

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт дистанционного образования  
Направление 240100 «Химическая технология»

**Выпускная квалификационная работа**

Тема работы
<b>Мониторинг активности катализатора процесса изомеризации легких бензиновых фракций с использованием метода математического моделирования</b>

УДК: 665.644.048.92/.97

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д23	Сойкина Юлия Андреевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент кафедры ХТТ и ХК	Чузлов Вячеслав Алексеевич			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова Ольга Александровна		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ХТТ и ХК	Юрьев Егор Михайлович	к.т.н		

Томск 2017

## **Список сокращений условных**

НПЗ – нефте-перерабатывающий завод

ОЧ – октановое число

ДМБ – диметилбутан

ВСГ – водосодержащий газ

НК – начало кипения

ЧС – чрезвычайные ситуации

ХТП – химико-технологический процесс

## **Результаты профессиональной деятельности в процессе работы**

- Рассмотреть имеющиеся новые технологические процессы путем применения систем математического моделирования;
- Устанавливать и проводить решение задач производственного анализа, которые связаны с созданием и переработкой учебных материалов проводимого исследования;
- Проводить теоретические и экспериментальные исследования;
- Соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда. Соблюдать требования по защите окружающей среды;
- Демонстрировать знания своей профессиональной деятельности;
- Искать и анализировать информацию и постоянно повышать квалификацию в течение всего времени профессиональной деятельности;
- Эффективно работать и демонстрировать ответственность за полученные результаты проведенной выпускной работы.

## Реферат

Работа в себя включает 106 страниц, 13 рисунков, 37 таблиц, 3 схемы, 46 литературных источника, а также 2 приложения.

В ходе выпускной работы проведены исследования в области повышения эффективности производства автомобильных бензинов.

Для того для того, чтобы достичь данной цели, были поставлены и реализованы ниже обозначенные задачи:

- изучить работу установки изомеризации пентан-гексановой фракции. Проанализировать ее эффективность работы;
- рассмотреть базовые реакторные схемы процесса изомеризации пентан-гексановой фракции и сделать их анализ;
- сделать мониторинг активности катализатора изомеризации легких бензиновых фракция путем использования компьютерного моделирования;

**Ключевые слова в работе:** активность катализатора, катализатор, риформинг, изомеризация, гидроизомеризация, октановое число, компьютерная моделирующая система, товарный бензин.

Выпускная квалификационная работа выполнялась на кафедре «Химической технологии топлива и химической кибернетики» студенткой группы 3 – 2Д23 Ю.А. Сойкиной под руководством ассистента кафедры ХТТ и ХК В.А. Чузловым.

## Содержание

Введение.....	6
1 Обзор литературы .....	8
1.1 Процессы изомеризации лёгких бензиновых фракций.....	8
1.2 Основы теории процесса реакции изомеризации углеводородов.....	11
1.2.1 Термодинамика, механизм реакций изомеризации углеводородов ..	11
1.2.2 Параметры процесса изомеризации углеводородного сырья.....	16
1.3 Катализаторы используемые в процессе изомеризации пентан-гексановой фракции. Сравнительная характеристика отечественных катализаторов процессов изомеризации.....	21
1.3.1 Жидкофазные катализаторы процессов изомеризации.....	25
1.4 «Изомалк-2», как технология изомеризации лёгких бензиновых фракций...31	
2 Экспериментальная часть.....	37
2.1 Постановка задачи.....	37
2.2 Моделирование реакторного блока изомеризации пентан-гексановой фракции.....	38
2.3 Результаты проведенных исследований .....	41
3 Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	49
3.1 Потенциальные потребители конечных результатов исследования.....	49
3.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	50
3.3 SWOT-анализ.....	53
3.4 Оценка готовности проекта к последующей коммерциализации .....	56
3.5 Методы коммерциализации научно-технического исследования .....	59
3.6 Организационная структура данного проекта .....	61

3.7	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной, а также экономической эффективности исследования .....	67
4	Социальная ответственность .....	78
4.1	Производственная безопасность. Анализ вредных и опасных факторов на рабочем месте.....	79
4.2	Воздействие вредных и опасных факторов на человека.....	81
4.3	Меры, которые необходимы для защиты от вредных и опасных факторов .....	84
4.4	Медицинские осмотры .....	87
4.5	Производственное освещение.....	87
4.6	Экологическая безопасность.....	90
4.7	Защита в ЧС.....	91
4.8	Правовые, а также организационные вопросы обеспечения безопасности.....	93
	Заключение .....	95
	Список использованных источников .....	96
	Приложение А .....	101
	Приложение Б.....	102102

## Введение

Идет бурная дискуссия о выборе способов развития энергетики. Это связано, прежде всего, с растущей необходимостью охраны окружающей среды, а также угрозой топливного недостатка. В связи с этим появляется базовая проблема о более разумном использовании углеводородного сырья, а также увеличении глубины его переработки, улучшения показателей автомобильных топлив.

