

«Engineering and Consulting PFA Alexander Gadetskiy»

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

**MASTER**

**Discipline: PROCESS: VECTRAN, ARDEL, NC-10**

heat-resistant polymers, high-temperature polymers, aramides, arylates, aromatic polyamides, terephthaloyl chloride, phosgene, isophthaloyl chloride, resorcinol, hydroquinone, phenolphthalein

**Name:** [Alexander.gadetskiy@inbox.lv](mailto:Alexander.gadetskiy@inbox.lv)

**Sign.**

**Date:** 10.05.2020

**Обновлено** 23.09.2023



## Основные технологические решения (DBS) комплекса по производству мономеров для полиарамидов и полиарилатов. Часть 2. Мономеры для сложных ароматических полиэфиров (полиарилатов).



Dipl. engineer Alexander Gadetskiy, phone: +40 (748) 148 257; e-mail: [alexander.gadetskiy@inbox.lv](mailto: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.	
2. Производство хлорангидридов дикарбоновых ароматических кислот.....	
2.1 BFD схема процесса производства хлорангидридов дикарбоновых ароматических кислот (изо- и терефталевой) .....	
2.2 Материальные балансы.....	
2.3 Технология.....	
2.3.1 Прием, хранение сырья и готовой продукции.....	
2.3.2 Стадии процесса и технологические блоки.....	
2.3.3 Описание технологического процесса и основные параметры режима.....	
2.4 Технические условия на сырье и продукцию.....	
2.5. Операционные затраты (только в границах установок) на процесс производства хлорангидридов дикарбоновых ароматических кислот (изо- и терефталевой) .....	
2.6. Капитальные затраты (только в границах установки) на строительство производства хлорангидридов дикарбоновых ароматических кислот (изо- и терефталевой) .....	
3. Производство двухатомных фенолов (резорцина, гидрохинона и фенолфталеина) ...	
3.1 BFD схема процессов производства двухатомных фенолов (резорцина, гидрохинона и фенолфталеина) .....	
3.2 Материальные балансы.....	
3.3 Технология.....	
3.3.1 Прием, хранение сырья и готовой продукции.....	
3.3.2 Стадии процесса и технологические блоки.....	
3.3.3 Описание технологического процесса и основные параметры режима.....	
3.4 Технические условия на сырье и продукцию.....	
3.5. Операционные затраты (только в границах установок) на процессы производства двухатомных фенолов (резорцина, гидрохинона и фенолфталеина) .....	
3.6. Капитальные затраты (только в границах установки) на строительство производства двухатомных фенолов (резорцина, гидрохинона и фенолфталеина) .....	

## Сокращения

ТФХ – терефталоилхлорид

ИФХ – изофталоилхлорид

ТФК – терефталеваая кислота

ИФК – изофталеваая кислота

ДМФА – N, N-Диметилформаид

ФФ – фенолфталеин

Р – резорцин

Г – гидрохинон

Д – диан (бисфенол А, дифенилолпропан)

ДИПБ – диизопропилбензол

ДГПИПБ – дигидроперекись диизопропилбензола

## 1. Введение.

Техническое задание Заказчика предполагало выпуск отчета в трех частях:

Часть 1. Мономеры для полиарамидов. Производство хлорангидридов дикарбоновых ароматических кислот: фталевой, изо- и терефталевой (ФХ, ИФХ, ТФХ). Производство ароматических диаминов: мета-, пара-фенилендиаминов (м-ФДА, п-ФДА), 3,3' или 4,4'-диаминодифенилсульфонов.

Часть 2. Мономеры для полиарилатов (смолы и пленки без учета волокон). Производство хлорангидридов дикарбоновых ароматических кислот: ТФХ, ИФХ. Производство двухатомных фенолов (диана, резорцина, гидрохинона, фенолфталеина)

Часть 3. Сводное описание и материальный баланс комплекса мономеров для полиарамидов и полиарилатов. Указываются только базовые продукты, номенклатура может изменяться с учетом выпуска на существующем оборудовании.

Производство основывается на технологиях, не требующих лицензирования, так как они давно и хорошо изучены и могут быть приведены к современным аналогам или являются репликой на базе действующих установок, масштабированных пилотов, исходных технологических данных (DBS) и в первую очередь на отечественных.

Реплики технологий, исходные технологические данные (DBS) не должны быть обременены претензиями третьих сторон.

Конфигурация производства должна предполагать взаимосвязь между основными технологическими процессами объектами общезаводского хозяйства, очисткой стоков и эмиссий.

### **Мономеры для полиарилатов (смолы и пленки без учета волокон). Часть 2.**

Мощность по производству ТФХ, ИФХ составляет 2.000/2.000 т/год, соответственно. Выпуск ТФХ осуществляется на двух линиях по 1000 т/год каждая, аналогично организован выпуск ИФХ. Линии работают в периодическом режиме.

Мощности по производству резорцина и гидрохинона, с учетом ликвидности этих продуктов, составляет для резорцина 5.000 т/год и гидрохинона 5.000 т/год, при этом для полиарилатов потребность в резорцине составит не более 1.000 т/год и гидрохиноне до 2.000 т/год.

При использовании в качестве сырья мета-или пара-диизопропилбензолов, которые являются кубовыми остатками производства изопропилбензола реализуется два параллельных процесса работающих в постоянном режиме.

м-диизопропилбензол окисляют чистым кислородом или воздухом до дигидропероксида, который гидролизуется (кислотно каталитический гидролиз) с образованием резорцина и ацетона.

п-диизопропилбензол окисляют кислородом до дигидропероксида, который гидролизуется (кислотно каталитический гидролиз) с образованием гидрохинона и ацетона.

