

**AFINA CHEMISTRY BASIC DESIGN S.R.L.**

[afinachem.design@gmail.com](mailto:afinachem.design@gmail.com)

MASTER

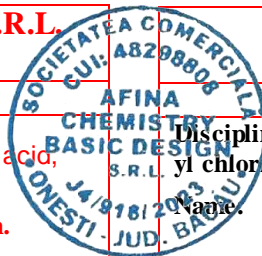
**Discipline: PROCESS:** benzotrichloride, benzoic acid, benzoyl chloride, benzoyl peroxide, phosgene

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

**Sign.**

**Date:** 29.12.2016.

**Обновлено** 29.03.2023. **Обновлено** 0.1.04.2025



**ООО «ЭНКИ-АФИНА»**

Специальная химия.

MASTER

**Discipline: PROCESS:** benzotrichloride, benzoic acid, benzoyl chloride, benzoyl peroxide, phosgene, index E928

**Name:** [enkyafina@gmail.com](mailto:enkyafina@gmail.com)

**Sign.**

**Date:** 29.01.2022. **Обновлено** 20.03.2025

**Основные технологические решения (DBS) для производства хлористого бензоила 600 т/год и перекиси бензоила 500 т/год. Технология фосгенирования.**



*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*

*Certificate of registration on engineering and technical consultancy activities № J4/918/09.06.2023.*

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

## Содержание

1. Хлористый бензоил и перекись бензоила. Лицензирование и патентование. BFD схемы процесса.....
2. Описание технологических процессов. Материальные балансы, PFD схемы .....
3. Технические условия на сырье и продукцию .....
4. Операционные затраты на процессы получения хлористого бензоила и перекиси бензоила (только в границах установки) .....
5. Компоновка оборудования в пределах установок и компоновка производства.....
6. Капитальные затраты на строительство установок получения хлористого бензоила и перекиси бензоила (только в границах установки) .....
7. Заключение и выводы.....

## Приложения

- Приложение 1. Техническое задание Заказчика.
- Приложение 2. Правила хранения и перевозки фосгена.
- Приложение 3. Правила хранения и перевозки перекиси водорода.
- Приложение 4. PFD схемы процессов получения хлористого бензоила и перекиси бензоила.
- Приложение 5. Компоновка оборудования в пределах установок и компоновка производства в целом.
- Приложение 6. Правила хранения и перевозки перекиси бензоила.

## Сокращения

ХБ - хлористый бензоил

ПБ – перекись бензоила

АИБН – азо(бис)изобутиронитрил или динитрил азодиизомалянной кислоты

БК – бензойная кислота

ДМФА – N,N-Диметилформамид

МХБ – монохлорбензол

НТМ – высокотемпературный органический теплоноситель

## 1. Хлористый бензоил и перекись бензоила. Лицензирование и патентование. BFD схемы процесса.

По итогам концептуальной проработки, для процессов фосгенирования было выпущено несколько базовых проектов на различные мощности и национальные требования, где проводилось строительство:

Базовый проект на производство терефталоилхлорида (фосгенирование), 3.000 т/год. Периодический процесс <https://enky-afina.ru/bazovyyj-proekt-n2>

Базовый проект на производство хлористого бензоила (фосгенирование), 3.500 т/год. Периодический процесс <https://enky-afina.ru/bazovyyj-proekt-n3>

Базовый проект на производство 2-этилгексилхлорформиата (фосгенирование), 1.500 т/год. Периодический процесс <https://enky-afina.ru/bazovyyj-proekt-n8>

Базовый проект на производство изофталоилхлорида (фосгенирование), 2.000 т/год. Периодический процесс <https://enky-afina.ru/bazovyyj-proekt-n30>

Базовый проект на производство циклогексилхлорформиата (фосгенирование), 1.000 т/год. Периодический процесс <https://enky-afina.ru/bazovyyj-proekt-n31>

Базовый проект производство микрокристаллической (50-100 мкм) перекиси бензоила 600 т/год <https://enky-afina.ru/bazovyyj-proekt-n6>

**1.1** Процессы получения ХБ и ПБ давно и хорошо изучены и не лицензируются.

**1.1.1** Промышленный синтез ПБ ограничивается единственным, хорошо себя зарекомендовавшим процессом окисления хлористого бензоила перекисью водорода в щелочной среде. В СССР проекты на получение ПБ были разработаны «Гипрополимер» в 40-х годах прошлого столетия, после этого процесс многократно дорабатывался заводскими проектно-конструкторскими и исследовательскими центрами.

**1.1.2** Промышленные синтезы ПБ базируются на нескольких технологиях:

**Процесс 1.** Гидролиз ХБ горячей водой в присутствии хлорного железа, или хлорида алюминия, или хлорида цинка. Недостатком процесса является большое количество кубовых остатков и как следствие повышенный расход ХБ, что отражается на операционных и капитальных затратах.

