

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
УЗБЕКИСТАН**

**БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ**

На правах рукописи

*УДК 662.754*

**Кличева Ширин Искандаровна**

**“Управление процессами каталитической изомеризации при  
помощи информационно-коммуникационных систем”**

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание академической степени магистра

*5А 321701- “Информационно-коммуникационные системы  
управления технологическими процессами”*

**Научный руководитель:**

**проф.Мухамедханов У.Т.**

Бухара 2018

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

Факультет: Отдел магистратуры

Студент магистратуры: Клычева Ширин Искандаровна

Кафедра: “Информационно-коммуникационные системы управления технологическими процессами”

Научный руководите: д.т.н.Мухамедханов

Учебный год: 2017-2018

Специальность: 5А321701- “Информационно-коммуникационные системы управления технологическими процессами”

**Аннотация**

Настоящая магистерская диссертационная работа посвящена разработке информационно-коммуникационной системы управления процессом каталитической изомеризации. В первой главе исследован процесс каталитической изомеризации как объекта управления. Во второй главе разработана функциональная схема управления процесса каталитической изомеризации. В третьей главе разработана ИКС управления процесса. Разработаны программа управления и НМИ-интерфейс.

**Annotatsiya**

Ushbu magistrlik dissertatsiya ishi katalitik izomerlash jarayonini axborot-kommunikatsiya tizimlari bilan boshqarish masalasiga bag'ishlangan. Dissertatsiya I-bobida katalitik izomerlash jarayonini boshqarish ob'ekti sifatida tahlili bajarilgan. Ikkinchi bobda katalitik izomerlash jarayonining boshqarish sxemasini ishlab chiqish masalalari ko'rib o'tilgan. Uchinchi bobda texnologik

jarayonni AKT asosida boshqarish texnologiyasi yaratilgan. Jarayonning boshqarish dasturi va HMI-interfeysi ishlab chiqilgan.

### **Annotation**

This master's thesis is devoted to the development of an information and communication control catalytic isomerization. In the first chapter, the process of catalytic isomerization as a control objekt was investigated. In the second chapter, a functional control scheme for the catalytic isomerization process developed. In the third chapter, the ICS of the process control of the catalytic isomerization has been developed. The control program and HMI-interface are developed.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	6
<b>Глава-I.Изучение влияния технологических факторов на процесс каталитической изомеризации в нефти-газовой промышленности.</b>	
1.1. Теоретические основы процесса каталитической изомеризации.....	10
1.2. Современные технологии процесса изомеризации на различных катализаторах .....	16
1.3. Современные технологии каталитической переработки легких бензиновых фракций.....	19
<b>Глава-II. Вопросы автоматизации процесса каталитической изомеризации .....</b>	<b>27</b>
2.1. Разработка функциональная схема автоматизации процесса каталитической изомеризации .....	27
2.2. Выбор и обоснование датчиков, исполнительных механизмов процесса каталитической изомеризации .....	30
2.3. Выбор и обоснование микроконтроллера .....	43
2.4. Исследование устойчивости контура регулирования и его использование.....	46
<b>Глава-III.Управление технологических процессов каталитической изомеризации с применением ИКС .....</b>	<b>60</b>
3.1. Разработка системы автоматизации каталитической изомеризации с использованием информационно-коммуникационных технологий ....	60
3.2. Разработка алгоритма и программы управления технологическим процессом каталитической изомеризации .....	63
3.3. Програмное обеспечение автоматизации процесса каталитической изомеризации .....	66
3.4. Разработка интерфейса оператора процесса каталитической изомеризации .....	68

<b>Заключение .....</b>	<b>73</b>
<b>Список используемой литературы .....</b>	<b>74</b>
<b>Приложение .....</b>	<b>79</b>

## Введение

В соответствии со Стратегией действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах преобразования осуществлены и в нефтегазовой промышленности. В частности, постановлением Президента Республики Узбекистан “О мерах по совершенствованию системы управления нефтегазовой отраслью” от 30 июня 2017 года усовершенствована деятельность АО “Узбекнефтегаз”.

Утверждена Программа увеличения добычи углеводородного сырья до 2021 года, определены механизмы ее реализации.

В нашей стране много подземных богатств. Создана новая система их освоения и переработки. Возникает вопрос: какую пользу приносят эти ресурсы нашему народу, подчеркнул глава нашего государства.

В 2017 году было достигнуто выполнение прогноза по добыче нефти и газового конденсата, производству сжиженного газа. Однако за минувшие годы в отрасли накопилось множество проблем.

Прогноз по добыче природного газа и производству нефтяной продукции на 2017 год не был выполнен вследствие отсутствия должного роста запасов. Прогноз по объемам буровых работ в процессе геологоразведки выполнен на 77 процентов. Выполнение этих работ в полном объеме позволило бы обеспечить прирост запасов. Прогноз по эксплуатационным буровым работам выполнен всего на 49 процентов, прогноз по количеству скважин, строительство которых завершено, – на 53 процента.

Не соответствует требуемому уровню и работа по модернизации и ремонту мощностей по добыче природного газа и газотранспортных сетей. Вследствие этого в процессе доставки добытого газа потребителю теряется 6 процентов данного ресурса.

Президент нашей страны, критически анализируя эти и другие недостатки, определил важные задачи по увеличению запасов и добычи углеводородов.

Отмечалось, что в 2018 году за счет открытия новых месторождений согласно Государственной программе геологоразведочных работ необходимо увеличить объем запасов природного газа на 57 миллиардов кубометров, запасов нефти и конденсата – на 3,6 миллиона тонн.

В текущем году для обеспечения добычи 63 миллиардов кубометров природного газа, 3 миллионов тонн нефти и конденсата следует завершить строительство 255 новых скважин и 26 новых технологических объектов, капитально отремонтировать 76 скважин.

В настоящее время, в мире высоких технологий и инновационных разработок не теряет свою актуальность создания новых принципов и методов переработки нефти, так как нефтяные топлива являются главным источником энергии и основой экономики.

Борьба за сохранение окружающей среды, привела к ужесточению требований к качеству автомобильных. Чтобы значительно уменьшить вредные выбросы в атмосферу, необходимо снизить содержание ароматических углеводородов в бензинах и отказаться от добавления тетраэтилсвинца. Это не только затрудняет дожиг выхлопных газов на платиновых катализаторах, но и подвергает большой опасности человеческое здоровье и саму жизнь. Одним из способов решения этих проблем является каталитическая изомеризация.[1].

***Актуальность темы исследования.*** Минимизация количества ароматических углеводородов, а также отказ от применения свинцовых антидетонаторов.

Переход на экологически чистые неэтилированные бензины требует увеличения октанового числа углеводородной основы топлива, вследствие увеличения неароматической составляющей бензина и вовлечения в состав неэтилированного топлива высокооктановых изокомпонентов.

Процесс изомеризации позволяет увеличить октановое число, снизит долю ароматических углеводородов и улучшить фракционный состав товарных бензинов, а также применение изомеризата в качестве компонента товарного топлива также благоприятно влияет на экологические характеристики автомобильных бензинов.

**Целью работы** является разработка автоматизированной информационно-коммуникационной системы управления процессом каталитической изомеризации для стабилизации эксплуатационных показателей технологического оборудования, режимных параметров технологического процесса и обеспечения надежной, безаварийной работы производства.

В соответствии с поставленной целью основными этапами исследований явились:

- Контроль и управление основных параметров процесса каталитической изомеризации;
- Автоматическое прогнозирование технологического процесса;
- Разработка математической модели реактора каталитической изомеризации;
- Обеспечение безопасности процесса (уменьшение вероятности вреда обслуживающему персоналу, техническим средствам и устройствам, а также, окружающей среде);
- Повышение надежности процесса и производство экологически чистого и качественного топлива.

**Научной новизной** является моделирование на ЭВМ, разработка программы и человеко-машинного интерфейса ИКС управления процесса каталитической изомеризации

**Предмет исследования.** Технологии автоматизации современных микропроцессоров, интеллектуальные контрольно-измерительные приборы, фундаментальные законы гидромеханики, алгоритмические

языки, используемые в программных логических проверках и их программирование.

**Объект исследования.** Объектом исследования является реактор в котором осуществляется процесс, ее основные и функциональные схемы, основные параметры, основные законы гидромеханических и технологических процессов.

**Практическая значимость.** Разработка автоматизированной информационно-коммуникационные системы управления для процесса каталитической изомеризации позволяет поддержать всех параметров процесса в установленных пределах с учетом оптимального ведения процесса в целом.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 85 страницах машинописного текста, состоит из введения, основной части из 3 глав, заключения, 26 рисунков и 3 таблиц.

**Публикация.** По результатам диссертации опубликовано 2 научные статьи:

1. Ачилова Ш.И., Увайзов С.К., ”Разработка архитектуры автоматического управления реактором процесса изомеризации” Будущее науки-2017-65с.
2. Ачилова Ш.И., Бозоров П.Р., ”Определение устойчивости процесса каталитической изомеризации” Междистеплилярная академия наук Украины -2017-6Sm.

## **Глава-I. Изучение влияния технологических факторов на процесс каталитической изомеризации в нефти-газовой отрасли .**

### **1.1. Теоретические основы процесса каталитической изомеризации.**

Мы знаем, что нефть и газ извлекаются из месторождений путем бурения через поля или под давлением. По мнению мировых ученых, масло считается органическим веществом. Он был первоначально зарегистрирован в результате химических изменений, которые существовали между морскими пузырьками. Это не однородная жидкость, а смесь углеводородов с разной молекулярной массой. Композиция также различна: содержание серы, азота, кислорода и тлеющего вещества в ней [2].

Процесс изомеризации направлен на получение высокооктановых компонентов товарного бензина из низкооктановых фракций нефти путем структурного изменения углеродного скелета.

Реакции изомеризации широко используются для получения дефицитных изомеров как низших, так и высших парафинов (изоалканов).

Разветвленные парафины C5-C6 имеют высокие октановые числа и являются хорошими компонентами автомобильных бензинов.

Изопентан и изобутан являются ценным сырьем для получения синтетических каучуков. Изобутан используется также для получения алкилбензина, высокооктановых эфиров, наиболее распространенным из которых является метил-трет-бутиловый эфир.

В отличие от прочих термокаталитических процессов, каталитическая изомеризация протекает без изменения реакционного объема системы. Поэтому изменение давления не сказывается на получении целевого продукта. Реакцию изомеризации желательно проводить при не высоких температурах, так как это способствует образованию более разветвлённых

изомеров. Однако для интенсификации реакции процесс приходится вести при относительно высоких температурах.

Сырьём изомеризации являются легкие бензиновые фракции с концом кипения от 62°C до 85°C. Повышение октанового числа достигается за счёт увеличения доли изопарафинов. Процесс осуществляется, как правило, в одном или двух реакторах при температуре, в зависимости от применяемой технологии, от 110 до 380°C и давлении до 35 атм. 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 составляет 93-97% (масс.); побочным продуктом процесса является сухой газ, используемый как топливный.

Установка изомеризации представляет собой технологическую систему, состоящую из взаимосвязанных технологическими потоками блоков:

- блок подготовки сырья (как правило, включает гидроочистку сырья, стабилизацию гидрогенизата в отпарной колонне, а также может включать адсорбционную очистку сырья на молекулярных ситах);
- блок четкой ректификации сырья изомеризации и/или полученного изомеризата;
- блок изомеризации (как правило, включает непосредственно реакторный блок и узел осушки циркулирующего газа);
- блок стабилизации полученного изомеризата.

Технологическая схема конкретной установки изомеризации будет зависеть непосредственно от типа катализатора изомеризации,

планируемого к загрузке в реакторный блок.

Технологическая схема производства изомеризата представлена на рисунке-1.

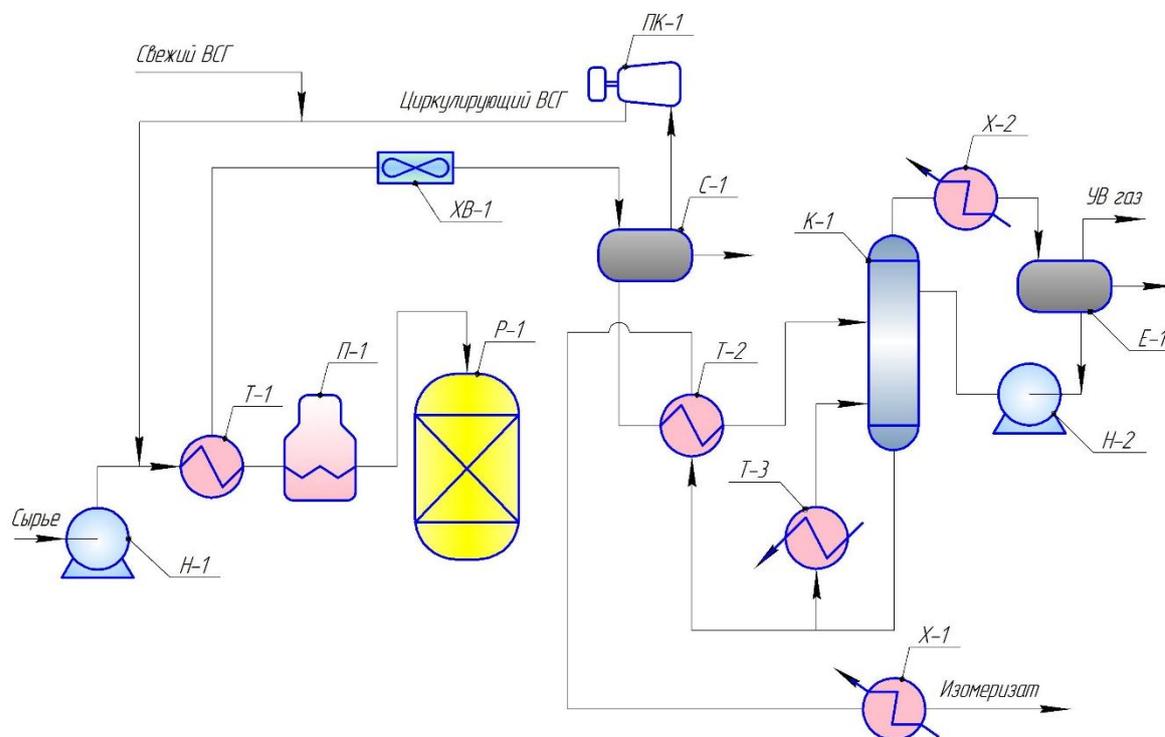


Рис.1. Технологическая схема процесса каталитической изомеризации

Сырье насосом Н-1 подается в узел смешения с циркулирующим по блоку гидроочистки водород содержащим газом (ВСГ). Циркуляция ВСГ по блоку гидроочистки осуществляется компрессором ПК-1.

Смесь сырья с ВСГ нагревается теплом газопродуктовой смеси в теплообменнике Т-1, догревается в печи П-1 и с температурой 280-320<sup>0</sup>С и давлением 2,8-3,2 МПа (изб.) поступает в реактор Р-1, где осуществляется процесс гидрирования.

Газопродуктовая смесь после реактора Р-1 отдает тепло на нагрев газо-сырьевой смеси в теплообменнике Т-1, затем охлаждается в воздушном холодильнике ХВ-1 и с температурой 35...40<sup>0</sup>С поступает в сепаратор С-1, где происходит ее разделение на газовую часть, жидкие углеводороды и кислые стоки.

Водородсодержащий газ из сепаратора С-1 поступает на компрессор ПК-1, для поддержания концентрации водорода в ВСГ подаётся на узел смешивания. Кислые стоки из сепаратора С-1 направляются на заводской блок очистки.

Жидкая фаза – нестабильный гидрогенизат - из сепаратора С-1 после нагрева в теплообменнике Т-2 поступает в колонну стабилизации К-1. Легкие углеводороды с верха колонны К-1 охлаждаются Х-2 и поступают в емкость Е-1.

Выделившийся в Е-1 углеводородный газ поступает в топливную сеть завода, жидкие углеводороды насосом Н-2 подаются в колонну К-1 в качестве орошения, их балансовый избыток - на заводской блок очистки от  $H_2S$ . Дренируемые из сепаратора С-1 и емкости Е-1 кислые стоки откачиваются на заводской блок очистки.

Температура куба колонны К-1 – 150-160 °С, давление верха колонны – 1,25-1,45 МПа (изб). Кратность орошения к сырью колонны – 0,5-0,6. Тепло в куб колонны К-1 подводится циркулирующей горячей струи через ребойлер Т-3.

Изомеризат из куба колонны К-1, отдав тепло нестабильному гидрогенизату в теплообменнике Т-2, выводится из системы.

### ***Основные параметры процесса каталитической изомеризации.***

Температура в реакторе -280-320°С. С повышением температуры скорость реакции изомеризации возрастает до ограничиваемого равновесием предела. Дальнейшее повышение температуры приводит лишь к усилению реакций гидрокрекинга с образованием легких газов. При этом возрастает расход водорода, а выход изомеров снижается.

Давление - 2-3 МПа. Хотя давление не оказывает влияние на равновесие реакции изомеризации n-парафинов, оно существенно влияет на кинетику целевых и побочных реакций процесса.

Как видно, повышение давления при прочих идентичных условиях снижает глубину, но повышает селективность изомеризации. Увеличение парциального давления водорода снижает скорость дезактивации катализатора в результате торможения коксообразования. Однако повышение давления свыше 4 МПа нецелесообразно, так как при этом коксообразование практически не меняется.

В настоящее время разработано три вида промышленных процессов изомеризации:

1. Высокотемпературная изомеризация (360-440°C) алюмоплатиновых фторированных катализаторах;
2. Среднетемпературная изомеризация (250-300°C) на цеолитных катализаторах;
3. Низкотемпературная изомеризация на оксиде алюминия прототированном хлором (120-180°C) и на сульфатированных оксидах металлов (180-210°C)

Схематично реакцию можно представить следующим образом:

- вначале на металлических центрах катализатора происходит дегидрирование исходного парафина;
- затем на кислотных центрах катализатора происходит взаимодействие олефина с протоном (протонизация) и изомеризация образовавшегося карбкатиона;
- далее идёт депротонизация карбкатиона на металлических центрах катализатора с образованием олефина изомерного строения и его гидрирование до парафина со скелетом изомерного строения – целевого продукта.

Катализатору процесса изомеризации также свойственно закоксовываться, так как вначале происходит дегидрирование парафина на металлических центрах катализатора. Образовавшийся олефин на кислотных центрах катализатора превращается в карбкатион, который легко подвергается дальнейшей изомеризации либо полимеризуется. Для

предотвращения этого процесс каталитической изомеризации углеводородных фракций бензинов так же, как и каталитический риформинг проводят под повышенным давлением водорода.

