

67.02

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ИЗОМЕРИЗАЦИИ И ЗАДАЧИ ЕГО АВТОМАТИЗАЦИИ

Колесников В.А.¹

¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара, e-mail: Imkoleska@gmail.com

Аннотация. Автором данной статьи рассматривается процесс каталитической изомеризации фракции (НК – 62), основанный на реакции превращения углеводородов C₅ и C₆ в их изомеры на катализаторах ИПМ-02 и СИ-2.

Поскольку данный процесс является каталитическим, то по степени взрыво- и пожароопасности он относится к первой категории опасности. По протеканию во времени изомеризация является непрерывным процессом. Для его проведения требуются высокие температура и давление, что создает нагрузку на основное технологическое оборудование, а отклонение параметров от заданных значений сильно влияет на ход процесса и качество получаемого продукта. Для поддержания требуемых значений технологических параметров необходимо проектирование системы автоматического управления, которые позволяют стабильно вести режимы управления процессом в соответствии с параметрами технологического регламента.

Изомеризация приводит к получению соединения с иным расположением атомов или групп, но при этом не происходит изменение состава и молекулярной массы соединения.

Основными задачами автоматизации, определяющими эффективность и безопасность работы установки, являются контроль и регулирование расхода сырья, температуры газосырьевой смеси на выходе из печи П-1, значений уровня жидкости в ёмкости Е-1, поддержание заданной величины давления на входе в реактор Р-2 и ПАЗ насоса ЦН-1.

Ключевые слова: Автоматизация, технологический процесс, изомеризация, процесс, разработка.

67.02

GENERAL CHARACTERISTICS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF CATALYTIC ISOMERIZATION AND THE TASKS OF ITS AUTOMATION

Kolesnikov V.A.¹

¹Samara State Technical University, Samara, e-mail: Imkoleska@gmail.com

Annotation. The author of this article discusses the process of catalytic isomerization of the fraction (NK – 62), based on the reaction of conversion of hydrocarbons C₅ and C₆ into their isomers on the catalysts IPM-02 and SI-2.

Since this process is catalytic, according to the degree of explosion and fire hazard, it belongs to the first category of danger. Over time, isomerization is a continuous process. It requires high temperature and pressure, which creates a load on the main technological equipment, and the deviation of the parameters from the set values greatly affects the progress of the process and the quality of the resulting product. In order to maintain the required values of technological parameters, it is necessary to design an automatic control system that allows stable process control modes in accordance with the parameters of the technological regulations.

Isomerization results in a compound with a different arrangement of atoms or groups, but there is no change in the composition and molecular weight of the compound.

The main automation tasks that determine the efficiency and safety of the installation are the control and regulation of the consumption of raw materials, the temperature of the gas mixture at the outlet of the furnace P-1, the values of the liquid level in the tank E-1, maintaining a preset pressure at the inlet to the reactor P-2 and the groove of the pump TSN-1.

Keywords: Automation, technological process, isomerization, process, development.

В первую очередь необходимо обратить на тот момент, что по протеканию во времени изомеризация является непрерывным процессом.

Цель исследования - дать общую характеристику технологического процесса и задачи его автоматизации

Материалы и методы исследования - совокупность общенаучных и частно-научных методов познания, в их числе: диалектический, системно-структурный, формально-юридический, социологический, статистический методы.

Для его проведения требуются высокие температура и давление, что создает нагрузку на основное технологическое оборудование, а отклонение параметров от заданных значений сильно влияет на ход процесса и качество получаемого продукта. [10]

Для поддержания требуемых значений технологических параметров необходимо проектирование системы автоматического управления, которые позволяют стабильно вести режимы управления процессом в соответствии с параметрами технологического регламента.

Процесс каталитической изомеризации предназначен для получения высокооктановых компонентов бензина, а также сырья для нефтехимической промышленности. Сырьем являются н-бутан, легкие прямогонные фракции НК—62°C, рафинаты каталитического риформинга, н-пентан и н-гексан или их смеси, выделенные при фракционировании газов. Процесс проводят в среде водородсодержащего газа.

