

«Engineering and Consulting PFA Alexander Gadetskiy»

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

MASTER

Discipline: propane oxidation, acrylic acid, oxidative dehydrogenation of propane, molybdenum-tellurium-niobium catalyst

Name: Alexander.gadetskiy@inbox.lv

Sign.

Date: 15.11.2019

Обновлено: 11.05.2024



**Аудит технологии производства акриловой кислоты
80.000 т/год окислительным дегидрированием пропана на Mo-
V-Te-Nb-O катализаторе. Базовый проект, расчет процесса 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.....

Полный комплект базового инжиниринга, является достаточно объемным документом <https://makston-engineering.ru/inzhenernyj-servis/post/bazovye-proekty-varianty>

Для аудита технологического процесса исходных данных представленных в этом разделе более чем достаточно, обычно используется не более половины <https://makston-engineering.ru/inzhenernyj-servis/post/bazovye-proekty-varianty#variant3>

Аудиты технологического процесса имеют два перпендикулярных направления:

1. Стандартное сравнение давно и хорошо изученных процессов по ряду показателей между собой <https://makston-engineering.ru/inzhenernyj-servis/post/tehnologicheskij-audit-proektnyh-reshenij-1>

- расходы сырье, катализаторов, химикатов
- расходы энергоресурсов
- удобство технологического обслуживания и технологический сервис
- регулирование процесса
- аппаратное оформление процесса
- удельные затраты на строительство.

Перечень можно дополнять, но это не меняет сути, т.к. по процессам известно все. Одним из примеров является сравнение между собой 7 (семи) технологий промышленного получения диметилкарбоната <https://makston-engineering.ru/bazovyy-proyekt-no4-new>

2. Определение возможности коммерциализации процессов, имеющих принципиально иную технологическую конфигурацию, использующих каталитические системы отличные от применяемых ранее, имеющих принципиально иное аппаратное оформление и. т.д. Примером является нынешний отчет по аудиту.

1. Введение

Процесс каталитического окисления пропана начал активно разрабатываться в США с начала 90-х годов для его использования из сланцевого газа минуя стадию дегидрирования в пропилен. В качестве каталитических систем были подобраны катализаторы: V-Sb-W-Mo-O, Mo-V-Te-Nb-O с промоторами Ce и Zr и пирофосфат ванадила (Vanadyl pyrophosphate $(VO)_2P_2O_7$). Работа катализатора на основе пирофосфата ванадила предполагалась по аналогии с окислением н-бутана до малеинового ангидрида. Работа катализаторов V-Sb-W-Mo-O, Mo-V-Te-Nb-O по схеме окислительного дегидрирования.

Технологические данные переданные на аудит являются полным комплектом материалов дизайн-проекта, выполненного для завода акриловой кислоты мощностью 80 т.т/год. Разработчики дизайн-проекта предполагали, что патентованная каталитическая система Mo-V-Te-Nb-O будет коммерциализирована и может быть импортирована в про-

ект по фиксированной цене, но к сожалению информация о коммерциализации отсутствует.

2. Исходные технологические данные переданные для выполнения аудита

Исходные данные на процесс каталитического окисления пропана до акриловой кислоты, предоставлены в общем объеме текстового и табличного материала – **436 листов**.

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

На схеме не показано:

- очистка эмиссий, в том числе и сжигание
- очистка сточных вод процесса
- выделение тяжелых кубовых остатков
- регенерация катализатора

Количество рециркулирующих продуктов реакции до 221.405 кг/час, в балансе не приводится, но состав рецикла указан на схеме.

Схема 1.