При получении резорцина щелочным плавлением бензол-1,3-дисульфокислоты используется процесс периодического действия.

При получении гидрохинона через 4-изопропилфенол или хинон используются процессы периодического действия.

Резорцин и Гидрохинон широко применяются в производстве красителей, что делает эти продукты доступными на рынке, а требуемое полимерное качество для выпуска полиарилатов можно добиться дополнительной очисткой.

Фенолфталеин имеет достаточно простую технологическую схему производства из фенола и фталевого ангидрида и может быть получен по балансу в потребности для полиарилатов. Для расчетов принята условная мощность 1000 т/год.

Диан (бисфенол А, дифенилолпропан) не рассматривается к производству, так является крупнотоннажным биржевым продуктом.

В **Главах 3.5 и 3.6** указаны расходные показатели и затраты на строительство для выпуска двухатомных фенолов (резорцина, гидрохинона и фенолфталеина), что позволяет сопоставить собственное производство и покупку на рынке.

Российское производство получения полиарилатов для смол и пленок имеется на основе базовых марок Д-3, Д-4, Д-3Э, Д-4С на основе диана, а также Ф-1, Ф-2 на основе фенолфталеина и хлорангидридов изофталевой и (или) терефталевой кислот. Показатели качества сопоставимы с зарубежными аналогами. На ФКП «Завод имени Я.М. Свердлова» имеется достаточное количество разработок <https://findpatent.ru/byauthors/312738/> которые были успешно опробованы. Полиарилаты для волокон на российских предприятиях не производятся.

Выпуск мономеров для арилатов на предприятиях России отстает от зарубежных аналогов по мощностям или полным отсутствием выпуска. Качество полимеров с предельными механическими свойствами и в особенности волокон требует использования мономеров с чистотой «чда» или «хч», конечно это теория и пилоты, но и в промышленном синтезе к мономерам применяются особые требования по чистоте, поэтому способы синтеза мономеров имеют первостепенное значение.

Принципиально выделяют два способа получения высокоплавких полиарилатов.

1. При взаимодействии ТФХ или ИФХ и двухатомного фенола, как равновесный процесс поликонденсации при повышенной температуре.

2. При взаимодействии ТФХ или ИФХ и фенолята двухатомного фенола, как равновесный процесс межфазной полиэтерификации (поликонденсации) при комнатной температуре.

Второй способ позволяет получать полиарилаты со значительно более высокой молекулярной массой, чем по первому способу, а также для синтеза можно использовать и термически не стойкие исходные продукты.

**Анализ процессов получения указанных полимеров не предполагался техническим заданием.**

### **Основные области применения и потребности.**

Полиарилаты, используемые для смол (пленок) и волокон принципиально различаются между собой по способам производства, расходам на производство и мощностям.

Маркетинг полиарилатных волокон до 2026 г. <https://dagorettinews.com/polyarylate-fiber-market-2020-2026-comprehensive-study-explores-huge-growth-in-future-worldwide-key-players-dupont-evonik-industries-formosa-plastics-corporation-lg-chem-nippon-shokubai-etc/>

Маркетинг полиарилатных смол до 2026 г. <https://nysenewstimes.com/polyarylate-resins-market-report-2020-global-industry-analysis-trends-market-size-and-forecasts-up-to-2026/>

Среди ключевых производителей волокон указываются: Dupont, Evonik Industries, Formosa Plastics Corporation, LG Chem, Nippon Shokubai, Sanyo Chemical Industries, Songwon Industrial, Sumitomo Seika Chemicals Company Limited, Yixing Danson Technology.

Среди производителей смол указываются: DuPont, Celanese, Isovolta, Unitika, Union Carbide, Bayer, Shenyang Research Institute of Chemical Industry, Sichuan Chenguang Research Institute of Chemical Industry, Guangzhou Research Institute of Chemical Industry, Kaneka Corporation.

Смолы (пленки) полиарилатов имеют:

- высокую термостабильность
- диэлектрические свойства в широком диапазоне
- низкую влагопоглощающую способность
- химическую стойкость

По своим качественным характеристикам полиарилаты располагаются между полисульфоном и премиальным поликарбонатом. Высокая себестоимость сдерживает коммерческий выпуск, но с увеличением масштабов производства ценообразование становится конкурентным с поликарбонатами.

Наиболее известным производителем полиарилатных волокон является компания Kuraray, которые продается под торговой маркой Vectran™, а также технология является

коммерчески доступной. Vectran это волокно второго поколения, следующее за полиамидами Kevlar ® и Twaron ®, которые считаются первым поколением суперволокон. Химически это ароматический полиэфир, полученный поликонденсацией 4-гидроксибензойной кислоты и 6-гидроксинафталин-2-карбоновой кислоты.

**ARDEL®D-100, NC-10, Г-1,2 Д-1,2,3,4,6,15,16 Ф-1,2,4,7,8,9,12 Р-1,2 и аналоги, потребность оценивается 7000 т/год:**

Смолы и пленки полиарилатов имеют огромное количество рецептур с различными соотношениями, как хлорангидридов, так и двухосновных фенолов. Полигидрохинонизофтат Г-2 до 360°C не испытывает ни каких деформаций и не плавится до 500°C, в то время, как полигидрохинонтерeftат имеет более низкую температуру плавления до 340°C, но имеет другие преимущества. Смешанные полиарилаты на основе ТФХ – резорцина – диана в соотношениях 1:(0,1-0,9):(0,9-0,1) имеют разницу по температурам плавления до 200°C. Аналогично ведут себя полиарилаты на основе ТФХ – гидрохинона – диана или на основе смеси хлорангидридов карбоновых кислот (ТФХ, ИФХ) и при различных соотношениях резорцина, диана или гидрохинона. Смешанные полиарилаты обладают лучшей растворимостью, чем гомополиарилаты, что является важным при получении пленок из растворов, а не из расплавов. Полиарилаты фенолфталеина являются высокоплавкими соединениями, что затрудняет переработку, но способность к растворению в дихлорэтано, хлороформе, тетрахлорэтано, тетрагидрофуране позволяет и сохранить ценные свойства и облегчить переработку.