Катализатор может противостоять воздействию лишь определённого количества этих примесей, при повышении которого катализатор необратимо деактивируется и подлежит замене.

Таблица 1. Максимально допустимые уровни содержания примесей.

Загрязняющая примесь	Предельно допустимая концентрация (масс.)
Общая сера	0,5 ppm
Общий азот	0,1 ppm
Суммарное содержание кислородсодержащих соединений	10 ppm
Вода	0,05 ppm
Суммарное содержание хлоридов	0,5 ppm
Медь	до 20 ppb
Свинец	до 10 ppb
Мышьяк	до 1 ppb
Фториды	до 0,5 ppm
Бромное число	-

Наилучшей подготовкой сырья к процессу изомеризации является его гидрогенизационное облагораживание – гидроочистка. Этим процессом из состава сырья удаляются нежелательные компоненты.

При работе в режиме получения высокооктанового компонента сырьем являются легкие прямогонные фракции, продукцией – изо компонент, который направляется на смешение с катализатами риформинга и каталитического крекинга для получения высокооктановых бензинов. Ниже приводится характеристика сырья и продуктов установки изомеризации при переработке фракций НК-62°C (I) и НК-70°C (II).

При использовании первой из этих фракций изомеризации

подвергается пентан, при использовании второй – пентан и гексан.

## **1.2. Современные технологии процесса изомеризации и основные факторы влияющие на различных катализаторах**

В настоящее время практически единственным видом катализаторов различных процессов изомеризации являются платиносодержащие на разных носителях - хлорсодержащих оксидах алюминия, цеолитах, а также сульфатированном оксиде циркония. Согласно исследованиям высокую активность в реакциях изомеризации проявляет также палладий (Pd) на основе цеолита с различными модификаторами. От температуры ведения процесса зависит основной показатель октановое число получаемого изомеризата.

### ***Цеолитные катализаторы.***

Представляют собой платину, нанесенную на цеолит - морденит (Pt/цеолит). Работают при 240-300°C в среде водорода и рабочем давлении 1,5-3,5 МПа (изб.). Обладают высокой устойчивостью к отравляющим примесям в сырье (серы, воды, азота) и способностью легко восстанавливаться после проведения регенерации в реакторе установки.

Цеолитные катализаторы обладают наименьшей активностью среди применяемых в настоящее время катализаторов в процессе изомеризации, а высокие температуры процесса приводят к низким октановым числам и увеличению капитальных и эксплуатационных затрат.

В технологической схеме данного процесса предусматриваются огневые подогреватели для нагрева газо-сырьевой смеси до температуры реакции (рис. 2).

Требуется высокое отношение водорода к углеводородному сырью, потому что наряду с изомеризацией водород тратится на гидроочистку и деароматизацию сырья. Для подачи циркулирующего

водородсодержащего газа (ВСГ) необходим компрессор, а также для отделения ВСГ - сепаратор.

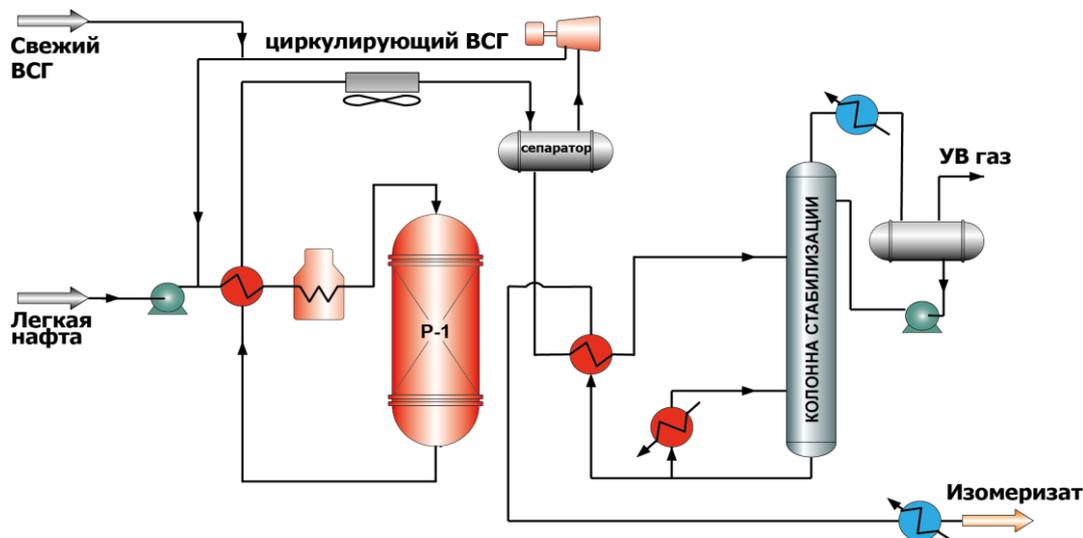


Рис. 2 - Технологическая схема процесса изомеризации на цеолитных катализаторах

### ***Катализаторы на основе хлорированной окиси алюминия***

Катализаторы на основе хлорированной окиси алюминия наиболее активны и обеспечивают высокий выход и октановое число изомеризата. Следует отметить, что в ходе изомеризации такие катализаторы теряют хлор, в результате активность снижается. Поэтому, предусматривается введение в сырье хлорсодержащих соединений (обычно  $\text{CCl}_4$ ) для поддержания высокой активности катализатора, после чего необходима щелочная промывка от органического хлора в специальных скрубберах. Существенным недостатком является то, что данный тип катализатора очень чувствителен к каталитическим ядам (кислородсодержащие соединения, вода, азот, сера, металлы) и требует очень тщательной подготовки сырья (рис.3). Хлорированные катализаторы не регенерируются, а срок их службы составляет 3-5 лет.

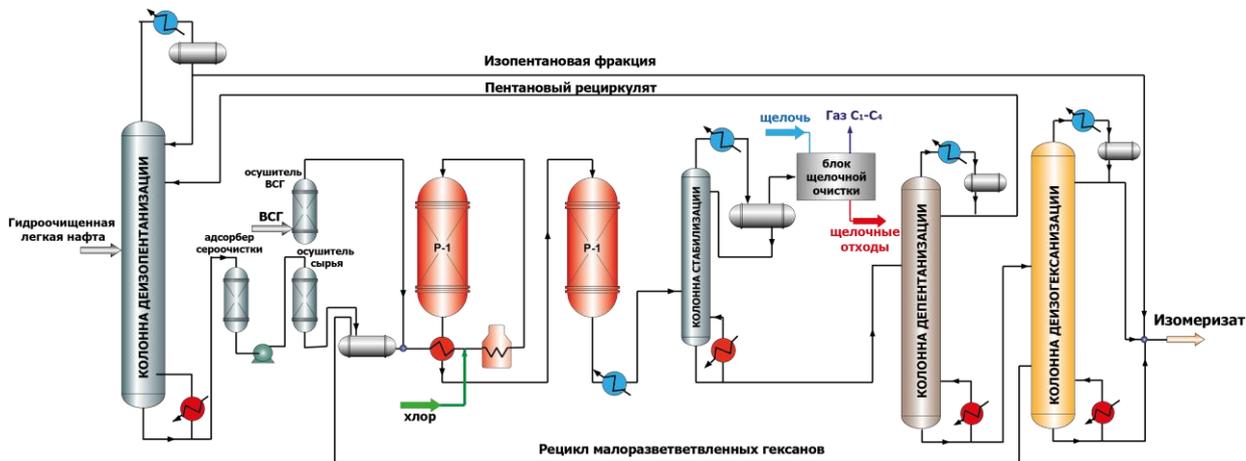


Рис. 3. Схема процесса изомеризации на хлорированных катализаторах с рециклом пентанов и гексанов

### Катализаторы на основе сульфатированных оксидов металлов

Катализаторы, содержащие сульфатированные оксиды металлов (оксидные катализаторы), в последние годы получили повышенный интерес, так как они сочетают в себе высокую активность и устойчивы к действию каталитических ядов, способны к регенерации. Так же как и для цеолитных катализаторов, существует необходимость в компрессоре для подачи циркулирующего ВСГ (рис.4), однако отсутствует потребность в подаче хлора, адсорбционной осушке сырья и защелачивании УВ газов. Оксидные катализаторы характеризуются способностью к регенерации и длительным сроком службы.

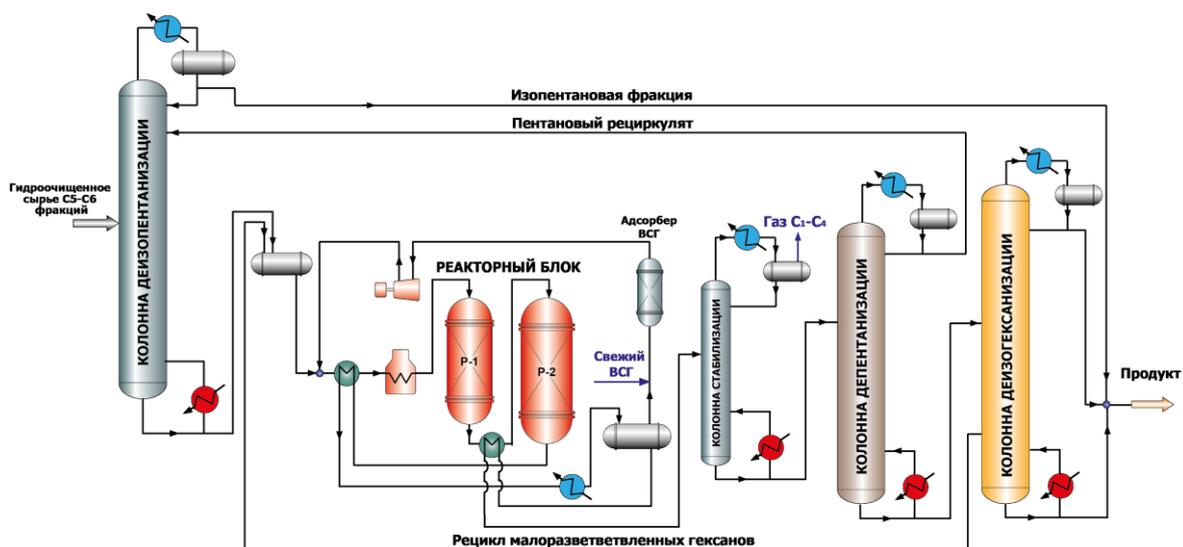


Рис. 4. Схема процесса изомеризации на оксидных катализаторах с рециклом пентанов и гексанов

### **1.3. Современные технологии каталитической переработки легких бензиновых фракций**

В настоящее время в промышленности используются технологии процесса изомеризации углеводородов, разработанные различными фирмами. В данной работе будут рассмотрены наиболее распространенные из них.

#### ***Процесс Циклар***

Фирма BritishPetroleum, решая проблему транспортировки сжиженного нефтяного газа с нефтепромыслов, разработала дешевую технологию его переработки в смесь бензола, толуола и ксилолов, что серьезно облегчило транспортировку жидких продуктов в места их дальнейшей переработки. В последствии в технологии стали использовать катализаторы фирмы UOP, обеспечивающие более длительный межрегенерационный период. Этот технологический процесс получил название "Cyclar"

Процесс Циклар обеспечивает превращение сжиженного нефтяного газа в смесь жидких ароматических углеводородов в одну стадию, проводится при температуре 425<sup>0</sup>С и давлении 0,9 - 1 МПа. Объемная скорость подачи жидкого сырья составляет 2 ч<sup>-1</sup>. В процессе используется цеолитный катализатор типа пентасил, модифицированный галлием[3]. В результате дегидрирования легких парафиновых углеводородов образуются олефины, олигомеризация которых приводит к образованию интермедиатов более высокой молекулярной массы, которые затем циклизуются в нафтеновые углеводороды. На последней стадии происходит дегидрирование нафтеновых углеводородов с получением смеси ароматических изомеров.

#### ***Процесс Алифар***

В НПО "Леннефтехим" разработан процесс, аналогичный «Cyclar», под фирменным названием «Алифар». Основой технологического процесса

является термокаталитическое превращение алканов при давлении 0,1-0,3 МПа и температуре 520-560°С. В качестве катализатора используется сверхвысококремнеземный цеолит, модифицированный металлом (цинк, галлий) и сформированный с оксидом алюминия. Целевыми продуктами процесса являются бензол, толуол и ксилолы с качественными характеристиками, отвечающими требованиям действующих стандартов. В качестве побочного продукта образуется водород.

Химизм реакции заключается в дегидроциклодимеризации исходных пропана и бутана. Процесс протекает через промежуточные стадии дегидрирования алканов в алкены, их олигомеризацию и последующую циклизацию с отщеплением водорода.

### ***Процесс Арбен***

Аналогом процесса «Циклар» можно считать и процесс «Арбен», предназначенный для получения высокооктановых компонентов автомобильных бензинов и ароматических углеводородов из прямогонных бензинов, бензиновых фракций газовых конденсатов, попутных газов, широких фракций легких углеводородов (ШФЛУ), вторичных бензинов и олефинсодержащих газов нефтепереработки. Технология удобна для использования в районах нефтегазодобычи с недостаточно развитой транспортной сетью и промышленной инфраструктурой. Процесс проводится при температуре 400-500°С, конверсия исходного сырья составляет 40% при выходе кондиционного автобензина 70-85%. Катализатор готовят из высококремнеземного цеолита со связующими и другими компонентами, не налагающими никаких ограничений по их применению, хранению и утилизации. Расход катализатора менее 0,2 кг на тонну перерабатываемого сырья.

### ***Процессы изомеризации ЛБФ***

В настоящее время изомеризация является процессом получения наиболее экологичных высокооктановых компонентов автомобильных

бензинов. Поэтому в этой области повсеместно ведется активная разработка новых технологий и каталитических систем. Среди успешных разработчиков фигурируют такие фирмы как UOP, Axens, SudChemie, НПП «Нефтехим», ООО НПФ «Олкат» и ООО «ВНИИ Нефтехим». Катализаторы изомеризации вышеперечисленных фирм имеют преимущества и недостатки, и должны подбираться индивидуально для каждого отдельного случая. Наиболее распространенной основой для катализаторов изомеризации ЛБФ являются: цеолиты, оксид алюминия и сульфатированные оксиды металлов.

### ***Катализатор среднетемпературной изомеризации СИП 2 А***

Данная каталитическая система, представляющая композицию платины и промотора на носителе из смеси цеолита, оксида алюминия и модифицирующих добавок производства ООО НПФ «Олкат», позволяет проводить процесс при температуре 240-280°C и давлении 1,5-4 МПа с выходом катализата равном 97%. Октановое число продукта при использовании в качестве сырья пентан-гексановой фракции составляет 80 пунктов по исследовательскому методу (ИМ) [10]. Катализатор отличается большим межрегенерационным пробегом (1-2 года) и длительным сроком эксплуатации (5-7 лет).

### ***Процесс UOP O-T Zeolitic Isomerisation (Hysomer)***

Следуя тенденциям избавления вторичной нефтепереработки от процессов ароматизации ЛБФ, фирма UOP разработала их эффективную замену, позволяющую трансформировать установки каталитического риформинга или гидрокрекинга в предлагаемый процесс изомеризации [3].

Данная технология относится к процессам среднетемпературной изомеризации углеводородной фракции нк-71°C. Реакция изомеризации протекает при температуре 240-275 °C и давлении водорода в 21-35 кг/см<sup>2</sup>. Катализатором процесса служит высококремнеземный цеолит, под маркой

HS-10, с нанесенным на него благородным металлом подлежащим восстановлению. Отсутствие кислотных активаторов позволяет избежать коррозии оборудования [3].

Октановое число продукта по исследовательскому методу составляет 80 пунктов, выход катализата 97-98 %.

Также к цеолитным катализаторам среднетемпературной изомеризации относятся: IP-632 (Axens), Hysopar 5000 (SudChemie), СИ-1 (НПП «Нефтехим»), ИПМ-02 (ООО «ВНИИ Нефтехим»). В таблице 2 приведены некоторые характеристики перечисленных процессов [3].

Таблица 2 - Характеристики процессов среднетемпературной изомеризации.

Характеристика	Hysopar 5000 (Sud Chemie)	СИ-1 (НПП «Нефтехим»)	IP-632 (Axens)	ИПМ-02 (ООО «ВНИИ Нефтехим»)
Температура, °С	240-280	250-270	250-270	240-285
Давление, Мпа	3-3,2	3,0-4,0	1,5-3,0	2-3
ОСПЧ, ч <sup>1</sup>	2	1,5	1-2	1-3
Мольное соотношение	1,6:1	0,5:1	3-4:1	0,5:1
Октановое число «за проход» (ИМ)	78-80	83-86	80	78
Выход катализата	98,1	99	97	97

### ***Катализаторы изомеризации на основе хлорированного оксида алюминия***

Этот тип катализаторов обладает высокой активностью в реакциях изомеризации n-алканов при низких температурах, что позволяет достигать выхода катализата на уровне 98-99%, обладающего высоким октановым числом. Тем не менее следует заметить, что вследствие вымывания хлора происходит падение активности катализатора и повышение кислотности катализата. Эти недостатки легко решаются добавлением к сырью хлорорганических соединений и установки блока защелачивания

катализата. Также благородные металлы, входящие в состав каталитической системы, делают ее уязвимой к гетероатомным соединениям.

### ***Процессы «IpsorbIsom» и «HexoL Isom» фирмы Axens***

Представляют собой процессы изомеризации пентан-гексановой фракции в комплексе с молекулярными ситами. Процесс «Ipsorb» предполагает отделение нормальных алканов на молекулярных ситах и их рецикл с предварительной деизопентанизацией. В процессе «Hexorb» используются молекулярные сита и деизогексанизатор для отделения и рецикла н-пентана и метилпентанов [3].

Данные запатентованные процессы позволяют получить октановое число катализата до 92 пунктов по ИМ с соотношением углеводородов C5/C6 в сырье равном 0,65. Таких результатов позволяет достичь новый катализатор ATIS-2L, представляющий собой хлорированную окись алюминий с нанесенной на него платиной [3]. Для сохранения высокой активности требуется постоянная подача хлорорганических соединений, а также глубокая осушка и очистка сырья от гетероатомных соединений. ATIS-2L поставляется готовым для использования и не требует активации в реакторе, однако хранение, транспортировка и загрузка в реактор должны проводиться в инертной атмосфере.