**Процесс 1 А.** Гидролиз ХБ ледяной уксусной кислотой в присутствии серной кислоты при температуре 95-100°C. Процесс имеет меньшее количество кубовых остатков, в отличии от **Процесса 1**, но появляется хлористый ацетил, который трудно реализуемый.

**Процесс 2.** Хлорирование бензойной кислоты (БК) тионилхлоридом или пятихлористым фосфором. Недостатком является образование хлороводорода, сернистого ангидрида и (или) фосфорных кислот в смеси с соляной кислотой.

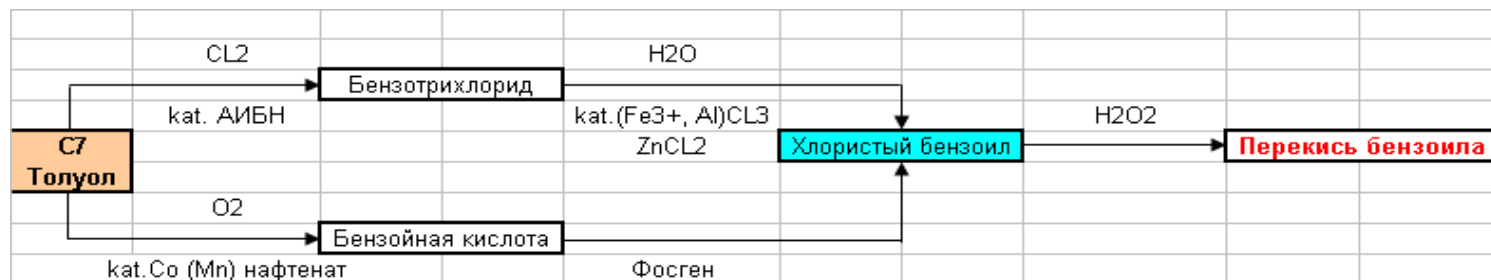
**Процесс 2А.** Хлорирование БК фосгеном (фосгенирование). В качестве побочного продукта образуется только хлороводород, тяжелые кубовые остатки не образуются. Использование фосгена запрещено в некоторых странах

**Процесс 3.** Нагревание ХБ с бензойной или уксусной кислотами. Используется для получения высокочистого ХБ в качестве химического реагента под маркой ХЧ и ОЧ.

**Процесс 4.** Взаимодействие бензальдегида с четыреххлористым углеродом в парожидкостной фазе бензальдегида и четырех хлористого углерода является перспективным направлением. Образующийся в процессе хлороформ является самостоятельным товарным продуктом в дополнение к основному. Промышленных установок поэтому процесса не существует, так как его масштабирование началось совершенно не давно.

**Схеме 1** выполнена для двух разнонаправленных процессов синтеза ХБ и одного для получения ПБ.

Схема 1.



**1.2** Техническим заданием, **Приложение 1** определялось предоставление технологических данных обеспечивающих получение:

- ХБ в соответствии с техническими условиями, как сырье для получения ПБ в балансовых количествах, т.е без реализации ХБ на сторону.

- ПБ в соответствии с ГОСТ 14888-78 для использования в качестве инициатора при производстве полимеров, пластмасс и каучуков, отвердителя полиэфирных добавок при производстве лакокрасочных и строительных материалов

Аппаратурное оформление и расходные показатели процессов должны соответствовать современным аналогам

**1.3** Не существует общей практики по лицензированию процессов получения ХБ и ПБ, так как используемые методы хорошо известны. Как правило, инженеринговая компания, предлагающая эти процессы, включает в цену базового проекта свое понимание интеллектуальной собственности, но без термина «лицензия или лицензирование».

**1.4** Установка по производству ХБ путем фосгенирования БК и совмещенная с ней установка получения ПБ путем окисления ХБ перекисью водорода успешно работала до 2005 года на Дзержинском заводе «Капролактан».

**1.4.1** Отечественная технология была дополнена и улучшена опытом импортных аналогов, что и послужило основой для выполнения базовых проектов в виде реплики, **п.1.** Наличие собственных российских технологий с получением ХБ (фосгенированием) и ПБ (окислением перекисью водорода), исключает поводы для претензий от третьих сторон, например, импортеров этих продуктов в РФ.

**1.5** Фосген производится в США, Японии, Германии, Франции, Бельгии, Италии, Нидерландах, Великобритании, Канаде, Испании, Индии, Австралии, Бразилии, Венгрии, Швейцарии и Китае. Производство фосгена на Африканском континенте неизвестно и сравнительно мало данных имеется для бывшего Советского Союза. Общий мировой выпуск фосгена на технологические нужды составляет более 4 млн. т/год, причем доля фосгена, который вырабатывается в режиме генерации исключительно на объем реактора фосгенирования, непрерывно возрастает. Выпуск фосгена без хранения называется «captive production», т.е. пленный, в таком формате его производство и потребление разрешено и в ЕС. Перевозка фосгена разрешена только в России и США, **Приложение 2.** Подробно о производстве фосгена и процессах фосгенирования

Обзор технологий, как «captive production» для фосгена и цианистого водорода в производстве изоцианатов и цианидов, без конденсации и хранения. Влияние на качество конечной продукции <https://enky-afina.ru/konceptualnii-proekt-n3k>

**1.5.1** Правила безопасности при использовании фосгена в РФ базируются на общих правилах для хлорных производств. В «Едином тарифно-классификационном справочнике» имеется перечень профессий, связанных с фосгеном.

