

«Engineering and Consulting PFA Alexander Gadetskiy»

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

Discipline: Catalysts containing platinum group metals and precious metals

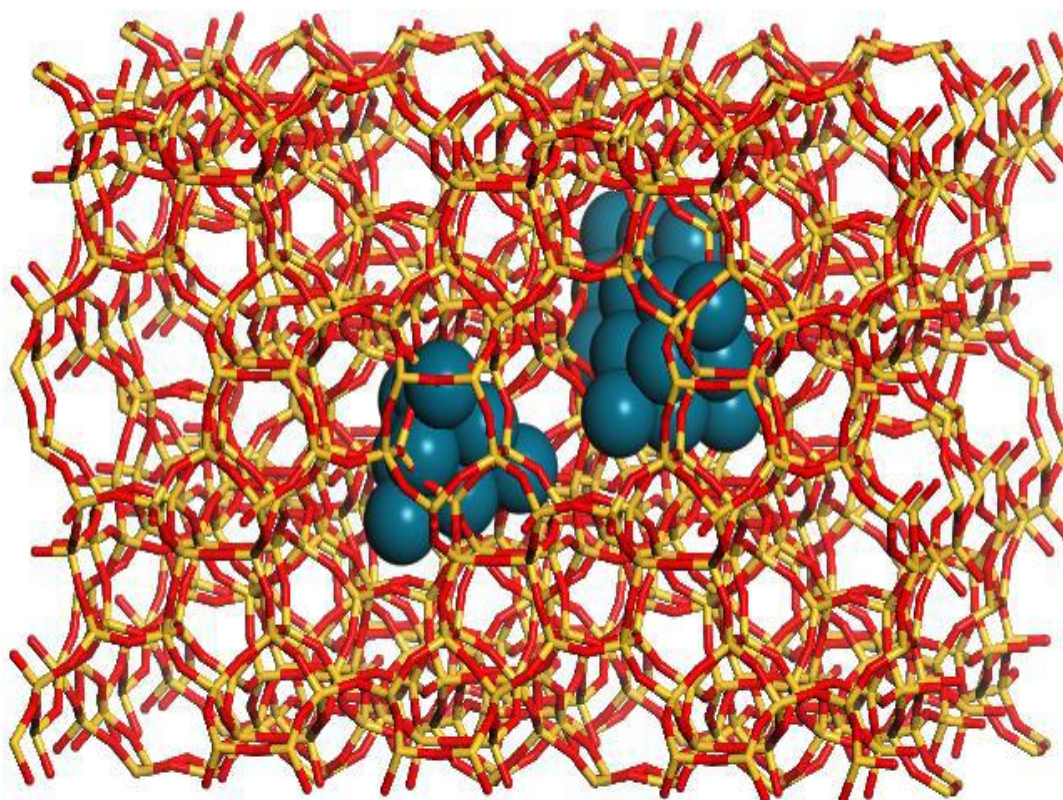
Name: Alexander.gadetskiy@inbox.lv

Sign.

Date: 08.12.2015

Этап 1.

Палладиевые катализаторы на установках пиролиза для очистки этилена, пропилена, БТК фракции. Серебряные катализаторы в производстве окиси этилена.



Содержание

1. Возможности определения потенциального рынка катализаторов на основе технологических параметров оборудования и процессов.....	4
2. BFD схема процессов пиролиза и переработки пироконденсата. Каталитическая очистка этилена и пропилена, производство бензола, окиси этилена и гликолей, циклогексана с использованием катализаторов содержащих МПГ и ДМ.....	5
3. Перечень и характеристики установок пиролиза, переработки пироконденсата до бензола, окисления этилена до окиси этилена и его гидратацией в гликоли.....	9
4. Эксплуатационные характеристики работы катализаторов.....	12
4.1 Эксплуатационные характеристики катализаторов очистки этилена.....	13
4.2 Эксплуатационные характеристики катализаторов очистки пропилена.....	13
4.3 Эксплуатационные характеристики катализаторов окисления этилена.....	13
4.4 Эксплуатационные характеристики катализаторов гидрирования пироконденсата в процессе производства бензола.....	14
5. Расчет потребности в катализаторах используемых по п. 4.1 – 4.4 при отсутствии импортных поставок.....	14

СОКРАЩЕНИЯ.