### ***Процесс Пенекс***

Процесс предназначен для каталитической изомеризации пентана, гексана и их смесей. В качестве катализатора используется платина, нанесенная на фторированную окись алюминия [3]. Фирма UOP проводит их постоянную модернизацию с целью уменьшения содержания платины при сохранении каталитических свойств. К данному моменту для процесса “Penex” фирмой UOP предлагается несколько модификаций катализаторов изомеризации, подбираемых в зависимости от используемого сырья:

- I-122 - применяется в мягких режимах эксплуатации;
- I-82 - содержание платины 0,24%, данный катализатор подходит для изомеризации сырья с содержанием нафтендов и бензола более 15% и 2,5% соответственно. Допустимо использование в жестких условиях - с повышенным содержанием бензола и при возможных проскоках сырья с повышенным содержанием каталитических ядов;
- I-84 - содержание платины снижено по сравнению с I-82 до 0,18%, максимальное содержание нафтендов и бензола не выше 15% и 2,5% соответственно. Рекомендовано использование в условиях максимально близких к стандартным [3].

В России наиболее распространена модификация I-82, позволяющая снизить риски отравления и дезактивации катализатора. Процесс проводится при температуре 130-160 °С, давлении 3,0-3,5 МПа и объемной скорости подачи сырья 1,5-2,0 ч<sup>-1</sup>. Существует несколько вариантов оформления процесса:

- с рециклом н-гексана и метилпентанов (разделение в деизогексанизаторе);
- с рециклом н-пентана и н-гексана (разделение на молекулярных ситах процесса «Молекс»);
- с рециклом нормальных пентана и гексана, а также метилпентанов (с применением деизогексанизатора и молекулярных сит).

Получаемый изомеризат имеет октановое число 80 пунктов по ИМ при однопроходной схеме и от 88 до 92 пунктов по ИМ с применением схем рециркуляции. К недостаткам можно отнести необходимость добавки хлорорганических соединений к сырью, для поддержания активности катализатора, загрязнение изомеризата соляной кислотой, плохую устойчивость к проскокам серы, азота и воды, а также невозможность регенерации.

### ***Процесс Par-Isom***

Процесс Par-Isom относится к процессам низкотемпературной изомеризации, т.к. проводится при температуре около 180°C и давлении 20-30 кг/см<sup>2</sup>. Сырьем являются нормальные пентан, гексан и их смеси. Катализатор LPI- 100 представляет собой сульфированный оксид циркония, активность которого приближается к хлорированному оксиду алюминия, при этом он обладает более высокой стойкостью к серо- и азотсодержащим соединениям и влаге. Данный катализатор используется на установке 35/5 в ОАО «ЛУКОЙЛ- Нижегороднефтеоргсинтез». Процесс проводится в трех последовательно расположенных реакторах. Сырье - фракция н.к.-85°C. Температура газосырьевой смеси на входе в реакторы составляет 165°C. Выход изомеризата с октановым числом 81-82 пункта (по ИМ) равен около 96,8% масс. Низкая чувствительность катализатора к влаге устраняет необходимость в осушителях сырья[3].

Для замены катализатора первого поколения LPI-100 были созданы катализаторы PI-242 и PI-244, обладающие улучшенными характеристиками. Октановое число изомеризата составляет 82 пункта по ИМ без использования рециркуляции. Отсутствие в схеме блоков осушки сырья и защелачивания изомеризата приводит к тому, что капитальные затраты для процесса с использованием катализатора PI-242 ниже, чем для процесса на хлорированном алюмоплатиновом катализаторе. Возможно точное применение данного катализатора для модернизации установок с цеолитными катализаторами с целью повышения октанового числа продукта и производительности установки без введения в схему дополнительного оборудования, за счет его более высокой активности.

### ***Катализаторы изомеризации н-бутана и н-пентана***

В настоящее время нефтехимическая промышленность потребляет огромное количество низкомолекулярных изо парафиновых углеводородов, в частности изобутана и изопентана, которые главным образом расходуются на производство синтетического каучука, а также

высокооктановых добавок для производства бензинов - МТБЭ, ЭТБЭ, ТАМЭ. Основным способом производства изобутана и изопентана является изомеризация узких углеводородных фракций - бутановой и пентановой фракций, вырабатываемых на ГФУ. В таблице 3. приведены катализаторы, используемые в процессах изомеризации нормальных парафинов.

Высокотемпературный катализатор ИП-62ВК представляет собой фторированный  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  модифицированный платиной. Достоинством данного катализатора является возможность изомеризации не осушенного и не гидроочищенного углеводородного сырья. Содержание платины 0,55 % масс.

Катализатор среднетемпературной изомеризации ИПМ-02 производства ООО «ВНИИ Нефтехим» используется для изомеризации н-пентана в изопентан и представляет собой фторированный  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  модифицированный платиной. Устойчив к воздействию гетероатомных углеводородов и влаги. Содержание платины 3,0-4,0 % масс.

НИП-3А представляет собой класс катализаторов низкотемпературной изомеризации и является композицией хлорированного  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  и платины (содержание 0,25-0,3 % масс.). Требуется адсорбционная доочистка сырья и нейтрализации кислых газов.

Катализатор ИПК-2С представляет собой сульфатированную смесь оксидов циркония и алюминия с равномерно распределенной платиной. В процессе эксплуатации не требует подачи хлорорганических соединений и нейтрализации кислых газов.

Таблица 3 - Условия эксплуатации катализаторов процесса изомеризации н-бутана и н-пентана.

Характеристика	ИП-62ВК	ИПМ-02 (ООО «ВНИИ Нефтехим»)	НИП-3А	ИПК-2С
1	2	3	4	5
Температура, °С	360-400	240-285	140-200	160-200
Давление, Мпа	3,5	2,0-3,0	2,0-3,0	1,0-2,0

## **Глава-II. Вопросы автоматизации процесса каталитической изомеризации.**

### **2.1. Разработка функциональная схема автоматизации процесса каталитической изомеризации.**

Функциональная схема автоматизации является одним из основных проектных документов, определяющих функциональную структуру и объем автоматизации каталитической изомеризации.

Она представляет собой чертеж, на котором схематически условными обозначениями изображены: технологическое оборудование; коммуникации; органы управления и средства автоматизации (приборы, регуляторы, вычислительные устройства) с указанием связей между технологическим оборудованием и элементами автоматики, а также связей между отдельными элементами автоматики.

Вспомогательные устройства, такие, как редукторы, фильтры для воздуха, источники питания, соединительные коробки и другие монтажные элементы, на ФСА не показывают.

На рис.5. представлена функциональная схема автоматизации процесса каталитической изомеризации выполненная нами упрощенным способом.

В процессе варки целлюлозы сдувочные газы из варочных котлов направляются в систему регенерации SO<sub>2</sub> для укрепления сырой сульфитной кислоты.

Сдувочные газы поступают через эдукторы 1 в цистерны высокого и низкого давления. Сырая сульфитная кислота насосом подается в цистерну низкого давления, из которой затем транспортируется в цистерну высокого давления.

Варочная кислота из цистерны высокого давления подается в варочный цех. Укрепление кислоты осуществляется путем циркуляции ее через эдукторы во время поступления сдувочных газов.

Подача сырой кислоты в цистерну низкого давления или подкачка кислоты в цистерну высокого давления происходит лишь при падении уровня в цистернах до минимума.

Контроль давления в линиях сдувочных газов (поз. *PI-9* и *PI-19*) и контроль давления в линиях подачи кислоты к эдукторам (поз. *PI-15* и *PI-26*) осуществляются манометрами по месту.

Регулирование расхода непоглощенных газов из цистерны высокого давления в цистерну низкого давления отражено на поз. *PRC-18*, а расходнепоглощенных газов из цистерны низкого давления в кислотные баки – на поз. *PRC-1*.

Рабочее давление в парогазовой фазе цистерны низкого давления составляет 1,5 кгс/см<sup>2</sup> (поз. *PRA-11*). При достижении давления в цистерне 5,0 кгс/см<sup>2</sup> срабатывает световая и звуковая сигнализация. Если не будут приняты меры по снижению давления в цистерне и оно достигнет 6 кгс/см<sup>2</sup>, электроконтактный манометр (поз. *PSIA-10*) закроет клапан (поз. *HSA-10*) на подаче сдувок в цистерну.

Рабочее давление в парогазовой фазе цистерны высокого давления составляет 3,0 кгс/см<sup>2</sup> (поз. *PRA-21*). При достижении давления в цистерне 5,5 кгс/см<sup>2</sup> срабатывает световая и звуковая сигнализация. В случае превышения верхнего (предела 10 кгс/см<sup>2</sup>) электроконтактный манометр (поз. *PISA-20*) закроет клапан поз. *HSA-20* на подаче сдувок в цистерну.

При понижении уровня в цистерне низкого давления до минимального (поз. *LRSA-13*) открывается задвижка поз. *HSA-8.1* и закрывается задвижка *HSA-8.2*.

Происходит подпитка цистерны, и на пульте оператора включается лампочка “Подкачка кислоты в цистерну низкого давления”. При повышении уровня в цистерне до максимального задвижка поз. *HSA-8.1* закрывается, а задвижка на трубопроводе кислоты из цистерны открывается (поз. *HSA-8.2*).

Лампочка “Подкачка кислоты в цистерну низкого давления” гаснет.

При понижении уровня в цистерне высокого давления до минимального (поз. *LRSA-24*) открывается задвижка поз. *HSA-17* и закрывается задвижка поз. *HSA-27*. Происходит подпитка цистерны.

На пульте оператора включается лампочка ”Подкачка кислоты в цистерну высокого давления”.

При повышении уровня в цистерне до максимального задвижка поз. *HSA-17* закрывается, а задвижка на трубопроводе кислоты из цистерны открывается (поз. *HSA-27*).

Лампа “Подкачка кислоты в цистерну высокого давления” гаснет. Предусмотрена возможность дистанционного управления клапанами с пульта оператора, этому соответствует обозначение *HSA* у всех клапанов.

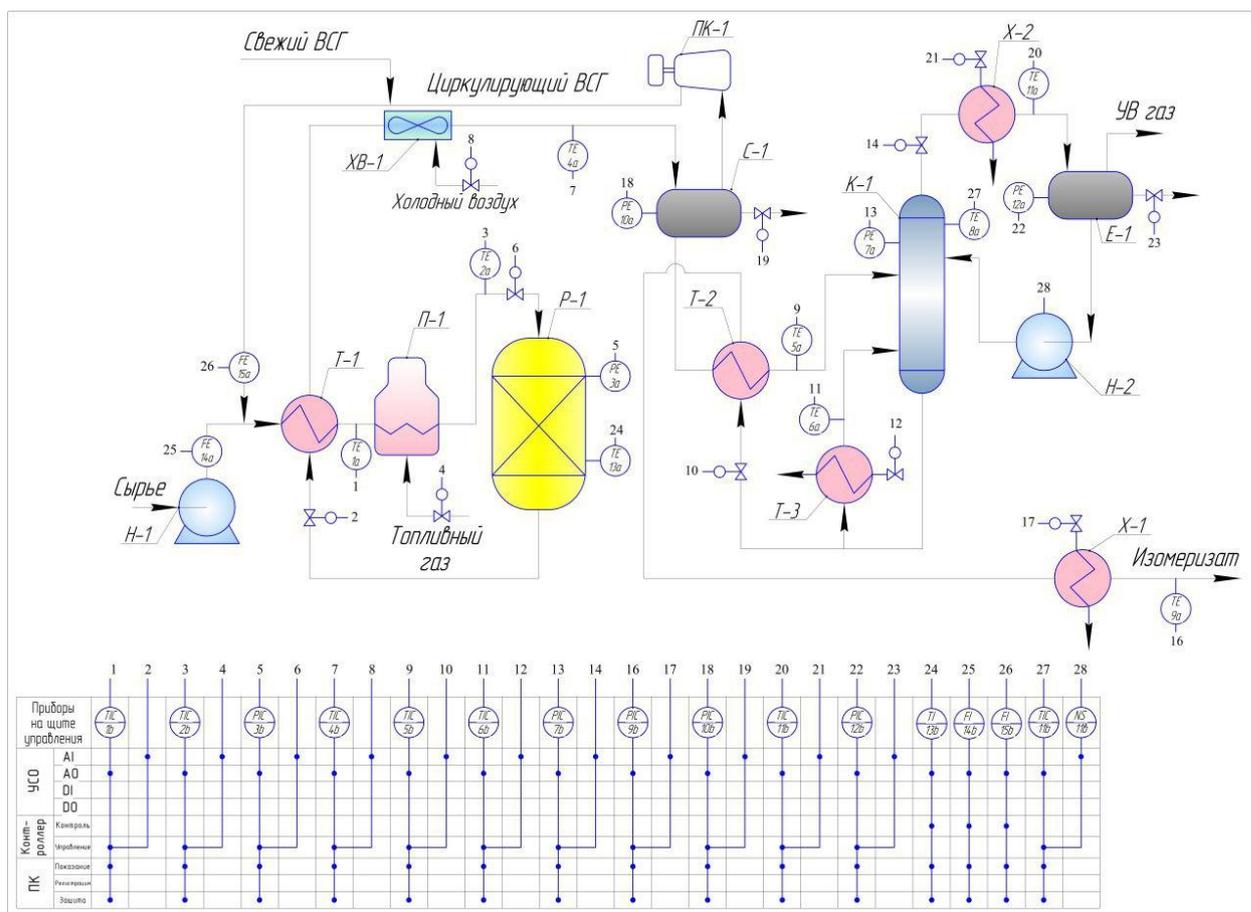


Рис. 5. Функциональная схема автоматизации процесса каталитической изомеризации

## **2.2. Выбор и обоснование датчиков, исполнительных механизмов процесса каталитической изомеризации**

### ***Выбор первичных измерительных преобразователей температуры***

В процессе выбора первичных измерительных преобразователей температуры необходимо учитывать предельные значения температур и давлений, в диапазоне которых можно применять различные первичные измерительные преобразователи температуры, а также характеристики выходного сигнала первичных измерительных преобразователей. Названные параметры в значительной степени определяют выбор того или иного первичного измерительного преобразователя температуры. В качестве первичных преобразователей температуры используют термопреобразователи сопротивления (ТПС) и термоэлектрические преобразователи (ТЭП).

Термопреобразователи выпускаются двух видов – погружаемые и поверхностные.

Для правильного выбора термопреобразователей необходимо знать параметры измеряемой среды, такие, как диапазон изменения измеряемой температуры или максимальное значение температуры, давление, размеры трубопровода, газохода, воздуховода, технологического аппарата и т. п.

При выборе типа погружаемых термопреобразователей необходимо обратить внимание на следующие факторы: область применения, пределы измерения, класс допуска, монтажную длину, особенность конструкции, условное давление, на которое рассчитан защитный чехол, инерционность.

Пределы измерения конкретных типоразмеров термопреобразователей указаны в справочной литературе и каталогах заводоизготовителей.

Технические термопреобразователи сопротивления имеют классы допуска *A*, *B* и *C*. При классе допуска *A* предел основной допускаемой погрешности имеет минимальное значение, а при классе допуска *C* –

максимальное значение. Технические термоэлектрические преобразователи имеют классы допуска 1, 2 и 3.

При классе допуска 1 предел основной допускаемой погрешности имеет минимальное значение, а при классе допуска 3 – максимальное значение.

В диапазоне измерений  $-50...+200$  С следует применять медные термопреобразователи сопротивления. При измерении более высоких температур применяют платиновые ТПС и ТЭП различных градуировок. Платиновые термопреобразователи сопротивления следует применять при необходимости обеспечения повышенной точности в диапазоне измеряемых температур  $-50...+500$  С. В других случаях следует применять термоэлектрические преобразователи. На ТЭС чаще всего применяются хромель-копелевые L(ХК) и хромель-алюмелевые К(ХА) ТЭП. Для измерения температуры поверхностей теплоэнергетического оборудования в конкретной точке, например, температуры вкладышей подшипников дымососа и т. п. применяют поверхностные ТПС или ТЭП.

Для погружаемых термопреобразователей сопротивления и термоэлектрических преобразователей определяют монтажную длину.

Приблизительно монтажную длину термопреобразователей, устанавливаемых натрубопроводах, определяют по формуле

$$L = h + S + 0,5D,$$

где  $L$  – монтажная длина термопреобразователя;

$h$  – высота бобышки,  $h = 50$  мм;

$S$  – толщина стенки трубопровода;

$D$  – внутренний диаметр трубопровода.

По полученному в результате расчета значению  $L$  выбирают стандартную монтажную длину термопреобразователя из ряда значений: 120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000 мм. При этом необходимо учитывать, что рабочий конец ТЭП должен быть погружен до центра трубопровода, а ТПС – на 10...20 мм ниже осевой

линии трубопровода, так как термопреобразователи ТПС и ТЭП имеют различные конструкции чувствительных элементов. Монтажную длину термопреобразователей для измерения температуры воздуха рекомендуется выбирать равной 500 мм, а для измерения температуры дымовых газов – 800 мм.

Защитные чехлы первичных измерительных преобразователей температуры рассчитаны на рабочие давления, не превышающие 6,4 МПа.

В трубопроводах теплоэнергетических объектов давление чаще всего превышает эту величину. Поэтому первичные измерительные преобразователи температуры необходимо устанавливать в защитные гильзы.

### *Цифровой измеритель температуры THERMOCONT TS*



*Рис.6. Измеритель температуры THERMOCONT TS*

Измерители температуры THERMOCONT TS предназначены для постоянного измерения температуры и подходят для общепромышленного применения.

Датчики THERMOCONT TS отличает простота эксплуатации в сочетании с улучшенными техническими характеристиками. Большой

выбор специальных исполнений значительно расширяет возможности применения в опасных условиях.

### ***Преимущества выбора датчика температуры THERMOCONT TS***

Датчики температуры THERMOCONT TS разработаны по самым современным стандартам и выгодно отличаются от аналогов рядом преимуществ:

- универсальное применение с газами, жидкостями, парами и другими материалами, в том числе взрывоопасными и агрессивными,
- специальный светодиодный дисплей для индикации результатов измерения и состояний прибора,
- возможность установки в трубы, емкости различной формы, печи и другое оборудование,
- наличие взрывозащищенных исполнений,
- специальное противоударное исполнение,
- совместимость с широким диапазоном температур контролируемого материала,
- повышенная защита корпуса от проникновения пыли и воды,
- измерение температуры на глубине до 3м,
- простота установки и подключения,
- возможность специальной настройки в зависимости от условий применения,
- отсутствие необходимости тщательного ухода и технического обслуживания.

### ***Область применения датчиков температуры серии THERMOCONT TS***

Цифровой преобразователь температуры THERMOCONT TS рассчитан на общепромышленное применение с различными видами газовых сред, жидкостей, паров и других материалов. Взрывобезопасное исполнение позволяет применять датчики серии THERMOCONT TS на

опасных производствах и в суровых промышленных условиях. Измерители могут применяться в таких отраслях как:

- нефтегазовая отрасль,
- металлургическая промышленность,
- сельское хозяйство,
- машиностроение,
- транспортная отрасль и многие другие.

