

«Engineering and Consulting PFA Alexander Gadetskiy»

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

Discipline: Pyrolysis on olefins. Catalysts for the purification of ethylene, propylene and benzene. A catalyst for the oxidation of ethylene.

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

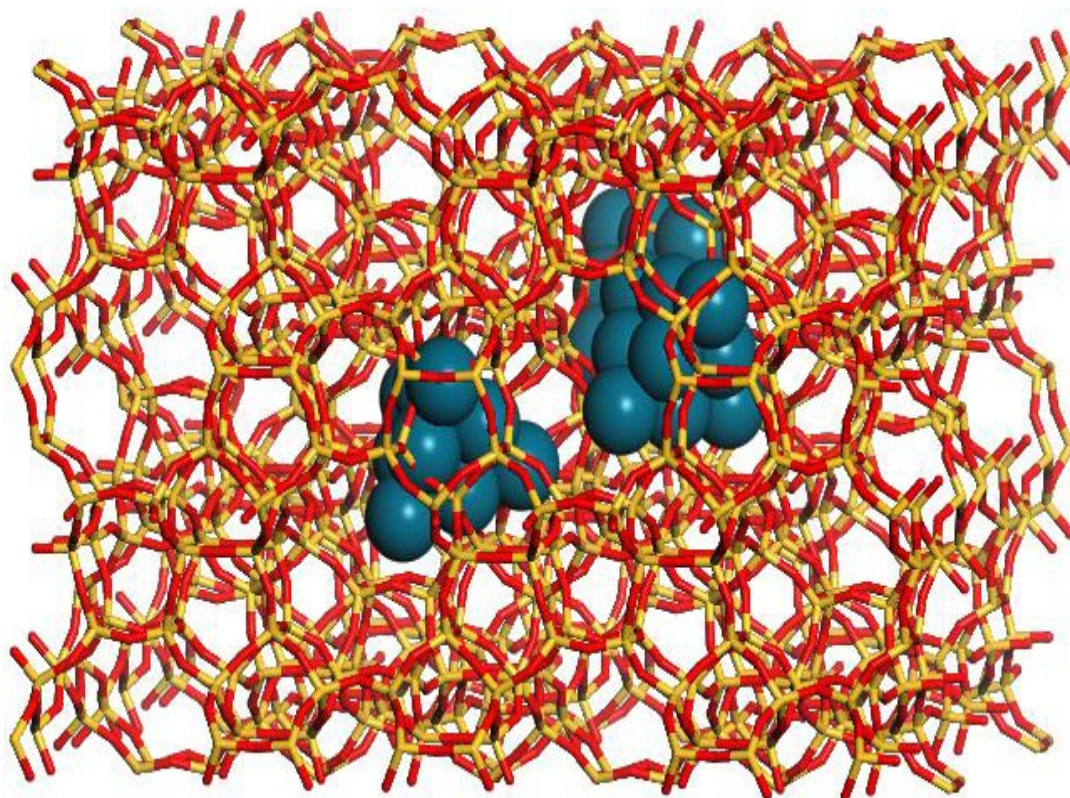
Sign.

Date: 18.01.2016

ОБНОВЛЕНО 14.10.2022



**Палладиевые катализаторы на установках пиролиза для  
очистки этилена, пропилена и бензола. Серебряные катали-  
заторы на производстве окиси этилена. Расчет потребности  
в катализаторах при отсутствии импортных поставок  
Этап 2.**



**Содержание.**

1. Возможности определения потенциального рынка катализаторов на основе технологических параметров оборудования и процессов.....
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.....
3. Перечень и характеристики установок пиролиза, переработки пироконденсата до бензола, окисления этилена до окиси этилена и его гидратацией в гликоли.....
4. Эксплуатационные характеристики работы катализаторов.....
  - 4.1 Эксплуатационные характеристики катализаторов очистки этилена.....
  - 4.2 Эксплуатационные характеристики катализаторов очистки пропилена.....
  - 4.3 Эксплуатационные характеристики катализаторов окисления этилена.....
  - 4.4 Эксплуатационные характеристики катализаторов гидрирования в процессе производства бензола.....
5. Расчет потребности в катализаторах используемых по п. 4.1-4.4 при отсутствии импортных поставок.....