Очень коротко о применении смол и пленок полиарилатов:

- конструкционные изделия, с хорошими диэлектрическими свойствами, в радио – и электротехнике
- композиционные материалы в том числе и антифрикционные, которые обладают низким коэффициентом трения и могут работать без смазки при температурах до 250°C, а также в вакууме, или в узлах, где не допускаются жидкие смазки, а также при больших градиентах скоростей между трущимися поверхностями
- растворимые полиарилаты фенолфталеина используются, как волокнистые фильтрующие материалы, работающие при температурах до 300°C
- теплостойкие полиарилатные пленки, получаемые экструзией расплава или поливом из растворов, используются, как электроизоляционные материалы
- термостойкие полиарилатные лаки и краски
- поликонденсационные блок-сополимеры на полиарилатной основе используются в медицине, как мембраны, например оксигенаторы крови

Сравнение характеристик полиарилатных смол и волокон Vectran™ с полиарамидными волокнами и полиарамидопластами, а также с углеволокном приведено в Части 3.

## 2. Производство хлорангидридов дикарбоновых ароматических кислот

В период обсуждения Технического задания Заказчик был уведомлен, что ранее подобные работы уже выполнены. С рефератами можно ознакомиться:

- Основные технологические решения (DBS) для производства терефталоилхлорида, изофталоилхлорида, по 500 т/год каждого. Технология фосгенирования <https://makston-engineering.ru/kontseptualnyy-proyekt-52> В работе приведены все способы производства хлорангидридов тере- изо- и фталевой кислот, BFD схема производства полиарамидов и полиарилатов, принципы лицензирования, материальные балансы, описание процесса

- Производство тере - изофталоилхлорида 3.000 т/год по каждому из продуктов. Базовый проект, вариант 3 (сокращённый). Технологические решения, расчет оборудования <https://makston-engineering.ru/bazovyy-proyekt-no9-new>

Полные комплекты документации согласно договора переданы Полные комплекты документации согласно договора переданы имярек.

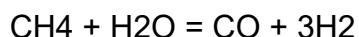
### 2.1 BFD схема процесса производства хлорангидридов дикарбоновых ароматических кислот: изо- и терефталевой (ИФХ, ТФХ).

Технологическая установка по производству ТФХ, ИФХ состоит из трех линий:

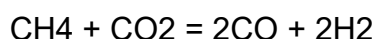
- фосгенирование изофталевой кислоты 2000 т/год (2\*1000 т/год)
- фосгенирование терефталевой кислоты 2000 т/год (2\*1000 т/год)

Электролиз для производства хлора, на данном этапе, не предусматривается, используется хлор, доставляемый в танк-контейнерах или вагон-цистернах со стороны.

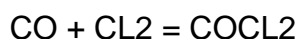
Для синтеза оксида углерода, на данном этапе, используется паровая конверсия метана на установке, модульного типа которая является общей для двух блоков фосгена.



Рассматривается вариант углекислотной конверсии, потребление метана в этом случае в два раза ниже, чем при паровой или кислородной конверсии

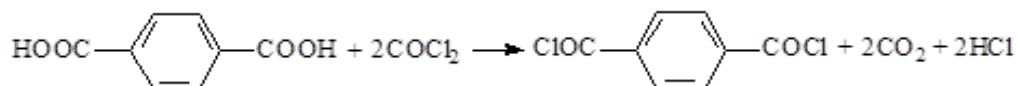


Синтез фосгена выполняется по классической схеме путем взаимодействия оксида углерода и испаренного хлора на активном угле на двух блочно-модульных установках.





