Пропионовая кислота, 33.000 т/год через пропионовый альдегид. Карбонилирование этилена. Аудит базового проекта на расчет процессов и оборудования.

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

Содержание

1. Введение……...

2. Исходные данные переданные для выполнения технологического аудита…….

3. BFD схема процесса, материальный баланс, краткое описание технологии.…..…..

4. Достаточность и обоснованность опросных листов на оборудование. Ценовые характеристики ……

5. Достаточность баланса энергоресурсов для обоснованности конфигурации ОЗХ и очистных сооружений производственных стоков……...…….

6. Базовое проектирование, создание реплики, лицензионные права …….

7. Выводы и рекомендации применительно к коммерциализации процесса……..

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

Содержание технических и технологических аудитов, варианты №1-4

1. Аудит технологических решений на стадии дизайн-проекта позволяет определить возможность коммерциализации процесса, а в случае неудачи ограничиться минимальными затратами, не достигая стадии базового и детального базового инжиниринга.

2. Аудит в формате «Как спроектировано» используется для получения актуальной информации в отношении оптимальности проектных решений базового инжиниринга и проектной документации выпущенной в стране строительства.

3. Аудит в формате «Как построено» используется для получения актуальной информации, в отношении выполнения бюджета и графика строительства, как для основного производства, так и для общезаводского хозяйства.

Выполняется сравнительный анализ планируемого строительства и реализованного по факту.

Выполняется сравнительный анализ с объектами аналогами, по срокам и стоимости строительства, если это возможно.

Выполняется анализ оптимизации проектных решений, предлагаемых или реализованных в ходе строительства., если таковые решения были.

4. Аудит в формате «Как есть или, как работает» может быть детализирован по направлениям:

4.1 Аудит, проводимый покупателями продукции всегда приветствуется и ограничивается исключительно производственными аспектами. Основная цель – понимание покупателем рисков, которые могут повлиять на качество приобретаемых ими товаров.

4.2 Аудит, проводимый согласно требованиям контролирующих органов по экологии, безопасности или для сертификации чего-либо.

4.3 Аудит, проводимый при предпродажной подготовке предприятия, в том числе используется для получения актуальной информации по оптимальности выбранной технологии и выполнения гарантийных технологических показателей.

4.4 Аудит, проводимый при переходе на принципиально иные способы управления технологическим процессом, в том числе используется для получения информации по удобству обслуживания оборудования, технологическому сервису, DCS.

Примеры выполнения технологических аудитов Вы можете увидеть по ссылке https://enky-afina.ru/audit-tehnologii в рефератах, которые находятся в открытом доступе.

.

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

1. Введение

1.1 Завод Team Echo по производству пропионовой кислоты для пищевой промышленности на мощность 33.000 т/год. Исходным сырьем является синтез-газ и этилен, которые на родиевом катализаторе в процессе карбонилирования, образуют пропионовый альдегид и этан. Пропионовый альдегид на кобальтовом катализаторе окисляется кислородом до пропионовой кислоты.

1.2 Синтез-газ производится компанией Team Foxtrot из угля, добываемого в Иллинойском угольном бассейне № 6 в Южном Иллинойсе. Этилен производится на установке пиролиза компании Lyondell basell и к ней же возвращается этан, образующийся в процессе карбонилирования.

1.3 Характеристики сырья на BL установки карбонилирования.

1.3.1 Синтез-газ очищается от CO_2 и соединений серы. Подача синтез-газа на BL установки карбонилирования, 120°C/20 бар, молярное соотношение CO/H_2 1:1.

1.3.2 Этилен имеет чистоту 95% масс, и подается на BL установки карбонилирования, 20°C/29 бар.

1.3.3 Кислород имеет чистоту 85% масс, а балансовые количества составляет азот.

1.3.4. Бутан имеет чистоту 97.5% масс, и подается на BL установки карбонилирования, 20°C/29 бар, как абсорбент этана.

1.3.5 Далее по тексту пропионовая кислота будет обозначаться – ProAc.

1.4 Промышленные процессы производства ProAc.

1.4.1 Процесс BASF. Гидрокарбоксилирование этилена (карбонилирование в присутствии воды) разработано Вальтером Реппе в Людвигсхафене-на-Рейне в 1930-х годах. Этилен вступает в реакцию с оксидом углерода и водой 250-320°C/100-300 бар. Катализатор гомогенный – тетракарбонила никеля, промотированного йодом $[Ni(CO)_4 + HI]$ в жидкой фазе.