МПГ и ДМ – металлы платиновой группы и драгоценные металлы

ЭП – установки пиролиза (парового крекинга) углеводородного сырья до олефинов
Этилена и Пропилена

Э – установки пиролиза (парового крекинга) углеводородного сырья до Этилена

ЭП или Э – 300 цифра обозначает проектную мощность установки по этилену в
т.т/год,

БТК фракция – Бензол, Тoluол, Ксилольная фракция

ОЭ – окись этилена

МЭГ – моноэтиленгликоль

1. Возможности определения потенциального рынка катализаторов на основе технологических параметров оборудования и процессов.

Определение потенциала рынка катализаторов, задача чрезвычайно актуальная, а катализаторов с использованием МПГ и ДМ, актуальная вдвойне, так как катализатор не утилизируется, а регенерируется, что по своей доходности не уступает его производству.

Далее по тексту отчета под словом катализаторы понимается, только имеющие в своем составе МПГ или ДМ.

Для определения емкости рынка катализаторов используются следующие методы:

- ориентированные на текущий рынок. Производитель катализаторов имеет собственный каталог существующих установок содержащий, как стандартную информацию – тип, марка, носитель, вес, процент потерь, срок перегрузки, так и не стандартную «Непредвиденное». При стабильной работе установки с использованием регламентного сырья «Срок перегрузки», конечно же, будет совпадать со сроком, который был определен изготовителем катализатора, но в случае частых остановок, нарушений регламентных параметров «Срок перегрузки» сокращается в два и более раз. Известные нам европейские производители катализаторов осуществляют мониторинг заводов и тщательно следят за графой «Непредвиденное», так как внеплановый перегруз это не приятность для предприятия, но дополнительный доход для изготовителя катализатора.

- ориентированные на перспективный рынок. Производитель катализаторов тщательно отслеживает и фиксирует все планы по модернизации существующих установок и строительству новых, так как уже на стадии базового инжиниринга в проект закладываются типы катализаторы и рекомендуются изготовители.

Производителей катализаторов имеется достаточное количество, свойства катализаторов для типовых процессов, в большинстве случаев, мало отличимые между собой, поэтому роль рекламы, имя компании, а также элементарное лоббирование, начиная со стадии проекта, дает очень не плохие результаты, в чем отлично преуспевают западные производители.

Знание сырья и мощности установки пиролиза, а также ее конфигурации, позволяет с очень высокой точностью определить ее потребность в катализаторах. Аналогичная ситуация складывается для процессов окисления этилена с использованием серебряных катализаторов с получением окиси этилена и гликолей, либо для гидрирования бензола до циклогексана на платиновых катализаторах.

Надежность таких прогнозов в РФ, планы компаний многократно меняются, в частности из шести пиролизом которые были заявлены в РФ в 2012 – 2014 г. реализуются только два, это пиролиз на 600 т.т/год в Нижнекамске и на 1.5 млн.т/год в Тобольске. Перспекти-

вы проектов окиси этилена и гликолей еще более туманны, а строительство новых установок по переработке пироконденсата для выпуска бензола не рассматривается вообще.

Понимание стандартной линейки мощностей процессов с корреляции на количество требуемого катализатора позволяет изготовителю прогнозировать потенциал рынка, как свежих так и отработанных катализаторов.

Задачей данного отчета является не только предоставление Заказчику максимально полной информации по используемым каталитическим системам на установках пиролиза, переработки пироконденсата, производства окиси этилена и гликолей, но и ознакомление с методами для самостоятельного расчета потребности в катализаторах, что и будет показана в **Главе 5** настоящего отчета.

2. BFD схема процессов пиролиза и переработки пироконденсата. Каталитическая очистка этилена и пропилена, производство бензола, окиси этилена и гликолей, циклогексана с использованием катализаторов содержащих МПГ и ДМ.