### ***Принцип работы компактного цифрового измерителя температуры THERMOCONT TS***

Преобразователи температуры серии THERMOCONT TS имеют простой принцип работы. Измерительный зонд датчика опускается в емкость или трубу. Датчик устройства измеряет текущий уровень температуры и передает данные на электронный преобразователь. В результате преобразователь формирует выходной сигнал управления, передаваемый на подключенное оборудование.

### ***Основные характеристики температурного преобразователя серии THERMOCONT TS***

Широкие возможности совместимости обеспечиваются универсальными техническими характеристиками датчиков THERMOCONT TS:

- датчик температуры – термометр сопротивления Pt100 или термопара J, K,
- совместимая температура рабочего процесса – от -50°С до +600°С,
- совместимое давление рабочего процесса – до 25 бар,
- длина измерительного элемента – от 60мм до 3м,
- выходы управления – токовый 4...20мА, 2 переключателя PNP,

- напряжение питания – 10...36В DC,
- температура эксплуатации в пределах от -20°C до +80°C,
- класс защиты IP67.

Параметры технологического присоединения и точность работы датчика температуры THERMOCONT TS зависят от выбранной модели[4].

### ***Выбор измерительных преобразователей давления***

Различают измерительные преобразователи и приборы для измерения избыточного давления в пределах от 0 до 100 МПа, напора – до 40 кПа, разрежений – до 40 кПа и вакуума – до 0,1 МПа; а также разностей (перепадов) давлений – до 16 МПа. Кроме этих основных технических характеристик, при выборе измерительных преобразователей давления необходимо учитывать следующие факторы:

- характер изменения измеряемого давления во времени (давление не изменяется, изменяется плавно, является пульсирующим);
- влияние среды, давление которой измеряется, на материал чувствительного элемента измерительного преобразователя;
- предельное рабочее давление (для датчиков перепада давления).

Пределы измерений измерительных преобразователей давления выбирают из ряда значений, приведенных в каталогах заводовизготовителей средств автоматизации и справочниках.

Измерительный преобразователь давления или деформационный манометр должен иметь такой диапазон измерений, чтобы плавно изменяющееся измеряемое давление находилось в пределах 1/2...3/4 этого диапазона, а пульсирующее давление – в пределах 1/3...2/3 диапазона измерений.

Например, для измерения разрежения, которое изменяется в пределах –35...–65 кПа при использовании измерительного прибора с входным сигналом 0...5 мА выбирают измерительный преобразователь давления с

выходным сигналом 0...5 мА типа Сапфир-22ДВ, пределы измерения которого составляют –100...0 кПа.

В качестве первичных измерительных преобразователей давления на ТЭС широко используют преобразователи типов МЭД с дифференциально трансформаторной системой передачи, МПЭ – с компенсацией магнитных потоков, Сапфир-22ДИ и Метран-43ДИ – с унифицированным выходным токовым сигналом 0...5 мА, 0...20 мА и 4...20 мА.

### ***Преобразователь давления СДВ-И-4,0 МПа-0,25-4-20мА-М20х1,5***

Взрывозащищенные датчики МИДА-13П-Ех предназначены для работы только от искробезопасных входов блоков питания (барьеров искрозащиты). Искробезопасность электрических цепей взрывозащищенных датчиков достигается за счет выполнения конструкции датчиков в соответствии с требованиями ГОСТ Р51330.10-99, а также за счет ограничения тока и напряжения в электрических цепях до искробезопасных значений.



*Рис.7. Преобразователь давления СДВ-И-4,0 МПа-0,25-4-20мА-М20х1,5*

### ***Технические характеристики***

Область применения	общепромышленные системы, контроля и регулирования, в т.
--------------------	--

	ч. атомная электроэнергетика
Рабочая среда	жидкости и газы, неагрессивные к титановым сплавам и нержавеющей сталям
Диапазон измеряемых давлений, МПа	0-0,01; 0-0,016; 0-0,025;
	0-0,04; 0-0,06; 0-0,1; 0-0,16; 0- 0,25; 0-0,4;
	0-0,6; 0-1; 0-1,6; 0-2,5; 0-4; 0-6; 0-10; 0-16;
	0-25; 0-40; 0-60; 0-100; 0-160
Основная погрешность, $\pm\%$	0,15; 0,2; 0,25; 0,5
Диапазон рабочих температур, $^{\circ}\text{C}$	-40 ... +80
Дополнительная погрешность в диапазоне рабочих температур, не более, %	1,6 (для 0,15);
	2 (для 0,2 и 0,25%);
	3 (для 0,5%)
Выходной сигнал (линия)	4-20 мА (2-проводная); *U <sub>н</sub> -U <sub>в</sub> В (3-проводная)
Напряжение питания, В	от блока питания и преобразования сигнала
Блоки питания и преобразования сигнала датчиков, барьеры искрозащиты	МИДА-БПП-102-Ех; МИДА- БИЗ-105-Ех; МИДА-БИЗ-107-Ех
Потребляемый ток, не более, мА	20,2 (для 4-20 мА); 10 (для U <sub>н</sub> - U <sub>в</sub> В)
Вид и маркировка взрывозащиты	искробезопасная электрическая цепь;
	0ЕхiaIICT4 (для 4-20 мА);
	Р0ЕхiaI/0ЕхiaIICT4 (для U <sub>н</sub> -U <sub>в</sub> В)
Пылеводозащищенность	IP65
Климатическое исполнение	У**2 -для давления свыше 0,025 Мпа;
	УХЛ**3.1 – для давления 0,025 Мпа и ниже.
Устойчивость по механике	G2
Тип подключения	сальник пластмассовый: прямой (ПП), угловой (УП);
	сальник металлический: прямой (ПМ), угловой (УМ);
	прямой под металлорукав (ПММ),

	угловой под металлорукав (УММ);
	разъём РСГ4ТВ (ПР), разъём 2РМГ22 (УР2), разъём 2РМГ14 (УР3),
	разъём 2РМГ14 (УР4), разъём 2РМГ22 (УР5)
Тип штуцера	М20 x 1,5; М12 x 1,5
Масса, не более, кг	0,5
Номер технических условий	ТУ4212-044-18004487-2003
Свидетельство об утверждении типа средств измерений	RU.C.30.004.A № 44075
Сертификат о признании утверждения типа средств измерений Республикой Казахстан	№8110
Сертификат об утверждении типа средств измерений Республикой Беларусь	№8282
Свидетельство о признании утверждения типа средств измерительной техники Украиной	№UA-MI/3p-697-2009(Серия Е №001948)
Номер в Госреестре средств измерения РФ	17636 - 06
Номер в Реестре Республики Казахстан	KZ.02.03.04490-2012/17636-06
Номер в Реестре Республики Беларусь	РБ 03 04 1428 12
Номер в Реестре Украины	17636-06
Сертификат соответствия по взрывозащите	№ TC RU C-RU.ME92.B.00105
Разрешение на применения	№ РРС 00-37981

### ***Выбор измерительных преобразователей расхода.***

Измерение расходов жидкостей, газов и пара в теплоэнергетике в основном производится расходомерами переменного перепада давления. В состав этих расходомеров входят первичные измерительные преобразователи, промежуточные преобразователи, функциональные преобразователи и измерительные приборы.



В качестве первичных измерительных преобразователей используют стандартные сужающие устройства. Сужающие устройства (СУ) предназначены для создания перепада давления, по величине которого определяют расход различных рабочих сред.

К стандартным сужающим устройствам относятся диафрагмы, сопла, сопла и трубы Вентури, которые устанавливают на трубопроводах диаметром 50...1000 мм при избыточном давлении измеряемой среды, не превышающем 40 МПа.

Если избыточное давление измеряемой среды больше 10 МПа, то предпочтительнее применять сопла. Сужающие устройства при избыточном давлении измеряемой среды, не превышающем 10 МПа, крепятся во фланцах, а свыше 10 МПа – ввариваются в трубопровод.

Диафрагмы имеют простую конструкцию, однако сопла позволяют измерять большие расходы и в ряде случаев обеспечивают более высокую точность, чем диафрагмы при одних и тех же значениях перепада давления.

Кроме того, для установки сопел требуются более короткие прямые участки трубопроводов. СУ изготавливаются из нержавеющей сталей марок 1Х18Н10Т,

X17H13M2T, OX13, OX17T и др. Сварные диафрагмы и сопла изготавливаются, как правило, на заводах-изготовителях технологического оборудования и поставляются совместно с оборудованием.

Пример заказа сварного СУ. Тип сопла записывают следующим образом: СКС-250-300 – сопло камерное сварное на  $P = 25$  МПа и  $DY = 300$  мм. Значение условного давления  $P$  и  $U$  определяют по табл.1. Значение условного диаметра  $D$  выбирают из ряда: 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 90, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 450, 500, 600 мм и т.д.

Для ликвидации гидростатической погрешности, обеспечения равенства плотности жидкости и защиты упругих чувствительных элементов промежуточных преобразователей (дифференциальных манометров) от механических и химических воздействий измеряемой среды между СУ и промежуточными преобразователями в непосредственной близости к СУ монтируют различные специальные сосуды.

При измерении расхода пара применяют конденсационные сосуды, агрессивных сред (мазут, природный газ, кислота и т. п.) – разделительные сосуды, горячей воды с температурой более  $120$  °С – уравнивательные сосуды. Выбор соответствующего сосуда производится по условному давлению  $P$ , на которое он рассчитан.

Промежуточные преобразователи расхода предназначены для преобразования перепада давления в электрический сигнал. В качестве промежуточных измерительных преобразователей расхода на ТЭС широко используют преобразователи типов ДМ с унифицированным выходным сигналом взаимной индуктивности  $0 \dots 10$  мГн, ДМЭР-МИ и ДСЭР-МИ, Сапфир-22ДД и Метран-43ДД с унифицированными токовыми сигналами  $0 \dots 5$  мА,  $0 \dots 20$  мА и  $4 \dots 20$  мА.

## *Пневматический запорно-регулирующий клапан на давление PN16-40*

Предлагаем к поставке клапан пневматический регулирующий и запорно-регулирующий клапан. Осуществим доставку по России и в страны СНГ.

Пневматические запорно-регулирующие клапаны серии esoflo®-GV спроектированы для регулирования потоков жидкостей, газов и пара в трубопроводах размерностью от DN15 (1/2") DN700 (28").

Проходные клапаны являются традиционным решением для большинства областей промышленного применения благодаря долговременной герметичности седла, надежной конструкции и широкой гамме конструкционных материалов. Они применяются в основном для целей регулировки, благодаря правильным характеристикам потока при использовании их для этой цели.



*Рис.9. Пневматические запорно-регулирующие клапаны  
PN16-40*

Типичными примерами применения регулирующих седельных клапанов являются регулировка температуры, давления, расхода и уровня.

Однако существует намного больше областей их применения: везде, где присутствует автоматизация производства.

Производимые в Турции в соответствии с системой гарантии качества ISO 9001:2008, пневматические клапаны серии esoflo®-GV применяются практически во всех отраслях промышленности, таких как химическая и нефтехимическая, энергетическая, металлургическая, целлюлозно-бумажная, пищевая и фармацевтическая, водоочистка, а также в автоматизации текстильного, пищевого, упаковочного оборудования.

***Основные технические характеристики:***

- Класс давления PN16-40;
- Фланцевое, резьбовое или сварное соединение;
- Класс герметичности IV, V или VI;
- Сертификация материалов и испытаний по международным стандартам;
- Рабочая температура -200...+550°C;
- Температура окружающей среды -60...+80°C;
- Пневматические приводы с мембраной площадью от 80 до 3000 см<sup>2</sup>, с поршнем диаметром от 50 до 125 мм;
- Стандартное исполнение: нормально закрытое (воздух на открытие) или нормально открытое (воздух на закрытие);
- Аналоговый или цифровой позиционер;
- Защита IP66-IP68, модели во взрывозащищенном исполнении
- Безаварийная работа с применением воздушных фильтров-регуляторов;
- Ручное управление – опционально;
- Концевые выключатели, воздушные соленоиды, реле блокировки, бустер и другие вспомогательные аксессуары – опционально [4].

### 2.3. Выбор и обоснование микроконтроллера

В настоящее время микропроцессорная техника внедряется во все сферы деятельности человека. И современную автоматизацию трудно представить без участия в ней микропроцессорных средств. Взять хотя бы компьютер, знакомый всем со школьной скамьи. А ведь этот самый компьютер - одно из важнейших программно-технических средств автоматизации. Есть еще одно микропроцессорное устройство, хорошо известное в кругу специалистов по автоматизации, - контроллер. Как и компьютер, контроллер - обязательный компонент любой современной системы управления. Контроллер получил свое название от слова control - управление. Уже из названия становится понятным, что основное назначение этого устройства - управление. Первая основная область применения контроллеров (80-е годы прошлого столетия) - дискретные системы управления, в основу функционирования которых положена логика. Так появилось название этих устройств, сохранившееся до настоящего времени - программируемые логические контроллеры (ПЛК).

Следует отметить, что современные ПЛК далеко ушли в своем развитии от ранних представителей этого класса технических средств автоматизации. За последние 8-10 лет существенно расширились их функции и вычислительные возможности. Сегодня ПЛК способны решать задачи по управлению сложными объектами как в непрерывных, так и в дискретных производствах.

Мы выбрали контроллеры серии WinCon-8000, изготовленные Тайваньской компанией ICP DAS для автоматизации процесса распространения пропана и бутана из нефти. Эти средства управления, в первую очередь, очень важны для автоматизации технологических процессов в установках и агрегатах химической промышленности. Во-вторых, эти элементы управления позволяют разрабатывать структурированный текст на языке ST, включая S, C ++, и этот параметр

позволяет программисту самостоятельно управлять широким спектром программного обеспечения в автоматизации процессов. В-третьих. Контроллеры серии WinCon-8000 являются партнерами с компьютерами на базе RS. Вы можете настроить или изменить программное обеспечение, настроив программное обеспечение на Rs, установив его в память управления и подключив его к монитору и клавиатуре.

Контроллер WinCon-8000 имеет возможность выполнять функции бавае в соответствии с сутью проблемы. В частности, информация о параметрах технологического процесса и обработке оборудования, хранении технологической и вспомогательной информации, автоматическая обработка технологической информации, развитие управленческого воздействия, дискретное управление и настройка, выполнение инструкций из контрольной точки, самодиагностика может осуществлять обмен информацией с высоким уровнем управления [5].

Серия WinCon-8000 управляет лучшими функциями контроллеров I-7000 и I-8000, с которыми в серии Intel Strong ARM имеется высокоскоростной микропроцессор и 64 МБ ОЗУ с тактовой частотой 206 МГц. WinCon-8000 состоит из отдельных блоков (рис.10). Его корпус состоит из негорючих пластмасс, который включает в себя централизованный процессор, встроенный блок питания, панель управления, коммуникационные порты и соединительную плату для модулей ввода и удаления.

Элементы управления могут быть легко смонтированы на DIN-рейке или панели, и для установки не требуются дополнительные элементы потребления. Конструкция элементов управления построена на панели управления, а также позволяет открывать и устанавливать слоты для установки (замены) выходного модуля или коммуникационных терминалов.

Элементы управления поддерживают все режимы параллельных или последовательных интерфейсов. Кроме того, серия I-7000 может работать с

контроллерами ввода / вывода с дистанционным управлением. Все его модули оснащены простыми в использовании и простыми в использовании взрывонепроницаемыми разъемами для винтовых внешних кабелей.



Рис. 10. Программируемый логический контроллер WinCon-8000

В отличие от I-8000, WinCon-8000 имеет не только интерфейсы RS-232 и RS-485, но также интерфейсы USB и Ethernet, а также интерфейсы VGA и PS / 2, которые позволяют подключать клавиатуру, монитор и мышь.

Таким образом, эти промышленные средства управления функционируют на персональном компьютере, что значительно облегчает программирование и расширение его применения. Вы также можете настраивать и настраивать программное обеспечение управления непосредственно в элементах управления, а также интерфейсы клавиатуры и монитора, поэтому WinCon может контролировать функциональность контроллера и операторской станции. Для этой цели, если система SCADA установлена достаточно, например, когда режим трассировки настроен, элементы управления могут выполнять функцию современного интерфейса оператора.

Элементы управления WinCon-8000 имеют встроенную операционную систему Microsoft Windows CE .NET, которая описывает операционную систему, которая работает в режиме реального времени. Эта операционная система поддерживает последовательность приоритетов процессов и обеспечивает управляемый уровень управления, такой как классический контроль.

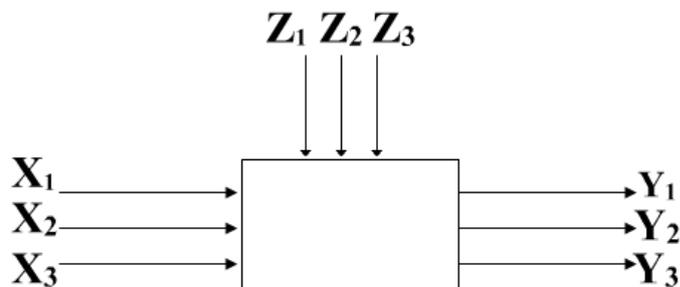
Интерфейс операционной системы позволяет создавать программы на любом носителе, который принадлежит такой среде. Как уже упоминалось выше, эти элементы управления имеют возможность создавать программу управления в Visual Basic .NET, Visual C #, S и Embedded Visual C ++, что позволит нам разработать программу управления на определенном этапе независимой автоматизации процесса фракционирования пропана и бутана из нефти.

#### **2.4. Исследование устойчивости контура регулирования**

Объект изомеризации - Температура изомеризата в реакторе. Температура пара регулируется для регулирования расхода пара для колонны.

Элементы управления WinCon-8000 выбираются таким образом, чтобы температура продукта находилась в диапазоне 170-190 ° С. Элементы управления перемещают привод электродвигателя в направлении сигнала, поступающего от датчика, и изменяет расход нагретого пара.

Параметрическая диаграмма растрового объекта показана на рис.11:



$x_1, x_2, x_3$  - настраиваемые параметры;

$y_1, y_2, y_3$  - переменные параметры;

$z_1, z_2, z_3$  - обратимые эффекты.

Столбец исправления - параметр  $x_1$  на заданном объекте, изменение потребления пара;

$y_1$  - отрегулированный параметр, температура продукта в реакторе;

$z_1$  - обратимые эффекты - избыточное давление внутри колонны, изменен

Согласно технологическим регламентам, физические параметры должны храниться в указанных пределах.

Температура продукта в реакторе составляет 170-190 °С.

В состав системы MATLAB входит пакет моделирования динамических систем Simulink. Данный пакет имеет широкие возможности для реализации методов теории автоматического регулирования при исследовании динамики автоматических систем. Воспользуемся пакетом Simulink для математического моделирования нашей системы.

