Аудит технологии производства 1,4-бутандиола, 30.000 т/год из черной патоки. Анаэробная ферментация, вакуумная и экстрактивная дистилляция олеиновой кислотой. 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 технологические данные переданные для выполнения 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://enky-afina.ru/bazovyj-1

Для аудита технологического процесса исходных данных представленных в этом разделе более чем достаточно, обычно используется не более половины https://enky-afina.ru/bazovyj-3

Аудиты технологического процесса имеют два перпендикулярных направления:

1. Стандартное сравнение давно и хорошо изученных процессов по ряду показателей между собой https://enky-afina.ru/audity-1-4

- расходы сырье, катализаторов, химикатов
- расходы энергоресурсов
- удобство технологического обслуживания и технологический сервис
- регулирование процесса
- аппаратурное 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://enky-afina.ru/konceptualnii-proekt-n2k

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

1. Введение

Технологические данные переданные на аудит являются полным комплектом материалов дизайн-проекта, выполненного для существующего завода биоэтанола – Сан-Паулу, Бразилия, который имеет избыточные объемы черной патоки – это вязкий сахарный сироп, остающийся после третьей варки сахара. Заказчиком дизайн-проект выступала компания DuPont для сравнения результатов получения 1,4-бутандиола, далее по тексту BDO, из возобновляемого сырья и получение BDO по любой из десяти классических технологий нефтехимического синтеза.

Разработчиками процесса био-BDO являлась компания, которая выполняла технологию производства акриловой кислоты из сахаросодержащей мелассы https://enky-afina.ru/audit-tehnologii-n1

Разработчики позиционировали выполнение расчета процесса и оборудования для получения BDO путем анаэробной ферментации черной патоки, получаемой из возобновляемого сырья – сахарного тростника. Черная патока содержит: сахар (54%), вода (20%), углеводы (4%), кислоты (5%), азотистые соединения (4,5%), минеральные вещества (17%). Патока, как сырье подается в ферментаторы периодического действия, где метаболизируется в BDO. Метаболизм осуществляется под действием генетически модифицированного штамма кишечной палочки (E. coli), разработанного компанией Genomatica, Inc. Дополнительно в качестве питательной среды используется Corn Steep Liquor, отход образующийся при мокром помоле кукурузы, который содержит: минеральные вещества (20%), аминокислоты (47%), вода (25%), углеводы (8%).

BDO выделяют из питательной среды физическими и химическими методами – центрифугирование, декантация, дистилляция, экстракция. Качество получаемого био-BDO соответствует требованиям к BDO получаемому нефтехимическим синтезом для применения в качестве растворителя, или в производстве полиуретанов, или волокон.

Работа завода ориентирована на 290 дней в году, т.к. два месяца сезона дождей исключают поставку мелассы и десять дней остановки на ремонты и стерилизацию оборудования. Но и при таком времени простоя, низкая стоимость патоки и Corn Steep Liquor от бразильских поставщиков перевешивает возможность работать круглый год на Среднем Западе Соединенных Штатов. Дополнительным источником прибыли является передача барды (vinasse) на производство удобрений по цене 70% от текущей рыночной цены удобрения.

2. Исходные технологические данные переданные для выполнения аудита

Исходные данные на процесс получения BDO из патоки предоставлены в общем объеме текстового и табличного материала – **255 листов**. Из них биохимическая часть на ферментацию – 115 листов и физико-химические процесса – центрифугирование, декантация, дистилляция, экстракция составляют 140 листов. В том числе:

- PFD схемы – 36 листов
- Опросные листы на оборудование – 42 листа
- Оценка затрат и сроков окупаемости – 15 листов