**Сокращения.**

МПГ и ДМ – металлы платиновой группы и драгоценные металлы

ЭП – установки пиролиза (парового крекинга) углеводородного сырья на олефины (этилен и пропилен)

Э – установки пиролиза (парового крекинга) углеводородного сырья на этилен

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

ГО – гидроочистка

Декомп – неконтролируемая взрывная реакция окисления этилена, что приводит к остановке производства окиси этилена и гликолей

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

Второй этап работы включал в себя предоставление детальной информации по **Главам 4, 5 (дополнения выделены желтым фоном)** и является закономерным продолжением <https://makston-engineering.ru/kontseptualnyy-proyekt-36>

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 неприятность 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 неплохие 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.

Перспективы проектов окиси этилена и гликолей еще более туманны, а строительство новых установок по переработке пирооконденсата 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 пирооконденсата, 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 пирооконденсата. 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 (C<sub>2</sub>), пропана (C<sub>3</sub>), бутана (C<sub>4</sub>) 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 (C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub>), соотношение в сырье нефтя:(C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub>) 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 пропилена, половина от количества этилена, если не используются процессы переработки продуктов пиролиза, а именно амиленовой фракции и фракции C<sub>4</sub>

- 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 C<sub>4</sub> 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, чтобы 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 пропадиена и метилацетилена** 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 пропилена, аналогичны катализаторам, которые используются на блоке очистки этилена.

**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 пропилена. 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 C5 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.** Жидкофазное 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-68C. 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-68C достигает 0.3%

**Внимание!** Катализаторы для каталитического гидрирования пироконденсата, как российского, так и импортного производства характеризуются относительно высоким

содержанием палладия, в отличие 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 катализаторами для установок пиролиза не рассматривается, как критическая, т.е. доля отечественных производителей 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 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 C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub> 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**, т.е. построенные до 1993 года, не имеют лицензий, о чем свидетельствуют выписки из технологических ре-



гламентов – 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, ABB/CBI, 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.

Менее чем за десять лет на рынке катализаторов нефтехимии и в частности по процессам пиролиза произошли колоссальные изменения, пожалуйста, сравните данные из **Таблицы 4**, катализаторы были загружены не позднее 2012 года, с фактическими

данными по загрузке 2003 – 2007 годов [http://www.newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=105](http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=105) а также [http://www.newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=6569](http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=6569)

- по всем установкам пиролиза с мощностью от 250 т.т/год по этилену на блоках по очистке этилена и пропилена отечественные катализаторы с содержанием палладия 0.5-2.0% заменены на катализаторы с низким содержанием палладия 0.03-0.1%

- единственный завод, который сохранил на блоках очистки отечественные катализаторы – это Ангарский завод полимеров, который имеет и собственное производство катализаторов, но аналогичные заводы катализаторов имеются и в составе «Газпром-нефтехим Салават», и в составе «Нижнекамскнефтехим»

- установки пиролиза небольшой мощности – Пермский и Уфимский, а также этановые пиролизы – Казанский и Самарский вследствие специфики процессов продолжают работать высоко палладиевых отечественных катализаторах

#### Таблица 4



Переход на установках пиролиза мощностью от 250 т.т/год на низко палладиевые катализаторы обусловлены, как лоббированием интересов западных производителей катализаторов, так и по причине того, что реактора очистки этилена и пропилена от ацетиленистых соединений были заменены с изотермических на адиабатические. Замена реакторов производилась западными инжиниринговыми компаниями и гарантии на процесс выдавались только в том случае, если загружался катализатор от производителей, которые рекомендовала инжиниринговая компания. Интересно отметить и мы это покажем на примере. Пиролиз «Сибур – Кстово» изотермические реактора Р-2/1 и Р-3/1 по очистке этилена и пропилена, соответственно, были загружены катализаторов ГИПХ-108 с содержанием палладия до 2%, в каждый реактор загружалось по 4 тонны катализатора. После замены реакторов на адиабатические в каждый из них стали загружать на 50-60% больше катализатора «OleMax» с содержанием палладия 0.03-0.05% на каждый реактор.

- катализаторы на установках по производству бензола используемые для ГО пиро-конденсата, так же практически полностью заменены на «OleMax», но содержание палладия в них сопоставимо с отечественными, т.е не менее 0.25- 0.3% масс.

**Внимание!** Все указанные в **Таблице 4** типы катализаторов являются стандартными и фигурируют в каталогах компаний производителей и компаний продавцов, что позволяет Заказчику по любому из них уточнить содержание МПГ и ДМ, а также тип носителя. От партии к партии в процессе производства эти показатели могут изменяться, более того, в катализаторах «OleMax» для очистки этилена и пропилена по мимо палладия

используется и серебро в количествах до 0.01-0.03% масс, а иногда и выше, что определяется исходными данными на процесс от эксплуатанта установки пиролиза.