Переход к новомодным, более «чистым» видам топлив, взыскивает немалых денежных вложений, однако умение к модернизации производств под их выпуск будет лежать в основе базы финансового, социального и экологического прогресса поодиночке взятых компаний.

Отечественные бензины не отвечают требованиям европейских стандартов по количественному содержанию ароматических соединений, и это, в основном, касается бензола. В российских бензинах в нынешний период сей показатель превышает европейские стандарты. Ради того, чтобы уменьшить содержащее ароматики в товарных бензинах, необходимо произвести обогащение изомерными парафиновыми углеводородами.

Процесс изомеризации легких бензиновых фракций путем использования цеолитсодержащих катализаторов, является ведущим направлением расширения ресурсов высокооктановых компонентов. Изомерные парафины с разной молекулярной массой формируются из фрагментов молекул сырья, полученных в первичных реакциях крекинга на центрах цеолитов.

Главенствующим фактором эффективности процесса риформинга

является эффективная работа катализаторов. Следовательно, становится ясным особое внимание, которое уделяется в более развитых территориях совершенствованию технологий риформинга и разработке более эффективных катализаторов.

Совершенствование способов математического моделирования в практике мониторинга процессов, обеспечивает возможность оценки кинетических параметров разных контактов, способом решения кинетической задачи и прогнозирования показателей нынешней и стационарной активности, а также избирательности.

Верность расчетов математических и получение достоверных результатов определяется правильностью образования механизма многокомпонентного процесса каталитического риформинга для Pt-катализаторах и учетом нестационарности кинетических параметров катализатора ввиду его дезактивации за счет, предположим, физического старения.

Следовательно, стало достижимым решение актуальной задачи выбора и сравнительной оценки эффективности Pt-катализаторов на основе разработанной кинетической модели процесса риформинга, которая учитывает физико-химические закономерности превращения углеводородов на поверхности контакта и характеристики промышленной установки.

## 1 Литературный обзор

### 1.1 Процессы изомеризации лёгких бензиновых фракций

Синтезируемые при базовой переработки нефти бензиновые фракции содержат в себе достаточное количество неразветвленных парафиновых углеводородов. Такие фракции имеют низкое октановое число и не подойдут для использования их в качестве горючего, без предварительной его переработки[1,2].

Для того, чтобы достичь большего количества изомерных алканов в получаемых фракциях, нужно их изомеризовать в атмосфере водорода.

Первые движения изомеризации были предназначены путем извлечения изобутана из неразветвленного бутана на катализаторе хлорида алюминия. Процесс проводят в мягких условиях, при температурном режиме 80-130 °С. Затем производили алкилирование полученного углеводорода бутиленами и в результате этого получали изомерный [3,4].

В современной нефтяной промышленности реакции изомеризации в присутствии катализаторов применяются для получения бензинов с высоким октановым числом. Изомерный пентан идет на получении изопренового каучука. Во время прохождения реакций изомеризации необходимо акцентировать внимание на небольшое количество ароматических и непредельных и сей момент достигается путем правильного подбора катализаторов и нужных условий протекания данного процесса.

Высокая эффективность процессов изомеризации достигается путем использования низкооктановых элементов нефти, либо продуктов, образующихся в результате каталитического риформинга. В качестве продуктов каталитического риформинга выступают нормального строения гексаны и пентаны.

Данное, вышеописанное сырье, подвергается процессам изомеризации в присутствии (би)функциональных катализаторов в атмосфере водорода.

Коэффициент детонационной стойкости (таблица 1.1) и испаряемость продуктов, полученных при изомеризации углеводородов C<sub>5</sub> и C<sub>6</sub> определяет их высокую значимость в свойстве низкокипящих высокооктановых компонентов автомобильных бензинов.

