1** анализ технологий выполнен для:

- непрерывная полимеризация в водном растворе роданида натрия
- непрерывная полимеризация в диметилформамиде
- непрерывная полимеризация в диметилсульфоксиде

Аппаратурное оформление процессов сополимеризации в указанных растворителях практически идентично между собой, принципиальные отличия относятся к секции демономеризации. Для реакторных блоков, работающих с водным раствором роданида натрия, ДМФА и ДМСО применяются внутренние или наружные змеевики, а также циркуляционные контура с выносными теплообменниками. При получении сополимеров с узким ММР использование внутреннего змеевика необходимо, так как это позволяет контролировать температуру процесса с точностью $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

3.1. Сополимеризация акрилонитрила в водном растворе роданида натрия

включает в себя технологические секции и блоки:

- Секция подготовки мономеров и растворителя
- Секция приготовления реакционной смеси
- Секция полимеризации (с получением прядильного раствора)
- Секция демономеризации прядильного раствора
- Секция подготовки прядильного раствора к формованию (не рассматривается).
- Секция регенерации водного раствора роданида натрия.

На **Схеме 2** показана поточная BFD схема процессов сополимеризации и регенерации растворителя – роданида натрия. Для наглядного понимания количества рецикла мономеров поток на формование нитей показан от реактора, а не от демономеризатора, как это происходит по факту.

Схема 2.

////////////////////////////////////

Мы не имеем возможности размещать в реферате полное описание технологии для данной секции, так как имеется ряд профессиональных ограничений. Краткое описание технологии достаточное для понимания, а также BFD схема, представлены Часть 1. Сополимеризация в водном растворе роданида натрия <https://enky-afina.ru/konceptualnii-proekt-n14k>

Информация, которая относится к принципиальным технологическим решениям, закрыта значком ///////////////, все технологические решения общего содержания, конечно же доступны к прочтению.

3.1.1 Секция подготовки сырья. Аппаратурное оформление секции подготовки сырья определяется:

- наличием или отсутствием ингибитора полимеризации в составе АН
- непрерывным или периодическим режимом проведения полимеризация


3.1.1.1 Подача АН в процесс производится через промежуточный склад хранения или буферную емкость и в том случае, если подача АН производится по трубопроводу от производителя. Отбор анализов на показатели качества определяется планом аналитического контроля, подача в процесс АН содержащего стабилизатор (ингибитор) полимеризации, не допускается. Подача жидких мономеров в процесс производится из складских емкостей насосами в емкости – дозаторы, которые размещаются в производственном здании на верхних отметках, либо через расходомерные узлы непосредственно в смеситель приготовления реакционной массы. Хранение жидкого сырья на складе производится под азотной подушкой.




3.1.1.2 Подача сухого мономера ИК производится из биг-бэгов в силос хранения, который размещается в производственном здании на верхней отметке, а подача в смеситель приготовления реакционной массы осуществляется дозатором сухих веществ.


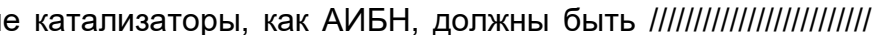
3.1.1.3 Подача рецикла мономеров, которые при работе с роданидом натрия представляет собой водный азеотроп, как правило, производится без фракционирования.



3.1.1.4 Регуляторы молекулярного веса ИПС или бинарные растворы ИПС с тиосоединениями, подаются насосом – дозатором в смеситель реакционной массы.

3.1.1.5 Растворитель роданид натрия с концентрацией 50-52%, как свежий, так и регенерированный подается в смеситель приготовления реакционной массы через расходомерный узел.

Внимание! Для приготовления свежего раствора роданида натрия допускается использовать только деминерализованную воду .

3.1.1.6 Смеситель реакционной массы – цилиндрический аппарат, с мешалкой . Существуют схемы, когда  подогрев всех компонентов реакции организуется в теплообменнике (теплообменниках) до смесителя. Фильтрация предусматривается после смесителя на общем потоке в реактор-полимеризатор, но очень часто, и что с нашей точки зрения является более эффективным, .

3.1.1.7 Подача катализатора полимеризации при использовании большинства растворителей предусматривается в смеситель, но в случае роданида натрия катализатор подается . Сухие катализаторы, как АИБН, должны быть  поставщик катализатора применительно к использованию в процессе.

3.1.1.8 Дозирование сырья и растворителя является основой для получения качественного сополимера, именно поэтому в системе управления непрерывным процессом предусматривается , а при периодическом процессе система управления . Описание всех технологических операций предоставлено для непрерывного процесса полимеризации, как и предусмотрено техническим заданием.

3.1.2 Реакторный блок полимеризации может состоять из одного реактора или нескольких реакторов разных объемов, что позволяет:

- снижать мощность во время снижения спроса на конечный продукт без потери качества и увеличения расходных показателей
- снижать или увеличить время пребывания в реакторе, что позволяет изменять степень конверсии в зависимости от желаемого качества продукта.

При производительности установки $//////////$ т/год и непрерывном процессе полимеризации принимается $//////////$ реакторов.

Полимеризаторы, используемые для получения сомономеров АН, имеют два различных принципа своей работы.

3.1.2.1 Реактор идеального перемешивания. Реакционная масса после смесителя с концентрацией мономеров в растворе роданида натрия $//////////$, с коррекцией по уровню в реакторе.

Реактор – цилиндрический аппарат с мешалкой обогреваемый $//////////$. Выбор перемешивающего устройства должен производиться очень тщательно, так как $//////////$.

Температура в реакторе регулируется клапаном на подаче теплоносителя в змеевик и поддерживается $//////////$. Давление в реакторе не превышает $//////////$.

Паровая фаза с верха реактора поступает в емкость, $//////////$. Существуют схемы с использованием $//////////$ сливается в емкость. Не сконденсировавшиеся продукты $//////////$ устанавливается на этой линии и поддерживает давление во всей системе полимеризации. $//////////$ в емкость хранения мономеров после демономеризации.

Время пребывания в реакторе варьирует от $//////////$, что определяется выбранной степенью конверсии от 45 до 75%, которая определяет ММР и молекулярный вес полимера для получаемого типа ПАН прекурсора. Объем реактора определяется исходя из максимального времени пребывания при уровне $//////////$

Контроль качества получаемого полимера осуществляется $//////////$, если он не предусматривается на линии от реактора к демономеризатору.

Рабочий уровень в реакторе составляет $//////////$ %, время пребывания в реакторе при этом уровне соответствует конверсии $//////////$ %. Повышение уровня $//////////$, снижение уровня $//////////$.

Реакционная масса с нижней части реактора подается в демономеризатор с коррекцией по уровню. Подача за счет разности давлений возможна если секция демономеризации представляет собой колонну, работающую под вакуумом, но реактор в этом

случае ////////////////. Если работа демономеризатора основывается на использовании роторного пленочного испарителя, то использование ////////////////.