Процесс пиролиза или парового крекинга предполагает использование в качестве сырья: этана (C2), пропана (C3), бутана (C4) всех видов прямогонной нефти, керосиновых и дизельных фракций, а специальные типы пиролизом, которые не применяются в РФ, перерабатывают и фракции мазутов.

Конструктивно, установки пиролиза (ЭП), перерабатывающие фракцию этана, не могут работать на пропан – бутановой фракции, если ее количество в этановом сырье превышает 10 – 15%, и уж тем более не могут работать на фракциях нефти или газойля. Установки ЭП, спроектированные для переработки нефти, устойчиво работают и на переработке пропан – бутановых фракций (C3/C4), соотношение в сырье нефтя:(C3/C4) может варьировать от 30 до 70% масс., содержание этановой фракции в сырье пиролизом такой конструкции не может превышать 5% масс, а добавка газойлевой фракции не допускается. Установки ЭП, спроектированы для переработки керосин – газойлевых фракций работают только на проектом сырье. Количество получаемых продуктов существенно изменяется в зависимости от сырья пиролиза, при переработке:

- этановой фракции выход этилена составляет до 80% масс, а при переработке газойлевых фракций не более 25% масс
- этановой фракции выход пропилена не более 3% масс, а при переработке газойлевых фракций не менее 15% масс
- нефти и пропан – бутановой фракции выход этилена 27 – 37% масс, а пропилен, половина от количества этилена, если не используются процессы переработки продуктов пиролиза, а именно амиленовой фракции и фракции C4

- этановой фракции выход пироконденсата не более 0.2% масс, а при переработке газойлевых фракций достигает 25% масс

Установки переработки пироконденсата до бензола, как правило, проектируются в составе единого комплекса с установкой пиролиза. В РФ нет ни одной установки по переработке пироконденсата каталитическими методами в бензол, которая была бы построена отдельно от комплекса ЭП.

Внимание! При любом типе сырья, и любой конфигурации процессов пиролиза способы очистки этилена и пропилена от ацетиленистых соединений и диенов, а также способы гидрирования диенов в пироконденсате или амиленовой и С4 фракциях производятся с использованием каталитических систем с активным палладиевым центром.

На **Схеме 1** показано распределение продуктовых потоков от установки ЭП, а также положение блоков каталитической (Pd) очистки олефинов и пироконденсата, переработки этилена каталитическим (Ag) окислением в окись этилена и гликоли, а также каталитическое (Pt) гидрирование бензола в циклогексан.

Схема 1

Блок каталитической очистки этилена от ацетилена в составе установок пиролиза представляет собой два параллельно работающих трубчатых реактора изотермического типа. Для равномерного выделения и распределения тепла реакции 50% загружаемого в трубки реактора катализатора, разбавляется активированным углем, соотношение разбавления зависит от многих факторов, но обычно не превышает 1:1. Катализаторы, которые использовались и используются на блоке очистки этилена можно разделить на три группы:

- катализаторы ГИПХ-108 и ПКУ-А-1.0Э, ПКУ-А-2.0Э представляют собой активированный уголь, содержащий 2 % палладия в катализаторе ГИПХ и от 1.0 до 2.0% в катализаторах ПКУ. Катализаторы выпускаются российскими катализаторными заводами. Иногда, завод присваивает собственную марку, например, выпускаемый Редкинским катализаторным заводом катализатор РК-408 является полным аналогом ГИПХ-108, впрочем, это отмечается в паспорте катализатора

- катализаторы МА-15 и ПК-25, первый из них содержит до 0.5% палладия на оксиде алюминия, а второй 0.25% на таком же носителе. Катализаторы выпускаются российскими катализаторными заводами, например, выпускаемый Редкинским катализаторным заводом катализатор РК-409 является полным аналогом МА-15, а РК-425 аналогом ПК-25 впрочем, это отмечается в паспортах катализаторов

- катализаторы KL-7741R, G83 и G58B, C-31-1A первый из них выпускается CRI Kata Leune (Shell) носителем является диоксид кремния, содержание палладия не превышает 0.1%, остальные выпускаются компанией «SÜD CHEMIE» носителем является оксид алюминия, а содержание палладия составляет 0.05, 0.015 и 0.038%.