Основными катализаторами являются: катализатор Фриделя—Крафтса, сульфид вольфрама, бифункциональные, цеолитсодержащие с благородными металлами и комплексные. Наиболее распространены в настоящее время бифункциональные катализаторы, содержащие платину или палладий на кислотном носителе (оксид алюминия, цеолит).

Выход целевого продукта — изомеризата с октановым числом 88—92 (исследовательский метод) — составляет 93—97% (масс.); побочным продуктом процесса является сухой газ, используемый как топливный.

Установка изомеризации состоит из двух блоков — ректификации и изомеризации. В блоке ректификации сырье предварительно разделяется на пентановые и гексановые фракции, направляемые на изомеризацию, после которой проводится стабилизация

полученного продукта и выделение из него товарных изопентана и изогексана. В блоке изомеризации получают изомеризаты. В данной исследовательской работе рассматривается процесс каталитической изомеризации фракции (НК – 62), основанный на реакции превращения углеводородов C_5 и C_6 в их изомеры на катализаторах ИПМ-02 и СИ-2.

Поскольку данный процесс является каталитическим, то по степени взрыво- и пожароопасности он относится к первой категории опасности.

По протеканию во времени изомеризация является непрерывным процессом. Для его проведения требуются высокие температура и давление, что создает нагрузку на основное технологическое оборудование, а отклонение параметров от заданных значений сильно влияет на ход процесса и качество получаемого продукта.

Для поддержания требуемых значений технологических параметров необходимо проектирование системы автоматического управления, которые позволяют стабильно вести режимы управления процессом в соответствии с параметрами технологического регламента.