3.1.2.2 Реактор идеального вытеснения. Реакционная масса после смесителя с концентрацией мономеров в растворе роданида натрия около //////////////% подается винтовым насосом через нижний штуцер реактора-полимеризатора, вывод продукта осуществляется через верхний штуцер, таким образом, реактор работает полностью заполненным, и коррекция по уровню не требуется.

Реактор – цилиндрический аппарат с мешалкой обогреваемый ////////////////. Выбор перемешивающего устройства должен производиться очень тщательно, так как ////////////////.

Температура в реакторе регулируется клапаном на подаче теплоносителя в змеевик и поддерживается в //////////////°С. Давление //////////////// полностью заполненного реактора. Принцип регулирования давления выбирается в зависимости от типа демономеризатора.

Время пребывания в реакторе варьирует от ////////////////, что определяется выбранной степенью конверсии от 45 до 75%, которая определяет ММР и молекулярный вес полимера для получаемого типа ПАН прекурсора. Объем реактора определяется исходя из максимального времени пребывания.

Контроль качества получаемого полимера осуществляется ////////////////, если он не предусматривается на линии от реактора к демономеризатору.

Реакционная масса с верхней части реактора подается в демономеризатор. Подача за счет разности давлений возможна если секция демономеризации представляет собой колонну, работающую под вакуумом, но реактор в этом случае ////////////////. Если работа демономеризатора основывается на использовании роторного пленочного испарителя, то использование ////////////////.

3.1.3 Секция отгонки и фракционирования мономеров (демономеризация) имеет два принципиально различных конструктивных решения.

3.1.3.1 Аппарат колонного типа, работающий под вакуумом около //////////////°С. Вакуум в системе создается вакуум-насосом. Момеры с верха колонны конденсируются в теплообменнике охлаждаемом обратной водой и сливаются в буферную емкость. По мере завывшения уровня продукт конденсации, который представляет собой водный азеотроп мономеров и ИПС откачивается рециклом в процесс, либо отправляются фракционированию. При малых мощностях и использовании роданида натрия ////////////////. Раствор полимера в роданиде натрия с нижней части колонны отправляется на фильтрацию, охлаждение и формование, что не входит в границы данного отчета.

3.1.3.2 Роторный пленочный испаритель, работающий при **//////////°C**. Подогрев осуществляется с использованием наружной паровой рубашки. Раствор полимера подается тангенциально в верхнюю часть испарителя, а специальные внутренние устройства равномерно распределяют его по всей внутренней поверхности аппарата. Жидкость стекает в нижнюю часть, а лопатки скребка обеспечивают пленочное движение, что увеличивает поверхность испарения.

Мономеры с верха испарителя конденсируются в теплообменнике охлаждаемом оборотной водой и сливаются в буферную емкость. По мере завывшения уровня продукт конденсации, который представляет собой водный азеотроп мономеров и ИПС откачивается рециклом в процесс, либо отправляются на фракционирование. При малых мощностях и использовании роданида натрия **//////////**. Раствор полимера в роданиде натрия с нижней части испарителя отправляется на фильтрацию, охлаждение и формование, что не входит в границы данного отчета.

Внимание! Легкокипящие продукты демономеризации реакционной массы представляют собой водные азеотропные смеси, **//////////**. Водные азеотропы кислых мономеров имеют температуру кипения выше, чем температура кипения воды, **////////// массе** неизбежно и как следствие изменение качества ПАН прекурсора и УВ. Отбор анализов с потока рецикла мономеров осуществляется **//////////**.

3.1.4 Регенерация раствора роданида натрия не является обязательной составляющей данного отчета, но мы посчитали возможным не только показать два способа реализации этого процесса, но и привести оценку операционных и капитальных затрат.

3.1.4.1 Раствор роданида натрия в процессе циркуляции загрязняется, как органическими примесями – «олигомерами», состав которых чрезвычайно многообразен и трудно идентифицируется, так и неорганическими это соли тяжелых металлов и сульфаты. Концентрация раствора роданида натрия от 9-15% после формования нитей до 50-52% производится под вакуумом в **//////////**. Раствор роданида натрия с температурой **//////////** и сливается в буферную емкость низко концентрированного раствора.

3.1.4.2 Подача на первый испаритель, который имеет самую высокую температуру **//////////**, т.е в каскадном режиме регулирования. Водяной пар с давлением **//////////** обеспечивается водокольцевым вакуумным насосом, который подключен **//////////** возвращается на производство водяного пара.

3.1.4.3 Пары воды с верха первого испарителя отделяются от жидкости на каплеотбойнике и поступают **//////////**.

3.1.4.4 Второй испаритель работает при температуре $//////////^{\circ}\text{C}$. Пары воды с верха второго испарителя отделяются от жидкости на каплеотбойнике и поступают $//////////$.

3.1.4.5 Третий испаритель работает при температуре $//////////^{\circ}\text{C}$. Пары воды с верха третьего испарителя отделяются от жидкости на каплеотбойнике и подаются $//////////$ на очистные сооружения, при необходимости на этом потоке устанавливается водяной холодильник для достижения температуры, которая приемлема для очистки. Выпарная вода содержит $//////////$ очистных сооружений.

Примечание! $//////////$

3.1.4.6 Раствор роданида натрия из нижней части $//////////$ подается через водяной холодильник, где охлаждается до $30-40^{\circ}\text{C}$, в буферную емкость «сырого» концентрированного раствора роданида натрия и далее на следующую стадию очистки. Выбор объема буферной емкости производится исходя из того, $//////////$.

3.1.5 Удаление сульфатов карбонатом бария производится в реакторе, который представляет собой $//////////$. «Сырой» раствор роданида натрия подается насосом в реактор из буферной емкости с температурой $30-40^{\circ}\text{C}$ и концентрацией $//////////\%$. Сухой углекислый барий хранится в силосе, который расположен на отметке выше реактора, подача осуществляется через дозатор сухих веществ. Количество карбоната бария, которое необходимо для удаления сульфатов определяется $//////////$. Передозировка карбоната бария не желательна, так как $//////////$.

3.1.5.1 Время пребывания в реакторе не превышает $//////////$. Осадок сульфата бария $//////////$ вакуумный фильтр, который, как правило, располагается на один этаж ниже, чем реактор. Барабанный вакуумный фильтр работает $//////////$ по транспортеру отправляется на склад. Привод барабана вакуумного фильтра обеспечивает бесступенчатое регулирование $//////////$. Очищенный от твердых примесей, раствор роданида натрия дренируется $//////////$ стадию очистки.

3.1.6 Удаление железа на ионообменных смолах из раствора роданида натрия мало отличается от принципа работы водоподготовки. Раствор роданида натрия после секции удаления сульфатов с температурой $//////////$ сильноосновным анионитом, $//////////$. Количество ионообменных колонн, а также их высота определяется расчетом и, как правило, состоит $//////////$. Регенерацию осуществляют промывкой анионита $//////////$. Промывные воды собираются в емкость, $//////////$ поточного рН-метра для поддержания рН $//////////$.