Не будет преувеличением сказать, что за более чем четверть вековую историю эксплуатацию установок пиролиза, заводы поработали на всех перечисленных типах катализаторов. В практике эксплуатации установок пиролиза, как в России, так и в мире имеется тенденция к снижению содержания палладия, но для работы с катализаторами типа KL-7741R, G83 и G58B, C-31-1A требуется, что бы и сопряженные технологические блоки были модернизированы, например, блок метанирования, что пока не достигнуто на большинстве ЭП России. Катализаторы с содержанием палладия 0.25% (ПК-25) считаются наиболее приемлемыми в эксплуатации на Российских ЭП, а некоторые из заводов продолжают работать на катализаторах с содержанием палладия 1.0 – 2.0%, т.е. ГИПХ.

Установки пиролиза, работающие только на выпуск этилена (Э), предпочитают использовать катализаторы типа ПУ, КДФ-1 и КДФС, а также их аналогов, например, РК-400, данные типы катализаторов содержат до 5% масс. палладия.

Замещение отечественных катализаторов на импортные аналоги имеет место на нескольких установках ЭП, которые были модернизированы в связи с расширением мощностей, довольно часто интересы импортеров лоббирует менеджмент нефтехимических компаний. Вероятно, что при строительстве новых установок ЭП будут использоваться низкопалладиевые катализаторы, так как это может быть одним из условий передачи лицензии.

Блок каталитической очистки пропилена от пропандиена и метилацетиленов в составе установок пиролиза представляет собой два параллельно работающих трубчатых реактора изотермического типа. Для равномерного выделения и распределения тепла реакции 50% загружаемого в трубки реактора катализатора, разбавляется активированным углем, соотношение разбавления зависит от многих факторов, но обычно не превышает 1:2. Катализаторы, которые использовались и используются на блоке очистки пропиленов, аналогичны катализаторам, которые используются на блоке очистки этиленов.

Блок каталитического гидрирования фракций C4/C5 пиролиза предназначается для гидрирования бутадиена и бутенов до бутанов, а пентадиенов и пентенов до пентанов. После гидрирования фракция C4/C5 возвращается рециклом на печи пиролиза, как сырье для достижения максимальных выходов этилена и пропиленов. В РФ подобная схема имеется только на установке ЭП-250 в Ставрополе с использованием палладиевых катализаторов типа K-8330, K-8317B, КПГ, G-68G, но учитывая, что в состав фракции C4

входит высоколиквидный продукт – бутадиен, эту фракцию продают, как товарный продукт, а не отправляют на гидрирование. Количество фракции С5 при работе ЭП не значительное, что позволяет использовать ее в качестве сырьевого рецикла без гидрирования.

На новых проектах ЭП, которые планируются к реализации, для данного блока запроектированы импортные палладиевые катализаторы типа HO-41 BASF, «SÜD CHEMIE» OleMax-450, OleMax -452 и тд.

Блок каталитического гидрирования пироконденсата располагается в составе производства бензола, которое имеется не на каждой установке ЭП, **Таблица 2.** Жидко-фазное гидрирование пироконденсата производится в двух последовательно расположенных реакторах. В реакторе первой ступени главными реакциями гидрирования на осерненном палладиевом являются: конверсия диенов в олефины, стирола в этилбензол и идена в идан. В реакторе второй ступени главными реакциями гидрирования являются конверсия олефинов в парафины на алюмо – кобальт – молибденовом катализаторе, который не содержит МПГ и следовательно не входит в цель данного отчета.