1.4.2 Процесс ВНИИНефтехим. Гидрокарбоксилирование этилена (карбонилирование в присутствии воды) фундаментально улучшающий процесс BASF. Этилен вступает в реакцию с оксидом углерода и водой 150-170°C/50-150 бар. Катализатор гомогенный – кобальт-пиридиновый комплекс $[Co(Py)_6][Co(CO)_4]_2$ в жидкой фазе. Использовано наименование разработчика процесса до банкротства.

1.4.3 Процесс окисления пропионового альдегида кислородом воздуха 30-50°C/1-3 бар. Катализатор гомогенный – пропионат марганца (II) в жидкой фазе. Разработан Union Carbide и Eastman Kodak, использованы названия компания до поглощений.

1.4.4 Получение ProAc, как побочного продукта при парофазном окислении бутанов-октанов и производстве уксусной кислоты, утрачивает или утратило свое значение.

1.4.5 Получение ProAc с использование генно-инженерных штаммов пропионобактерий (Propionibacterium strains), рассматриваются и другие более эффективные штаммы.

1.5 Предполагается, что будет создана конкуренция классическому карбонилированию, **п. 1.7.1** под высоким давлением 250-320°C/100-300 бар, так как аудируемый процесс имеет параметры 100-120°C/20-22 бар. При классической схеме для карбонилирования используется никелевый катализатор, аудируемый процесс работает с рениевым катализатором для процесса карбонилирования.

1.5.1 Процесс окисления пропионового альдегида остается не измененным относительно классического, **п. 1.4.3** за исключением катализатора. В аудируемом процессе, катализатором является пропионат кобальта.

1.6 К сожалению, количество побочных продуктов оказалось выше, чем первоначально предполагалось, так как родиевый катализатор обладает только 50%-ной селективностью по отношению к этану. Таким образом, получение 33 000 т/год ProAc становится невозможным, т.к. количества водорода в синтез-газе позволяет обеспечить выпуск только 16.000 т/год ProAc.

1.7 Исходя из экономических показателей рекомендуется закончить выполнение базового проекта, но не переходить к детальному базовому проекту.

1.8 При сокращении объема выпуска ProAc в два раза процесс будет нерентабельным для предприятия. При капитальных затратах в размере 57,8 миллиона долларов, ежегодных расходах около 28 миллионов долларов и годовой прибыли около 29 миллионов долларов, чтобы проект стал безубыточным, потребуется 18,5 лет. Значения IRR и NPV это подтверждают.

2. Исходные технологические данные переданные для выполнения аудита

Исходные данные на процесс производства ProAc карбонилированием этилена и окислением полученного пропионового альдегида, предоставлены в общем объеме текстового и табличного материала – **360 листов.**

3. BFD схема процесса, материальный баланс и краткое описание технологии

3.1 На схеме не показаны:

- очистка синтез-газа
- постоянные и аварийные сбросы на факел
- очистка сточных вод процесса

- дегазация и хранение ProAc

- дегазация и хранения тяжелых кубовых остатков ProAc

- приготовление гомогенного кобальтового катализатора

- выделение из реакционной смеси отработанного кобальтового катализатора

- регенерация бутана, как абсорбента этана из реакционной смеси

- циркуляция органического теплоносителя для снятия тепла реакции и рекуперация тепла от потока теплоносителя

- сжигание моноксида углерода для генерации водяного пара

3.2 Материальный баланс процесса не содержит количества рецикловых потоков:

- моноксид углерода после сепарации из реакционной смеси

- жидкие продукты после сепарации из реакционной смеси, состоящие из пропионового альдегида, до 80%% масс.

3.3 Отходами производства являются:

- остатки кобальтового катализатора не возможные к регенерации

- тяжелые кубовые остатки до 3% масс., альдегиды, кетоны, спирты

- абгазы на сжигание для генерации водяного пара, состоящие: моноксида углерода 97% масс., этан до 1% масс., бутан и унесенный пропионовый альдегид до 2%% масс, прочие, не более 0.5% масс.

Схема 2.