3.1.6.1 Очищенный раствор роданида натрия отправляется буферную емкость, которая располагается в границах секции подготовки сырья, в эту же емкость, по мере

снижения уровня добавляется свежеприготовленный раствор роданида натрия. Для выделения гидроксида железа **//////////**.

3.1.6.2 При работе вакуумного барабанного фильтра **//////////** значительно увеличивается, что отрицательно сказывается на процессе полимеризации. Добавление в раствор роданида натрия **//////////** поэтому всегда рассматриваются и альтернативные варианты:

- **//////////**, имеют азотные подушки

- выбираются ионообменные смолы, которые **//////////**

3.2. Сополимеризация акрилонитрила в диметилформамиде включает в себя технологические секции и блоки:

- Секция подготовки мономеров и растворителя
- Секция приготовления реакционной смеси
- Секция полимеризации (с получением прядильного раствора)
- Секция демономеризации прядильного раствора
- Секция подготовки прядильного раствора к формованию (не рассматривается).

На **Схеме 3** показана поточная BFD схема процессов полимеризации акрилонитрила и сомономеров в диметилформамиде. Для наглядного понимания количества рецикла мономеров поток на формование нитей показан от реактора, а не от демономеризатора, как это происходит по факту.

Схема 3.

//////////

Мы не имеем возможности размещать в реферате полное описание технологии для данной секции, так как имеется ряд профессиональных ограничений. Краткое описание технологии достаточное для понимания, а также BFD схема, представлены Часть 2. Сополимеризация акрилонитрила в диметилформамиде <https://enky-afina.ru/konceptualnii-proekt-n13k>

Информация, которая относится к принципиальным технологическим решениям, закрыта значком **//////////**, все технологические решения общего содержания, конечно же доступны к прочтению.

3.2.1 Секция подготовки сырья. Аппаратурное оформление секции подготовки сырья определяется:

- наличием или отсутствием ингибитора полимеризации в составе АН
- непрерывным или периодическим режимом проведения полимеризация

3.2.1.1 Подача АН в процесс производится через промежуточный склад хранения или буферную емкость и в том случае, если подача АН производится по трубопроводу от производителя. Отбор анализов на показатели качества определяется планом аналитического контроля, подача в процесс АН содержащего стабилизатор (ингибитор) полимеризации, не допускается. Подача жидких мономеров в процесс производится из складских емкостей насосами в емкости – дозаторы, которые размещаются в производственном здании на верхних отметках, либо через расходомерные узлы непосредственно в смеситель приготовления реакционной массы. Хранение жидкого сырья на складе производится под азотной подушкой.

3.2.1.2 Подача сухого мономера ИК производится из биг-бэгов в силос хранения, который размещается в производственном здании на верхней отметке, а подача в смеситель приготовления реакционной массы осуществляется дозатором сухих веществ.

3.2.1.3 Подача рецикла мономеров может производиться, как после фракционирования, так и без разделения, что определяется составом и требуемым качеством конечных продуктов ПАН прекурсоров и УВ.

3.2.1.4 Регуляторы молекулярного веса ИПС или бинарные растворы ИПС с тиосоединениями, подаются насосом – дозатором в смеситель реакционной массы.

3.2.1.5 Растворитель ДМФА с концентрацией 99.7%, как свежий, так и регенерированный подается в смеситель приготовления реакционной массы через расходомерный узел. Допускается концентрация регенерированного ДМФА 99.3-99.5%, так как, **//////////**.

3.2.1.6 Добавка деминерализованной воды **от //////////%** в ДМФА производится **//////////** для увеличения степени конверсии, но с другой стороны увеличения доли воды **//////////** на селективности процесса. Оптимизация режима выполняется для каждой конкретной рецептуры «золотая середина» **это //////////** мономеров в растворителе.

3.2.1.7 Смеситель реакционной массы – цилиндрический аппарат, с мешалкой **//////////**. Существуют схемы, когда **//////////** подогрев всех компонентов реакции организуется в теплообменнике (теплообменниках) до смесителя. Фильтрация предусматривается после смесителя на общем потоке в реактор-полимеризатор, но очень часто, и что с нашей точки зрения является более эффективным, **//////////**

3.2.1.8 Подача катализатора полимеризации при использовании большинства растворителей предусматривается в смеситель. Сухие катализаторы, как АИБН, должны быть **//////////** поставщик катализатора применительно к использованию в процессе. Количества катализаторов АИБН или ПБ, которые дозируются в реактор при полимеризации в ДМФА **на //////////** при работе с роданидом натрия. Использование персульфата калия, сульфитов и бисульфитов натрия в комплексе с сульфатом железа двухвалент-

ным, как окислительно-восстановительные системы для полимеризации АН в растворителях ДМФА и ДМСО позволяет легко контролировать молекулярный вес получаемого полимера.

3.2.1.9 Дозирование сырья и растворителя является основой для получения качественного сополимера, именно поэтому в системе управления непрерывным процессом предусматривается ///////////////, а при периодическом процессе система управления ///////////////. Описание всех технологических операций предоставлено для непрерывного процесса полимеризации, как и предусмотрено техническим заданием. Описание всех технологических операций предоставлено для непрерывного процесса полимеризации, как и предусмотрено техническим заданием.

3.2.2 Реакторный блок полимеризации может состоять из одного реактора или нескольких реакторов разных объемов, что позволяет:

- снижать мощность во время снижения спроса на конечный продукт без потери качества и увеличения расходных показателей
- снижать или увеличить время пребывания в реакторе, что позволяет изменять степень конверсии в зависимости от желаемого качества продукта.

При производительности установки ////////////// т/год и непрерывном процессе полимеризации принимается ////////////// реакторов.

3.2.2.1 Процесс сополимеризации АН и мономеров в ДМФА характеризуется более низкой константой роста полимерной цепи, чем при использовании в качестве растворителей роданида натрия или ДМСО это приводит ///////////////. Добавление деминерализованной воды в соотношениях, которые указаны п. **3.2.1.6**, позволяет добиваться увеличения молекулярного веса, но не выше чем это возможно в присутствии растворителей ДМСО или роданида натрия. Концентрация мономеров в ДМФА имеет очень широкие вариации от ///////////////. Высокие концентрации способствуют получению полимера с наилучшей формой поперечного сечения и наилучшими показателями качества, но высокая концентрация – /////////////// риск получения бракованной продукции или, что еще более проблематично это «козел» в реакторе.

Полимеризаторы, используемые для получения сомономеров АН, имеют два различных принципа своей работы.

3.2.2.2 Реактор идеального перемешивания. Реакционная масса после смесителя с концентрацией мономеров в растворе ДМФА около ///////////////, с коррекцией по уровню в реакторе.