**Изготовителями катализаторов, перечисленными в Таблице 4 являются:**

- все типы катализаторов «OleMax», аналоги катализаторов под маркой «G» выпускает компания «Clariant» более известная в России по своему прошлому названию «SÜD CHEMIE» <http://www.catalysts.clariant.com/C1257A4E0028CC19/directname/home2>

- катализаторы типа МА-15, ГИПХ-108, ПУ, ПК - 25 выпускаются ОАО "Ангарский завод катализаторов и органического синтеза" <http://www.kataliz.ru/product.files/kataliz.doc> или ЗАО "Редкинский катализаторный завод" <http://www.recatalys.ru/katalog/> или ЗАО "Нижегородские сорбенты" <http://www.nisorbent.ru/products.shtml>

- катализаторы типа АПКГС, АПКГУ, АГДА-1, 2 выпускаются ОАО "Ангарский завод катализаторов и органического синтеза" <http://www.kataliz.ru/product.files/kataliz.doc>

- катализатор типа АПКГС-20-Э 1,2 ОАО "Ангарский завод катализаторов и органического синтеза" <http://www.kataliz.ru/product.files/kataliz.doc> и ЗАО "Нижегородские сорбенты" <http://www.nisorbent.ru/products.shtml>

- катализатор типа SynDox® Ethylene Oxide Catalysts выпускается компанией «Scientific Design's» <http://www.scidesign.com/catalysts/syndox-r-ethylene-oxide-catalysts>

- катализатор типа S-849® Ethylene Oxide Catalysts выпускается компанией «CRI Catalyst Company» <http://www.cricatalyst.com/en/catalysts/ethylene-oxide.html>

- катализатор типа Оксит "Этокс" производится опытными партиями компанией «ОКСИТ, НПП» <http://chemicalindustry.ru/144264.html>

#### 4.4 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 в адиабатический реактор составляет для установок ЭП – 250, 300, 450 не более 7-9 тонн на один реактор, количество работающих реакторов от 2-х до 4-х. Мы рекомендуем принимать для установок с перечисленной мощностью, среднюю суммарную загрузку катализатора для очистки этилен в количестве 15- 20 тонн, ДЛЯ РАБОТАЮЩИХ РЕАКТОРОВ.

Регенерация загруженного катализатора не предусматривает его выгрузку. Длительность между регенерационного пробега 6-12 мес. Обычно, регенерацию стараются совместить с ежегодным остановочным ремонтом, либо специально при выводе реакторного оборудования в резерв.



Срок службы катализаторов определяется выполнением регламентных норм, как в отношении качества сырья, так и в отношении соблюдения режимов технологического процесса и составляет не менее 4-5 лет для катализаторов «OleMax».

Срок службы отечественных катализаторов сопоставим с импортными, если в процессе регенерации (выжиг кокса) соблюдаются все требования изготовителя, а также в процессе эксплуатации не наблюдается местных перегревов в слое катализатора.

#### **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 в адиабатические или изотермические реактора составляет для установок ЭП – 250, 300, 450 не более 4-6 тонн на один реактор, количество работающих реакторов не более 2-х. **Мы рекомендуем принимать для установок с перечисленной мощностью, среднюю суммарную загрузку катализатора для очистки пропилена в количестве 5-6 тонн, ДЛЯ РАБОТАЮЩИХ РЕАКТОРОВ.** Меньшие количества катализаторов и соответственно реакторов на очистку пропилена определяется исключительно спецификой процесса, так как при работе на любом сырье, кроме этана, соотношение этилен/пропилен выдерживается 1:2, если в процесс не вводятся дополнительные subprocesses, такие как, метатезис.

Регенерация загруженного катализатора не предусматривает его выгрузку. Длительность между регенерационного пробега 12-18 мес. Обычно, регенерацию стараются совместить с ежегодным остановочным ремонтом, либо специально при выводе реакторного оборудования в резерв.

Срок службы катализаторов определяется выполнением регламентных норм, как в отношении качества сырья, так и в отношении соблюдения режимов технологического процесса и составляет не менее 4 – 5 лет для катализаторов «OleMax».

Срок службы отечественных катализаторов сопоставим с импортными, если в процессе регенерации (выжиг кокса) соблюдаются все требования изготовителя, а также в процессе эксплуатации не наблюдается местных перегревов в слое катализатора.