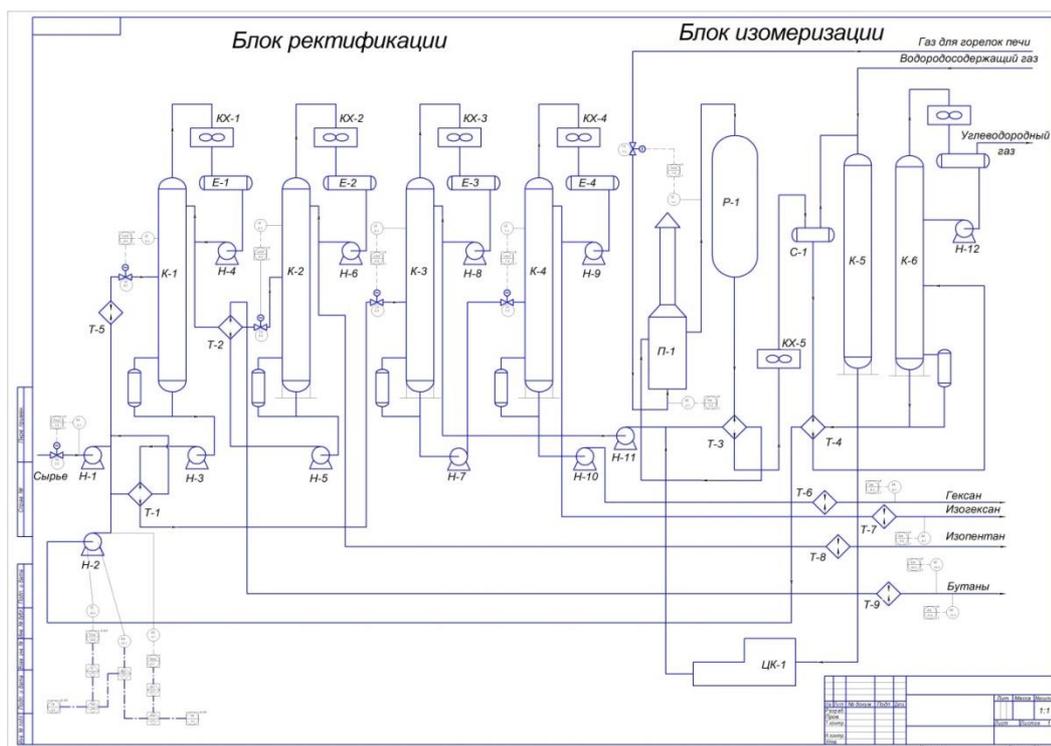


Рисунок 1 – Технологическая схема установки каталитической изомеризации

Установка изомеризации включает в себя следующие блоки:

- реакторный блок;
- блок стабилизации;
- блок деизогексанизации;
- блок осушки водородсодержащего газа. [8]

Технологическая схема установки изомеризации фракции НК—62°С, содержащей 27,5% (масс.) изопентана, 44% (масс.) н-пентана и 26,2% (масс.) изогексанов, на алюмоплатиновом катализаторе, промотированном фтором.

Исходное сырье – гидроочищенная фракция НК-62 °С - поступает в на прием насоса *H-1*, смешивается с изомеризатами из блока изомеризации (продукт с низа колонны *K-6* проходит теплообменник *T-4*), которые насосом *H-2* прокачивают через теплообменник *T-1*. Расход сырья измеряется с помощью датчика (поз. FE 3-1), регистрируется на контроллере (поз. FICA 3-2) с сигнализацией по максимальному и минимальному значению и регулируется клапаном (поз. FV 3-3).

Смесь, охладившись в холодильнике *T-5*, поступает в изопентановую колонну *K-1*. Уровень жидкости измеряется с помощью датчика (поз. LE 4-1), регистрируется на контроллере (поз. LICA 4-2) с сигнализацией по максимальному и минимальному значению и регулируется клапаном (поз. LV 4-3). Верхний продукт этой колонны (смесь изопентана и бутана), пройдя конденсатор-холодильник *KX-1*, поступает в емкость *E-1*, откуда часть его подается на орошение колонны *K-1*, а часть, пройдя теплообменник *T-2*, поступает в колонну *K-2*. Уровень жидкости в колонне *K-2* измеряется с помощью датчика (поз. LE 5-1), регистрируется на контроллере (поз. LICA 5-2) с сигнализацией по максимальному и минимальному значению и регулируется клапаном (поз. LV 5-3).

С низа колонны *K-1* смесь н-пентана и гексанов насосом *H-3* прокачивается через теплообменник *T-1* в колонну *K-3*. Уровень жидкости в колонне *K-3* измеряется с помощью датчика (поз. LE 6-1), регистрируется на контроллере (поз. LICA 6-2) с сигнализацией по максимальному и минимальному значению и регулируется клапаном (поз. LV 6-3). В колонне *K-2* ректификат колонны *K-1* разделяется на бутаны и изопентан.

В колонне *K-3* продукт с низа колонны *K-1* разделяется на н-пентановую фракцию, направляемую в блок изомеризации, и смесь гексанов, направляемую в колонну *K-4*. В колонне *K-4* смесь гексанов разделяется на изогексан и н-гексан. Последний может быть подвергнут изомеризации. Уровень жидкости в колонне *K-4* измеряется с помощью датчика (поз. LE 7-1), регистрируется на контроллере (поз. LICA 7-2) с сигнализацией по максимальному и минимальному значению и регулируется клапаном (поз. LV 7-3).

Пентановая фракция, поступающая в блок изомеризации, подается насосом на смешение с водородсодержащим газом. Смесь сырья и водородсодержащего газа нагревается в теплообменниках *T-3* и печи *П-1* до температуры реакции и поступает в реактор *P-1*, где на

катализаторе среднетемпературной изомеризации ИПМ-02 в присутствии водорода протекают реакции изомеризации нормальных парафинов. Температура на выходе печи П-1 измеряется с помощью датчика (поз. ТЕ 1-1), регистрируется на контроллере (поз. ТИСА 1-2) с сигнализацией по максимальному и минимальному значению и регулируется клапаном (поз. TV 1-3). Ошибка регулирования в контроллере обрабатывается по ПИД-закону. Давление на входе в реактор Р-1 измеряется прибором (поз. РЕ 2-1) и регистрируется на контроллере (поз. РІА 2-2) с сигнализацией по максимальному и минимальному значению.