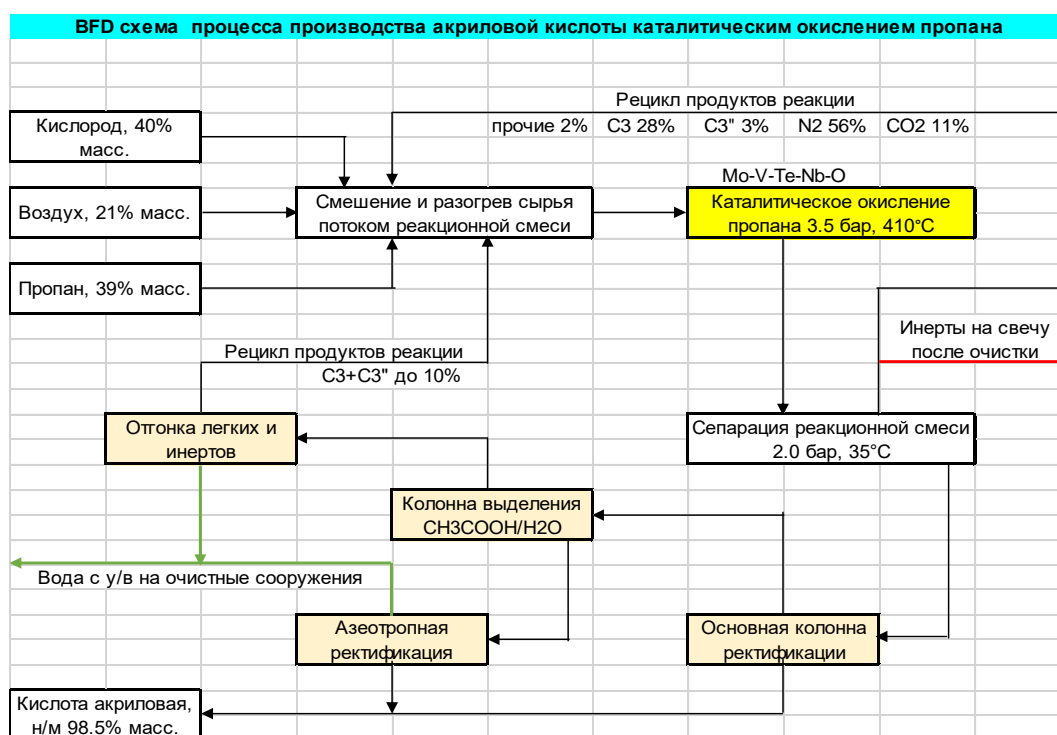


Таблица 1.

Материальный баланс производства акриловой кислоты каталитическим окислением пропана				
Сырьё	% масс	т/год	кг/час	

Пропан, н/м 99.0% масс.	39.30%	74,633.80	8,992.02	
Воздух	21.03%	39,933.63	4,811.28	
Кислород, н/м 99.0 об.	39.67%	75,338.55	9,076.93	
Итого	100.00%	189,905.98	22,880.24	
Продукты переработки	% масс	т/год	кг/час	
Кислота акриловая, н/м 98.5% масс.	42.13%	80,000.00	9,638.55	На склад хранения
Эмиссии	28.54%	54,196.10	6,529.65	Очистка и сброс на свечу
Жидкие отходы	29.34%	55,709.88	6,712.03	Нейтрализация и биологическая очистка
Итого	100.00%	189,905.98	22,880.24	

Процесс окисления ведется вертикальном трубчатом реакторе, трубки которого заполнены катализатором на основе Mo-V-Te-Nb-O и инертным материалом.

Подача пропана, воздуха и кислорода в реактор осуществляется через смеситель и далее через газовый теплообменник-рекуператор, который обогревается продуктами реакции. Температура процесса 400-410°C при давлении 3.3-3.5 бар.

Процесс сильно экзотермический и для снятия тепла используется высокотемпературный органический теплоноситель, который циркулирует по межтрубному пространству реактора. После реактора теплоноситель отдает часть своего тепла для выработки насыщенного водяного пара 226°C/25 бар и далее используется для обогрева основной колонны ректификации и колонны отгонки легких и инертных.

Реакционная смесь отдает свое тепло сырью и доохлаждается в водяном холодильнике после чего с температурой 35°C/3.1-3.3 бар поступает в сепаратор. Газы с верха сепаратора, состав приведен на **Схеме 1**, поступают на всас циркуляционного компрессора и возвращаются в процесс через смеситель.

Жидкие продукты после сепаратора подаются насосом 35°C/10 бар на основную колонну ректификации, работающую под давлением 6.5 бар при температуре верха 160°C и куба 215°C. Верхний продукт колонны, состоящий из воды до 70% масс., акриловой и уксусной кислот, н/б 15% масс., а также из пропана и пропилена в паровой фазе, н/б 11% масс., подается за счет перепада давления в колонну отгонки воды и уксусной кислоты. Кубовым продуктом колонны является акриловая кислота с содержанием основного вещества, н/м 98.5% масс. После охлаждения продукт направляется на склад.

Обогрев основной колонны ректификации производится высокотемпературным органическим теплоносителем.