#### **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. В **Таблице 2** приведены все имеющиеся в РФ установки по переработке пироконденсата в бензол, мощности по выпуску бензола сопоставимы между собой, за исключением «Нижне-

камскнефтехим». Объем загрузки в реактора гидрирования диеновых и частично олефиновых углеводородов в БТК фракции не более 8 – 10 тонн на один реактор, количество работающих реакторов не более 2-х. **Мы рекомендуем принимать для установок с переменной мощностью, среднюю суммарную загрузку катализатора для ГО пироконденсата в количестве 10 – 15 тонн, ДЛЯ РАБОТАЮЩИХ РЕАКТОРОВ.**

Регенерация загруженного катализатора не предусматривает его выгрузку. Длительность между регенерационного пробега 18 – 24 мес. Обычно, регенерацию стараются совместить с ежегодным остановочным ремонтом, либо специально при выводе реакторного оборудования в резерв.

Срок службы катализаторов определяется выполнением регламентных норм, как в отношении качества сырья, так и в отношении соблюдения режимов технологического процесса и составляет не менее 4 – 5 лет для катализаторов «OleMax».

Срок службы отечественных катализаторов для ГО пироконденсата не значительно уступает импортным аналогам, если в процессе регенерации (выжиг кокса) соблюдаются все требования изготовителя, а также в процессе эксплуатации не наблюдается местных перегревов в слое катализатора.

#### **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 катализатора составляет от 33 до 40 м<sup>3</sup> на каждый трубчатый реактор, количество трубок от 12 до 15 тыс. на один реактор, количество реакторов – по два реактора на каждую нитку, обычно в процессе работают две нитки одновременно. Вес загружаемого катализатора составляет:

- при использовании S-849® Ethylene Oxide Catalysts около 51 тонны на одну нитку, **т.е около 100 тонн на две нитки**
- при использовании SynDox® Ethylene Oxide Catalysts около 59 тонн на одну нитку, **т.е около 120 тонн на две нитки**

Регенерация загруженного катализатора не производится, но при декомпах, а иногда на усмотрение технологов и при остановках на капитальный ремонт производится просеивание катализатора от пыли, которая может способствовать декомпам с последующими аварийными остановками.

Срок службы катализаторов определяется выполнением регламентных норм, как в отношении качества сырья, так и в отношении соблюдения режимов технологического процесса и составляет не менее пяти лет, известны случаи эксплуатации до 7 лет.

В **Таблице 5** приведены качественные характеристики катализаторов, как отечественных, так и импортных производителей, которые в настоящий момент загружены на установках пиролиза, производства бензола и окиси этилена, таким образом, **Таблицу 5** следует рассматривать, как дополнение и логическое продолжение **Таблицы 4**.

В **Приложении 1**, по просьбе Заказчика, мы включили Перечень заводов РФ изготовителей катализаторов для процессов очистки этилена и пропилена на установках пиролиза, гидроочистки пироконденсата на установках по производству бензола.

Как отмечалось в **Главе 2**, буквально до 2005-2010 годов, практически все перечисленные процессы работали на отечественных катализаторах, возможно, что практика импортозамещения вернет все на исходные позиции.

**Таблица 5.**

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

## **5. Расчет потребности в катализаторах используемых по п. 4.1 – 4.4.**

### **Выводы.**

В **Таблице 6** показаны количества катализаторов, требуемых для нормальной эксплуатации установок пиролиза и переработки пироконденсата в зависимости от мощности установок, что позволяет Заказчику самостоятельно определять потенциал отработанных катализаторов, которые не вошли в настоящий отчет, например, в странах СНГ, а также по установкам, строящимся или планируемым к строительству. Количество катализатора окисления этилена указано в **Главе 4.4**.

**Таблица 6.**

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

### **Выводы.**

1. Переработка катализаторов, содержащих МПГ и ДМ по установкам, указанным в **Таблицах 4, 5**, с нашей точки зрения, возможно исключительно путем //////////////////////////////////////
2. Логистически аффинажная фабрика Заказчика находится не в самой удачной точки по отношению к существующим ЭП и производствам бензола.
3. В РФ, как уже указывалось по тексту отчета, в ближайшие 3-5 лет будут построены две установки пиролиза, а именно: ЭП-600 в Нижнекамске и ЭП-1500 в Тобольске, мы рекомендуем уже сейчас начинать взаимодействие по проекту «Запсибнефтехим» в Тобольске. Помимо отмеченных в этом отчете процессов – очистка этилена, пропилена,