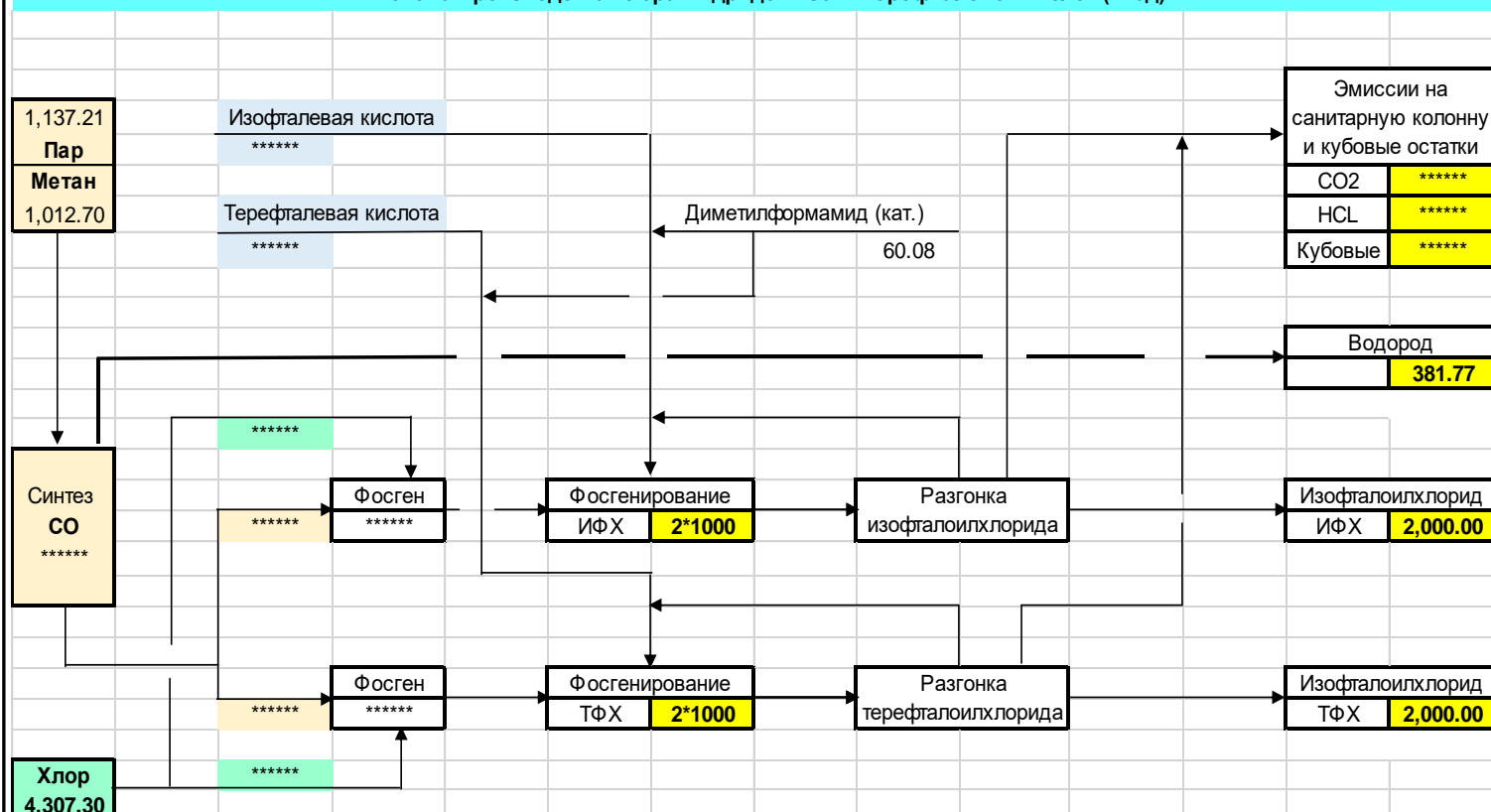
Реакции фосгенирования ИФК, ТФК идентичны между собой, как по механизму, так и по стехиометрии.



На **Схеме 1** показана принципиальная (BFD) схема процесса, основные технологические блоки и направления потоков.

Схема 1.

## BFD схема производства хлорангидридов изо- и терефталевой кислот (т/год)



## 2.2 Материальные балансы.

В **Таблице 2** представлен материальный баланс синтеза оксида углерода паровой конверсией метана.

Таблица 2.

Материальный баланс синтеза оксида углерода паровой конверсией метана				
Сырьё	% масс	т/год	кг/час	8.000 часов/год
Природный газ в пересчете на 100% метан	*****	1,137.21	*****	Из сети
Водяной пар	*****	1,012.70	*****	Из сети
<b>Итого</b>	<b>100.00%</b>	<b>*****</b>	<b>*****</b>	
Продукты переработки	% масс	т/год	кг/час	
Оксид углерода	*****	*****	*****	На синтез фосгена
Водород	*****	*****	*****	На синтез аминов
<b>Итого</b>	<b>100.00%</b>	<b>*****</b>	<b>*****</b>	

В Таблице 3 представлен материальный баланс синтеза фосгена.

Таблица 3.

Материальный баланс синтеза фосгена				
Сырьё	% масс	т/год	кг/час	4.000 часов/год
Хлор испаренный	*****	4,307.30	*****	Из контейнеров
Оксид углерода	*****	*****	*****	Из буллитов хранения
<b>Итого</b>	<b>100.00%</b>	<b>*****</b>	<b>*****</b>	
Продукты переработки	% масс	т/год	кг/час	
Фосген	*****	*****	*****	На синтез хлорангидридов
Потери	*****	*****	*****	Нейтрализация
<b>Итого</b>	<b>100.00%</b>	<b>*****</b>	<b>*****</b>	

В Таблице 4 представлен материальный баланс производства хлорангидридов: ФХ, ИФХ, ТФХ, т.к. реакции фосгенирования для дикарбоновых ароматических кислот ФК, ИФК и ТФК идентичны между собой по механизму и стехиометрии баланс представлен на суммарную мощность 2.500 т/год, из них ФХ 500 т/год, ИФХ и ТФХ, по 1000 т/год каждого.

Таблица 4.

Материальный баланс производства Изо- и терефталойлхлорида				
Сырьё	% масс	т/год	кг/час	4.000 часов/год
Изо- и терефталевые кислоты	*****	3,337.68	*****	Со склада
Фосген	*****	*****	*****	Подача без промежуточного хранения
<b>Итого</b>	<b>100.00%</b>	<b>*****</b>	<b>*****</b>	
Продукты переработки	% масс	т/год	кг/час	
Изо- и терефталойлхлориды	*****	4,000.00	*****	На склад
Хлороводород	*****	2,444.00	*****	На нейтрализацию или выделения соляной кислоты
Эмиссии	*****	*****	*****	В атмосферу после нейтрализации
Тяжелые остатки	*****	*****	*****	На нейтрализацию или выделения соляной кислоты
<b>Итого</b>	<b>100.00%</b>	<b>*****</b>	<b>*****</b>	

## 2.3 Технология.

### 2.3.1 Прием, хранение сырья и готовой продукции

Поставка сырья и реагентов: ТФК, ИФК, жидкого хлора, сухого едкого натра и диметилформамида производится со стороны железнодорожным и автомобильным транспортом. Подача природного газа и водяного пара на риформинг метана для синтеза оксида углерода производится по трубопроводам.