## 2. Описание технологических процессов. Материальные балансы, и PFD схемы.

**2.1** Технологическая установка для производства ХБ 600 т/год, ПБ 500 т/год состоит из одной линии. **BFD** схемы и границы установок представлены, **Схемы 2,3.** Комплект PFD схем представлен в **Приложении 4.**

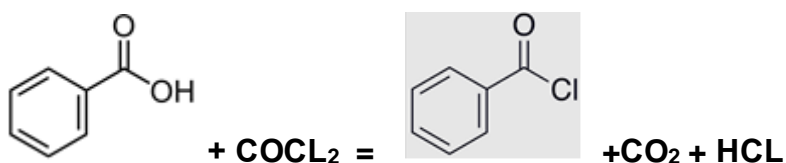
**Схема 2.**



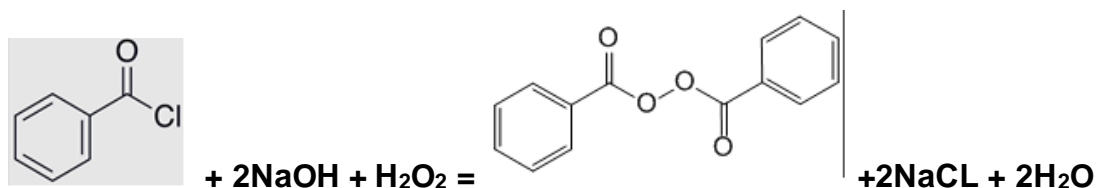
Схема 3.



2.2 Получение ХБ фосгенирование бензойной кислоты в присутствии катализатора определяется уравнением.



Получение ПБ окислением хлористого бензоила перекисью водорода в присутствии ПАВ определяется уравнением.



2.3 В Таблице 1 и 2 представлены материальные балансы процессов производства ХБ и ПБ соответственно.

Таблица 1

Материальный баланс полной загрузки линии на выпуск ХБ			
Сырье	т/год	кг/ч	%
Бензойная кислота	536.40	82.52	53.41%
Фосген	468.00	72.00	46.59%
<b>ИТОГО сырье</b>	<b>1,004.40</b>	<b>154.52</b>	<b>100.00%</b>
Продукция			
Бензоилхлорид, прозрачная жидкость	600.00	92.31	59.74%
Кубовые остатки	2.40	0.37	0.24%
Кислота соляная, товарная	163.80	25.20	16.31%
Эмиссии CO <sub>2</sub>	238.20	36.65	23.72%
<b>ИТОГО продукция</b>	<b>1,004.40</b>	<b>154.52</b>	<b>100.00%</b>
Метан на синтез фосгена	По данным поставщика генератора фосгена		
Хлор на синтез фосгена	337.90	51.98	

Таблица 2

Материальный баланс полной загрузки линии на выпуск ПБ*			
---	--	--	--

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  
 Certificate of registration on engineering and technical consultancy activities № J4/918/09.06.2023.  
<https://makston-engineering.ru/>

Сырье	т/год	кг/ч	%
Бензоилхлорид, на 100%	618.00	95.08	68.82%
Перекись водорода, на 100%	77.50	11.92	8.63%
Натр едкий, на 100%	202.50	31.15	22.55%
<b>ИТОГО сырье</b>	<b>898.00</b>	<b>138.15</b>	<b>100.00%</b>
Продукция			
Перекись бензоила, белые гранулы	500.00	76.92	55.68%
Натрий хлористый, на 100%	270.00	41.54	30.07%
Бензоат натрия, на 100%	48.00	7.38	5.34%
Реакционная вода	80.00	12.31	8.91%
<b>ИТОГО продукция</b>	<b>898.00</b>	<b>138.15</b>	<b>100.00%</b>

\* - в материальном балансе не показана деминерализованная вода на растворение реагентов, а также на промывку ПБ, ее расход указан в операционных затратах Глава 4.

**2.4** Поставка сырья и реагентов: БК, хлора, перекиси водорода, сухого едкого натра и диметилформамида (ДМФ) производится со стороны, показатели качества приведены в Главе 3, расчет объемов и типа хранения на данной стадии не производится.