Выходящая из реактора *Р-1* газо-продуктовая смесь (ГПС) охлаждается в теплообменнике Т-3 и холодильнике КХ-5, после чего направляется на разделение в продуктивный сепаратор *С-1*.

Из сепаратора *С-1* выходит циркулирующий водородсодержащий газ, который смешивается со свежим водородсодержащим газом, подвергается осушке цеолитами типа NaA в адсорбере К-5 и подается во всасывающую линию циркуляционного компрессора ЦК-1. Сжатый водородсодержащий газ смешивается с сырьем.

Нестабильный изомеризат из сепаратора *С-1* нагревается до 85—90° С в теплообменнике Т-4 и поступает в стабилизационную колонну К-6. С ее верха уходит жирный газ, с низа — стабильный изомеризат, который направляется в блок ректификации.

Выход изопентана из сырья — до 97% - Стабильный изомеризат содержит 55,2% изопентана и 44,6% н-пентана. Степень превращения н-пентана не превышает 60% за один проход, поэтому процесс ведут с рециркуляцией изомеризата, кратность которой зависит от содержания н-пентанов в исходном сырье и уменьшается с увеличением его концентрации.

Полученные компоненты: гексан, изогексан, изопентан, бутаны контролируются октаномерами (поз. АЕ 8-1, АЕ 9-1, АЕ 10-1, АЕ 11-1) соответственно с регистрацией на контроллере (поз. АІА 8-2, АІА 9-2, АІА 10-2, АІА 11-2) и сигнализацией по максимальному и минимальному значениям соответственно.

В случае перегрева подшипников насосов Н-1 – Н-12 или превышения давления на выкиде предусмотрена аварийная остановка насосов.

Расход водорода 0,22—0,28% от сырья. Допускаемые примеси в циркулирующем газе (% масс.), не более: сероводорода 0,005, моноэтаноламина 0,0002, влаги может быть до 10 мг/м³.

Катализатор регенерируют трехступенчатым выжигом кокса при 300, 380 и 450°С в потоке инертного газа с добавлением на последней ступени прокалки 0,2—1% кислорода. Состав инертного газа, подаваемого в циркуляционную систему, должен удовлетворять следующим требованиям: $O_2 \leq 0,2\%$; $CO, CO_2 \text{ и } SO_2 \leq 10 \text{ мг/м}^3$; влаги $\leq 10 \text{ мг/м}^3$. В

зависимости от режима продолжительность работы катализатора между регенерациями составляет 4—12 месяцев.

Результаты исследования и обсуждение.

В данной статье проекте был автоматизирован реакторный блок, а конкретно следующие параметры – температура на выходе из печи П-1, давление на входе во второй реактор Р-2, расход сырья, уровень в ёмкости Е-1, ПАЗ насоса ЦН-1.

Существующая система управления процессом деизопентанизации установки изомеризации имеет одноуровневую структуру управления. Она включает в себя датчики температуры на входе и выходе из подогревателя, датчики концентрации, расхода, температуры, установленного на трубопроводе деизопентановой фракции. Датчики температуры и расхода установленные на трубопроводе подачи пара в ребойлер. Датчики расхода, давления, температуры, установленные на трубопроводе сырья. Датчики расхода и температуры, установленные на трубопроводе верхнего продукта

Система работает в информационном режиме, осуществляет только сбор, регистрацию и индикацию параметров технологического процесса. [1]

Основным блоком данной технологической установки является реакторный блок. Важнейшими параметрами, влияющими на ход процесса и, в конечном итоге, на качество получаемой продукции, являются температура и давление.