*Таблица 1.1*

*Октановые числа углеводородов*

Углеводород	Октановые числа	
	ММ	ИМ
бутан	92,0	93,6
пентан	61,0	61,7
<u>изо-пентан</u>	90,3	92,3
<u>гексан</u>	24,8	25,0
2-метилпентан	73,0	73,4
3-метилпентан	74,3	74,5
2,3-диметилбутан	95,0	101,7
гептан	0,0	0,0
2-метилгексан	42,4	45,0
3-метилгексан	52,0	55,0
2,3-диметилпентан	88,5	91,1
2,4-диметилпентан	82,0	83,1
октан	10,0	22,0
2-метилгептан	21,7	24,0
4-метилгептан	26,7	39,0
2,4-диметилгексан	65,2	69,9
2,2,4-триметилпентан	100,0	100,0
<u>метилциклопентан</u>	81,0	91,3
циклогексан	77,2	83,0
<u>этилциклопентан</u>	62,0	67,2
<u>метилциклогексан</u>	71,1	74,8

<u>этилциклогексан</u>	41,0	46,5
1,2-диметилциклогексан	78,6	80,9
толуол	102,5	115,7
изопропилбензол	99,0	108,0
<u>пара-ксилол</u>	100,6	116,4

Введение в схему переработки нефти схему изомеризации легких бензиновых фракций. Значимость введения в схему обработки нефти установки изомеризации легких бензиновых фракций аргументирована нижеперечисленными задачами при получении авто горючего: уменьшением количества ароматических углеводородов, минимальным количеством бензола, ограниченным количеством серы, уменьшением содержания непредельных соединений на первоначальной стадии нефтепереработки и увеличении содержания легких углеводородов, которые выкипают при  $T < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$  до 45-55%.

Важнейшим фактором для включения в схему переработки установки для изомеризации является рост октанового числа в бензиновых фракциях и позволяет уменьшить жесткость процессов риформинга.

Для нефтеперерабатывающих компаний, содержащих некоторое число установок риформинга и ресурсы пентан-гексановых фракций, для производства экологически чистых бензинов, возможно, в первую очередь изомеризовать низкооктановую (ИОЧ~60) гексановую фракцию [5-7]. Большое число катализаторов для изомеризации достаточно чувствительны к соединениям серы. Следовательно, для того, чтобы избежать этого момента, необходимо произвести предварительную гидроочистку сырья.

При проведении процессов изомеризации необходимо наличие водорода, который синтезируется при прохождении процессов риформинга.

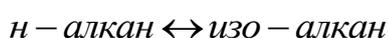
Наличие установок изомеризации имеет место быть только в составе крупных нефтеперерабатывающих производств.

## 1.2 Основы теории процесса реакции изомеризации углеводородов

### 1.2.1 Термодинамика, механизм реакций изомеризации углеводородов

Исходным сырьем для изомеризации с целью получения моторных топлив, которые будут соответствовать экологическим требованиям являются низкооктановые компоненты и рафинаты каталитического риформинга, которые содержат в основном парафины и нафтены  $C_5$  и  $C_6$ .

В данном разделе рассматриваются теплоты образования именно этих углеводородов. Реакции изомеризации парафинов обратимы и идут без метаморфозы объема. Реакции изомеризации идут с низким экзотермическим эффектом (2-20 кДж/моль). Числовые значения энтальпий образования типичных алканов, изомерных алканов и энтальпии реакций изомеризации в таблице 1.2, происходящих по схеме ниже:



Энтальпии реакций процессов изомеризации рассчитываются по нижеприведенной формуле:

$$\Delta H_{\text{реак}} = \sum v_i \Delta H_{i(\text{прод})} - \sum v_j \Delta H_{j(\text{исх})}$$

$v_i$  и  $v_j$  - количества вещества соответственно конечных продуктов реакции и исходных веществ, моль;

$\Delta H_{i(\text{прод})}$  и  $\Delta H_{j(\text{исх})}$  - энтальпии образования соответственно конечных продуктов реакции и исходных веществ, кДж/моль.

Теплота изомеризации парафинов определяется не числом заместителей боковой цепи, а их расположением в цепи. Теплота изомеризации мало меняется с изменением температуры. [9].

Реакции изомеризации идут с постоянным объемом, и зависит только от температуры. В смеси типичные «алканы - изоалканы» с увеличением

температуры равновесие сдвигается в сторону неразветвленных и малоразветвленных структур, а низкие температуры напротив, способствуют образованию разветвленных изомеров и получению изомеризата с больше высокими октановыми числами (таблица 1.3) [10].