**2.5** Установка ХБ состоит из следующих технологических стадий и блоков:

- приемка сырья и реагентов
- загрузка БК, катализаторов, кубовых остатков
- блок генерация фосгена
- реакция фосгенирования и удаление абгазов
- дегазация и очистка хлористого бензоила-сырца
- обработка абгазов
- котельная НТМ
- очистка эмиссий и сбросов в санитарной колонне

**2.5.1** Установка ПБ состоит из следующих технологических стадий и блоков:

- приемка сырья и реагентов
- загрузка ХБ и реагентов
- реакция окисления ХБ
- фильтрация, промывка и сушка ПБ
- расфасовка ПБ

**2.6 Приемка сырья и реагентов.**

**2.6.1** Основное сырье, БК доставляется на склад хранения, либо непосредственно к месту загрузки в расходный силос, в биг-бэгах весом по 1 т или в иной упаковке завода изготовителя. Хранение в расходном силосе осуществляется под азотом.

**2.6.2** Жидкий хлор поставляется в танк-контейнерах, которые могут являться и временным хранилищем, если они устанавливаются на специально оборудованной площадке. Подача на генераторы синтеза фосгена производится через испаритель.

**2.6.3** 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 10 м<sup>3</sup>, для обеспечения аварийного запаса.

**2.6.4** Катализаторы и химикаты. Активированный уголь, N,N-Диметилформамид (ДМФА) поставляются в таре от поставщика. Сульфанол поставляется в мешках по 25 или 40 кг на паллетах на склад хранения. Дозирование в реактор перед каждой загрузкой производится вручную после взвешивания согласно рецептуре.

**2.6.5** Оксид углерода поставляется в малотоннажных контейнерах, 1.25 тонны под давлением. Хранение на открытом складе под навесом. В объеме месячной потребности производства фосгена.

**2.6.6** Хлористый бензоил. Хранение сырца на синтез перекиси бензоила под азотом. Температура хранения не выше +25°C, а также **п.2.7.14**.

**2.6.7** Перекись водорода поставляется в возвратных контейнерах, которые предназначены только для транспортировки перекиси водорода, объемом 1.6 м<sup>3</sup>. Массовая доля перекиси водорода в пределах 30-40%. Хранение контейнеров на открытой площадке под навесом, исключающем попадание прямых солнечных лучей. Температуру продукта не выше 30°C и не ниже минус 30°C, **Приложение 3**.

**2.6.8** Вода деминерализованная. Подается от установки деминерализованной воды – модульного типа входящей в объекты ОЗХ.

**2.6.9** Перекись бензоила. Мелкокристаллический порошок с содержанием влаги до 30%. Принимается расфасовка в полиэтиленовые бочки объемом по 50 л, которые устанавливаются на поддоны по шесть штук и пакетируются. Хранение, обязательно во влажном состоянии, на неотапливаемом складе при температуре не выше 50°C, замерзание продукта допускается, а также **п. 2.8.2.2**.

**2.6.10** Высокотемпературный теплоноситель от разных поставщиков:

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

*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*

*Certificate of registration on engineering and technical consultancy activities № J4/918/09.06.2023.*

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

поставляется в 200 л бочках, максимально возможный объем заполнения системы не превысит 4 м<sup>3</sup>, объем аварийной емкости 6 м<sup>3</sup>.

## **2.7 Описание технологического процесса получения ХБ.**

**2.7.1 Загрузка БК, катализаторов, кубовых остатков.** Фосгенирование проводится в реакторе, представляющий собой эмалированный аппарат с вместимостью ////////////// м<sup>3</sup>, имеющий внутренний змеевик для теплоносителя. Реактор может быть оборудован: мешалкой, барботажем фосгена, циркуляцией реакционной массы от насоса, либо комбинацией нескольких способов. Выбор того или иного метода повышения степени конверсии производится исполнителем базового проекта по согласованию с изготовителями оборудования.

**2.7.2** Перед загрузкой сухой БК, реактор заполняется расплавом БК в количестве ////////////// кг, но не более 40-50% уровня. Одновременно с подачей расплава предусмотрены следующие операции:

- открывается подача азота минимальным расходом со сдувкой на свечу
- включается мешалка с контролем величины нагрузки на двигателе, если перемешиваемая масса имеет очень высокую вязкость, то число оборотов снижается, а также снижается скорость подачи сухой БК
- во внутренний змеевик реактора подается теплоноситель и дается задание на клапан регулятор для поддержания соответствующих температур в реакторах.

**2.7.3** Расплав БК хранится в обогреваемой емкости, объем которой соответствует загрузке на одну операцию одной или нескольких линий, после проведения синтеза и дегазации реакционной массы, емкость заполняется новой порцией хлорангидрида – сырца. Температура в реакторе синтеза ХБ, во время загрузки БК составляет 135°С, а в процессе синтеза поддерживается в интервале /// – ///°С.

**2.7.4** Загрузка БК из расходного силоса производится через дисковый дозатор сыпучих продуктов по балансу процесса на одну операцию. При загрузке контроль температуры в реакторе обязателен, поэтому в период пусконаладочных работ скорость подачи от дисковых дозаторов тщательно регулируется. После выполнения загрузки закрывается заслонка и разворачивается быстросъемная заглушка на участке трубопровода между дозатором и реактором.