Задачей исследуемой системы регулирования является поддержание постоянного давления в линии подачи строго орошения в верх колонны отбензинивания с коррекцией по температуре верха колонны.

Необходимость регулирования объясняется тем, что давление бензина непосредственно определяет степень нагрева верха реактора, а последняя оказывает существенное влияние на процесс отбензинивания нефти. Этим же фактом определяются и основные требования, предъявляемые к

быстродействию и точности контура регулирования: изомеризат на выходе должны быть нагреты до температуры 190 °С.

Регулирование давления с коррекцией по температуре заключается в том, что заданное значение давления сырья вычисляется в каждом цикле работы программы управления по методике, учитывающей изменение температуры поров (используется линейная зависимость). Поскольку при проведении исследований реальное управляющее воздействие заменяется единичным ступенчатым сигналом, учета факта коррекции не требуется [6], и все результаты, полученные для принятой системы, будут справедливы и для исходной. Функциональная схема контура регулирования представлена на рис.12.

Объектом управления является регулируемый клапан (PN16-40 на функциональной схеме); его выходным параметром является проходное сечение клапана. Участок трубопровода, соединяющий клапан с датчиком давления, осуществляет передачу среды (ЛБФ) и ее давления, преобразуя  $S(t)$  в  $P(t)$ .  $P(t)$  является входным сигналом для датчика давления (СДВ-И). Сигнал с датчика –  $Y(t)$ , поступает в сумматор, где сравнивается с вычисленным задающим воздействием  $Y_{зад}(kT(t))$ .

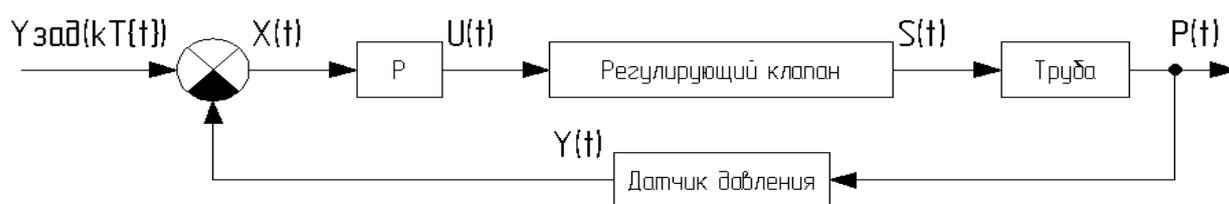


Рис.12. Функциональная схема контура регулирования

В результате сравнения формируется ошибка  $X(t)$ , поступающая в логическую часть ПИД-регулятора. На выходе регулятора формируется управляющий сигнал  $U(t)$ , определяющий степень открытия клапана.

Особенностью полученной схемы является наличие отрицательной обратной связи выхода системы с ее входом, которая служит для

измерения результата действия системы, причем обратная связь не является единичной.

Опишем каждый элемент функциональной схемы передаточной функцией. Будем считать, что сумматоры, используемые в схеме, ни на что влияют, то есть имеют единичные передаточные функции.

*Датчик давления.* На линии подачи изомеризата установлен интеллектуальный датчик избыточного давления СДВ-И-4,0 МПа-0,25-4-20мА-М20х1,5. В технической документации на датчик [6] указано, что датчик имеет свойства инерционного звена, со временем отклика сенсорного модуля  $T_c = 0,043$  с. Дополнительно, в датчике установлено время демпфирования  $T_d = 1$  с, необходимое для устранения влияния пульсаций при подаче мазута. Время демпфирования добавляется к времени отклика сенсора, т.е. общее время отклика датчика:

$$T_{\text{дд}} = T_c + T_d = 0,043 + 1 = 1,043 \text{ с. (1)}$$

Встроенный процессорный блок датчика позволяет корректировать собственную нелинейность и воздействие внешних влияющих факторов.

Т.о. датчик давления можно представить типовым инерционным звеном:

$$W_{\text{дд}}(p) = \frac{k_{\text{дд}}}{T_{\text{дд}} \cdot p + 1}. \quad (2)$$

Коэффициент кдд определим, исходя из условий: минимальному давлению мазута  $P_{\text{min}} = 2 \text{ МПа (} 2 \cdot 10^6 \text{ Па)}$  соответствует выходной сигнал датчика  $Y_{\text{min}} = 4 \text{ мА (} 0,004 \text{ А)}$ , а максимальному –  $P_{\text{max}} = 4 \text{ МПа (} 4 \cdot 10^6 \text{ Па)}$  соответствует выходной сигнал датчика  $Y_{\text{max}} = 20 \text{ мА (} 0,02 \text{ А)}$ . Тогда:

$$k_{\partial\partial} = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} = \frac{0,020 - 0,004}{(4 - 2) \cdot 10^6} = 8 \cdot 10^{-9}. \quad (3)$$

Подставив (1) и (3) в (2), получим передаточную функцию в численном виде:

$$W_{\partial\partial}(p) = \frac{8 \cdot 10^{-9}}{1,043 \cdot p + 1}.$$

*Труба.* Принимая во внимание малую длину трубы между регулирующим клапаном и датчиком давления, не учитываем возможное транспортное запаздывание и падение давления в трубе. Исходя из этого, будем рассматривать трубу типовым усилительным звеном с коэффициентом усиления, равным единице:

$$W_m(p) = 1.$$

*Регулирующий клапан.* Для регулирования давления используется пневматический регулирующий клапан для жидкого топлива PN16-40. Отметим, что все навесное оборудование устанавливается и тестируется на заводе-изготовителе для параметров, указываемых в опросном листе на клапан, поскольку определение свойств клапана является сложной задачей, решаемой для конкретной конфигурации клапана. Для выбранного оборудования и параметров процесса, в соответствии с характеристиками, приведенными в [6], можно рассматривать клапан как типовое колебательное звено с постоянными времени:

$$T1_{кл} = 0,26 \text{ с}; T2_{кл} = 0,44 \text{ с}.$$

Т.о. передаточная функция клапана:

$$W_{кл}(p) = \frac{k_{кл}}{T_{1кл}^2 p^2 + T_{2кл} \cdot p + 1}. \quad (4)$$

Коэффициент  $k_{кл}$  определим, исходя из условий: минимальному сигналу  $U_{min} = 4 \text{ мА} (0,004 \text{ А})$  на входе позиционера соответствует давление среды на выходе клапана  $S_{min} = 2 \text{ МПа} (2 \cdot 10^6 \text{ Па})$ , а максимальному –  $U_{max} = 20 \text{ мА} (0,02 \text{ А})$ , соответствует давление  $S_{max} = 4 \text{ МПа} (4 \cdot 10^6 \text{ Па})$ .

Тогда:

$$k_{кл} = \frac{S_{max} - S_{min}}{U_{max} - U_{min}} = \frac{(4-2) \cdot 10^6}{(20-4) \cdot 10^{-3}} = 1,25 \cdot 10^8. \quad (5)$$

Подставив (5) в (4) с учетом  $T1_{кл} = 0,28 \text{ с}$ ;  $T2_{кл} = 0,45 \text{ с}$ , получим передаточную функцию клапана в численном виде:

$$W_{кл}(p) = \frac{1,25 \cdot 10^8}{0,0676p^2 + 0,44 \cdot p + 1}.$$

ПИД-Регулятор. Функции регулятора выполняет контроллер. Будем рассматривать упрощенный способ решения задачи регулирования с использованием методов линейных систем, поскольку центральный процессор контроллера обладает высоким быстродействием (не учитываем дискретность управления).

ПИД-регулятор требует при настройке задания 3-х параметров: коэффициента усиления пропорционального канала  $k_p$ , коэффициента усиления интегрального канала  $k_i$  и коэффициента усиления дифференциального канала  $k_d$ . Так как в состав регулятора входит форсирующее звено второго порядка, запишем:

$$W_p(p) = k_n + \frac{k_u}{p} + k_o \cdot p = k_u \frac{T_{1P}^2 \cdot p^2 + T_{2P} \cdot p + 1}{p}, \quad (6)$$

$$\text{где: } T_{2P} = \frac{k_n}{k_u} \quad T_{1P}^2 = \frac{k_d}{k_u}$$

Записать выражение (6) в численном виде пока не представляется возможным, так как  $T_{2P}$  и  $T_{1P}$  — неизвестные параметры, определяемые через настройки регулятора.

Структурная схема контура регулирования. На основе функциональной схемы составим структурную схему контура регулирования давления рис.13.

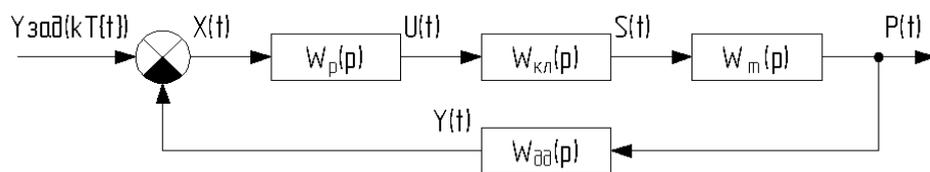


Рис.13. Структурную схему контура регулирования давления

Для использования методов теории автоматического управления требуется наличие замкнутой структуры, то есть необходимо привести исходную структурную схему к структуре с единичной обратной связью. Преобразование осуществим путем переноса сумматора, а фиктивное звено отбросим, поскольку при описании неважно каким образом получено  $P_{зад}(t)$ . Структурная схема после преобразования изображена на рис.14.

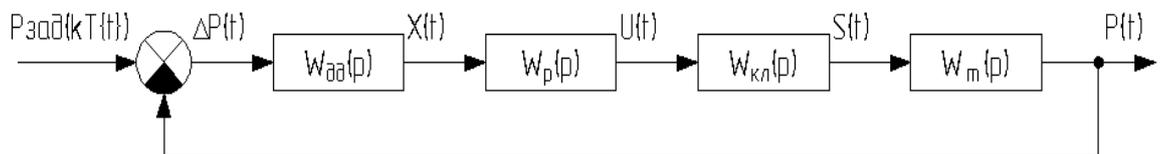


Рис.14. Структурная схема после преобразования

Запишем в условных обозначениях звеньев конкретные выражения их передаточных функций в числовом виде (где это возможно). Окончательная структурная схема представлена на рис.15.

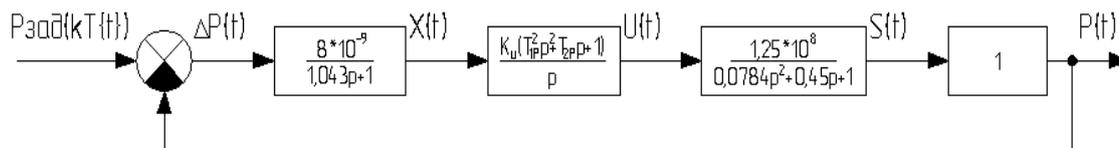


Рис.15. Окончательная структурная схема

Исследование контура регулирования. Исследование системы будем вести в системе MATLAB, в пакете моделирования динамических систем Simulink, предназначенного для решения задач анализа и синтеза систем автоматического регулирования. Simulink имеет широкие возможности для реализации методов теории автоматического управления при исследовании динамики автоматических систем. Исследуемая система задается в виде структурной схемы, набираемой из типовых звеньев, имеющих в библиотеке Simulink. При использовании методов анализа Simulink производит для заданной структуры расчет передаточной функции, частотных характеристик и переходного процесса, выдает результаты расчета в виде графиков.

Для исследования системы, вводим полученную структурную схему (рис.15) системы в окно модели, преобразовывая ее в соответствии с требованиями программы (рис.16).

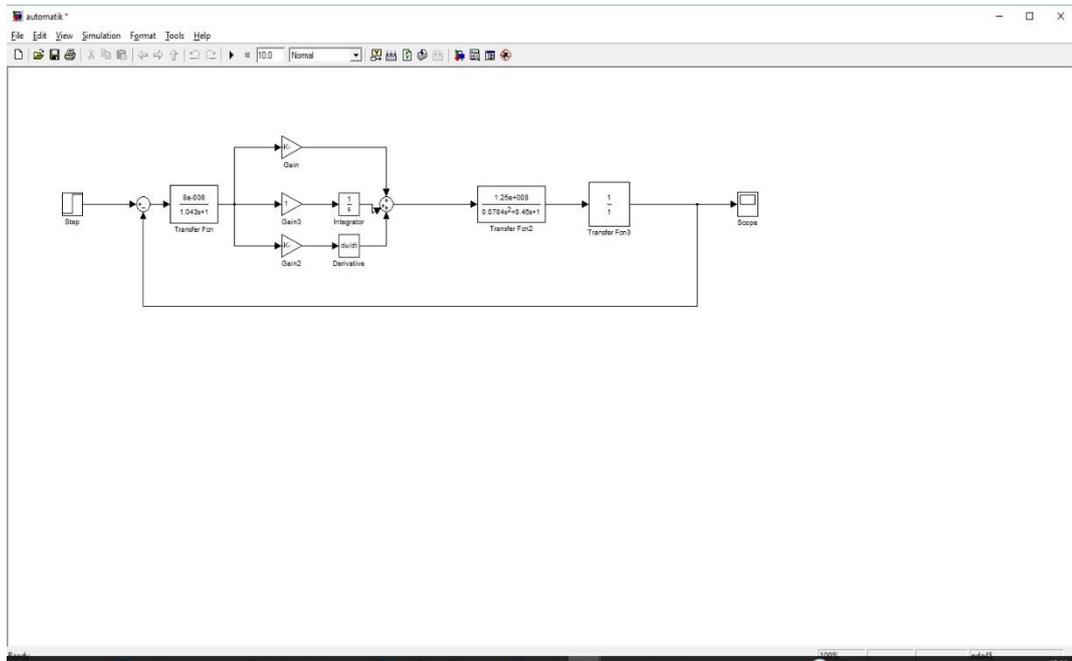


Рис.16. Структурная схема в MATLAB

Для устранения негативного влияния колебательной характеристики клапана на качество системы наиболее рационально будет выбрать такие параметры регулятора, которые будут аналогичны параметрам двигателя, то есть:

$$T_{1P}^2 = \frac{k_D}{k_u} = T_{1кл}^2 = 0,0784 \quad ; (7)$$

$$T_{2P} = \frac{k_n}{k_u} = T_{2кл} = 0,45 \quad . (8)$$

При таких настройках выражение в скобках числителя передаточной функции регулятора и выражение в знаменателе передаточной функции клапана сокращаются, чем и обеспечивается компенсация колебательных свойств клапана.

На первом этапе исследования для определенности примем коэффициент усиления интегрального канала регулятора равным  $K_i = 1$ , тогда из (7) и (8):

$$K_n = 0,45;$$

$$K\delta = 0,0784.$$

График переходного процесса для исходных настроек ПИД-регулятора представлен на рис.17.

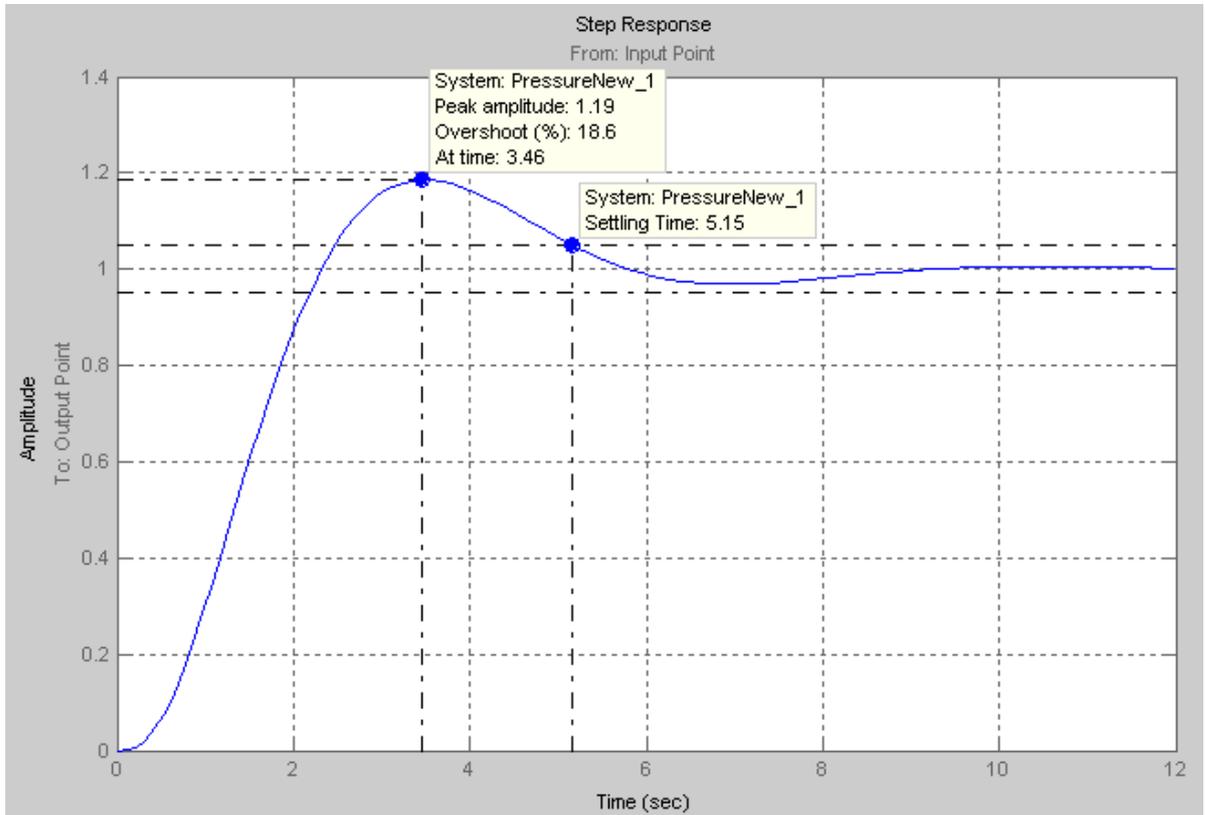


Рис.17. График переходного процесса для исходных настроек ПИД-регулятора

Видно, что система получилась устойчивой с колебательным переходным процессом. Длительность переходного процесса  $t_{пп} = 5,15$  с (время регулирования  $t_{пп}$  определяется как время, протекшее от начала переходного процесса до момента установления на выходе системы значения параметра, отличающегося не более, чем на 5% от установившегося значения). Перерегулирование составляет 18,6 %, статическая ошибка равна нулю (присутствует интегральная составляющая). Анализируя полученные результаты, делаем вывод: хотя полученная система и является устойчивой, качество процесса – неудовлетворительное. При использовании ПИД-регулятора можно

получить лучшее качество (обеспечить аperiodический переходный процесс, или уменьшить перерегулирование до рекомендуемых значений –  $\sigma < 15\%$ ) если удастся подобрать соответствующие настройки регулятора.