Паровая фаза с верха основной колонны ректификации подается в колонну отгонки воды и уксусной кислоты, работающей по верху 146°C/4.7 бар и по кубу 152°C/5.3 бар. Верхний продукт колонны, *состоящий на 75% из 7% уксусной кислоты, а также не*

больших количеств акриловой кислоты, остатков пропана и пропилена, в паровой фазе подается за счет перепада давления в колонну отгонки легких и инертных. Кубовый продукт колонны, состоящий из акриловой кислоты и вода (35/65% масс.), за счет перепада давления подается в колонну азеотропной ректификации предварительно подогреваясь в паровом подогревателе до 190°C.

Обогрев колонны отгонки воды и уксусной кислоты не производится, так как тепла, поступающего с сырьем, является достаточно.

Паровая фаза с верха колонны отгонки уксусной кислоты и воды подается в колонну отгонки легких и инертных работающей по верху 125°C/4.0 бар и по кубу 130°C/4.4 бар. Верхний продукт колонны, состоящий из пропана и пропилена до 10% масс., а также диоксида углерода, азота, поступает на всас циркуляционного компрессора и возвращаются в процесс через смеситель. Кубовым продуктом колонны является вода с остатками углеводородов – подается на очистные сооружения.

Обогрев колонны отгонки легких и инертных производится высокотемпературным органическим теплоносителем.

Кубовый продукт колонны отгонки разбавленной уксусной кислоты, состоящий из акриловой кислоты и вода (35/65 % масс), за счет перепада давления подается в колонну азеотропной ректификации предварительно подогреваясь в паровом подогревателе до 190°C. Колонна азеотропной ректификации работает по верху 147°C/4.1 бар и по кубу 182°C/4.5 бар. Верхним продуктом колонны являются водяные пары с углеводородами, которые после конденсации и охлаждения отправляются на очистные сооружения. Кубовым продуктом колонны является товарная акриловая кислота, которая после охлаждения смешивается с акриловой кислотой из основной колонны и отправляется на склад.

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

В **Таблице 2** приведено основное оборудование процесса 54 единицы. В технологических опросных листах опросных листах указываются все данные (материал, параметры, эскизы и т.д.) которые предполагаются для этого документа. Определение стоимости по части оборудования, которое отмечено в таблице фоном, возможно с точностью не выше 50%, но большая часть может быть оценена с точностью 30%.

Таблица 2.

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

В **Таблице 3** представлена оценка стоимости переданного оборудования, что составляет 52.9 млн. долл.

*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/>*

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:

- очистка эмиссий, в том числе и сжигание
- очистка сточных вод процесса
- выделение тяжелых кубовых остатков
- регенерация катализатора

В отношении производства кислорода указывается, что подача производится со стороны с параметрами, которые требуются

6. Базовое проектирование, создание реплики, лицензионные права

Разработчики технологии в настоящий момент выполнили:

- выбор катализатора на основе каталитической системы Mo-V-Te-Nb-O, которая является патентованной и может быть оформлена лицензией, но в документации отсутствует информация о ее коммерциализации

- кинетическую модель процесса, являющуюся собственной разработкой авторов и именно она была использована для первичной симуляции

- полный материальный и тепловой баланс процесса с очень высокой степенью детализации

- определены кинетические параметры в интервале температур от 290 до 450°C и давлений от 2.0 до 5.0 бар. Выбраны оптимальные параметры.

- реакторный блок выполнен в детальной симуляции с учетом циркуляции охлаждающего агента по межтрубному пространству

- проводилась детализация для трубчатого реактора окисления по снятию тепла реакции с использованием высокотемпературного органического теплоносителя

- блок ректификации выполнен в первичной симуляции и будут дорабатываться
- проводилась детализация по блоку колонн с разделением потоков азеотропов: вода-акриловая кислота, вода-уксусная кислота и акриловая кислота-уксусная кислота всего было выделено 54 двенадцати компонентных потока, что является более чем достаточным не только для дизайн-студии, но и для базового проекта.

- //////////////////////////////////////
- //////////////////////////////////////
- //////////////////////////////////////

7. Выводы и рекомендации применительно к коммерциализации процесса

Вывод. Представленные материалы являются полноценной основой для базового инжиниринга. Основным отрицательным фактором является отсутствие сведений о коммерциализации каталитической системы Mo-V-Te-Nb-O для процесса производства акриловой кислоты окислительным дегидрированием пропана.