**2.7.5** Загрузка ДМФ производится непосредственно из транспортной тары насосом-дозатором и составляет ////////////// кг на операцию.

**2.7.6** Кубовые остатки, образующиеся на стадии очистки ХБ, при положительном заключении лаборатории могут использоваться, как добавка к сырью. Форма загрузки определяется на стадии проектирования.

**2.7.7** После окончания загрузки БК, а также катализатора и кубовых остатков температура в реакторе синтеза ХБ должна быть не менее  $////^{\circ}\text{C}$ .

**2.7.8** Перед подачей фосгена в реактор (реактора) синтеза выполняются следующие операции:

- подача азота в реактор закрывается, на линии сдувок на свечу закрывается запорная арматура и разворачивается быстросъемная заглушка
- на пульте управления проверяется срабатывание датчиков – анализаторов фосгена в рабочей зоне
- с пульта управления открывается отсекающий клапан на линии абгазов в адсорбер, и одновременно устанавливается задание и переводится в автоматический режим работы клапан, регулирующий давление в реакторе (реакторах) синтеза.

**2.7.9 Генерация фосгена.** Генератор фосгена работает полностью в автоматическом режиме. Синтез фосгена осуществляется смешиванием испаренного хлора и окиси углерода, далее реакционная смесь пропускается через слой угля и по трубопроводам с двойными стенками и постоянным вакуумированием межтрубного пространства, подается в зону реакции. Количество получаемого в генераторе фосгена определяется стехиометрией процесса и задается в системе DCS через вычислитель, с вводом исходных параметров: количество загружаемого сырья ТФК или ИФК, параметры процесса (температура и давление в реакторе синтеза) и время реакции.

**2.7.9.1** Хранение фосгена исключено из технологической схемы, подача фосгена в реактор фосгенирования производится от генераторов фосгена по трубопроводам с двойными стенками, длина этих трубопроводов минимально возможная. Подобная схема производства и подачи фосгена в процесс, а также наличие большого количества датчиков загазованности, исключает риск аварий даже не большого масштаба.

**2.7.10 Реакция фосгенирования и удаление абгазов.** Содержимое реактора для синтеза ХБ перед началом фосгенирования нагревают до температуры не менее  $////^{\circ}\text{C}$ . После подачи фосгена в течение всего процесса температура поддерживается в пределах  $/// - ///^{\circ}\text{C}$  с помощью регулирующего клапана установленного на подаче теплоносителя во внутренний змеевик реактора. Давление в реакторе после подачи фосгена в течение всего процесса поддерживается в пределах  $////////$  бар, с помощью регулирующего клапана, установленного на линии абгазов. Общая масса генерируемого фосгена на операцию составляет  $////////$  кг, продолжительность фосгенирования не превышает  $////////$

*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*

*Certificate of registration on engineering and technical consultancy activities № J4/918/09.06.2023.*

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

часов. Фосгенирование заканчивается при отсутствии в пробе хлористого бензоила-сырца взвеси бензойной кислоты и массовой доли основного компонента не менее 87%.

#### **2.7.11 Дегазация и очистка хлористого бензоила– сырца** включает в себя:

- секции дегазации реакционной массы ХБ-сырца
- секции очистки ХБ-сырца

**2.7.12 Секция дегазации реакционной массы.** Реакционная масса ХБ-сырца после фосгенирования подается через теплообменник-рекуператор на секцию дегазации, которая состоит из насадочной колонны, заполненной кольцами Рашига. Куб колонны обогревается высокотемпературным теплоносителем. Температура в кубе насадочной колонны для очистки ХБ-сырца  $///////^{\circ}\text{C}$ , температуре верха  $///////^{\circ}\text{C}$ , давление в кубе  $////////$  бар. Давление в насадочной колонне регулируется клапаном-регулятором, который установлен на линии абгазов с верха колонны. Абгазы после десорбера, как и после реактора фосгенирования состоят из хлороводорода и не прореагировавшего фосгена.

**2.7.13 Секция очистки ХБ.** Реакционная масса ХБ-сырца после насадочной колонны, которая исполняет роль дегазатора, подается на блок очистки, состоящий из отпарной колонны-стриппера, работающего под вакуумом. Куб колонны обогревается высокотемпературным теплоносителем. Температура в кубе колонны для очистки ХБ-сырца  $////////^{\circ}\text{C}$ , температуре верха  $////////^{\circ}\text{C}$ , вакуумметрического давления не менее минус  $////////$  бар. Вакуумметрическое давление в системе создается вакуум-насосом, которые работают независимо для каждой секции очистки. Пары ХБ поступают на конденсатор, который охлаждаемый оборотной водой, сконденсированный ХБ стекает в емкость и по мере роста уровня откачивается на склад, после отбора анализов на подтверждение качества готового продукта. Подача ХБ в расходную емкость производства ПБ, минуя склад – **ЗАПРЕЩАЕТСЯ, п.2.7.14.**

Кубовый продукт колонны анализируется согласно плана аналитического контроля и при соответствующих показателях качества перекачивается насосом, в реактор фосгенирования, как рецикловый продукт при его загрузке. Кубовый остаток очистки ХБ может быть реализован и как самостоятельный продукт.