Объемы хранения ИФК, ТФК, а также ИФХ и ТФХ рассчитываются исходя из 10-дневного запаса по каждому типу сырья и готовой продукции.

Объем хранения абгазной соляной кислоты рассчитывается исходя из 30-и дневного запаса.

ИФК и ТФК доставляется в биг-бэгах весом по 1 т на склад хранения, либо непосредственно к месту загрузки в три расходные силоса для отдельного хранения. Хранение в расходных силосах осуществляется под азотом. Поставка ФК, ИФК и ТФК в 20 и 40 футовых контейнерах с использованием опрокидывателей и пневмотранспорта возможна и может быть предусмотрена проектом.

Объем жидкого хлора определяется согласно норм и правил на максимально допустимое хранение в танк-контейнерах и вагон-цистернах. Склады хранения жидкого хлора не предусматриваются, слив из танк-контейнеров и вагон-цистерн производится через буферную емкость объемом 50 м<sup>3</sup> (исходя из максимального объема вагон-цистерны для перевозки хлора).

Сухой едкий натр поставляется в мешках по 25 или 40 кг на паллетах на склад хранения. Приготовление водного раствора (паровой конденсат или деминерализованная вода) едкого натра для санитарной колонны и нейтрализации кислых стоков производится непосредственно на установке в емкости объемом не менее 20 м<sup>3</sup>, для обеспечения аварийного запаса.

Катализатор N, N-Диметилформаид (ДМФА) поставляется в 200 л бочках.

Оксид углерода на производство фосгена, после установки паровой конверсии метана, подается в два ресивера промежуточного хранения объемом по 25 м<sup>3</sup> каждый работающих под давлением до 20 бар.

Фосген. Хранение не предусматривается, после синтеза подача в процесс производится по трубопроводам с двойными стенками при постоянном вакуумировании межтрубного пространства.

Высокотемпературный теплоноситель поставляется в 200 л бочках, на заполнение системы потребуется не более 4 тонн. Теплоносители возможные к использованию:

- Diphyl TNT (Bayer AG)
- Therminol-66 (MONSANTO)
- Therm-S 900 (NIPPON STEEL)
- Dowterm HT (DOW CHEMICAL)
- Thermex (ISI)

### **2.3.2 Стадии процесса и технологические блоки**

В состав производства хлорангидридов дикарбоновых ароматических кислот: изо- и терефталевой (ИФХ, ТФХ) включено в границах установок:

- приемка и хранение сырья, реагентов и катализаторов, полуфабрикатов и готовой продукции

- блок генерации оксида углерода
- блок испарения хлора
- блоки генерация фосгена
- фосгенирование ИФК, ТФК
- разгонка и очистка ИФХ, ТФХ
- чешуирование ИФХ, ТФХ
- нейтрализация хлороводорода или получение и очистка соляной кислоты
- обработка абгазов, эмиссий, кубового продукта
- котельная теплоносителя

Объекты ОЗХ не включены в перечень.

Блок генерация оксида углерода паровой конверсией метана является установкой модульного типа, работающей в непрерывном режиме. Установка полностью автоматизирована и не требует постоянного присутствия персонала для управления процессом. Мощность установки по природному газу 700 т/год при очень широкой вариации по производительности от 30% до 110%, что обусловлено последующими периодическими процессами в технологической цепи. Блок генерации оксида углерода является общим для всего производства хлорангидридов.

Блок испарения хлора включает в себя испаритель (проточный теплообменный аппарат) обогреваемый паровым конденсатом. Испаренный хлор компрессором подается на блок генерации фосгена. Мощность установки по хлору составляет 3000 т/год при очень широкой вариации по производительности от 15% до 110%, что обусловлено последующими периодическими процессами в технологической цепи. Блок испарения хлора является общим для всего производства хлорангидридов.

Блок генерация фосгена является установкой модульного типа, всего на производстве хлорангидридов имеются два блока генерации по одному на каждую линию работающие в периодическом режиме. Установка полностью автоматизирована и не требует постоянного присутствия персонала для управления процессом. Количество получаемого фосгена задается в системе DCS через вычислитель с вводом исходных параметров: стехиометрия реакции фосгенирования, количество загружаемого сырья ТФК или ИФК, параметров процесса (температура и давление в реакторе синтеза), времени реакции. Мощность генераторов фосгена по линиям ИФК и ТФК по 3.000 т/год. Разделение блоков генерации на две линии обусловлено мерами безопасности для снижения объема генерируемого фосгена.





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

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

Цены приведены к уровню 2019 г. по СЕРСИ и находятся в зависимости от перечисленных характеристик и специфических коэффициентов по каждому типу оборудования, т.е. оценка в границах производства без ОЗХ составляет не более  $\pm 30\%$ .

При оценке по методике Harpel используется ряд положений стоимостного инжиниринга:

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

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

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

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

Существует ряд ограничений, а именно:

- здания всех типов не учитываются в расчетах
- оборудование ТП и РП, а также DCS не учитывается в расчетах
- эстакады слива и налива не учитываются в расчетах
- ж/д пути не учитываются в расчетах

Указанные ограничения не влияют на точность расчетов СМР **в границах производства без ОЗХ**.

В **Таблице 10** произведена оценка стоимости для производства хлорангидридов дикарбоновых ароматических кислот (фталевой, изо- и терефталевой) суммарной мощностью 2.500 т/год в **Таблице 9**.