Реактор – цилиндрический аппарат с мешалкой обогреваемый ////////////////. Выбор перемешивающего устройства должен производиться очень тщательно, так как ////////////////.

Температура в реакторе регулируется клапаном на подаче теплоносителя в змеевик и поддерживается в пределах ////////////////. Давление в реакторе //////////////// и ////////////////.

Паровая фаза с верха реактора поступает в емкость, ////////////////. Существуют схемы с использованием //////////////// сливается в емкость. Не сконденсировавшиеся продукты //////////////// устанавливается на этой линии и поддерживает давление во всей системе полимеризации. //////////////// в емкость хранения мономеров после демономеризации.

Время пребывания в реакторе варьирует ////////////////, что определяется требуемой степенью конверсии от 50 до 70%, которая определяет ММР и молекулярный вес получаемого полимера для необходимого типа ПАН прекурсора. Объем реактора определяется исходя из максимального времени пребывания при уровне ////////////////

Контроль качества получаемого полимера осуществляется ////////////////, если он не предусматривается на линии от реактора к демономеризатору.

Рабочий уровень в реакторе составляет ////////////////%, время пребывания в реакторе при этом уровне соответствует конверсии около ////////////////%. Повышение уровня ////////////////, снижение уровня ////////////////.

Реакционная масса с нижней части реактора подается в демономеризатор с коррекцией по уровню. Подача за счет разности давлений возможна если секция демономеризации представляет собой колонну, работающую под вакуумом, но реактор в этом случае ////////////////. Если работа демономеризатора основывается на использовании роторного пленочного испарителя, то использование ////////////////.

3.2.2.3 Реактор идеального вытеснения. Реакционная масса после смесителя с концентрацией мономеров в растворе ДМФА около //////////////// подается винтовым насосом через нижний штуцер реактора-полимеризатора, вывод продукта осуществляется через верхний штуцер, таким образом, реактор работает полностью заполненным, и коррекция по уровню не требуется.

Реактор – цилиндрический аппарат с мешалкой обогреваемый ////////////////. Выбор перемешивающего устройства должен производиться очень тщательно, так как ////////////////.

Температура в реакторе регулируется клапаном на подаче теплоносителя в змеевик и поддерживается в ////////////////. Давление //////////////// полностью заполненного реактора. Принцип регулирования давления выбирается в зависимости от типа демономеризатора.

Время пребывания в реакторе варьирует ////////////////, что определяется требуемой степенью конверсии от 50 до 70%, которая определяет ММР и молекулярный вес полу-

чаемого полимера для необходимого типа ПАН прекурсора. Объем реактора определяется исходя из максимального времени пребывания.

Контроль качества получаемого полимера осуществляется **//////////**, если он не предусматривается на линии от реактора к демономеризатору.

Реакционная масса с верхней части реактора подается в демономеризатор. Подача за счет разности давлений возможна если секция демономеризации представляет собой колонну, работающую под вакуумом, но реактор в этом случае **//////////**. Если работа демономеризатора основывается на использовании роторного пленочного испарителя, то использование **//////////**.

3.2.3 Секция отгонки и фракционирования мономеров имеет два принципиально различных конструктивных решения.

3.2.3.1 Аппарат колонного типа, работающий под вакуумом **//////////**. Вакуум в системе создается вакуум – насосом. Мономеры с верха колонны конденсируются в теплообменнике охлаждаемом оборотной водой и сливаются в буферную емкость. По мере завышения уровня продукт конденсации, который представляет смесь мономеров с очень небольшим количеством **//////////**, при получении УВ с низким ценовым уровнем, **//////////** при получении высококачественного конечного продукта. Раствор полимера в ДМФА с нижней части колонны отправляется на фильтрацию, охлаждение и формование, что не входит в границы данного отчета.

3.2.3.2 Роторный пленочный испаритель, работающий **//////////**. Подогрев осуществляется с использованием наружной паровой рубашки в которую подается пар низкого давления. Раствор полимера подается тангенциально в верхнюю часть испарителя, а специальные внутренние устройства равномерно распределяют его по всей внутренней поверхности аппарата. Жидкость стекает в нижнюю часть, а лопатки скребка обеспечивают пленочное движение, что увеличивает поверхность испарения.

Мономеры с верха испарителя конденсируются в теплообменнике, охлаждаемом оборотной водой и сливаются в буферную емкость. По мере завышения уровня продукт конденсации, который представляет смесь мономеров с очень небольшим количеством **//////////**, при получении УВ с низким ценовым уровнем, **//////////** при получении высококачественного конечного продукта. Раствор полимера с концентрацией **//////////** с нижней части испарителя отправляется на фильтрацию, охлаждение и формование, что не входит в границы данного отчета.

Внимание! Работа пленочного испарителя при использовании растворителя – ДМФА, принципиально отличается по технологическим параметрам от работы с раство-

рителем – роданид натрия. В случае роданида натрия количество воды в реакционной массе с куба испарителя не имеет принципиального значения, что позволяет ////////////////. В случае ДМФА, количество воды в реакционной массе с куба испарителя ////////////////. При //////////////// испаряется основное количества воды и нейтральных мономеров, до ////////////////°C испаряется и часть ////////////////, а до ////////////////C испаряется некоторая количества ДМФА для концентрации прядильного раствора ////////////////%. Отбор анализов с потока рецикла мономеров осуществляется ////////////////.

3.3. Сополимеризация акрилонитрила в диметилсульфоксиде включает в себя технологические секции и блоки:

- Секция подготовки мономеров и растворителя
- Секция приготовления реакционной смеси
- Секция полимеризации (с получением прядильного раствора)
- Секция демономеризации прядильного раствора
- Секция подготовки прядильного раствора к формованию (не рассматривается).

На **Схеме 4** показана поточная BFD схема процессов полимеризации акрилонитрила и сомономеров в диметилформамиде. Для наглядного понимания количества рецикла мономеров поток на формование нитей показан от реактора, а не от демономеризатора, как это происходит по факту.

Схема 4.

////////////////////////////////////

Мы не имеем возможности размещать в реферате полное описание технологии для данной секции, так как имеется ряд профессиональных ограничений. Краткое описание технологии достаточное для понимания, а также BFD схема, представлены Часть 3. Сополимеризация акрилонитрила в диметилсульфоксиде <https://enky-afina.ru/konceptualnii-proekt-n12k>

Информация, которая относится к принципиальным технологическим решениям, закрыта значком ////////////////, все технологические решения общего содержания, конечно же доступны к прочтению.