**2.7.14** Хранение ХБ-сырца на синтез перекиси бензоила производится под азотом, температура хранения не выше  $+25^{\circ}\text{C}$ , емкости оборудованы змеевиками с циркулирующей захлажденной водой.

## **2.8 Описание технологического процесса получения ПБ.**

- загрузка ХБ и реагентов
- реакция окисления ХБ

*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*

*Certificate of registration on engineering and technical consultancy activities № J4/918/09.06.2023.*

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

- фильтрация, промывка и сушка ПБ
- расфасовка ПБ

**2.8.1** Загрузка ХБ и реагентов производится в эмалированный реактор объемом  $////\text{м}^3$ , который оборудован мешалкой и внутренним змеевиком с циркулирующей захлажденной водой. В реактор загружаются: обессоленная вода в объеме  $////\text{м}^3$ , сульфанол, натр едкий в объеме  $////\text{м}^3$ , после загрузки в змеевик подается хладагент и включается мешалка, при достижении температуры  $////^\circ\text{C}$  в реактор подается перекись водорода в объеме  $////\text{м}^3$ . Подача указанных компонентов производится через поточные расходомеры. Перемешивание продолжается до тех пор, пока равновесные концентрации едкого натра и перекиси водорода не достигнут регламентных значений  $////$  и  $////$  г/л. При достижении указанных параметров в реактор подается ХБ через поточный расходомер с коррекцией по температуре в реакторе, при завышении температуры реакционной массы до  $////^\circ\text{C}$ , срабатывает сигнализация и блокировка на закрытие регулирующего клапана на подаче ХБ, открытие клапана и возобновление подачи возможно только после снятия блокировки. Рабочим уровнем в реакторе является заполнение на 70-75%.

**2.8.2** Процесс синтеза ПБ заканчивается при достижении в реакционной массе концентраций едкого натра и перекиси водорода  $////$  и  $////$  г/л, контроль за концентрацией указанных реагентов ведется с использованием поточных анализаторов. После этого мешалка останавливается, а реакционная масса **без использования насосов** сливается на фильтр, осадок ПБ на фильтре промывается деминерализованной водой, подача хладагента в змеевик реактора прекращается, и реактор также промывается деминерализованной водой, которая сливается на этот же фильтр. Промывка ПБ деминерализованной водой ведется до нейтральной среды промывных вод по поточному рН-метру. Воды промывки собираются в заглубленной емкости и после контроля концентрации хлорида натрия могут сливаться в ХЗК.

**2.8.2.1** Фильтр с мелкодисперсным осадком ПБ подключается к вакуум-насосу для удаления влаги. Доля влаги в ПБ после сушки должна быть НЕ менее 20% масс, как правило, для гарантированного исключения чувствительности к удару, содержание влаги в товарной ПБ составляет  $27\pm 2\%$ .

**2.8.2.2** Мелкокристаллический порошок ПБ с содержанием влаги до 30%. Принимается расфасовка в полиэтиленовые бочки объемом по 50 л, которые устанавливаются на поддоны по шесть штук и пакетируются или в полиэтиленовые мешки массой по 5 кг, которые укладываются в картонные коробки имеющие этикетки и знаки опасности и после этого отправляются на склад хранения. Хранение, обязательно во влажном состоянии, на

неотапливаемом складе при температуре не выше 50°C, замерзание продукта допускается.

**2.9 Обработка абгазов.** Газовая фаза после реакторов фосгенирования, а также после насадочной колонны для дегазации реакционной массы состоит из хлороводорода и не прореагировавшего фосгена, после охлаждения в водяном холодильнике, подается на абсорбер, который орошается монохлорбензолом (МХБ) для абсорбции фосгена. Оптимальная работа абсорбера достигается при его орошении МХБ с температурой //////////////°С и давлении ////////////// бар.

Хлороводород с верха адсорбера подается на скруббер, орошаемый обессоленной или деминерализованной водой, образующаяся соляная кислота с концентрацией 27-30% отправляется на склад, как товарный продукт.

МХБ с растворенным фосгеном подается через теплообменник-рекуператор в десорбер работающий при температуре //////////////°С и давлении ////////////// бар. Фосген с верха десорбера после конденсации возвращается на стадию фосгенирования, подача производится по трубопроводам с двойными стенками и вакуумированием между ними, а очищенный МХБ с куба десорбера возвращается на орошение абсорбера через охладитель.

**2.10 Котельная высокотемпературного теплоносителя (НТМ).** Блок НТМ является модульным и поставляется комплектно, включая электрику и КиП. Печь нагрева НТМ может работать на природном газе, мазуте либо с использованием электронагрева. Все трубопроводы и аппараты, обогреваемые теплоносителем, имеют стандартную технологическую обвязку: линии заполнения и дренажа, линии подачи и возврата. Подробная инструкция по эксплуатации, как и пусконаладочные работы являются неотъемлемой частью поставки этого оборудования.