**Таблица 10**

Наименование статей затрат	Производство хлорангидридов		
	%	\$	Примечание
Стоимость основного оборудования	100.00%		Таблица 9
Стоимость оборудования КиП			С учетом отсекателей
Монтаж основного оборудования			
Строительство и монтаж специального оборудования			Нет
Фундаменты, площадки, сооружения, конструкции			Здания не учтены
Трубопроводы (материалы и монтаж)			
Запорная арматура (материалы и монтаж)			
КиП (материалы и монтаж)			DCS не учтена
Электричество (материалы и монтаж)			ТПП и РП не учтены
Изоляция, химзащита, огнезащита, покраска (с материалами)			
Благоустройство, дороги			
<b>Общая монтажная стоимость</b>	<b>163.20%</b>		

Оценка монтажной стоимости произведена в границах производства без учета складов хранения, подводящих коммуникаций, а также модульного оборудования паровой конверсией метана и генерации фосгена, которое будет представлено в **Части 3**, так как

является объектами общего пользования при производстве мономеров и для арамидов, и для арилатов.

### 3. Производство двухатомных фенолов (резорцина, гидрохинона и фенолфталеина)

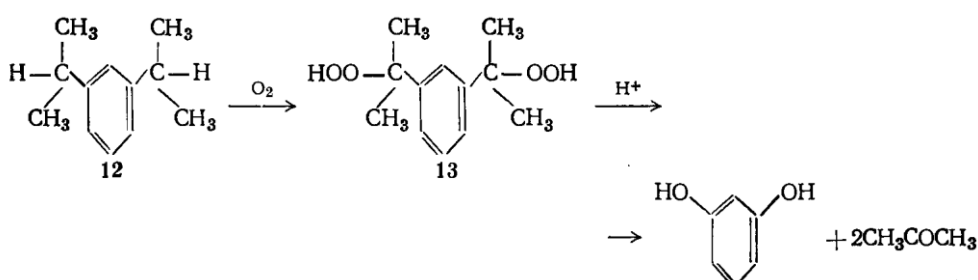
#### 3.1 BFD схема процессов производства двухатомных фенолов (резорцина, гидрохинона и фенолфталеина)

Технологическая установка по производству двухатомных фенолов состоит из трех линий:

- резорцина 5.000 т/год работающая в постоянном режиме, для полиарилатов потребность в резорцине составит не более 1.000 т/год
- гидрохинона 5.000 т/год работающая в постоянном режиме, для полиарилатов потребность в гидрохиноне составит не более 2.000 т/год
- фенолфталеина 1000 т/год, линия работает в периодическом режиме
- диан не рассматривается к производству, так является крупнотоннажным биржевым продуктом.

Для получения резорцина и гидрохинона, **согласно технического задания**, в качестве сырья рассматриваются изомеры мета- или пара-диизопропилбензолов и процесс жидкофазного окисления с последующим каталитическим гидролизом продуктов реакции.

м-диизопропилбензол окисляют чистым кислородом или воздухом до дигидропероксида, который гидролизуется (кислотно каталитический гидролиз) с образованием резорцина и ацетона.



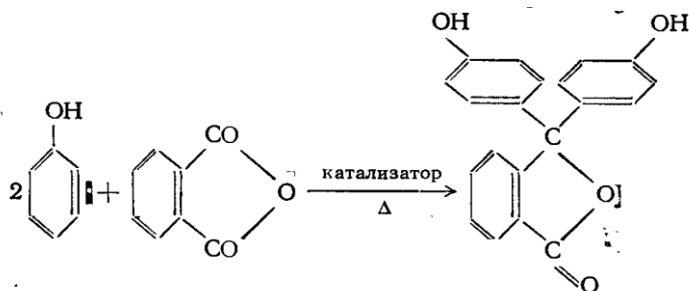
п-диизопропилбензол окисляют кислородом до дигидропероксида, который гидролизуется (кислотно каталитический гидролиз) с образованием гидрохинона и ацетона.

Процесс получения резорцина щелочным плавлением бензол-1,3-дисульфокислоты – не рассматривается.

Процесс получения гидрохинона через 4-изопропилфенол или хинон – не рассматривается.