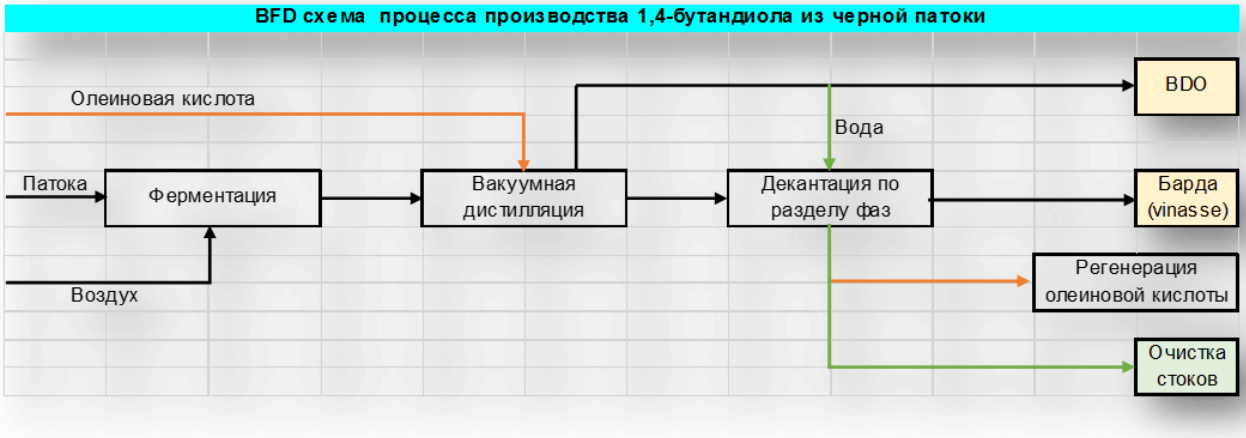
3. BFD схема процесса, материальный баланс и краткое описание технологии

3.1 На схеме не показано:

- очистка эмиссий диоксида углерода

- очистка сточных вод процесса
- улавливание и осушка углекислого газа
- очистка олеиновой кислоты и дополнительная ректификация
- дополнительная ректификация BDO, если это необходимо

Схема 1.



3.2 Дизайн-проект не содержит материального баланса, но представлены расходные показатели на 1 тонну BDO:

- патока – 1.966 т
- Corn steep liquor – 0.795 т
- олеиновая кислота свежая – 0.0216 т
- вода свежая – 0.0708 м^3
- пар ВД – 1.665 т
- пар НД – 0.16 т
- электроэнергия – 26 kWh
- деминерализованная вода (циркуляционная) на стерилизацию – 0.47 м^3
- тяжелые остатки после очистки олеиновой кислоты (включая минеральные вещества) – 0.093 т
- барда (vinasse) – 1.315 т

3.3 Краткое описание процесса.

3.3.1 Черная патока, как сырье подается в ферментаторы периодического действия, где метаболизируется в BDO. Метаболизм осуществляется под действием генетически модифицированного штамма кишечной палочки (E. coli), разработанного компанией Genomatica, Inc. Дополнительно в качестве питательной среды подается Corn Steep Liquor.

3.3.2 Ферментаторы объемом 43 м^3 каждый оборудованы мешалками с частотой вращения 7-10 об/мин. Работа определяется из 50-60% загрузки, если в одном из них процесс будет испорчен, то второй может быть нагружен до 100%.

3.3.3 Ферментация ведется в кислой среде, pH не более 6, при температуре 37°C в течении 24 часов под давлением CO_2 1.2 бар.

3.3.4 Замена E. Coli в ферментаторах производится один раз в месяц, при замене ферментеры и сопутствующее оборудование стерилизуются водяным паром низкого давления 130°C в течении 30 часов.

3.3.5 Инкубатор E. Coli это вертикальный аппарат с мешалкой объемом 18.5 м^3. Размножение ведется в нейтральной среде при pH=7, температура 32-35°C в аэробных условиях при постоянной продувке воздухом. Мутации E. Coli практически отсутствуют, поэтому для размножения один раз в месяц, когда требуется замена в ферментаторах, не возникает проблем. Питательной средой является Corn Steep Liquor, отход образующийся при мокром помоле кукурузы

3.3.6 По окончанию времени ферментации раствор сливается в буферный декантор, который является общим для обоих ферментаторов. Декантор связан с атмосферой, поэтому большая часть растворенного CO_2 дегазируется и после осушителей возвращается на насыщение ферментаторов, **п. 3.3.1.3**.

3.3.7 Верхний слой по переливу возвращается в ферментаторы, если E. Coli достаточно здоровые. Нижний слой, который является суспензией подается на теплообменники, где нагревается до 120°C, чтобы уничтожить ферментирующие бактерии и после этого подается на центрифугирование. Осадок возвращается поставщику мелассы на производство удобрений, а фугат сливается буферные резервуары.

3.3.8 Фугат – водный раствор BDO из буферных резервуаров подается между двумя слоями насадки вакуумной дистилляционной колонны. Перед подачей в колонну фугат смешивается с олеиновой кислотой.