**2.11 Очистка эмиссий и сбросов в санитарной колонне.** Две санитарные насадочные колонны (работающая и резервная) имеют футеровку из кислотоупорной плитки либо плакирующий слой, что определяется базовым проектировщиком по согласованию с изготовителем оборудования. Температура в кубе санитарной колонны //////////////°С, давление в кубе гидростатическое. Подача абгазов производится под слой насадки орошаемой щелочным раствором, газы с верха колонны после каплеотбойника выбрасываются в атмосферу через свечу.

На санитарную колонну подаются:

- абгазы после вакуум-насосов очистки ХБ
- сбросы с предохранительных клапанов
- газы продувки азотом реакторов синтеза при загрузке сырья, пробоотборников

- вентиляционные выбросы из помещения, где установлены генераторы фосгена, при срабатывании датчиков загазованности и все дальнейшие действия согласно ПЛАС.

Санитарная колонна орошается раствором 25% едкого натра от циркуляционного насоса в количестве до // м<sup>3</sup>/час, замена циркулирующего раствора на свежий щелочной раствор производится по результатам анализов на содержание хлорида натрия. Отработанный щелочной раствор (содержание едкого натра не превышает 5%) сливается в промышленную канализацию и далее на существующие очистные сооружения химического комплекса.

### 3. Технические условия на сырье и продукцию

В **Таблице 3** приведены показатели качества сырья и реагентов, а также готовой продукции.

**Таблица 3.**

#### BENZOIC ACID

Production Data	
Items	Index
Content	99.5%
Loss on drying	≤0.5% after drying for three hours over sulphuric acid
Melting range	121.5-123.5°C
PH	About 4 (solution in water)
Arsenic	≤3 ppm
Lead	≤5 ppm
Mercury	≤1 ppm
Heavy metal (as pb)	≤10 ppm
Sulphated ash	≤0.05%
Positive sublimation test and test for benzoate	Qualified with regulations
Readily oxidizable substances	Qualified with regulations
Polycyclic acid	Pass test

Chlorinated organic compounds	≤300 ppm
Appearance of solution	Clarification, colorless
Shelf life	2 years

Food Grade BP Benzoic Acid granular, powder, phenylformic acid powder. The quality conforms to BP / USP / E210 Standard.

### **CARBON MONOXIDE**

CO Min. 98 % vol.

N<sub>2</sub> Max. 1.4 % vol.

CH<sub>4</sub> Max. 20 ppm vol.

O<sub>2</sub> Max. 0.1 % vol.

H<sub>2</sub> Max. 0.4 % vol.

Water Max. 50 ppm vol.

### **Remarks**

a) Nitrogen is an inert in the phosgene and MDI processes and leaves in the gaseous HCl.

b) Hydrogen forms HCl in the phosgene reactors, which is detrimental to reaction yield.

c) Methane probably reacts with chlorine to form HCl and carbon tetrachloride and other chlorinated methane.

d) Water along with the chlorine and small amounts of HCl in the system results in accelerated corrosion.

e) Sum of H<sub>2</sub> and equivalent H<sub>2</sub> from CRi results in heat generation. Total equivalent H<sub>2</sub> shall be less than 0.6 % vol.

### **CHLORINE (LIQUEFIED)**

Chlorine Min. 99.6 % vol.

Moisture Max. 40 ppm wt.

### **Remarks**

Moisture reacts with chlorine and phosgene to form HCl and results in corrosion.

### **PRESSURE&TEMPERATURE**

The chlorine shall be delivered evaporated at battery limit with a pressure of 1200 kPa a min., sufficiently superheated to eliminate possible condensate formation.

### **SODIUM HYDROXIDE, NAOH**

NaOH 50 % wt.

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Max. 4000 ppm wt.

*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*

*Certificate of registration on engineering and technical consultancy activities № J4/918/09.06.2023.*

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

NaCl Max. 15 ppm wt.

Fe Max. 2 ppm wt.

Hg Max. 0.05 ppm wt.

Water **Balance.**

### Remarks

Certain forms of Fe distribute to the PMA phase and are not completely washed out.

Specification for Fe in CPMI's is max. 20 ppm wt. (atomic absorption).

Fe going with the PMA is not reduced in the PMI plant.

### PHOSGENE

Phosgene Min. 99.5% wt.

Carbon dioxide Max. 0.10% wt.

Iron Max. 0.05% wt.

Free Chlorine Max. 0.03% wt.

Acidity (as HCL) Max. 0.04% wt.

Residue on evaporation Max. 0.03% wt.

Sulfur (volatile, e.g. COS or SO<sub>2</sub>) Max. 0.0039% wt.

Non-volatile Max. 0.0005% wt.

Normally appears as a clear, pale yellow liquid.