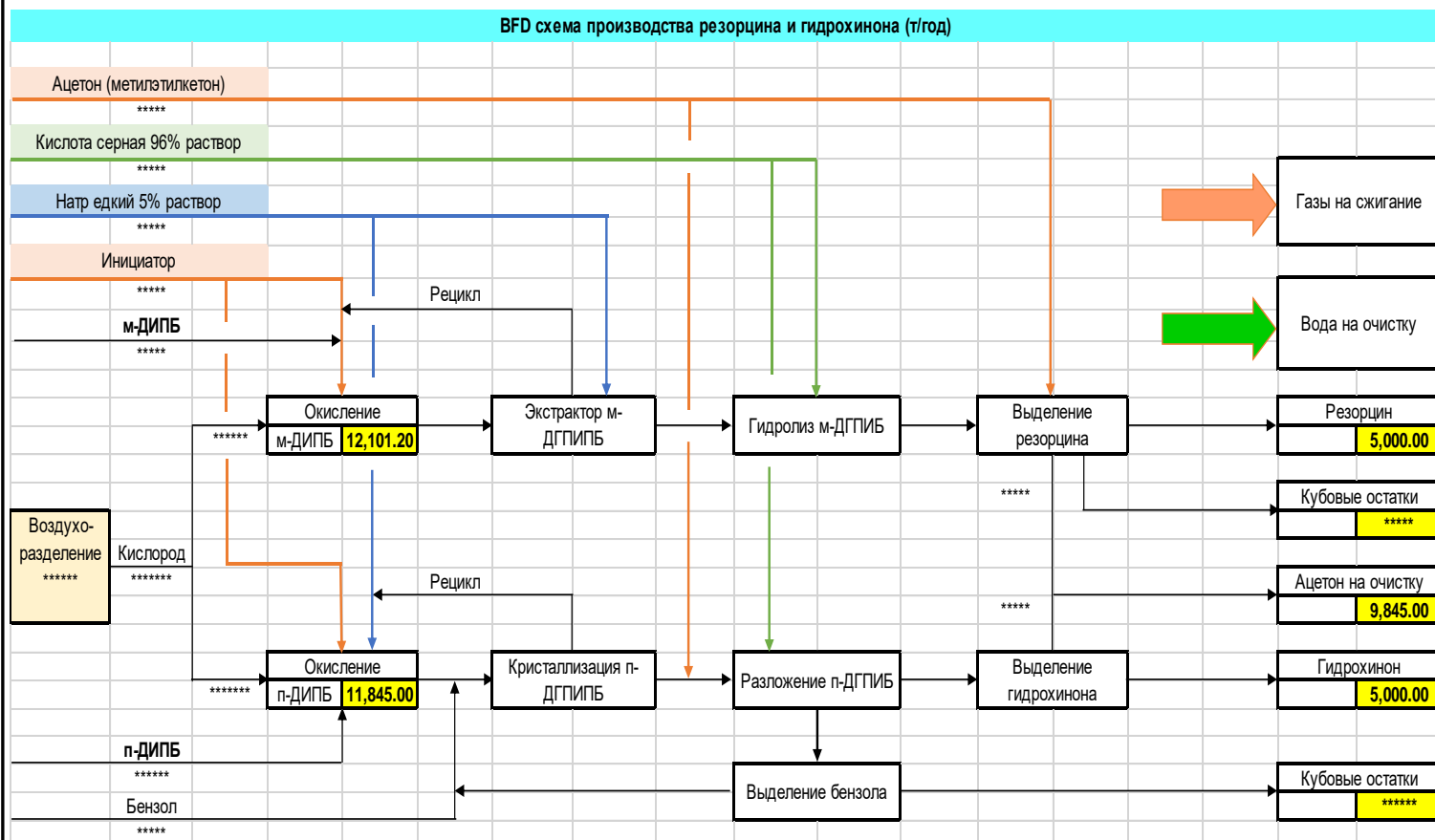


Для получения фенолфталеина, **согласно технического задания**, в качестве сырья рассматриваются фенол и фталевый ангидрид и процесс конденсации в присутствии серной кислоты.



На **Схеме 2** показана принципиальная (BFD) схема процесса производства резорцина и гидрохинона, основные технологические блоки и направления потоков.

Схема 2.



На **Схеме 3** показана принципиальная (BFD) схема процесса производства фенолфталеина, основные технологические блоки и направления потоков.

Схема 3.



### 3.2 Материальные балансы.

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/>

В **Таблице 11** представлен сводный материальный баланс окисления мета- и парадиизопропилбензолов до соответствующих дигидроперекисей с последующим получением резорцина и гидрохинона, а также ацетона, как побочного продукта. Баланс представлен на мощность по резорцину 5.000 т/год и гидрохинону 5.000 т/год, выход ацетона до 10.000 т/год по балансу. Катализаторы (кислота серная) и инициаторы (монопероксиды) в балансе не учитываются.

Таблица 11.

<b>Материальный баланс производства мета-, пара-дигидропероксида изопропилбензолов</b>				
Сырьё	% масс	т/год	кг/час	8.000 часов/год
Мета-, пара-диизопропилбензолы	*****	*****	*****	Со склада
Кислород	*****	*****	*****	С блоков воздухо-разделения
Бензол	*****	*****	*****	Как растворитель
Ацетон	*****	*****	*****	Как растворитель
<b>Итого</b>	<b>100.00%</b>	<b>28,551.86</b>	<b>3,568.98</b>	
Продукты переработки	% масс	т/год	кг/час	
Резорцин	24.33%	5,000.00	625.00	На склад
Гидрохинон	24.33%	5,000.00	625.00	На склад
Ацетон,	51.34%	10,550.41	1,318.80	На очистку, как продукт
Вода	*****	*****	*****	На очистку
Эмиссии	*****	*****	*****	На сжигание
Кубовый продукт	*****	*****	*****	На склад
<b>Итого</b>	<b>100.00%</b>	<b>28,551.86</b>	<b>3,568.98</b>	

В **Таблице 12** представлен сводный материальный баланс получения фенолфталеина конденсацией фенола и фталевого ангидрида на мощность 1.000 т/год.

Катализаторы (кислота серная) и растворители (этиловый спирт, тетрагидрофуран) в балансе не учитываются.

Таблица 12.



### 3.3 Технология.

#### 3.3.1 Прием, хранение сырья и готовой продукции

Поставка сырья м-ДИПБ и п-ДИПБ и химикатов: едкого натра, серной кислоты и бензола производится со стороны железнодорожным или автомобильным транспортом.

Объемы хранения сырья м-ДИПБ и п-ДИПБ и готовой продукции: резорцина, гидрохинона и ацетона рассчитываются исходя из 10-и дневного запаса по каждому типу сырья и готовой продукции.

Инициатор (моногидроперекись), ацетон, как растворитель являются собственными продуктами производства и хранение осуществляется в расходных емкостях.

Хранение дигидропероксида изопропилбензола не предусматривается в виду чрезвычайной взрывоопасности.

Сухой едкий натр поставляется в мешках по 25 или 40 кг на паллетах на склад хранения. Приготовление водного раствора (паровой конденсат или деминерализованная вода) едкого натра производится непосредственно на установке ТФХ и ИФХ, **Глава 2.3.1.**

Объем серной кислоты определяется согласно норм и правил на максимально допустимое хранение в танк-контейнерах. Склады хранения серной кислоты не предусматриваются, подача в процесс ведется из танк-контейнеров.