3.3.1 Секция подготовки сырья. Аппаратурное оформление секции подготовки сырья определяется:

- наличием или отсутствием ингибитора полимеризации в составе АН
- непрерывным или периодическим режимом проведения полимеризация

3.3.1.1 Подача АН в процесс производится через промежуточный склад хранения или буферную емкость и в том случае, если подача АН производится по трубопроводу от производителя. Отбор анализов на показатели качества определяется планом аналитического контроля, подача в процесс АН содержащего стабилизатор (ингибитор) полимеризации, не допускается. Подача жидких мономеров в процесс производится из складских емкостей насосами в емкости – дозаторы, которые размещаются в производственном здании на верхних отметках, либо через расходомерные узлы непосредственно в смеситель приготовления реакционной массы. Хранение жидкого сырья на складе производится под азотной подушкой.

3.3.1.2 Подача сухого мономера ИК производится из биг-бэгов в силос хранения, который размещается в производственном здании на верхней отметке, а подача в смеситель приготовления реакционной массы осуществляется дозатором сухих веществ.

3.3.1.3 Подача рецикла мономеров может производиться, как после фракционирования, так и без разделения, что определяется составом и требуемым качеством конечных продуктов ПАН прекурсоров и УВ.

3.3.1.4 Регуляторы молекулярного веса ИПС или бинарные растворы ИПС с тиосоединениями, подаются насосом – дозатором в смеситель реакционной массы.

3.3.1.5 Растворитель ДМСО с концентрацией $//////$ как свежий, так и регенерированный подается в смеситель приготовления реакционной массы через расходомерный узел. Допускается, что концентрация регенерированного ДМСО не превышает $//////////$ так как, $//////////$.

3.3.1.6 Добавка деминерализованной воды в ДМСО допускается $//////$, в противном случае наблюдается гелеобразование и повышение вязкости раствора.

3.3.1.7 Смеситель реакционной массы – цилиндрический аппарат, с мешалкой $//////////$. Существуют схемы, когда $//////////$ подогрев всех компонентов реакции организуется в теплообменнике (теплообменниках) до смесителя. Фильтрация предусматривается после смесителя на общем потоке в реактор-полимеризатор, но очень часто, и что с нашей точки зрения является более эффективным, $//////////$

3.3.1.8 Подача катализатора полимеризации при использовании большинства растворителей предусматривается в смеситель. Сухие катализаторы, как АИБН, должны быть $//////////$ поставщик катализатора применительно к использованию в процессе. Количества катализаторов АИБН или ПБ, которые дозируются в реактор при полимеризации в ДМСО $//////////$ при работе с ДМФА. Использование персульфата калия, сульфитов и бисульфитов натрия в комплексе с сульфатом железа двухвалентным, как окисли-

тельно-восстановительные системы для полимеризации АН в растворителях ДМФА и ДМСО позволяет легко контролировать молекулярный вес получаемого полимера.

Внимание! При использовании АИБН температура в реакторе более высокая, чем при использовании персульфата калия, сульфитов и бисульфитов натрия в комплексе с сульфатом железа двухвалентным. Если технологическая карта для получаемой рецептуры полимера не позволяет повысить температуру в реакторе, то вместо АИБН используется окислительно – восстановительные системы.

3.3.1.9 Дозирование сырья и растворителя является основой для получения качественного сополимера, именно поэтому в системе управления непрерывным процессом предусматривается ///////////////, а при периодическом процессе система управления ///////////////. Описание всех технологических операций предоставлено для непрерывного процесса полимеризации, как и предусмотрено техническим заданием. Описание всех технологических операций предоставлено для непрерывного процесса полимеризации, как и предусмотрено техническим заданием.

Внимание! При работе с растворителем ДМСО, как правило, используются процессы периодические или полу периодические для получения очень высокомолекулярных полимеров, используемых для не ординарных УВ.

3.3.2 Реакторный блок полимеризации может состоять из одного реактора или нескольких реакторов разных объемов, что позволяет:

- снижать мощность во время снижения спроса на конечный продукт без потери качества и увеличения расходных показателей
- снижать или увеличить время пребывания в реакторе, что позволяет изменять степень конверсии в зависимости от желаемого качества продукта.

При производительности установки /////////////// и непрерывном процессе полимеризации принимается /////////////// реакторов, но значительно большего объема, чем в случае роданида натрия и ДМФА.

3.3.2.1 Процесс сополимеризации АН и мономеров в ДМСО характеризуется очень низкой скоростью реакции и время пребывания в реакторе может составлять ///////////////, чтобы достигнуть приемлемую конверсию, т.е не менее 50%. Добавление избыточного количества катализатора, конечно же, приведет к увеличению конверсии и уменьшению времени пребывания в реакторе, но ///////////////. Поэтому, для получения специальных сополимеров с очень высокой молекулярной массы и оптимальным ММР температура процесса ///////////////, время пребывания в реакторе ///////////////. Концентрация мономеров в ДМСО не превышает ///////////////.

3.3.2.2 Реакторы-полимеризаторы, используемые для получения сомономеров АН в растворителе ДМСО, выполняются только, как **Реакторы идеального перемешивания**. Реакционная масса после смесителя с концентрацией мономеров в растворе ДМСО **//////////**, с коррекцией по уровню в реакторе.

Реактор – цилиндрический аппарат с мешалкой обогреваемый **//////////**. Выбор перемешивающего устройства должен производиться очень тщательно, так как **//////////**.

Температура в реакторе регулируется клапаном на подаче теплоносителя в змеевик и поддерживается **в пределах //////////////°С**. Давление в реакторе **//////////**.

Паровая фаза с верха реактора поступает в емкость, **//////////** Существуют схемы с использованием **//////////** сливается в емкость. Не сконденсировавшиеся продукты **//////////** устанавливается на этой линии и поддерживает давление во всей системе полимеризации. **//////////** в емкость хранения мономеров после демономеризации.

Время пребывания в реакторе варьирует **//////////**, что определяется требуемой степенью конверсии от 50 до 70%, которая определяет ММР и молекулярный вес получаемого полимера для необходимого типа ПАН прекурсора. Объем реактора определяется исходя из максимального времени пребывания при уровне **//////////**.

Контроль качества получаемого полимера осуществляется **//////////**, если он не предусматривается на линии от реактора к демономеризатору.

Рабочий уровень в реакторе составляет **//////////** время пребывания в реакторе при этом уровне соответствует конверсии **//////////**. Повышение уровня **//////////**, снижение уровня **//////////**.

Реакционная масса с нижней части реактора подается в демономеризатор с коррекцией по уровню. Подача за счет разности давлений возможна если секция демономеризации представляет собой колонну, работающую под вакуумом, но реактор в этом случае **//////////**. Если работа демономеризатора основывается на использовании роторного пленочного испарителя, то использование **//////////**.

3.3.3 Секция отгонки и фракционирования мономеров имеет два принципиально различных конструктивных решения.