Будем искать оптимальные настройки регулятора с использованием логарифмических частотных характеристик.

Для построения ЛАХ и ЛФХ системы, задаем точки входа/выхода в структуре модели и разрываем цепь обратной связи.

ЛЧХ исследуемой модели при исходных настройках регулятора показаны на рис.18 – кривые  $L1(\omega)$  и  $\phi1(\omega)$  (PressureNew\_1 на графиках Magnitude и Phase).

Из рис.19 видно, что общий вид ЛАХ при начальных настройках регулятора – оптимальный, остается выбрать коэффициент усиления системы, пользуясь правилами: во-первых, в окрестностях частоты среза в пределах не менее 0,6 дек в обе стороны наклон ЛАХ должен составлять -20 дБ/дек — в этом случае переходный процесс будет аperiodическим; во-вторых, запас устойчивости системы по фазе должен лежать в пределах от  $20^\circ$  до  $50^\circ$ , или, в крайнем случае, быть выше этих значений; в-третьих, запас устойчивости системы по амплитуде должен быть не менее -15 дБ.

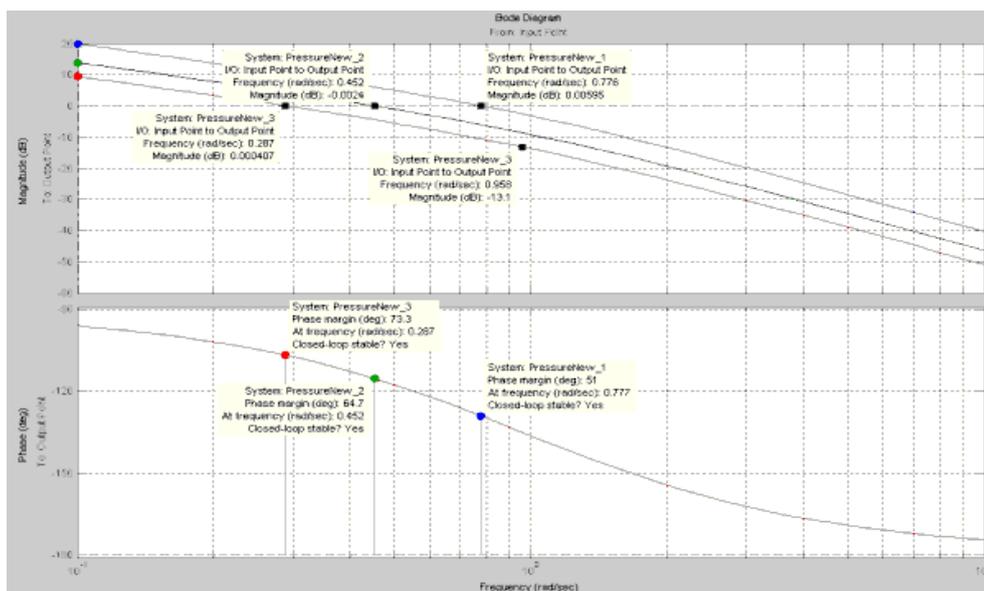


Рис.18. ЛЧХ исследуемой модели при исходных настройках регулятора

Примечание:

т. А соответствует частоте сопряжения  $\omega_c = 1/T_{дд} = 0,958$ ;

т. В, С, D – частоты среза при соответствующих настройках регулятора;

т. Е, F, G – значения ЛФХ при соответствующих настройках регулятора.

Отметим, что при изменении  $K_i$  кривая  $L_1(\omega)$  будет перемещаться вверх или вниз параллельно самой себе,  $\phi_1(\omega)$  остается неизменной. Варьируя  $K_i$ , можно из  $L_1(\omega)$  получить такую  $L_{опт}(\omega)$ , которая будет иметь наиболее оптимальный вид, то есть соответствовать более высокому качеству переходного процесса.

Для исходных настроек ПИД-регулятора ЛЧХ имеют следующие характеристики:  $\omega_c < \omega_{пл}$  – система устойчива;  $\omega_c$  лежит на участке с наклоном  $-20$  дБ/дек; запас устойчивости системы по фазе  $\phi_z = 51^\circ$ ;  $L_z \rightarrow -\infty$  дБ, поскольку  $\phi_1(\omega)$  не пересекает прямую  $-180^\circ$ . Видно, что единственное условие, которое не выполняется – в окрестностях частоты среза в пределах не менее  $0,6$  дек в обе стороны наклон ЛАХ должен составлять  $-20$  дБ/дек. Для выполнения этого требования нужно уменьшить  $K_i$ .

Возьмем  $K_i = 0,5$ , тогда из (6.7) и (6.8):

$$K_p = 0,225;$$

$$K_d = 0,0392.$$

ЛЧХ при данных настройках регулятора показаны на рисунке кривые  $L_2(\omega)$  и  $\phi_2(\omega)$  (PressureNew\_2 на графиках Magnitude и Phase). Видно, что для  $\omega_c$  все еще не обеспечивается расстояние  $0,6$  дек до точки перегиба.

Возьмем  $K_i = 0,3$ , тогда:

$$K_p = 0,135;$$

$$K_d = 0,02352.$$

ЛЧХ для данных настроек представлены на рисунке 6.7 кривыми  $L_3(\omega)$  и  $\varphi_3(\omega)$  (PressureNew\_3 на графиках Magnitude и Phase). В данном случае выполняются все требования для получения оптимального, с точки зрения качества, переходного процесса.

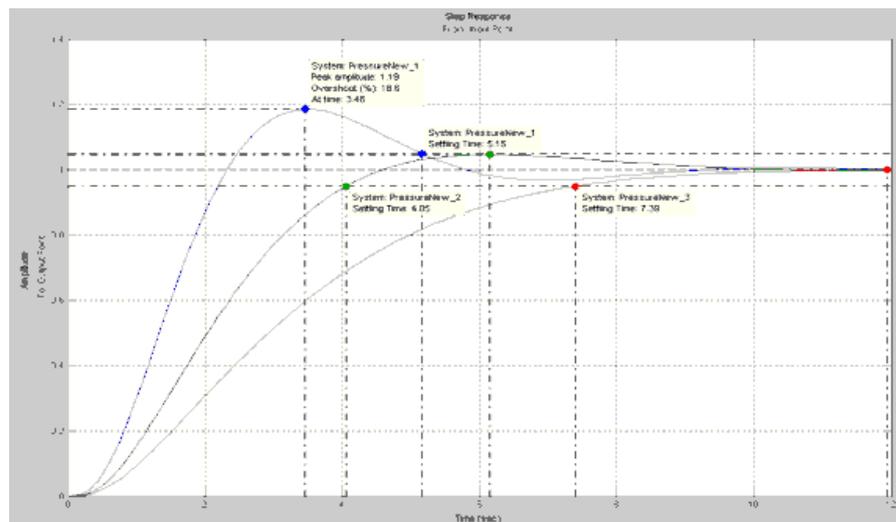
Переходные процессы для всех принятых настроек регулятора представлены на рис.19.

Оценку качества настроенной системы производим по графику переходного процесса и по логарифмическим характеристикам (кривые  $L_3(\omega)$  и  $\varphi_3(\omega)$  на рис.18.).

Время регулирования  $t_{пп}$  находим по графику переходного процесса (рисунке 6.8 кривая PressureNew\_3):  $t_{пп} = 7,39$  с.

Запас устойчивости системы по фазе:  $\varphi_3 = 64,7^\circ$ .

Запас устойчивости по амплитуде:  $L_3 \rightarrow -\infty$  дБ.



*Рис.19. Переходные процессы для всех принятых настроек регулятора*

### ***Выводы по результатам исследования***

В настроенной системе переходный процесс является аperiodическим, со временем регулирования  $t_{пп} = 7,39$  с.

Для такого процесса величина перерегулирования равна нулю. Система обладает избыточным запасом устойчивости по амплитуде и по

фазе, поскольку для систем удовлетворительного качества запас по фазе лежит в пределах  $(20...50)^\circ$ , а запас по амплитуде не должен быть меньше 15 дБ (по модулю). Для полученной системы имеем превышение данных значений, что означает лишь недоиспользование свойств системы. Таким образом, считаем, что система удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к устойчивости и быстродействию.

Настройка контура регулирования представлена на листе ДП-2068998-А1-25-00.00.000.Д (Настройка контура регулирования) графической части и на рис.20.

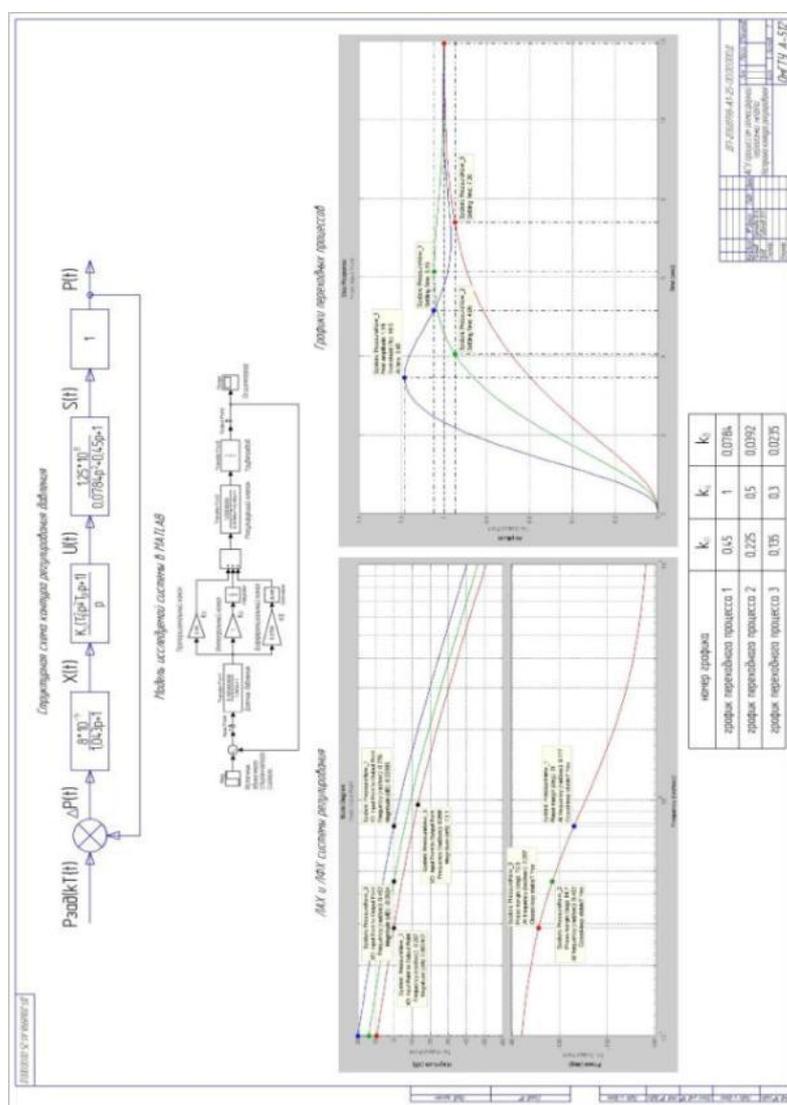


Рис.20. Настройка контура регулирования

## **Глава-III. Управление технологических процессов каталитической изомеризации на основе ИКС.**

### **3.1.Разработка системы автоматизации каталитической изомеризации**

Автоматизированный контроль процесса и телемеханика - это сочетание телемеханики, коммуникаций и автоматизированных систем, управления технологическими процессами и динамического контроля.

Основной целью этой системы является обеспечение бесперебойного потока технологического процесса, снижение вероятности отказа технологического оборудования, оптимизация диспетчеризации процессов, технико-производственное и организационное управление.

Архитектура автоматизированного управления технологическими процессами и телемеханики (рис.21.):

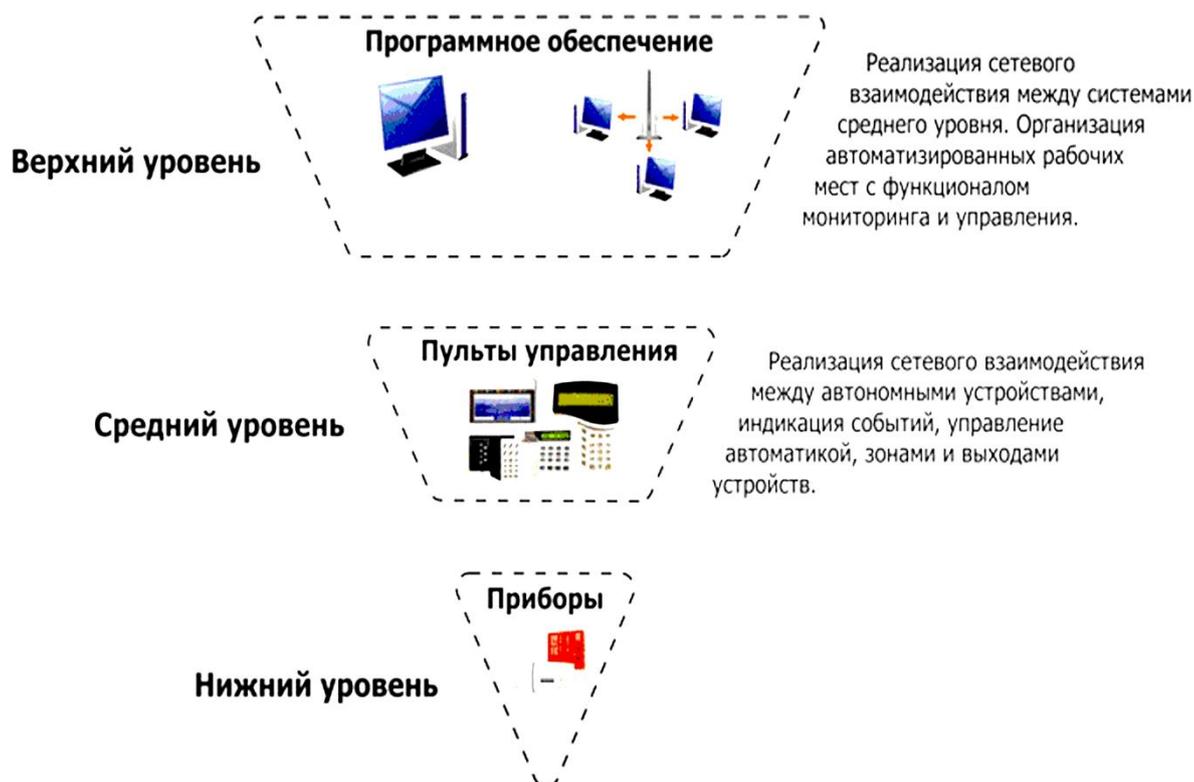
- Высокий уровень - статистика операторов серверов и автоматизированных рабочих мест. Они состоят из вычислительного оборудования;

- Контроллер соединения - автоматический контроллер, средства связи между серверами и автоматизированными рабочими местами, состоит из двух блоков рого: автоматических контроллеров в первом столбе, управления на втором столбе.

- Подэтапный (ступенчатый) этап состоит из первичных и вторичных трансформаторов, клапанов и исполнительных механизмов и панелей оператора.

В нижней части технологического процесса автоматизированная система управления, управление и динамическое управление технологическими параметрами автоматически контролируются с заданными значениями процесса. В процессе автоматизированного контроля технологического процесса технологический процесс

визуализируется, контролируется и контролируется операторами и диспетчерами.



*Рис.21. Трёхуровневая структурная схема управления процессом каталитической изомеризации*

Этапы внедрения телемеханики в автоматизированную систему управления технологическими процессами:

- предпроектный анализ объекта автоматизации;
- разработка автоматизированных и технических задач в автоматизированной системе управления технологическими процессами;
- разработка эскиза системы автоматического управления технологическим процессом (схемы автоматизации, технические планы, каналы связи и т. д.);

- технический дизайн автоматизированных систем управления технологическим процессом (структурные схемы, функциональные, принципиальные, схемы соединений, общие точки зрения и т. д.);
- организация проектной и эксплуатационной (эксплуатационной) документации;
- организация адаптивных интерактивных интерфейсов для максимальной реализации программного обеспечения и функций автоматизации для методов измерения;
- производство оборудования и комплексное снабжение;
- программирование и настройка;
- осуществлять передовой опыт автоматического управления технологическим процессом;
- строительные, монтажные и пуско-наладочные работы;
- передача автоматизированной системы управления технологическим процессом;
- обучение и переподготовка персонала.

Особенности использования телемеханики в автоматизированной системе управления технологическими процессами:

- расширение системы и интеграция с другими системами;
- быстрая и удобная настройка изменения технологических процессов;
- системные функции и доступ к данным ограничены. Система будет надежно защищена;
- обеспечение безопасной эксплуатации оператора путем ограничения внедрения технологического процесса;
- отчеты генерируются по-разному;
- высокая надежность;
- интерфейс оператора прост и понятен.

### **3.2. Разработка алгоритма и программы управления технологическими процессами**

Разработка алгоритма управления технологическими процессами

Процесс принятия решений состоит из технологического подхода, принимающего систематический подход к анализу ситуации, разработке и оценке вариантов, а также типичных этапов, методов и процедур организации исполнения. Инструменты основаны на этапах принятия решений.

Решения по управлению технологическим процессом основаны на следующих критериях:

- время принятия решения ограничено;
- характер проблемы не может быть разрешен, он может не соответствовать заявленным требованиям проблемы;
- трудно найти окончательное решение проблемы за время, затраченное на поиск решений;
- следует учитывать факторы, которые непосредственно не затрагивают проблему.

Четкие проблемы и проблемы решаются алгоритмом и программным обеспечением.

Одним из методов внедрения информационных технологий в управлении технологическим процессом является использование систем поддержки принятия решений.

Схема алгоритма управления отражает структуру человеческой машины. Рассматривается и тестируется схема текущего управления на основе данных. Требуется оптимальные варианты изомеризации.