Процесс изомеризации осуществляется при температурах: в первом реакторе - 250-310 °С, во втором реакторе – 130-200°С; давлениях: в первом реакторе – 29-33 кгс/см², во втором реакторе – 28-30 кгс/см².

Повышение температуры сверх указанных пределов ведет к:

- 1) ухудшению селективности процесса, способствуя протеканию реакций газообразования;
- 2) снижению продолжительности межрегенерационного периода катализаторов.

Необходимый уровень давления нужен для обеспечения стабильности катализатора и продолжительности межрегенерационного периода. Повышение давления ведет к снижению степени изомеризации парафиновых углеводородов. Снижение давления ниже указанных величин ведет к быстрой деактивации катализатора.

Немаловажным параметром является расход сырья (60 – 80 м³/ч), поскольку именно он определяет производительности всей установки в целом. Изменение расхода сырья может вызвать аварию.

Основными задачами автоматизации данной исследовательской работы, определяющими эффективность и безопасность работы установки, являются контроль и

регулирование расхода сырья, температуры газосырьевой смеси на выходе из печи П-1, значений уровня жидкости в ёмкости Е-1, поддержание заданной величины давления на входе в реактор Р-2 и ПАЗ насоса Н-1.

Выводы и заключение.

Индикация значений температуры предусмотрена в теплонагруженных участках установки (реактора, печи, теплообменники). Отображение давления (или перепада давлений) на потоках реакторного блока.

Величина давления позволяет не только регулировать оперативные параметры с целью поддержания качества конечных продуктов на должном уровне, но и дает возможность судить о работоспособности некоторых узлов, аппаратов или, например, о закоксованности катализатора.

Уровень в колоннах и емкостях регулируется для обеспечения нормальной работы насосов, а также во избежание захлебывания аппаратов.

Величина расходов потоков является важным и технологическим, и коммерческим параметром.

Изменением расхода можно напрямую или косвенно влиять на различные технологические параметры процесса.

Список литературы

1. Каталог Метран. Тематический каталог: Датчик температуры [Электронный ресурс]. – Челябинск, 2016. – URL: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter>
2. Каталог Метран. Тематический каталог: Датчик давления [Электронный ресурс]. – Челябинск, 2016. – URL: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter>
3. Каталог ЛГ Автоматика. Клапаны с пневмоприводом [Электронный ресурс]. – М. , 2018 – URL: <http://xn--80aajzhcnfck0a.xn--p1ai/PublicDocuments/1308068.pdf>
4. Каталог Метран. Тематический каталог: Уровнемеры [Электронный ресурс]. – Челябинск, 2016. – URL: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter>
5. Каталог оборудования Yokogawa 2015-2016 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.tehnonn.ru/wp-content/uploads/2015/11/YOKOGAWA-Katalog-oborudovaniya-2015---2016.pdf>
6. Каталог оборудования Метран. Тематический каталог. Расходомеры [Электронный ресурс]. – Челябинск, 2016. – URL: <http://www2.emersonprocess.com>
7. Каталог оборудования. Гранат. Октанометры [Электронный ресурс]. – URL: http://granate.ru/shatox_sx-100.html
8. Аязян, Г.К. Основы теории автоматического регулирования. Раздел курса СУХТП [Электронный ресурс] / Г.К. Аязян. – Уфа.: УГНТУ, 2021 г. – 65 с. – URL: <http://atpp.rusoil.net>
9. Кирюшин, О.В. Практикум по курсу «Управление техническими системами» [Электронный ресурс] / О.В. Кирюшин. – Уфа.: УГНТУ, 2019 г. – 28с. – URL: <http://atpp.rusoil.net>
10. ГОСТ 21.208–2013. Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – М.: Стандартинформ, 2019 г. – 31 с.