3.3.3.1 Аппарат колонного типа, работающий под вакуумом **//////////**. Вакуум в системе создается вакуум – насосом. Мономеры с верха колонны конденсируются в теплообменнике охлаждаемом обратной водой и сливаются в буферную емкость. По мере завышения уровня продукт конденсации, **//////////**, откачивается рециклом в процесс при получении УВ с низким ценовым уровнем **//////////** высококачественного конечного

продукта. Раствор полимера в ДМСО с нижней части колонны отправляется на фильтрацию, охлаждение и формование, что не входит в границы данного отчета.

3.3.3.2 Роторный пленочный испаритель, работающий [REDACTED]. Подогрев осуществляется с использованием наружной паровой рубашки в которую подается пар низкого давления. Раствор полимера подается тангенциально в верхнюю часть испарителя, а специальные внутренние устройства равномерно распределяют его по всей внутренней поверхности аппарата. Жидкость стекает в нижнюю часть, а лопатки скребка обеспечивают пленочное движение, что увеличивает поверхность испарения.

Мономеры с верха испарителя конденсируются в теплообменнике, охлаждаемом оборотной водой и сливаются в буферную емкость. По мере завышения уровня продукт конденсации, который представляет смесь мономеров с очень небольшим количеством [REDACTED], при получении УВ с низким ценовым уровнем, [REDACTED] при получении высококачественного конечного продукта. Раствор полимера с концентрацией [REDACTED] в ДМСО с нижней части испарителя отправляется на фильтрацию, охлаждение и формование, что не входит в границы данного отчета.

Внимание! Работа пленочного испарителя при использовании растворителя – ДМСО не значительно отличается по технологическим параметрам от работы с растворителем – ДМФА. В случае ДМСО, количество воды в реакционной массе с куба испарителя [REDACTED]. Отбор анализов с потока рецикла мономеров осуществляется [REDACTED].

4. Качество сырья, растворителей и реагентов для ПАН.

Приложение 3, приведены качественные показатели без исключений.

Таблица 4.

| Акрилонитрил | | |
|--|---|-----------|
| Наименование показателей | Единицы измерения | Значения |
| Внешний вид, | Прозрачная жидкость, не содержащая механических примесей. | |
| Содержание основного вещества, н/м | % масс. | 99.5 |
| Плотность при 20°C | кг/м ³ | 800 - 806 |
| Цветность, н/б | Единицы Хазена | 5 |
| Кислоты в пересчете на уксусную кислоту, н/б | % масс. | 0.0025 |
| Вода, н/б | % масс. | 0.4 |
| Синильная кислота, н/б | % масс. | 0.0003 |
| Железо, н/б | % масс. | 0.00001 |
| Медь, н/б | % масс. | 0.00001 |
| Акролеин, н/б | % масс. | 0.0005 |
| Ацетон, н/б | % масс. | 0.008 |
| Ацетонитрил, н/б | % масс. | 0.003 |
| Альдегиды в пересчете на ацетальдегид, н/б | % масс. | 0.003 |
| Метилвинилкетон, н/б | % масс. | 0.001 |

| | | |
|--|--------------------------------|---------------------------|
| Пропионитрил, н/б | % масс. | 0.005 |
| Оксазол, н/б | % масс. | 0.0025 |
| Метакрилонитрил, н/б | % масс. | 0.015 |
| Бензол, н/б | % масс. | 0.002 |
| Кротонитрил (цис и транс), н/б | % масс. | 0.011 |
| Перекиси в пересчете на перекись водорода, н/б | Ppm | 0.2 |
| Стабилизаторы: | | ГОСТ 11097-86 |
| п-метоксифенол | % масс. | 0.0035-0.005 |
| Аммиак | % масс. | 0.008-0.012 |
| Гидрохинона | % масс. | 0.01-0.1 |
| Начало кипения | °С | не ниже 74.5 |
| Конец кипения | °С | не выше 79 |
| Перегоняется в указанных пределах, н/м | % | 98.5-98.7 |
| Итаконовая кислота | | |
| Внешний вид | Белый кристаллический порошок | |
| Содержание основного вещества, н/м | % масс. | 99.7 |
| Оптическая плотность, н/б | | 0.02 |
| Температура плавления, | °С | 165-168 |
| Хлориды, н/б | % масс. | 0.005 |
| Сульфаты, н/б | % масс. | 0.2 |
| Железо (II), н/б | % масс. | 0.003 |
| Остаток после прокаливания, н/б | % масс. | 0.03 |
| Тяжелые металлы (Pb) | % масс. | 0.005 |
| Метакриловая кислота | | |
| Внешний вид | Бесцветная прозрачная жидкость | |
| Цветность, н/б | Единицы Хазена | 15 |
| Содержание основного вещества, н/м | % масс. | 99.5 |
| Массовая доля воды, н/б | % масс. | 0.1 |
| Массовая доля примесей, н/б | % масс. | 0.4 |
| Стабилизаторы: | | ТУ 2431-027-55856863-2003 |
| п-метоксифенол или гидрохинон | % масс. | 0.020-0.025 |
| Акриловая кислота | | |
| Внешний вид | Бесцветная прозрачная жидкость | |
| Цветность, н/б | Единицы Хазена | 10 |
| Содержание основного вещества, н/м | % масс. | 99.5 |
| Массовая доля воды, н/б | % масс. | 0.1 |
| Массовая доля уксусной кислоты, н/б | % масс. | 0.1 |
| Массовая доля пропионовой кислоты, н/б | % масс. | 0.1 |
| Массовая доля фурфурола и акролеина, н/б | % масс. | 0.02 |
| Железо, н/б | % масс. | 0.00003 |
| Медь, н/б | % масс. | 0.00001 |
| Наличие полимера | % масс. | отсутствие |
| Массовая доля димера | % масс. | 0.1 |
| Стабилизаторы: | | ТУ 2431-001-52470063-2002 |
| п-метоксифенол | % масс. | 0.018-0.022 |
| Метилакрилат | | |
| Внешний вид | Бесцветная прозрачная жидкость | |
| Цветность, н/б | Единицы Хазена | 10 |
| Содержание основного вещества, н/м | % масс. | 99.7 |
| Массовая доля воды, н/б | % масс. | 0.05 |
| Массовая доля акриловой кислоты, н/б | % масс. | 0.005 |
| Массовая доля метилацетата, н/б | % масс. | 0.1 |