Объем бензола определяется согласно норм и правил на максимально допустимое хранение в вагон-цистернах. Склады хранения бензола не предусматриваются, слив из вагон-цистерн производится через буферную емкость объемом 50 м<sup>3</sup>.

Резорцин и гидрохинон хранятся в силосах, отгрузка на сторону производится в картонных барабанах объемом 50 л, подача в процесс пневмотранспортом.

Ацетон, как побочный продукт, требует дополнительной очистки до товарного качества, но при его подаче в процесс, как растворителя и катализатора очистки не требует.

### **3.3.2 Стадии процесса и технологические блоки**

В состав производства резорцина и гидрохинона включено в границах установок:

- приемка и хранение сырья, реагентов, полуфабрикатов и готовой продукции
- при поставке сырья, как смесь изомеров, предусматривается фракционирование
- блок приготовления катализатора (серной кислоты и ацетона)
- блок приготовления катализатора (серной кислоты, ацетона и бензола)
- блок окисления м-ДИПБ с обработкой оксидата едким натром
- блок экстракции ацетоном м-ДГПИПБ (для установки резорцина)
- блок каталитического гидролиза (для установки резорцина)
- блок выделения резорцина - сырца, отгонки ацетона и очистка от тяжелых (кубовых) продуктов
  - блок выделения товарного резорцина, промывка, фильтрация и сушка
  - блок окисления п-ДИПБ с обработкой оксидата бензолом
  - блок кристаллизации п-ДГПИПБ (для установки гидрохинона)
  - блок каталитического разложения дигидроперекиси (для установки гидрохинона)
  - блок отгонки бензола и выделения тяжелых (кубовых) продуктов (для установки гидрохинона)
  - блок выделения гидрохинона - сырца, отгонки ацетона

- блок выделения товарного гидрохинона, промывка, фильтрация и сушка
  - чешуирование резорцина и гидрохинона при отгрузке на сторону
  - очистка воды процесса, обработка эмиссий и кубового продукта
- Объекты ОЗХ не включены в перечень.

Кислород на окисление поступает после буллитов хранения от установки воздухо-разделения.

### 3.3.3 Описание технологического процесса и основные параметры режима

**Резорцин и Гидрохинон.** Использование мета - и пара-диизопропилбензолов в качестве сырья регламентировалось техническим заданием. Сырье может приниматься на установку, как в виде индивидуальных изомеров, так и в смеси, в этом случае используется фракционная перегонка. Параметры фракционирования будут определяться соотношением изомеров в смеси и наличием тяжелых компонентов.

Свежий мета-диизопропилбензол с добавкой 5% едкого натра и рециклом мета-диизопропилбензола подается в реактор окисления оборудованный мешалкой. Объем реактора рассчитывается исходя из времени пребывания. Подача кислорода производится через барботирующие устройства. Регулирование температуры процесса  $////\text{°C}$  осуществляется подачей охлаждающей воды во внутренний змеевик реактора или парового конденсата с температурой  $////\text{°C}$ .

Для окисления пара-диизопропилбензола процесс организуется аналогично.

Детальное описание процесса окисления, а также дальнейший синтез резорцина и гидрохинона из дигидроперекисей изопропилбензолов, по условиям конфиденциальности с Заказчиком, в том числе и в сокращенном виде, не публикуется.

**Фенолфталеин.** Использование фталевого ангидрида и фенола в качестве сырья регламентировалось техническим заданием.

Фенол и фталевый ангидрид загружаются в один из двух реакторов периодического действия, которые работают поочередно, реактора оборудованы мешалками. Регулирование температуры процесса  $////\text{°C}$  осуществляется подачей водяного пара низкого давления во внутренний змеевик реактора. Время процесса определяют по содержанию остаточного фенола в реакционной смеси, как правило, оно не превышает ...часов.

При положительном результате анализа на остаточный фенол, подогрев реакционной массы прекращается и в змеевик подается охлаждающая вода, при снижении температуры до  $////\text{°C}$  в реактор подается деминерализованная вода и продолжают перемешивание в течении ...часов. При отборе анализа содержание фенола не должно превышать ...% масс, при положительном результате реакционную массу сливают в декантор оборуду-





При оценке по методике Harpel используется ряд положений стоимостного инжиниринга:

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

Существует ряд ограничений, а именно:

- здания всех типов не учитываются в расчетах
- оборудование ТП и РП, а также DCS не учитывается в расчетах
- эстакады слива и налива не учитываются в расчетах
- ж/д пути не учитываются в расчетах

Указанные ограничения не влияют на точность расчетов СМР **в границах производства без ОЗХ.**

В **Таблице 18** произведена оценка стоимости для производства резорцина и гидрохинона 5.000 т/год каждого и фенолфталеина 1.000 т/год.

**Таблица 18**

Наименование статей затрат	Производство фенилендиаминов		
	%	\$	Примечание
Стоимость основного оборудования	100.00%		Таблица 9
Стоимость оборудования КиП			С учетом отсекателей
Монтаж основного оборудования			
Строительство и монтаж специального оборудования			Нет
Фундаменты, площадки, сооружения, конструкции			Здания не учтены
Трубопроводы (материалы и монтаж)			
Запорная арматура (материалы и монтаж)			
КиП (материалы и монтаж)			DCS не учтена
Электричество (материалы и монтаж)			ТПП и РП не учтены
Изоляция, химзащита, огнезащита, покраска (с материалами)			
Благоустройство, дороги			
<b>Общая монтажная стоимость</b>	<b>169.80%</b>		

Оценка монтажной стоимости произведена в границах производства без учета складов хранения, подводящих коммуникаций, которое будет представлено в **Части 3**, так как является объектами общего пользования при производстве мономеров и для арамидов, и для арилатов.