Таблица 1.3

Состав равновесных смесей парафиновых углеводородов при постоянном температурном режиме  $C_4-C_6$

Углеводород	Состав, % мол.				
	При 25 °C	При 127 °C	При 227 °C	При 327 °C	При 527 °C
$C_4$					
Нормальный бутан	28,0	44,0	54,0	60,0	68,0
изобутан	72,0	56,0	46,0	40,0	32,0
$C_5$					
Нормальный пентан	3,0	11,0	18,0	24,0	32,0
метилбутан	44,0	65,0	63,0	67,0	63,0
диметилпропан	53,0	24,0	13,0	9,0	5,0
$C_6$					
Нормальный гексан	1,3	6,3	13,0	19,0	26,0
метилпентаны	9,6	23,5	36,0	42,0	64,0
диметилбутаны	89,1	70,2	51,0	39,0	10,0

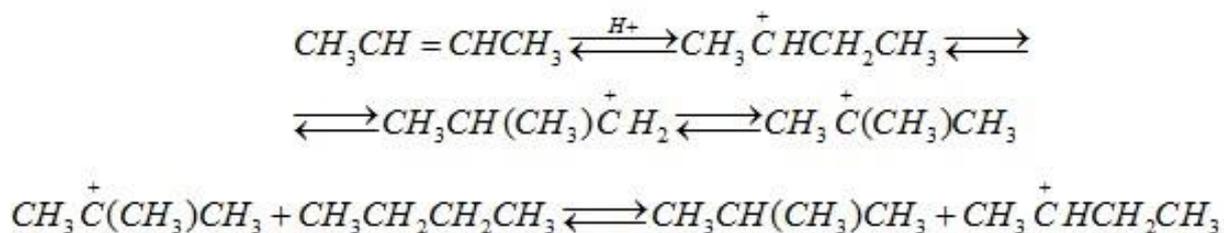
Если понижать температуру, то это приводит к образованию изомерных продуктов, но при этом снижает скорость реакции. Изменение давления при низких температурах также приводит к

образованию изомеров. Процессы изомеризации ведут под давлением водорода, для того, чтобы повысить длительность работы катализатора [11].

Как же влияет на процесс изомеризации сам катализатор? В зависимости от применяемого катализатора изменяется механизм превращения углеводородного сырья.

Вышеуказанный процесс превосходно катализируется люисовскими кислотами. К ним относятся хлорид алюминия, фторид бора, хлорид цинка. Сокатализаторами данных кислот являются протонные кислоты. Кроме того, данные кислоты могут промотироваться и самой водой. При наличии вещества воды идет гидролиз с последующим образованием соответствующего углеводорода.

Реакции изомеризации в присутствии олефинов идут по цепному карбокатионному механизму:

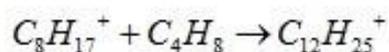


Когда же сырье не содержит алкенов, следовательно, реакция не происходит, вследствие отсутствия цепного механизма. Образование побочных продуктов при изомеризации бутана на хлориде алюминия не происходит, а при изомеризации пентана и алканов с большим числом углеродных атомов в молекуле синтезируются насыщенные продукты разложения легче и тяжелее исходного углеводорода и также ненасыщенные углеводороды.

Активность же катализатора при этом значимо снижается. Главным продуктом распада с наименьшим, чем в исходном углеводороде, числом атомов углерода в молекуле является изомерный бутан.

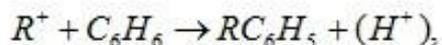
В ходе проведения реакции изомеризации бутана побочные продукты практически не синтезируются вследствие того, что изо-октильный карбокатион,

возникающий при алкилировании бутенов, распадается на третичный бутильный ион и бутен. Именно данное направление распада ионов  $C_8H_{17}^+$  является энергетически наиболее выгодным. Образование ионов  $C_{12}^+$ , распад которых ведет к последующему возникновению побочных продуктов, практически исключено, потому что распад изо-октильных карбокатионов ввиду того, что количественное содержание бутенов очень низка, происходит со значительно большей скоростью, нежели чем реакция присоединения:

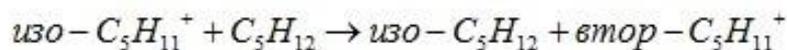


Прохождение побочных реакций гораздо подавляется при прибавлении в исходное сырье малых количеств бензола, а также проведением изомеризации под давлением водорода.