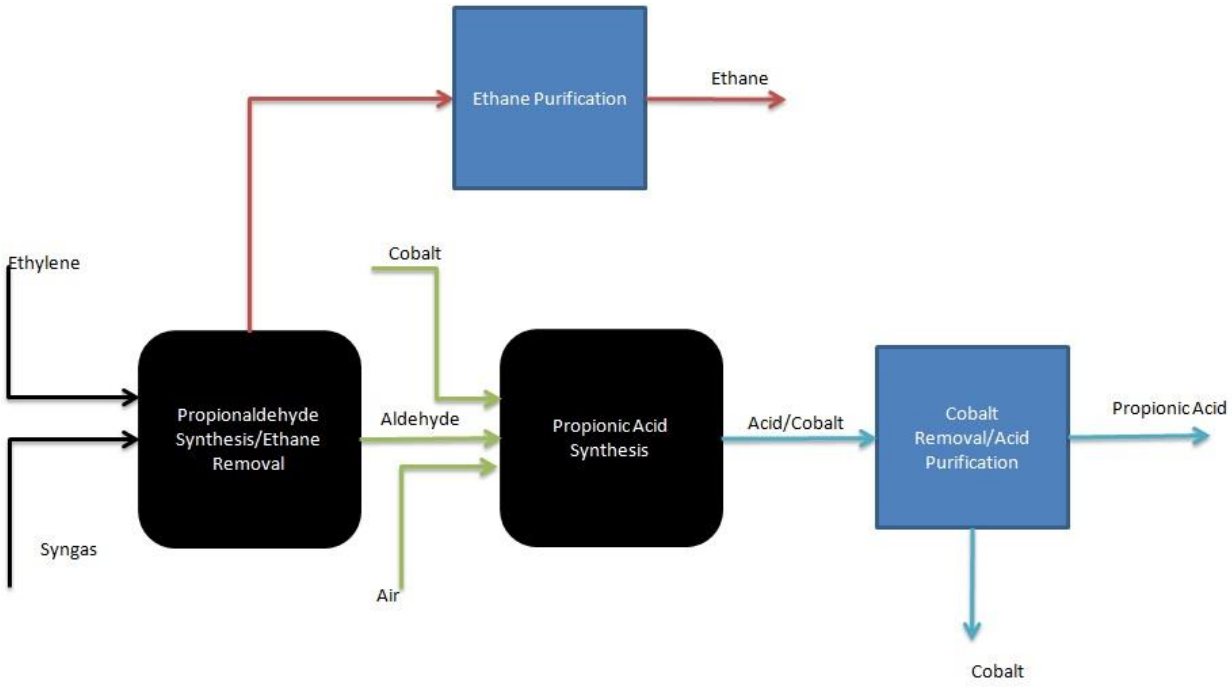

Таблица 1.

Материальный баланс производства пропионовой кислоты из синтез-газа и этилена (карбонилирование этилена).				
Сырьё	% масс	т/год	кг/час	
Этилен	42.01%	12,004.72	1,412.32	На 100%
Синтез -газ, в том числе:				
Моноксид углерода	42.03%	12,009.48	1,412.88	На 100%
Водород	3.01%	860.63	101.25	На 100%
Кислород	12.95%	3,699.20	435.20	На 100%
Итого	**100.00%**	**28,574.03**	**3,361.65**	
Продукты переработки	% масс	т/год	кг/час	
Пропионовая кислота	53.40%	15,257.15	1,794.96	На склад хранения
Этан	22.35%	6,385.20	751.20	Возврат к постащику этилена
Абгазы	21.59%	6,168.79	725.74	На сжигания для генерации водяного пара
Тяжелые кубовые остатки	2.67%	762.88	89.75	На склад хранения
Итого	**100.00%**	**28,574.01**	**3,361.65**	

3.4 Краткое описание процесса.

3.4.1 Характеристики сырья на BL установки карбонилирования, **п. 1.3**, параметры процесса карбонилирования, **п. 1.5** и окисления **п. 1.5.1.**

3.4.2 Синтез пропионового альдегида производится в трубчатом реакторе, трубки которого заполнены рениевым катализаторе на угле. Корпус реактора и трубки выполнены из нержавеющей стали. Процесс является экзотермическим, съем тепла обеспечивается циркулирующим органическим теплоносителем.

3.4.3 Реакционная смесь после реактора подается на отпарную колонну, где CO и этан отгоняются от пропионового альдегида. Пропионовый альдегид с куба отпарной колонны подается на реактор окисления пропаналя до пропионовой кислоты. Парогазовая смесь CO и этана с некоторыми количествами унесенного альдегида направляется в абсорбционную колонну, где этан абсорбируется бутаном. Этан-бутановая смесь с куба абсорбера подается на ректификацию для разделения этана и бутана. Этан возвращается к поставщику этилен, как сырье пиролиза, а бутан после блока очистки (при необходимости) возвращается, как абсорбент. Верхним продуктом абсорбера является CO, который отправляется на сжигание для генерации водяного пара.