Катализаторы, которые использовались и используются на первой ступени гидрирования пироконденсата можно разделить на три группы:

- катализаторы ПК-25 и ПК-А-0.2Э содержат 0.25% палладия, носителем является оксид алюминия, второй из них обладает повышенной механической прочностью и не значительно снижает температуру реакции

- катализаторы группы АПГКС содержат 0.2-0.3% палладия на оксиде алюминия, причем, распределение палладия только на внешней поверхности гранул носителя. По своим свойствам катализаторы АПГКС являются переходными аналогами от катализатора ПК-25 к группе низко палладиевых импортных катализаторов

- катализаторы KL-6660-TL2.5, DPG-1 (для первого слоя без МПГ), OleMax-600 (для второго слоя), G-68С. Первый из них выпускается CRI Kata Leune (Shell) три последующих выпускаются компанией «SÜD CHEMIE» носителем является оксид алюминия, содержание палладия в катализаторах OleMax-600 и G-68С достигает 0.3%

Внимание! Катализаторы для каталитического гидрирования пироконденсата, как российского так и импортного производства характеризуются относительно высоким содержанием палладия, в отличии от катализаторов для очистки этилена и пропилена для которых все новые установки пиролиза комплектуются низко палладиевым катализатором.

В Приказе №210 от 31.03.2015 Министерства энергетики РФ «План мероприятий импортозамещения в нефтехимической промышленности» ситуация с катализаторам для установок пиролиза не рассматривается, как критическая, т.е доля отечественных произ-

водителей более 50%, что, с нашей точки зрения, облегчает Заказчику вхождение на рынок катализаторов.

Блок каталитического окисления этилена до окиси этилена, является неотъемлемой частью заводов по производству гликолей **Таблица 3** и состоит из двух линий, каждая из которых включает в себя один или два параллельно работающих трубчатых реактора изотермического типа. Для окисления используются серебрясодержащие катализаторы от различных производителей, содержание серебра варьирует от 9.5% до 14.5%. Компании производители катализаторов CRI («Шелл»), SD («Сайентифик Дизайн»), UCC («Юнион Карбайд»), NSKK («Ниппон Секубай») имеют все лицензионные права. Российский опыт по выпуску серебрясодержащих катализаторов для окисления этилена, например, компания ООО «Оксит» (Казанская катализаторная фабрика) оказался не удачным, как по причине низкой селективности после первого года эксплуатации, так и по недостаточной лицензионной защищенности.

3. Перечень и характеристики установок пиролиза, переработки пироконденсата до бензола, окисления этилена до окиси этилена и его гидратацией в гликоли.

В **Таблицах 1, 2, 3** приведены все имеющиеся на территории РФ установки пиролиза (ЭП) и (Э), первые используют в качестве сырья сжиженные газы C3/C4 и нефту, вторые – этановую фракцию, а также сопряженные с ними установки по производству бензола из пироконденсата и окиси этилена и гликолей из этилена. Все они построены в Советском Союзе, установок построенных или даже строящихся в современной России нет, хотя имеется достаточное количество перспективных планов наиболее реальные из которых это ЭП – 600 в Нижнекамске и ЭП – 1500 в Тобольске.

Лицензирование. Вопрос наличия лицензии на процесс является очень важным, так как довольно часто менеджмент, лоббируя импортные поставки, аргументирует, что это обусловлено требованиями лицензиаров процесса. Для внесения окончательной ясности мы сообщаем Заказчику следующее:

Все установки пиролиза, которые перечислены в Таблице 1, не имеют лицензий, о чем свидетельствуют выписки из технологических регламентов – основного и единственного документа, которые определяет эксплуатацию установки.

Автором процесса являлся и является «ВНИИОС» г. Москва. В разработке проекта принимали участие:

- разработка оборудования, «ЛенНИИхиммаш», «ВНИИнефтемаш», «ВНИИгидромаш», «СКБ-ГЭЭ»

- разработка технологической части "Башгипронефтехим" г. Уфа, ВНИПИНефть, г. Москва или региональными проектными институтами, но на основе регламентов на проектирование «ВНИИОС» г. Москва

- разработка автоматизированной системы управления, «СКБ АНН» г. Москва, Уфа

- разработка теплоизоляции, «Теплопроект» г. Ленинград

- разработка автоматического пожаротушения (газотушение), «ГПИ Спецавтоматика» г. Новосибирск

- разработка химзащиты от коррозии аппаратов водоподготовки, «Проектхимзащита» г. Москва

- разработка блока пиролизных печей, компрессоров и газоразделения, проектными институтами и изготовителями оборудования ЧССР по линии Совета экономической взаимопомощи (СЭВ) с участием Министерства химического машиностроения СССР, но без оформления лицензионных прав.