| | | |
|---|--|---------------------------|
| Массовая доля метилового спирта, н/б | % масс. | 0.01 |
| Массовая доля метилпропионата, н/б | % масс. | 0.05 |
| Стабилизаторы: | | ТУ 2435-003-52470063-2003 |
| п-метоксифенол | % масс. | 0.001-0.002 |
| Метилметакрилат | | |
| Внешний вид | Бесцветная, маслянистая жидкость, не содержащая механических примесей. | |
| Цветность, н/б | Единицы Хазена | 5 |
| Содержание основного вещества, н/м | % масс. | 99.8 |
| Массовая доля воды, н/б | % масс. | 0.05 |
| Плотность при 20°C | кг/м ³ | 939-945 |
| Массовая доля свободных кислот в пересчете на метакриловую кислоту, н/б | % масс. | 0.04 |
| Массовая доля примесей, н/б | % масс. | 0.15 |
| Содержание полимера | Отсутствие | |
| Стабилизаторы: | ГОСТ 20370-74 с изм. 1-3 | |
| дифенилолпропан | % масс. | 0.0003-0.0005 |
| гидрохинон | % масс. | 0.05-0.07 |
| п-метоксифенол | % масс. | 0.001-0.002 |
| N,N-Диметилацетамид | | |
| Внешний вид | Прозрачная жидкость, не содержащая механических примесей. | |
| Содержание основного вещества, н/м | % масс. | 99.8 |
| Цветность, н/б | Единицы Хазена | 5 |
| Плотность при 20°C | кг/м ³ | 936-942 |
| Температура кипения | °C | 165-166 |
| Массовая доля свободных и связанных кислот (в пересчете на уксусную кислоту), н/б | % масс. | 0.01 |
| Массовая доля свободного и связанного диметиламина, н/б | % масс. | 0.01 |
| Массовая доля воды, н/б | % масс. | 0.1 |
| Диметилсульфоксид | | |
| Внешний вид | Прозрачная жидкость, не содержащая механических примесей. | |
| Содержание основного вещества, н/м | % масс. | 99.5 |
| Цветность, н/б | Единицы Хазена | 10 |
| Массовая доля воды, н/б | % масс. | 0.1 |
| Массовая доля свободных и связанных кислот (в пересчете на уксусную кислоту), н/б | % масс. | 0.001 |
| Массовая доля нелетучего остатка, н/б | % масс. | 0.005 |
| Температура кристаллизации, н/м | °C | 18 |
| Диметилформамид | | |
| Внешний вид | Бесцветная прозрачная жидкость | |
| Содержание основного вещества, н/м | % масс. | 99.7 |
| Температура кипения | °C | 152.5-154.0 |
| Плотность при 20 °C | кг/м ³ | 947-949 |
| Массовая доля диметиламина | % масс. | 0.002 |
| Массовая доля муравьиной кислоты | % масс. | 0.002 |
| Массовая доля воды, | % масс. | 0.05 |
| Массовая доля нелетучего остатка | % масс. | 0.002 |
| Роданид Натрия | | |
| Внешний вид | Кристаллический порошок белого цвета | |
| Содержание основного вещества, н/м | % масс. | 99.0 |

| | | |
|---|---|---------|
| Массовая доля нерастворимых в воде веществ, н/б | % масс. | 0.005 |
| Содержание хлоридов, н/б | % масс. | 0.002 |
| Содержание железа, н/б | Ppm | 1 |
| Содержание сульфатов, н/б | % масс. | 0.005 |
| Содержание аммония, н/б | % масс. | 0.001 |
| Тяжелых металлов, н/б | Ppm | 2 |
| Йодное число (грамм йода на 100 г спирта), н/б | % масс. | 0.002 |
| Изопропиловый Спирт | | |
| Внешний вид и цвет | Бесцветная прозрачная жидкость, не содержащая механических примесей | |
| Плотность при 20 °С | кг/м ³ | 785-786 |
| Содержание основного вещества, н/м | % масс. | 99.7 |
| Цветность, н/б | Единицы Хазена | 5 |
| Массовая доля свободных и связанных кислот (в пересчете на уксусную кислоту), н/б | % масс. | 0.0007 |
| Массовая доля сернистых соединений в пересчете на серу, н/б | % масс. | 0.00005 |
| Бромное число (грамм брома на 100 г спирта), н/б | | 0.006 |
| Массовая доля воды, н/б | % масс. | 0.15 |
| Массовая доля диизопропилового эфира, н/б | % масс. | 0.03 |
| Массовая доля ацетона, н/б | % масс. | 0.03 |
| Массовая доля нелетучего остатка, н/б | % масс. | 0.0005 |
| Азобисизобутиронитрил | | |
| Внешний вид | Кристаллический порошок белого цвета | |
| Содержание основного вещества, н/м | % масс. | 98.0 |
| Температура плавления | °С | 100-103 |
| Массовая доля веществ, не растворимых в изопропиловом спирте, н/б | % масс. | 0.2 |
| Массовая доля воды, н/б | % масс. | 0.2 |
| Перекись бензоила | | |
| Внешний вид | Гранулы белого цвета | |
| Содержание основного в-ва, н/м | % масс. | 98 |
| Массовая доля воды, н/б | Ppm | 30 |
| Массовая доля общего хлора, н/б | % масс. | 0.3 |
| в том числе ионов хлора, н/б | % масс. | 0.25 |
| Массовая доля активного кислорода, н/м | % масс. | 6.47 |
| Персульфат Калия | | |
| Внешний вид | Кристаллический порошок белого цвета | |
| Содержание основного вещества, н/м | % масс. | 99.5 |
| Массовая доля нерастворимых веществ | % масс. | 0.003 |
| Массовая доля азота, н/б | % масс. | 0.005 |
| Массовая доля хлоридов, н/б | % масс. | 0.001 |
| Массовая доля марганца, н/б | Ppm | 1 |
| Массовая доля железа, н/б | Ppm | 5 |
| Массовая доля тяжёлых металлов, н/б | % масс. | 0.001 |
| Метабисульфит Натрия | | |
| Внешний вид | Кристаллический порошок белого цвета | |
| Содержание основного вещества, н/м | % масс. | 97.0 |
| Массовая доля железа, н/б | % масс. | 0.005 |

| | | |
|---|--------------------------------------|--------|
| Массовая доля мышьяка (As) | % масс. | 0.0001 |
| Массовая доля нерастворимых в воде веществ, н/б | % | 0.05 |
| Гидрохинона монометилловый эфир | | |
| Внешний вид | Кристаллический порошок белого цвета | |
| Содержание основного вещества, н/м | % масс. | 99 |
| Цветность, н/б | Единицы Хазена | 10 |
| Массовая доля гидрохинона, н/б | % масс. | 0.05 |
| Массовая доля диметилового эфира гидрохинона, н/б | % масс. | 0.1 |
| Остаток после прокаливания, н/б | % масс. | 0.01 |
| Тяжелых металлов (Pb), н/б | % масс. | 0.0001 |

5. Операционные затраты на процессы сополимеризации акрилонитрила в растворителях, определенных техническим заданием (в границах установок).