3.4.4 Окисление пропионового альдегида производится в противоточном секционном газлифтном реакторе с центральной барботажной трубой. Окисление алкилароматических. Назимок, стр. 213. Корпус и трубки реактора выполнен из Hastelloy C22. Процесс является экзотермическим, съем тепла обеспечивается оборотной водой. Чистота конечного продукта 99,3% масс.

3.4.5 Степень превращения сырьевых компонентов в альдегид не оказалась стопроцентной. Количество образующихся побочных продуктов оказалось выше, чем перво-

начально предполагалось, при 50%-ной селективности по отношению к этану. Из-за этого цель в 33.000 т/год не будет достигнута, так как потребность водорода на процесс оказалась в двое выше предполагаемой. Фактическое производства составит 16.000 т/год, по балансу, **Таблица 1** чуть более 15.000 т/год. Выводы по экономической целесообразности реализации проекта, **п. 1.8**.

4. Достаточность и обоснованность опросных листов на оборудование. Ценовые характеристики

В **Таблице 2** приведено основное оборудование процесса, 29 единиц. Материал изготовления и основные рабочие параметры приведены в технологических опросных листах. Представленных данных достаточно для выдачи заказов заводам изготовителям. Определение базовой стоимости возможно с точностью до 10%, с поправками на страну изготовления, а также индексацию цен CEPSI.

Таблица 2.

//

В **Таблице 3** представлена оценка стоимости переданного оборудования, что составляет 29.5 млн. долл., но, как указывалось выше с поправками на страну изготовления, а также индексацию цен CEPSI, указанная цена может повыситься.

Таблица 3.

//

5. Достаточность баланса энергоресурсов для обоснованности конфигурации ОЗХ и очистных сооружений производственных стоков

Расходы энергоресурсов по процессу, а также представленные объемы хранения могут являться исходными данными для проектирования объектов ОЗХ. Расходные показатели представлены в **Таблице 4**, объекты ОЗХ с характеристиками в **Таблице 5**.

Таблица 4

//

Таблица 5

//

В документации по ОЗХ не представлена:

- постоянные и аварийные сбросы на факел
- очистка сточных вод процесса
- дегазация и хранение ProAc
- сжигание абгазов для генерации водяного пара

- очистка синтез-газа
- дегазация и хранения тяжелых кубовых остатков ProAc
- приготовление гомогенного кобальтового катализатора
- выделение из реакционной смеси отработанного кобальтового катализатора
- регенерация бутана, как абсорбента этана из реакционной смеси
- циркуляция органического теплоносителя для снятия тепла реакции и рекуперация тепла от потока теплоносителя

6. Базовое проектирование, создание реплики, лицензионные права

Представленные материалы рассматриваются, как сокращенный базовый проект.

Разработчики технологии в настоящий момент выполнили:

- блок карбонилирования этилена в принципиально иной технологической конфигурации не затрагивающей права процесс BASF, **п. 1.4.1**
- реакторный блок карбонилирования в принципиально иной технологической конфигурации, так как используется другой (рениевый) катализатор
- кинетическая модель процесса карбонилирования является собственной разработкой авторов и именно она была использована для проектирования, а именно:
- определено соотношение сырья и катализатора
- определена масса катализатора
- определены кинетические параметры карбонилирования этилена до пропаналя
- выбранный катализатор – Re на угле коммерчески доступен и является стандартным для многих промышленных процессов
- определены кинетические параметры окисления пропаналя до ProAc с использованием гомогенного катализатора – пропионата кобальта
- выбранный катализатор – пропионат кобальта коммерчески доступен

7. Выводы и рекомендации применительно к коммерциализации процесса

7.1 К сожалению, количество побочных продуктов оказалось выше, чем первоначально предполагалось, так как родиевый катализатор обладает только 50%-ной селективностью по отношению к этану. Таким образом, получение 33 000 т/год ProAc становится невозможным, т.к. количества водорода в синтез-газе позволяет обеспечить выпуск только 16.000 т/год ProAc.

7.2 Выполнение детального базового проекта не требуется, т.к. принято решение не продолжать работы по проекту и завершите его.

7.3 Определение технико-экономических показателей на основе выполненного базового проекта, п.1.8. Продолжение работ экономически не целесообразно.

7.4 Определение рынка ProAc показало рост не менее 2.5-3% в год.

7.5 Инвестор, на основании базового проекта имеет полное право провести патентование и лицензирование процесса карбонилирования этилена с получением ProAc, т.к. новизна процесса безусловно и возможно, что поиск иного катализатора карбонилирования даст новый положительный импульс для этого процесса.

Особые условия применительно к разработчику технологии

7.6 //

7.7 //

7.8 //

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