Таким образом, не существует, каких-либо лицензионных прав на установки пиролиза построенных до 1991 года и в том числе на ЭП – 300 ТомскНефтехима, которая была построена в 1993 году. Модернизации установок, выполняемые Linde, АBB/СВI, KBR, Technip **НЕ ЛИЦЕНЗИРУЮТСЯ**, не зависимо от года выполнения модернизации или реконструкции и в том случае если это сопровождалось увеличением мощности.

Таблица 1.

Все установки переработки пироконденсата в бензол, которые перечислены в **Таблице 2**, не имеют лицензий, о чем свидетельствуют выписки из технологических регламентов – основного и единственного документа, которые определяет эксплуатацию установки. Более того, установки переработки пироконденсата, в основу которых был положен лицензионный процесс «Pirotol» компании «Houdry», США утратили свои лицензии по окончании срока их действия, проекты изначально адаптировались советскими проектировщиками под отечественные катализаторы и нормы проектирования.

Разработка технологического процесса получения бензола из пироконденсата выполнялась следующими организациями:

- стадия гидрирования БТК – фракции на 1 и 2 ступенях – «ИГИ», «ВНИИОС» г. Москва или региональными проектными институтами, но на основе регламентов на проектирование «ВНИИОС» г. Москва

- стадия гидротермопереработки и выделения бензола, «ВНИИОлефин», г. Москва или региональными проектными институтами, но на основе регламентов на проектирование «ВНИИОлефин», г. Москва

- стадия очистки бензольной фракции от следов непредельных соединений – Краснодарским филиалом НПО «Леннефтехим» г. Ленинград или региональными проектными институтами, но на основе регламентов на проектирование «Леннефтехим» г. Ленинград

- разработка технологической части проекта, например, для цехов бензола в г. Кстово и Салават выполнялась "Башгипронефтехим" г. Уфа, ВНИПИНефть, г. Москва или региональными проектными институтами, но на основе регламентов на проектирование «ВНИИОС», «ВНИИОлефин», «Леннефтехим»

- разработка блока компрессоров, проектными институтами и изготовителями оборудования ЧССР по линии Совета экономической взаимопомощи (СЭВ) с участием Министерства химического машиностроения СССР, но без оформления лицензионных прав.

Таким образом, не существует, каких либо лицензионных прав на установки переработки пироконденсата в бензол построенные до 1991 года даже в том случае если в основу был заложен процесс «Pirotol» компании «Houdry», США, так как срок действия лицензии истек и процесс изначально был адаптирован под катализаторы выпускаемые в СССР. Модернизации или реконструкции установок, не зависимо от года выполнения и в том случае если это сопровождалось увеличением мощности – **НЕ ЛИЦЕНЗИРУЮТСЯ.**

Таблица 2.

Все установки переработки этилена до окиси этилена с последующей гидратацией в гликоли, которые перечислены в **Таблице 3**, имеют лицензии от компании Scientific Design Co., Inc. Лицензии являются действующими по настоящее время, и все расширения мощностей согласовывались с лицензиаром, все замены катализаторов относительно рекомендованных в первоначальном проекте также согласовываются с лицензиаром процесса.

По лицензии Scientific Design Co., Inc. с 1983 года реализовано около 90 проектов, что составляет около 25 % всех мировых мощностей и 75 % всех лицензионных производств окиси этилена.

Таблица 3.

Учитывая пожелания Заказчика, **Главы 4 и 5** будут максимально сконцентрированы на предоставлении информации о потенциальных количествах отработанных катализаторов, которые образуются либо могут образовываться в процессе эксплуатации установок пиролиза, переработки пироконденсата в бензол и переработки этилена в окись этилена. Возвращаясь к **Главе 2** напомним, что проектные типы катализаторов это – ГИПХ-108 и МА-15, на смену которым пришел ПК-25 созданный специально для этих процессов.