### BENZOYL CHLORIDE

APPEARANCE CLEAR LIQUID

ASSAY 99.00% MIN

MELTING POINT -1°C

WATER 0.03% MAX

BENZOIC ACID 0.10% MAX

BENZOIC ANHYDRIDE 0.30% MAX

BENZYL CHLORIDE 0.05% MAX

BENZAL CHLORIDE 0.05% MAX

BENZOTRI CHLORIDE 0.10% MAX

### HYDROGEN PEROXIDE SOLUTION, 30%

ASSAY Hydrogen Peroxide 30-35%

Color Colorless

Specific gravity / density 1.41 g/cm<sup>3</sup>

Mass concentration of acetic acid, no more 0.006 g/cm<sup>3</sup>

Residue after evaporation, no more 0.0007 g/cm<sup>3</sup>

### BENZOYL PEROXIDE

*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*

*Certificate of registration on engineering and technical consultancy activities № J4/918/09.06.2023.*

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

APPEARANCE White granules in size without mechanical impurities

WATER 25-29%

BENZOYL PEROXIDE IN A DRY PRODUCT 98% MIN

CHLORINE 0.3% MAX

#### 4. Операционные затраты на процессы получения хлористого бензоила и перекиси бензоила (только в границах установки).

В **Таблицах 4, 5 и 6** приведены расчеты операционных затрат на основе расходных норм по статьям: энергетика, реагенты, химикаты, катализаторы, а также зарплата и ремонты. Численность персонала принята в границах установок, т.е до начальника установки (цеха) включительно, все виды ремонтных работ согласно ТЗ отнесены на аутсорсинг, за исключением линейного ремонтного персонала. Стоимость всех видов энергоресурсов, химикатов, реагентов и катализаторов, а также уровень заработной платы предоставлены Заказчиком применительно к месту строительства.

**Таблица 4**

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

**Таблица 5**

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

**Таблица 6**

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

#### 5. Компонировка оборудования в пределах установок и компоновка производства.

Компоновка оборудования в пределах установки и компоновка производства, **Приложение 4**. Общая площадь застройки составляет не более 0.9 Га с учетом автономного ОЗХ (азот, воздух, градирни, пар водяной).

Основное производство находится в обогреваемом закрытом помещении модульного типа. Хранение ХБ, **п.2.7.14**, хранение ПБ, **п.2.8.2.2**.

Хранение танк-контейнеров с хлором, окисью углерода, перекисью водорода, а также сухих химикатов и катализаторов, **п.2.6**.

#### 6. Капитальные затраты на строительство установки получения хлорангидридов терефталевой и изофталевой кислот (только в границах установки)

Расчет капитальных затрат, **Таблица 7** выполнен расчетными методами стоимости оборудования и затрат на строительство <https://enky-afina.ru/opredelenie-raschetnymi-metodami-stoimosti-oborudovaniya-i-zatrat-na-stroitelstvo>

Затраты на строительство приведены с точностью  $\pm 30\%$ . Затраты на проектирование в границах установки: базовый инжиниринг, стадии ПД и РД, генеральное проектирование приведены с точностью  $\pm 10\%$ .

Согласно Техническому заданию планируемые к строительству установки располагается в пределах крупного химического предприятия, т.е подача всех энергоресурсов будет осуществляться по договорам поставки: вода всех типов, природный газ, азот, воздух, воздух КиП, пар водяной, а также по договорам возврата: конденсата водяного пара, сбросов на факел (при необходимости), сточных вод. Все энергоресурсы будут поставляться и отводиться через коммерческие узлы учета.

Но тем не менее, согласно Технического задания проведена оценка стоимости автономного ОЗХ (азот, воздух, градирни, пар водяной), которая составляет ..... млн. евро.

Затраты на подвод всех коммуникаций, а также на склады хранения в таблице не учитываются.

Таблица 7.

Наименование статей затрат					
	Секция ХБ	Секция ПБ	Очистка абгазов	Хранение и упаковка ПБ	ОЗХ
Покупка основного оборудования					
Монтаж основного оборудования	////////	////////	////////	////////	////////
Системы управления, инструменты и КиП (материалы и монтаж)	////////	////////	////////	////////	////////
Трубопроводы (материалы и монтаж)	////////	////////	////////	////////	////////
Электрические системы (материалы и монтаж)	////////	////////	////////	////////	////////
Здания (включая надзор)	////////////////////////////////////				////////
Благоустройство, дороги, площадки	////////	////////	////////	////////	////////
<b>Итого основные расходы</b>	////////	////////	////////	////////	////////
Строительные сооружения, конструкции, эстакады	////////	////////	////////	////////	////////
Инжиниринг (базовый, детальный, генеральный)	////////////////////////////////////				////////
Управление строительством и юридические услуги	////////////////////////////////////				
Не предвиденные расходы	////////	////////	////////	////////	////////
<b>Итого косвенные расходы</b>	////////	////////	////////	////////	////////
<b>Всего: основные и косвенные</b>	////////	////////	////////	////////	////////

## 7. Заключение и выводы

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