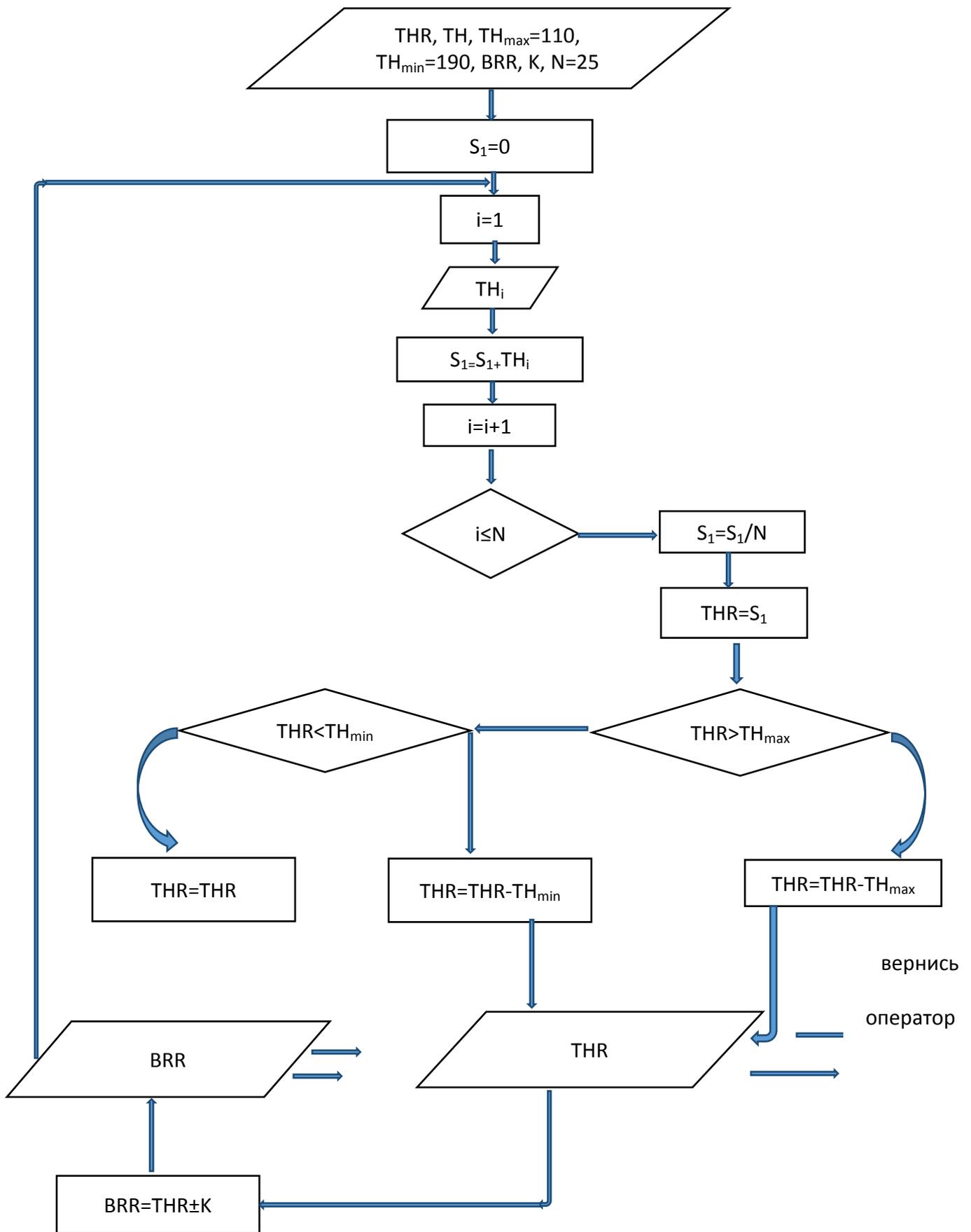
Оптимальные параметры выбираются путем корректировки системы технологии каталитической изомеризации. Затем для управления процессом предоставляется «консультация». Эта технология может

использоваться для предоставления «консультаций» или других средств управления.

Алгоритм процесса каталитической изомеризации представлен на рис.22.

### Кодпрограммы

```
//-----  
#include<iostream.h>  
#include <vcl.h>  
#pragma hdrstop  
#include <windows.h>  
//-----  
  
#pragma argsused  
// jarayonni boshqarish dasturiy ta'mioti  
// optimal temperatura -128 gradus selzi  
// optimal parametrlarni roctlash  
int main(int argc, char* argv[])  
{  
int ps,ts, n;  
int t,tmax,tmin,k;  
int t1[100]; int tb[1000];  
  
//optimal chegaralar  
tmax=-130;  
tmin=-125;  
cout<<"n=";  
cin>>n;  
  
for(int i=1; i<=n; i++){  
cout<<"T["<<i<<"]="";  
cin>>t1[i];  
}  
  
cout<<n;  
return 0;  
}  
//-----
```



### 3.3. Программное обеспечение автоматизации процесса каталитической изомеризации

В автоматизации нефтеперерабатывающей промышленности важно, чтобы программное обеспечение было правильно выбрано с помощью технических инструментов. Как правило, программное обеспечение зависит от возможностей выбранных элементов управления и того, что эти элементы управления предназначены для использования с программным обеспечением [6]. Поэтому, исходя из наших исследований по вопросу о том, какие функции должны выполняться выбранной техникой, мы перейдем к последовательности следующих важных факторов (функций):

- универсальная платформа программирования для различных аппаратных платформ; - контроллеры с распределенной системой ввода / вывода;
- управление контроллером с помощью компьютера; -нано-контроллеры;
- RS-контроллеры с высококачественной открытой архитектурой;
  - контроллеры, которые поддерживают веб-технологии, обмениваются информацией по электронной почте, по телефону.

Следует отметить, что контроллеры имеют доступ к различным целям, поэтому их необходимо запрограммировать для выполнения необходимых алгоритмов (задач). Сегодня логический контроль программиста состоит из пяти типов программирования:

- LD (LAD, лестничная диаграмма, немецкий: KOP, план контактов, русский: RKS, схема релейно-контактных контактов, план контактов, Лестничная диаграмма) 40,50%
- FBD (функциональная блок-схема, функциональная блок-схема) 21.64%
- IL (список инструкций, STL, список инструкций, язык инструкций, очень похожий на ассемблер, но очень специфичный) 4.53%

- SFC (функциональные диаграммы серии, последовательные функциональные диаграммы, язык графиков) 0,47%
- ST (структурированный текст - на основе структурированного текста, синтаксиса Pascal, C++) 12%;

Представлены результаты использования языка программирования, используемого в процентах проектов инженеров.

Вышеупомянутые аналитические данные, в первую очередь, должны основываться на доступности универсальной платформы программирования для различных аппаратных платформ, партнерских отношений и высокой надежности для ПК.

Кроме того, учитывая тот факт, что управление технологиями в химической и химической промышленности должно быть более наглядным для решения вопросов, связанных с интеллектуальным анализом данных и обеспечения адекватного описания ST, универсальных языков S, C++, Pascal, Мы нашли использование объектно-ориентированных языков, таких как Basic или Java.

Следует отметить, что эффективное использование языков программирования контроллера - это обеспечение того, чтобы объект ответа наиболее часто реагировал на событие.

Как правило, понятие «циклический цикл» вводится и предопределяется интервалом (например, от 10 до 300 мс) и поэтому требуется эффективно реагировать на эффективность ввода DMK. Чтобы быстро реагировать, добавляется и обрабатывается понятие «пусковые пушки» в соответствии с разрывами.

Использование C++, являющегося частью универсального языка ST, считается наиболее подходящим решением для множества автоматизированных задач.

Другим аспектом этого вывода является то, что при автоматизации процесса фракционирования пропана и бутана мы решили использовать

промышленные контроллеры серии WinCon-8000. Сегодня мировые фирмы производят сотни контроллеров [7].

Но их программное обеспечение принципиально отличается. Поскольку контроллеры серии WinCon-8000 имеют возможность использовать S ++ для разработки программного обеспечения для управления технологическим процессом, программисты смогут разработать программу управления на основе характеристик процесса и возможностей устройства.

Использование этого языка дает нам большую свободу в автоматизации процесса и позволяет контролировать широкий спектр основных технологических параметров. Преимущество выбора элементов управления WinCon-8000 состоит в том, что он имеет возможность работать на C ++, а еще одним преимуществом является его партнерство с компьютерами на базе RS.

В этом романе мы создаем программное обеспечение управления на компьютере на C ++, позволяя ему устанавливать и вставлять его в постоянный контроль памяти с помощью программиста.

В дополнение к вышеуказанным языкам программирования, для каждого DMK могут быть специализированные языки программирования, разработанные изготовителем. Базовой системой связи для логического управления программированием является следующее: RS-232, RS-485, ProfiBus, DeviceNet, ControlNet, CAN, AS-Interface, Ethernet и т. д.

### **3.4. Разработка интерфейса оператора процесса каталитической изомеризации.**

Хорошо известно, что изомеризация нефти представляет собой сложный технологический процесс, требующий фракций в современных химико-технологических системах, и эффективная организация этого процесса оказывает положительное влияние на качество компонентов.

Процесс изомеризации осуществляется путем структурного изменения углеводородного скелета.

Технологические переменные в реакторе включают температуру, давление, объем пара и жидкости, поверхность теплообменных устройств и оросительную дугу. В процессе изомеризации технологические параметры (давление, температура и расход). Измеряются специальными устройствами.

Основная цель наших исследований - изучить процесс управления процессом выпрямления изомеризата через информационную систему, которая должна облегчить управление процессами посредством разработки интерфейса.

Этот тип проблемы подразумевает, что первичные приборы (термометр, манометр, диафрагма, и т.д.) Устанавливаются непосредственно в точках измерения. Вторичные устройства извлекают информацию из основного устройства и передают его цифровые сигналы в информационную систему.

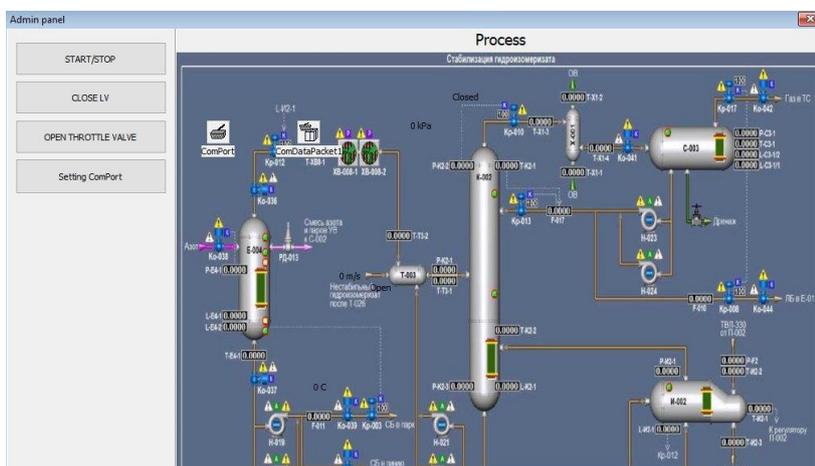
Все параметры технологического процесса выпрямления нефти были помещены в базу данных при разработке интерфейса удобной информационной системы на основе исследований.

Следует отметить, что проектирование информационных систем, которые контролируют современные технологические процессы и развитие их удобных интерфейсов, является длительным и сложным процессом. Успешное развитие зависит прежде всего от правильной организации проекта, основанного на свойствах процесса добычи нефти, всех его компонентов, включая его функции, процессы и технологические параметры, составляющие его элементы и взаимосвязь между ними, учитывать их обязанности [8].

Основная задача информационной системы - обеспечить передачу данных через автоматизированные программы сбора, хранения, обработки

и управления данными, а интерфейс такой технической системы должен быть неудобным для пользователя или оператора.

Процесс обработки данных с использованием современной информационной системы, контролирующей процессы выпрямления нефти, основан на пяти основных процедурах: хранение, поиск, обработка, ввод и вывод информации. Первые три процедуры могут быть определены как системные внутренние процессы. Четвертый и пятый процессы позволяют подключить систему к выпрямительному столбцу через вторичные устройства. Таким образом, система связи информационной системы должна в первую очередь эффективно организовывать функцию поиска информации из столбцов и передавать их по каналам связи.



*Рис.23. мнемосхема управления процесса каталитической изомеризации*

При создании такой технической системы необходимо придерживаться следующих принципов:

- предоставление «языка», в котором пользователь объекта управляет связью с системой, предоставление поступающей информации в удобной форме;
- обеспечение того, чтобы вопросы управления зависели исключительно от их сложности и формальных математических моделей;

- создание адекватных возможностей для управления объектами пользователей, обеспечения интерактивной связи с информационной системой и создания возможностей для принятия решений.

Это означает, что администратор объекта должен включать все аспекты информационной системы интерфейса, которые необходимо разработать для создания удобств.

Поскольку основная функция интерфейса - организовать интерактивный диалог, чтобы гарантировать, что у пользователя есть профессиональные ресурсы ресурсов информационной системы. Это дает вам возможность решить, какую проблему или проблему активировать в режиме реального времени, и как отправлять и получать данные для обработки. Принимая это во внимание, использование SQL (структурированный язык запросов), который является стандартным алгоритмическим языком, используется при разработке базы данных справочной базы данных.

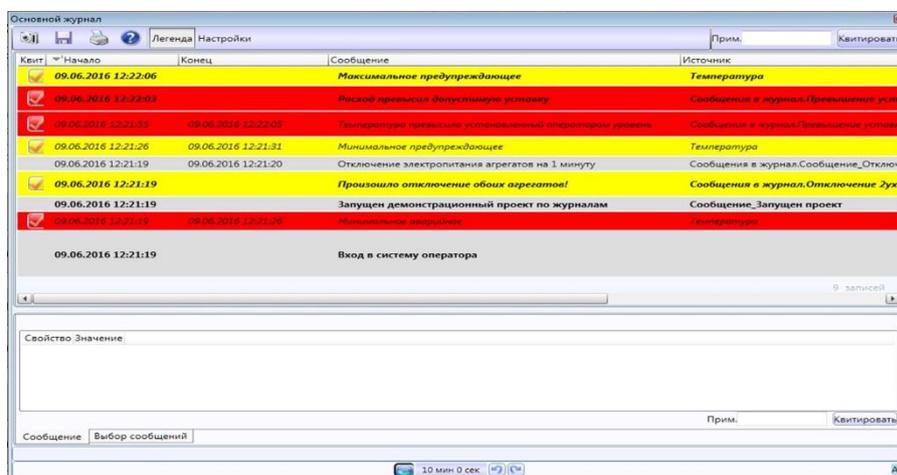


Рис.24.Основной журнал

Примечательно, что пользователи информационных систем, включая операторов, оценивают качество системы на основе качества интерфейса. Разработка интерфейса - один из самых сложных этапов проектирования

информационной системы, требующий от экспертов потратить много времени. Учитывая это, специалисты разработали наглядные пособия для разработки приложений, которые значительно упростили разработку графического интерфейса пользователя. Однако визуализация разработки приложений также несовершенна.

Поэтому в последние годы исследования привели к развитию интеллектуальных интерфейсов. Такие интерфейсы характеризуются наличием достаточных знаний о проблемах пользователя и системы и еще более усиливают возможности современных информационных систем.

## Заключение

Процесс каталитической изомеризации легких бензиновых фракций экономически эффективен при выходе изомеризата на сырье не менее 95 % и приросте октанового числа от 6 пунктов и выше. Прежде всего этим требованиям отвечает технология каталитической изомеризации на высоко хлорированных катализаторах. Выход изомеризата достигает 98 %, а прирост октанового числа составляет 12-14 пунктов.

Технология широко апробирована в мировой нефтепереработке. Вместе с тем она имеет некоторые серьезные недостатки. Катализатор чрезвычайно чувствителен к влаге, азоту и сере. Поэтому традиционная гидроочистка недостаточна. Требуется дополнительная осушка на специальных адсорбентах не только ВСГ, но и гидрогенизата до содержания H<sub>2</sub>O менее 1 ррт. Но и в этом случае, для восполнения уноса хлора с катализатора, необходима постоянная подача хлористых соединений. Соответственно в процесс существуют кислые стоки, и установка должна быть оборудована блоком их нейтрализации.

В данном дипломной работе был проведен:

- анализ объекта, и определены основные контуры управления и диагностики системы;
- определены основные способы повышения надежности системы;
- разработана структурная, функциональная схема позволяющая более детально рассмотреть структуру автоматической системы управления и ее взаимосвязи с объектом;
- был проведен выбор датчиков, исполнительных механизмов, регуляторов;
- Разработан основной алгоритм функционирования системы.
- разработан план мероприятий в области охраны труда и промышленной экологии.

## Список используемой литературы.

1. Танатаров М.А., Ахметшина М.Н., Фасхутдинов Р.А., Волошин Н.Д., Золотарёв П.А. Технологические расчёты установок переработки нефти. – М.: Химия, 1987 г. – 352 с.
2. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа. – Уфа.: Гилем, 2002. – 669 с.
3. Эрих В.Н. Химия и технология нефти и газа. – М.: Химия, 2007 г. – 424с.
4. Баранов Д.А. Процессы и аппараты. – М.: Академия, 2005 г. – 304с.
5. Черножуков Н.И. Очистка и разделение нефтяного сырья, производство товарных нефтепродуктов. – М.: Химия, 2004 г. – 423 с.
6. Ластовкин Г.А. Справочник нефтепереработчика. – Л.: Химия, 1986 г. – 648 с.
7. Сугак А.В., Леонтьев В.К., Веткин Ю.А. Оборудование нефтеперерабатывающего производства. – М.: Академия, 2012 г. – 336 с.
8. Магарил Р.З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти. – М.: Химия, 2007 г. – 311 с.
9. Павлычев В.П. Установка первичной переработки нефти. – М.: Химия, 1977 г. – 69 с.
10. Коротков П.И., Исаев Б.Н., Тетерук В.Г. Первичная переработка нефти на высокопроизводительных атмосферно–вакуумных установках. – М.: Химия, 1975 г. – 120 с.
11. Воронкова Л.Б. Охрана труда в нефтехимической промышленности. – М.: Академия, 2011 г. – 208 с.
12. Медведев В.Т. Охрана труда и промышленная экология. – М.: Академия, 2006 г. – 416 с.
13. Маринина Л.К., Васин А.Я. Безопасность труда в химической промышленности. – М.: Академия, 2007 г. – 528 с.

14. Дональд Л. Бардик, Уильям Л. Леффер. Нефтехимия. Москва. 2007, 482 с.
15. Процессы и аппараты пищевых производств. Стабников Н.С., Попов В.Д., Лысянский В.М., Редько Ф.А. - М.: Пищевая промышленность, 1976.- 663 с.
16. Гаджиев М.М., Байрамов М.Р. Технология органических веществ. Баку, 2006, 299с.
17. Данилов А.И. Компьютерный практикум по курсу «Теория управления». SIMULINK – моделирование в среде MATLAB. Учебное пособие. –М.: МГУИЭ. 2002.
18. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс.- СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2005.-512 с.
19. Артиков А. Компьютерные методы анализа и синтеза химико-технологических систем: учебник для магистрантов технологических специальностей / Ташкент: Voris-nashriyot, 2012.-160 с.
20. Ахметов С.А., Ишмияров М.Х., Верёвкин А.П., Докучаев Е.С., Малышев Ю.М. Технология, экономика и автоматизация процессов переработки нефти и газа. Москва: Химия, 2005, 738 с.
21. Справочник нефтепереработчика» том 1, Л.: Химия. 1984г 342 стр.
22. Гуревич И.Л. Технология переработки нефти и газа. Часть 1. Общие свойства и первичные методы переработки нефти и газа. Химия, Москва, 1992 г., 359 с.
23. Профессиональное программирование на C++. Макс Шлее «БХВ-Петербург» Санкт-петербург 2010.
24. Кувшинский М. Н., Соболева А. П., Курсовое проектирования по предмету ” Процессы и аппараты химической промышленности ” М., Высшая школа , 1980 . 223 с
25. ГОСТ 34.601-90. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ. СТАДИИ СОЗДАНИЯ.