Мы предполагаем, что с учетом стратегии импортозамещения, существующие установки пиролиза и переработки пироконденсата могут вернуться проектным катализаторам отечественного производства ПК-25. В отношении серебряных катализаторов используемых для окисления этилена до окиси этилена, импорт которых в настоящее время составляет 100% в Приказе №210 от 31.03.2015 Министерства энергетики РФ «План мероприятий импортозамещения в нефтехимической промышленности» указывается, что сокращение импорта должно произойти от 100 до 40%.

Таким образом, сбор и анализ информации, выполняемый Заказчиком по объему рынка катализаторов, как свежих, так и отработанных содержащих МПГ и ДМ является работой своевременной и актуальной.

4. Эксплуатационные характеристики работы катализаторов

В **Таблице 4**, показаны типы катализаторов, которые по данным открытых источников загружены в настоящее время в реакторные блоки очистки этилена и пропилена, а также в блоки гидроочистки пироконденсата. Следует понимать, что загрузка катализаторов при нормальной эксплуатации осуществляется не чаще чем один раз в три – пять лет и по своей сути является рутинной операцией, которая не всегда освещается даже в заводских средствах информации. С нашей точки зрения, при стремлении Заказчика к выходу на рынок по переработке отработанных катализаторов, важен не столько точное определение марки катализатора, сколько содержание в нем палладия или серебра, т.е **тип катализатора**, а также объемы загружаемых катализаторов.

Таблица 4

4.1 Эксплуатационные характеристики катализаторов очистки этилена

Загружаемые количества катализатора не зависят от его типа, объемов и типа перерабатываемого сырья, а определяются исключительно объемами реакторов. Объем загрузки составляет.....

Регенерация загруженного катализатора интервал между регенерациями составляет не менее.....

Срок службы катализаторов определяется выполнением регламентных норм, как в отношении качества сырья, так и в отношении соблюдения режимов технологического процесса и составляет не менее.....

Носитель катализатора определяется его маркой, что и показано в **Таблице 4**

4.2 Эксплуатационные характеристики катализаторов очистки пропилена

Загружаемые количества катализатора не зависят от его типа, объемов и типа перерабатываемого сырья, а определяются исключительно объемами реакторов. Объем загрузки составляет.....

Регенерация загруженного катализатора интервал между регенерациями составляет не менее.....

Срок службы катализаторов определяется выполнением регламентных норм, как в отношении качества сырья, так и в отношении соблюдения режимов технологического процесса и составляет не менее.....

Носитель катализатора определяется его маркой, что и показано в **Таблице 4**

4.3 Эксплуатационные характеристики катализаторов гидрирования пироконденсата в процессе производства бензола

Загружаемые количества катализатора не зависят от его типа, объемов и типа перерабатываемого сырья, а определяются исключительно объемами реакторов. Объем загрузки составляет.....

Регенерация загруженного катализатора интервал между регенерациями составляет не менее.....

Срок службы катализаторов определяется выполнением регламентных норм, как в отношении качества сырья, так и в отношении соблюдения режимов технологического процесса и составляет не менее.....

Носитель катализатора определяется его маркой, что и показано в **Таблице 4**

4.4 Эксплуатационные характеристики катализаторов окисления этилена

Загружаемые количества катализатора не зависят от его типа, объемов и типа перерабатываемого сырья, а определяются исключительно объемами реакторов. Объем загрузки составляет.....

Регенерация загруженного катализатора интервал между регенерациями составляет не менее.....

Срок службы катализаторов определяется выполнением регламентных норм, как в отношении качества сырья, так и в отношении соблюдения режимов технологического процесса и составляет не менее.....

Носитель катализатора определяется его маркой, что и показано в **Таблице 4**

5. Расчет потребности в катализаторах используемых по п. 4.1 – 4.4 при отсутствии импортных поставок

В **Таблицу 5** сведены потребности в катализаторах требуемых для нормальной эксплуатации установок пиролиза, переработки пироконденсата, окисления этилена в зависимости от мощности установок, что позволяет Заказчику самостоятельно определять потенциал отработанных катализаторов по установкам, которые не вошли в настоящий отчет, а также по установкам строящимся или планируемым к строительству.

Таблица 5.