3.3.9 Колонна вакуумной дистилляции работает при температуре куба 235°C/10 мм.рт.ст. Кубовым продуктом вакуумной колонны является олеиновая кислота, которая содержит «винный остаток» (не прореагировавшее сырье и частично ферментированное по иному пути).

3.3.10 Пары BDO и воды, с верха колонны поступают на парциальный конденсатор. Сконденсированный BDO частично возвращается как флегма, а балансовое количество отправляется на склад для дополнительной ректификации, если это необходимо. Несконденсированные пары воды подаются в среднюю часть скруббера орошаемого

циркуляционной водой 25°С. По мере накопления примесей, часть циркулирующей воды откачивается в декантор разделения олеиновой кислоты и барды (vinasse).

3.3.11 Кубовый продукт направляется в декантор по разделу фаз. Олеиновая кислота возвращается в процесс, как экстрагент, а «винный остаток» передается поставщику мелассы. По мере загрязнения, часть олеиновой кислоты направляется на ректификацию, тяжелые остатки удаляются с кубовым продуктом и подлежат утилизации, как правило, сжиганию.

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

В **Таблице 2**, основное оборудование процесса, 57 единиц. Материал изготовления и основные рабочие параметры приведены в технологических опросных листах.

Таблица 2.

//

В **Таблице 3**, оценка стоимости по каждой единице оборудования выполнена расчетными методами для базовой цены, что позволяет говорить о точности до 30%. Запросы к производителям позволят скорректировать расчетные значения. Колонна, кипятильник и конденсатор выполнены из Monel-400, over stainless steel or Nickel-200, что существенно влияет на общие затраты.

Таблица 3.

//

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

Расходы энергоресурсов, **Таблица 4** по процессу выполнены расчетными методами и были скорректированы по фактическим расходам производства акриловой кислоты из сахаросодержащей мелассы https://enky-afina.ru/audit-tehnologii-n1

Таблица 4

//

В документации по ОЗХ, **Таблица 5** не представлена:

- очистка эмиссий диоксида углерода
- очистка сточных вод процесса
- производство углекислого газа
- очистка олеиновой кислоты

- дополнительная ректификация BDO, если это необходимо
- хранение сырья, химикатов и готовой продукции
- генерация энергоресурсов (деминерализованная вода, водяной пар, азот, воздух)

Таблица 5

//

6. Базовое проектирование, создание реплики, лицензионные права

Представленные материалы основываются на результатах пилотных испытаний и рассматриваются как исходные данные к базовому проекту на расчет процесса и оборудования и соответствуют содержанию по ссылке https://enky-afina.ru/bazovyj-3

Разработчики технологии в настоящий момент предоставили инновационную, экологически чистую технологию, которая позволяет получать BDO с меньшим количеством этапов, чем традиционные нефтехимические маршруты, без токсичных побочных продуктов и с низкими выбросами парниковых газов

Симуляция процесса выполнена для декантации, дистилляции и экстракции.

Имеется список патентов от компании Genomatica, Inc. по применению генетически модифицированных клеток E. coli для анаэробной ферментации мелассы на получение BDO.

7. Выводы и рекомендации применительно к коммерциализации процесса

7.1 Дальнейшие исследования необходимо выполнить на конкретных клетках E. coli для проверки выхода BDO, как сообщается в патентной заявке Genomatica, Inc. Любые изменения в результатах потребуют изменения в процессе проектирования, аппаратурном оформлении и анализе рентабельности.

7.2 Нынешняя пилотная установка должна быть масштабирована для достоверности получаемых результатов и подтверждения, что использование дополнительного оборудования и инженерных коммуникаций не потребуется.

7.3 Выделение и очистка BDO по предлагаемой одноколонной схеме с использованием парциального конденсатора, вряд ли обеспечит требуемую чистоту продукта, что упоминается и разработчиками процесса в примечаниях по дополнительной очистке.

7.4 Разделение барды (vinasse) и олеиновой кислоты по разделу фаз в деканторе не обеспечит достаточную чистоту олеиновой кислоты и соответственно процесс экстракции станет не эффективным, что упоминается и разработчиками процесса в примечаниях по дополнительной очистке.

7.5 Представленный дизайн-проект не имеет технологической реальности по разделению и очистке конечного продукта и используемого экстрагента.

7.6 Допуская, что биохимическая составляющая будет подтверждена, как это и указано а. 7.1, разработчику физико-химической части проекта, необходимо выполнить:

7.7 //

7.8 //

7.9 //

Вывод. Экономика проекта рассчитана по не достоверным технологическим данным.