26. ГОСТ 24\_302-80 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ СХЕМ - АСУ ТП.

27. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие.- М.: Инфра-Инженерия, 2008.- 928 с.

28. И.П.Норенков «система автоматизированного проектирования» учебник для вузов-М.: Высшая школа, 1996.

29. Разработка функциональных схем автоматизации при проектировании автоматизированных систем управления процессами пищевых производств. Лаврищев И.Б., Кириков А.Ю. Санкт-Петербургский 2002.

30. Ибрагимов, А.А. Разработка технологии изомеризации алканов C5-C6 в присутствии хлоралюминатной ионной жидкости: автореф. дис. к-та.техн. наук : 05.17.07 / Ибрагимов Азамат Айдарович ; ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет». - Уфа, 2013. - 24 с.

31. И.М. Капустин и др. Автоматизация машиностроения учебник для вузов-М.: Высшая школа, 2002.

32. Уильям Л. Леффлер. Переработка нефти. – М.: Олимп-бизнес, 1999.

33. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования /Под. Ред. проф. В.П. Дьяконова. - М.: СОЛОН-Пресс, 2004.

34. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. –М.: Изд-во МЭИ. 2004. -400 с.

35. «Справочник нефтепереработчика» том 2, Л.: Химия. 1984г 512 с.

36. Ибрагимов, А.А. Влияние разветвленных алканов на процесс изомеризации n-гексана в среде суперкислотной ионной жидкости / А.А. Ибрагимов, В.П. Мешалкин, Л.А. Панчихина, М.Н. Рахимов. // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. - 2013. – т.

37. Ибрагимов, А.А. Изомеризация н-гексана в присутствии катализатора - суперкислотной ионной жидкости с добавлением метилциклопентана / А.А. Ибрагимов, Я. А. Ягафарова, Л. А. Панчихина, В.Н. Хакимов, А.П. Никитина, М.Н. Рахимов // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. - 2013. - № 2. - с. 24-29.

38. Ибрагимов, А.А. Изомеризация легких алканов в присутствии ионной жидкости // А.А. Ибрагимов, Э.Р. Газизова, Л.А. Панчихина, М.У. Имашева, А.В. Ганцев, М.Н. Рахимов // Башкирский химический журнал. - 2013. - т. 20. - № 1. - с. 102-107.

39. Асланов Л.А. Ионные жидкости в ряду растворителей / Л.А. Асланов, М. А. Захаров, Н.Л. Абрамычева. - М.: Изд-во МГУ, 2005. - 272 с.

40. Павлечко, Е. В. Экспериментальное исследование и прогнозирование физико-химических свойств низкотемпературных ионных жидкостей / Е.В. Павлечко // Химические проблемы создания новых материалов и технологий : [сборник статей]. - Минск, 2008. - Вып. 3. - с. 447 – 466.

41. Бурсиан, Н.Р. Технология изомеризации парафиновых углеводородов /Н.Р.Бурсиан.-Ленинград.: «Химия», 1985.-192 с.

42. Тимофеев В.С. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза / В.С. Тимофеев, Л.А. Серафимов. - Учебное пособие для ВУЗов. 2-е изд. - М.: Высшая школа, 2003. - 536 с.

43. Тюрязев, И.Я.Теоретические основы получения бутадиена и изопрена методами дегидрирования / И.Я. Тюрязев. - К.: Наукова думка, 1973. - 272 с.

44. Жоров, Ю.М. Термодинамика химических процессов. Нефтехимический синтез, переработка нефти, угля и природного газа / Ю.М. Жоров. - М.: Химия, 1985. —464 с.

## Internet saytlari

<http://www.promavtomatika.com/>

<http://www.ua.all.biz/>

<http://www.sensor.ru/>

<http://www.owen.ru/>

<http://www.nauka2.com/>

<http://vsfera.ru/>

<http://automation-system.ru/>

<http://www.isup.ru/>

<http://habrahabr.ru/>

<http://plc-contrast.narod.ru/>

<http://isup.ru/>

<http://www.adastra.ru/>

<http://www.irvik.ru/>

<http://elnavf.ru/>

<http://www.krug2000.ru/>

<http://www.technolink.spb.ru/>

<http://www.energo-ug.ru/>

<http://pr52.ru/>

<http://old.ci.ru/>

<http://spb.lanit.ru/>

<http://www.novitsky-part.ru/>

## Приложение.

### *Габариты и вес пневматического клапана на давление типа PN16-40*

Регулирующие клапаны серии GV с пневматическим приводом - технические данные																
Размер		Привод	Монтажная длина				Высота			Вкл-выкл		Регулировка		Вес		
DN	дюйм	см <sup>2</sup>	L1 мм	L2 мм	L3 мм	R мм	H мм	H4 мм	H5 мм	Kvs	Cv	Kvs	Cv	A4 кг	A15 мм	A26 кг
15	1/2"	240	130	108	152	90	490	590	-	6	7	4	4,6	14	16	-
20	3/4"	240	150	118	178	95	490	590	-	10	11,6	6,4	7,4	14	16	-
25	1"	240	160	127	204	100	500	600	-	14	16	11	13	16	18	-
32	1 1/4"	240	180	-	-	105	500	600	-	19	22	16	19	17	19	-
32	1 1/4"	350	180	-	-	105	530	785	835	19	22	16	19	24	27	33
40	1 1/2	240	200	165	229	115	507	607	-	32	37	26	30	20	22	-
40	1 1/2	350	200	165	229	115	535	790	845	32	37	26	30	27	30	36
40	1 1/2	600	200	165	229	115	580	915	970	32	37	26	30	42	46	57
50	2"	240	230	203	267	125	510	610	-	50	58	45	52	22	24	-
50	2"	350	230	203	267	125	540	795	845	50	58	45	52	29	33	39
50	2"	600	230	203	267	125	858	980	945	50	58	45	52	44	48	60
65	2 1/2"	350	290	216	292	145	565	820	870	75	85	52	60	35	39	44
65	2 1/2"	600	290	216	292	145	600	940	990	75	85	52	60	49	54	71
65	2 1/2"	900	290	216	292	145	715	1140	1140	75	85	52	60	96	123	154
65	2 1/2"	600	290	216	292	145	600	940	990	75	85	52	60	53	57	68
80	3"	350	310	241	318	155	580	835	885	120	140	92	107	38	41	47
80	3"	600	310	241	318	155	615	950	1000	120	140	92	107	53	57	68
80	3"	900	310	241	318	155	730	1155	1155	120	140	92	107	99	126	158
80	3"	600	310	241	318	155	615	950	1000	120	140	92	107	57	61	72
100	4"	350	350	292	356	175	590	845	900	185	215	154	179	51	55	61
100	4"	600	350	292	356	175	625	960	1015	185	215	154	179	66	70	82
100	4"	900	350	292	356	175	745	1170	1170	185	215	154	179	112	140	178
100	4"	600	350	292	356	175	625	960	1015	185	215	154	179	73	78	89
125	5"	600	400	355	400	180	660	995	1045	285	335	237	275	85	89	101
125	5"	900	400	355	400	180	775	1200	1200	285	335	237	275	131	159	190
125	5"	-	400	355	400	180	785	-	1295	285	335	237	275	306	-	358
125	5"	600	400	355	400	180	660	995	1045	285	335	237	275	96	100	111
150	6"	900	480	407	445	200	795	1200	1220	400	470	338	392	152	180	211
150	6"	-	480	407	445	200	800	-	1315	400	470	338	392	327	-	380
150	6"	900	480	407	445	200	675	1010	1065	400	470	338	392	167	194	226
200	8"	900	600	495	559	-	815	1240	1240	720	840	560	650	189	216	248
200	8"	-	600	495	559	-	825	-	1335	720	840	560	650	363	-	416
200	8"	900	600	495	559	-	700	1035	1090	720	840	560	650	211	238	270
250	10"	-	730	600	622	-	940	-	1455	1115	1200	870	1010	514	-	567
250	10"	-	730	600	622	-	815	1150	1205	1115	1200	870	1010	567	-	620
300	12"	-	850	622	711	-	915	1250	1305	1890	1620	1260	1462	655	-	708

## Код программы

```
unit Unit1;

interface

uses
  Winapi.Windows, Winapi.Messages, System.SysUtils, System.Variants, System.Classes,
  Vcl.Graphics,
  Vcl.Controls, Vcl.Forms, Vcl.Dialogs, Vcl.StdCtrls, Vcl.ExtCtrls, CPort,
  Vcl.Imaging.jpeg, sGauge;

type
  TForm1 = class(TForm)
    Panel1: TPanel;
    Panel2: TPanel;
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    Button3: TButton;
    StaticText1: TStaticText;
    ComPort: TComPort;
    ComDataPacket1: TComDataPacket;
    Button4: TButton;
    Image1: TImage;
    sGauge1: TsGauge;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure ComDataPacket1Packet(Sender: TObject; const Str: string);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;
  strtemp : string;

implementation
```

```
{SR *.dfm}
```

```
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);  
begin  
  ComPort.WriteStr('0');  
  ShowMessage('Opened');  
end;
```

```
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);  
begin  
  
  ComPort.WriteStr('1');  
  ShowMessage('Closed');
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);  
begin  
  ComPort.WriteStr('2');  
  ShowMessage('Opened');  
end;
```

```
procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);  
var  
  Str: String;  
begin  
  ComPort.ShowSetupDialog;  
  
  if not ComPort.Connected then  
  begin  
    try  
      ComPort.Open;  
    except  
      ShowMessage('Unable to open COM port.');    end;  
  end;  
  Str:= ComPort.Port;
```

```
  if ComPort.Connected then ShowMessage('Connected') else ShowMessage('Error!');  
  ComPort.Open;  
  strtemp := '';  
end;
```

```
procedure TForm1.ComDataPacket1Packet(Sender: TObject; const Str: string);  
var k1, k2, k3, Flow, Temp, Level, Pressure : string;  
begin  
  strtemp := Str;  
  Delete(strtemp, length(strtemp)-1, 500);  
  strtemp := StringReplace(strtemp, '.', ',', [rfReplaceAll]);
```

```

k1 := copy(strtemp, 1, pos(strtemp, '|')-1);
delete(strtemp, 1, pos(strtemp, '|'));
if k1 = '1' then
    Label6.Caption := 'open'
else
    Label6.Caption := 'Close';

k2 := copy(strtemp, 1, pos(strtemp, '|')-1);
delete(strtemp, 1, pos(strtemp, '|'));
if k2 = '1' then
    Label5.Caption := 'open'
else
    Label5.Caption := 'Close';

k3 := copy(strtemp, 1, pos(strtemp, '|')-1);
delete(strtemp, 1, pos(strtemp, '|'));
if k3 = '1' then
    Label5.Caption := 'open'
else
    Label5.Caption := 'Close';

Flow := copy(strtemp, 1, pos(strtemp, '|')-1);
delete(strtemp, 1, pos(strtemp, '|'));
Label4.Caption := Flow;

Temp := copy(strtemp, 1, pos(strtemp, '|')-1);
delete(strtemp, 1, pos(strtemp, '|'));
Label2.Caption := Temp;

Level := copy(strtemp, 1, pos(strtemp, '|')-1);
delete(strtemp, 1, pos(strtemp, '|'));
sGauge1.Progress := trunc(StrToFloat(Level)/1000*1000);

Label3.Caption := strtemp;
end;
end.

```



Юго-Западный государственный университет (Россия)  
РГКП «Северо-Казахстанский государственный университет  
им. М. Козыбаева» (Казахстан)  
Костанайский государственный университет  
имени Ахмета Байтурсынова (Казахстан)  
Волгоградский государственный технический университет (Россия)  
Ставропольский государственный аграрный университет (Россия)  
Московский политехнический университет (Россия)

## **БУДУЩЕЕ НАУКИ -2017**

**Сборник научных статей  
6-й Международной  
молодежной научной конференции**

**25-26 мая 2017 года**

Ответственный редактор *Горохов А.А.*

**Информационно–телекоммуникационные системы,  
технологии и электроника.  
Технологии продуктов питания  
Строительство. Градостроительство и архитектура.  
Безопасность жизнедеятельности  
и охрана окружающей среды**

Курск 2017

УДК 338: 316:34  
ББК 65+60+67  
Б90 МЛ-21

### **Председатель организационного комитета –**

**Горохов Александр Анатольевич**, к.т.н., доцент кафедры Машинностроительных технологий и оборудования, Юго-Западный государственный университет, Россия.

### **Члены оргкомитета:**

**Латыпов Рашид Абдулхакович**, д.т.н., профессор кафедры АТСиП ЮЗГУ; старший машиностроительный университет (МАМИ), Москва.

**Куц Валдим Васильевич**, д.т.н., профессор кафедры УКиМС ЮЗГУ.  
**Федотова Галия Васильевна**, д.э.н., профессор, Волгоградский государственный технический университет.

**Szych Marek**, PhD, Institute of Administration, Jan Długosz University in Częstochowa, Poland

**Okulicz-Kozaryn Walecy**, doktor hab., MBA, profesor Instytutu Administracji, Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie, Polska

**Будущее науки-2017**: Сборник научных статей 5-й Международной молодежной научной конференции (25-6 мая 2017 года), Юго-Зап. гос. ун-т, Курск: ЗАО «Университетская книга», 2017, 347 с.

**ISBN 978-5-9908274-9-3**

Содержание материалов конференции составляют научные статьи отечественных и зарубежных молодых ученых. Излагается теория, методология и практика научных исследований.

Для научных работников, специалистов, преподавателей, аспирантов, студентов.

Материалы в сборнике публикуются в авторской редакции.

**ISBN 978-5-9908274-9-3**

УДК 338: 316:34  
ББК 65+60+67

© Юго-Западный государственный университет  
© ЗАО "Университетская книга", 2017  
© Авторы статей, 2017

**АЧИЛОВА ШИРИН ИСКАНДАРОВНА**, магистр

Бухарский инженерно-технологический институт, г.Бухара, Республика Узбекистан

**УБАЙЗОВ САИДЖОН КОМИЛЛОВИЧ**, ассистент

Бухарский инженерно-технологический институт, г.Бухара, Республика Узбекистан

(e-mail: said\_komil@mail.ru)

### РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕАКТОРОМ ПРОЦЕССА ИЗОМЕРИЗАЦИИ

В статье излагаются результаты математического описания и автоматизации реактора процесса изомеризации. Рассмотрена архитектура автоматического управления на базе микроконтроллера.

**Ключевые слова:** Изомеризация, высокооктановые компоненты, низкооктановая фракция, изомеры, катализатор.

Изомеризация – превращение одного изомера в другой.

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

Процесс изомеризации направлен на получение высокооктановых компонентов товарного бензина из низкооктановых фракций нефти путем структурного изменения углеродного скелета.

Реакции изомеризации широко используются для получения дефицитных изомеров как низших, так и высших парафинов (изоалканов). Разветвленные парафины С5-С6 имеют высокие октановые числа и являются хорошими компонентами автомобильных бензинов.

Изопентан и изобутан являются ценным сырьем для получения синтетических каучуков. Изобутан используется также для получения алкилбензина, высокооктановых эфиров, наиболее распространенным из которых является метил-трет-бутиловый эфир.

Сырьём изомеризации являются легкие бензиновые фракции с концом кипения от 62°C до 85°C. Повышение октанового числа достигается за счёт увеличения доли изопарафинов. Процесс осуществляется, как правило, в одном или двух реакторах при температуре, в зависимости от применяемой технологии, от 110 до 380°C и давлении до 35 атм. Процесс проводят в среде водородсодержащего газа.

Основными катализаторами являются: катализатор Фриделя-Крафта, сульфид вольфрама, бифункциональные, цеолитсодержащие с благородными металлами и комплексы. 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 составляет 93-97% (масс.); побочным продуктом процесса является сухой газ, используемый как топливный.

Установка изомеризации представляет собой технологическую систему, состоящую из взаимосвязанных технологическими потоками блоков:

- блок подготовки сырья (как правило, включает гидроочистку сырья, стабилизацию гидрогенизата в отпарной колонне, а также может включать адсорбционную очистку сырья на молекулярных ситах);
- блок четкой ректификации сырья изомеризации и/или полученного изомеризата;
- блок изомеризации (как правило, включает непосредственно реакторный блок и узел осушки циркулирующего газа);
- блок стабилизации полученного изомеризата.

Технологическая схема конкретной установки изомеризации будет зависеть непосредственно от типа катализатора изомеризации, планируемого к загрузке в реакторный блок.

Технологическая схема производства изомеризата представлена на рисунке-1.

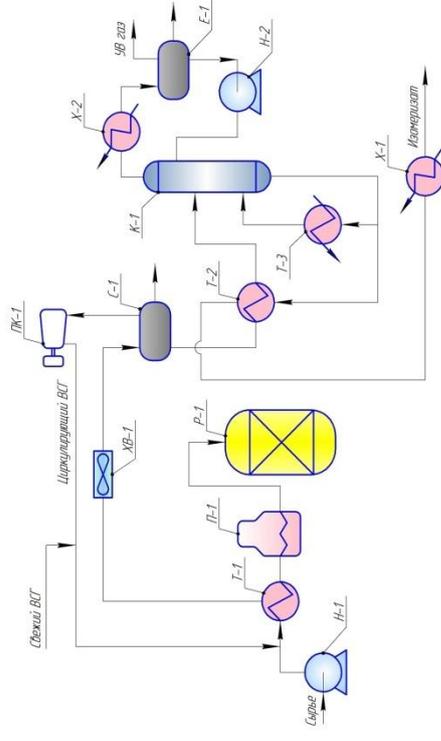


Рис.1. Технологическая схема процесса изомеризации

Сырьё насосом Н-1 подается в узел смешения с циркулирующим по блоку гидроочистки водород содержащим газом (ВСГ). Циркуляция ВСГ по блоку гидроочистки осуществляется компрессором ПК-1.

Смесь сырья с ВСГ нагревается теплом газопродуктовой смеси в теплообменнике Т-1, догревается в печи П-1 с температурой 280-320°C и давлением 2,8-3,2 МПа (изб.) поступает в реактор Р-1, где осуществляется процесс гидрирования.