Сравнительная оценка операционных затрат согласно технического задания **Приложение 1** выполнена для непрерывной полимеризации в растворителях: ДМФА, ДМСО и водном растворе роданида натрия. Для корректности сравнения во всех трех случаях принимаются следующие условия:

- единая рецептура АН:АК:ММА в соотношении **//////////**, которая позволяет получать ПАН прекурсоры и далее УВ с показателями качества отвечающими требованиям «high tenacity fiber»

- расходный показатель для АН и сополимеров принят **//////////**. Максимальный расходный коэффициент для АН и сополимеров, **Таблица 3** варьирует в пределах **//////////**, с уменьшением мощности установки непрерывного действия коэффициент возрастает

- в качестве регулятора молекулярного веса для полимеризаций во всех типах растворителей используется ИПС, а в качестве катализатора АИБН

- степень конверсии во всех типах растворителей **//////////**, при концентрации мономеров в растворителе **//////////**

- не показано количество воды на разбавление стоков (жидких отходов) на очистные сооружения при работе с ДМСО и ДМФА

- потери (брак) при формовании нитей и получении ПАН прекурсоров во всех вариантах **//////////**, по факту известных производителей

- не рассчитывалось **//////////**

В **Таблицах** приведены расчеты операционных затрат для процессов:

- непрерывная полимеризация в водном растворе роданида натрия и регенерация растворителя после полимеризации и формования нитей, **Таблицы 5, 6 и 7**

* затраты на оборотную воду учтены в потреблении электроэнергии

** затраты на природный газ учтены в потреблении водяного пара

*** потребление пара для блока полимеризации показано с учетом работы роторного испарителя

**** потребление деминерализованной воды на приготовление растворителя и разбавление раствора роданида натрия на формование нитей

***** потребление обессоленной воды на промывку анионита и сульфатных фильтров

Таблица 6 (для роданида натрия)



* для анионита //

Таблица 7 (для роданида натрия).



*Средняя зарплата технологического персонала //////////////

*Средняя зарплата персонала исследовательской лаборатории //////////////

*Средняя зарплата линейного административного персонала принята //////

Мы не имеем возможности размещать в реферате полный расчет операционных затрат для данной секции. Потребление энергоресурсов, химикатов, численность персонала, представлены Часть 2. Сополимеризация акрилонитрила в диметилформаиде <https://enky-afina.ru/konceptualnii-proekt-n13k>

Таблица 8 (для диметилформаида).



* затраты на оборотную воду учтены в потреблении электроэнергии

** затраты на природный газ учтены в потреблении водяного пара

*** потребление пара для блока полимеризации показано с учетом работы роторного испарителя

Таблица 9 (для диметилформаида).



Таблица 10 (для диметилформаида).



*Средняя зарплата технологического персонала лаборатории качества /// //////////////

*Средняя зарплата персонала исследовательской лаборатории //////////////

*Средняя зарплата линейного административного персонала принята //////////////

Мы не имеем возможности размещать в реферате полный расчет операционных затрат для данной секции. Потребление энергоресурсов, химикатов, численность персо-

нала, представлены Часть 3. Сополимеризация акрилонитрила в диметилсульфоксиде

<https://enky-afina.ru/konceptualnii-proekt-n12k>

Таблица 11 (для диметилсульфоксида).



* затраты на оборотную воду учтены в потреблении электроэнергии

** затраты на природный газ учтены в потреблении водяного пара

*** потребление пара для блока полимеризации показано с учетом работы роторного испарителя

Таблица 12 (для диметилсульфоксида).



Таблица 13 (для диметилсульфоксида).



*Средняя зарплата технологического персонала лаборатории качества ////////////////

*Средняя зарплата персонала исследовательской лаборатории ////////////////

*Средняя зарплата линейного административного персонала принята ////////////////

6. Капитальные затраты на процессы сополимеризации акрилонитрила в растворителях, определенных техническим заданием (в границах установки).

Расчет капитальных затрат, **Таблица 14** выполнен на основании стандартной методики, принятой на стадии пред проектной проработки, в соответствии с ААСЕ практикой (Американская ассоциация стоимостного инжиниринга) с учетом индекса СЕРСИ, актуализированного ////////////////.

Расчет предполагает использование:

- комплекта PFD схем **в границах установок**
- данных по усредненной стоимости основного оборудования,

Таблица 14.



Оценка капитальных затрат в границах установок (Евро)

| Наименование статей затрат | Сополимеризация в растворителях | | | Регенерация роданида натрия |
|--|---------------------------------|----------------|-------------------|-----------------------------|
| | Роданид Натрия | Диметилформаид | Диметилсульфоксид | |
| Основное оборудование в границах установки без ОЗХ | | | | |
| Монтаж основного оборудования | | | | |
| Системы управления, инструменты и КиП (материалы и монтаж) | | | | |
| Трубопроводы (материалы) | | | | |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| лы и монтаж) | | | | |
| Электрические системы (материалы и монтаж) | | | | |
| Здания и сооружения (включая надзор) | | | | |
| Благоустройство, дороги, площадки | | | | |
| Итого основные расходы | | | | |
| Инжиниринг (базовый, детальный, генеральный, без учета лицензирования) | | | | |
| Строительные конструкции и эстакады | | | | |
| Управление строительством и юридические услуги | | | | |
| Не предвиденные расходы | | | | |
| Итого косвенные расходы | | | | |
| Всего: основные и косвенные | | | | |

* не учитываются затраты на создание технологических схем для //

7. Комментарии по условиям строительства и проектирования.

В практике строительства промышленных объектов применительно к Заказчику существует несколько возможных сценариев:

1. Заказчик ничего не делает. Функции Заказчика в этом случае ограничиваются заключением договоров на управление строительством с одной единственной компанией, которая заключает договора на: генеральное проектирование и строительство, организует закупку оборудования (которое не вошло в поставку лицензиара), обеспечивает проведение шефмонтажа и шеф-пуска, обучение эксплуатационного персонала Заказчика, пуск предприятия и передачу его Заказчику. Приведенный пример является самым дорогостоящим в строительстве и очень широко распространен в странах Залива, чему способствует и ментальность Заказчика.

2. Заказчик чем-то управляет. Функции Заказчика в этом случае более определенная и значимая, как правило, она заключается в том, что все контракты на проектирование заключены на Заказчика, что имеет смысл, так как именно рациональность проектирования определяет цену строительства.

3. Заказчик управляет почти всем. Функции Заказчика, в этом случае, заключаются не только в управлении проектированием, но и в управлении закупками оборудования и материалов, которые не вошли в поставку лицензиара.

4. Заказчик управляет всем, а именно и проектированием, и строительством, и закупками. Приведенный пример является самым дешевым в строительстве и очень широко применим в Китае. Профессиональный Заказчик в области строительства необходимых ему объектов, не только лучше многих инжиниринговых компаний и подрядчиков разбирается в технологическом или производственном процессе, он может адекватно оценить затраты на строительство, ввод в эксплуатацию и вывод из неё на основе собственных компетенций и опыта.

Если принять за 100% CAPEX по сценарию 2, то по сценарию 1 CAPEX составит не менее 130%, по сценарию 3 не более 85%, по сценарию 4 не более 50%.