В присутствии небольших добавок бензола происходит снижение протекания побочных реакций, так как реакция полимерного иона с бензолом идет с наибольшей:



Эта реакция приводит к подавлению реакции распада. Алкилирование бензола полимерными карб-катионами происходит быстрее, нежели чем их распад. При малых добавках бензола идет следующая реакция:



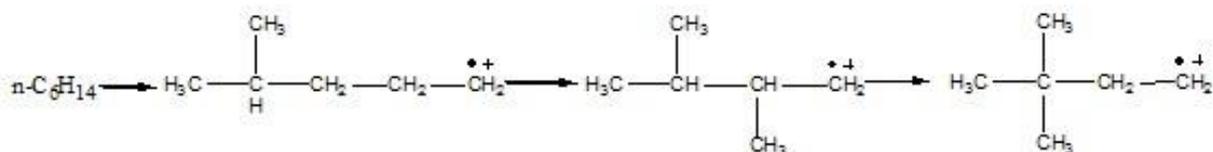
Гораздо быстрее реакции алкилирования бензола происходит изопентильными ионами. Бензол затормаживает побочную реакцию, но при этом, не влияет на проведение базовой химической реакции. При дальнейшем внесении добавок бензола изо-пентильные ионы в значительной степени вступают в реакцию алкилирования бензола, в результате этого ингибируются и побочная и основная реакции.

Бифункциональные катализаторы обладают дегидрирующей и кислотной активностями. Реакции изомеризации идут с участием как кислотных (К), так металлических (М) центров данных катализаторов.

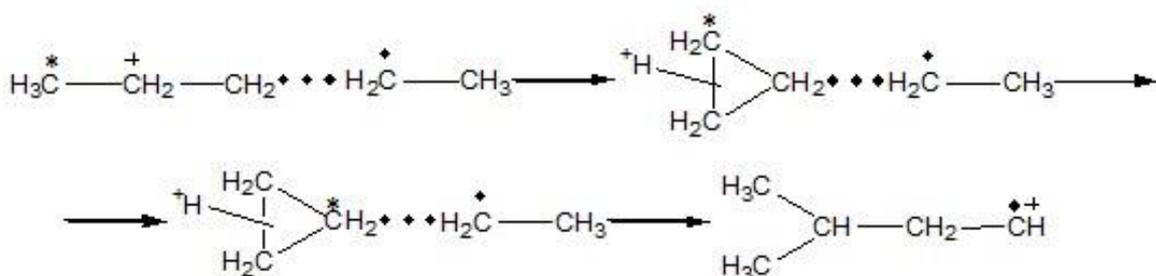
На первом этапе происходит дегидрирование алкана на металлических центрах, а образовавшийся при этом алкен на кислотном центре превращается в карбений-ион. Последний хорошо подвергается изомеризации. Изомерные карбений-ионы, возвращая протон кислотному центру катализатора, превращаются в соответствующие алкены. Алкены после этого гидрируются на металлических центрах катализаторов [3,4].

В ходе процесса реакции изомеризации лимитирующей является вторая стадия, которая происходит на кислотных центрах катализатора, в то время как гидрирование и дегидрирование идут чрезвычайно быстро [12].

Механизм данной реакции ранее был ионным, но за последнее время поменялся. Предложен механизм с образованием катион-радикалов ( $RH^{+\bullet}$ ), которые являются первичными интермедиями [13,14]. Катион-радикалы имеют положительный заряд и, соответственно, являются аналогами карб-катионов. Данным карб-катионам характерны те же перегруппировки, что и ионам (1,2-метильный и 1,2-этильный сдвиги). Данная предложенная схема дает вероятность объяснить возникновение 2- и 3-метилпентанов и 2,3-диметилбутана при изомеризации нормального гексана.



При изомеризации нормального пентана, изыскатели вывели схему превращения исходного алкана через этильный сдвиг с образованием этильного радикала и пропильного катиона: [13,14].



Для понижения побочных реакций крекинга процесс проводят при повышенном давлении при циркуляции водородсодержащего газа [3,4, 10].

### 1.2.2 Параметры процесса изомеризации углеводородного сырья

Такие параметры как температура, давление, скорость подачи сырья и т.д. влияют на процесс реакции изомеризации, как и на любой химический процесс. Рассмотрим их влияние по отдельности.

С ростом **температуры** скорость реакции изомеризации растет до тех пор, пока не ограничивается равновесием процесса. При увеличении температуры происходит усиление реакций гидрокрекинга с образованием легких газов, при этом увеличивается расход водорода, но при этом выход изомеров понижается [3,4, 15].

*Давление в ходе изомеризации на бифункциональных катализаторах* не оказывает влияние на равновесие реакции изомеризации нормальных парафинов, но существенно влияет на кинетику конечных и побочных реакций. Повышение давления при заданном молярном отношении водород: углеводород смещает равновесие реакции:



влево, в результате скорость изомеризации алкана при постоянном времени реакции понижается.

Данные о влиянии давления на изомеризацию нормального гексана при мольном соотношении и постоянном времени контакта приведены ниже в таблице 1.4.

Влияние давления на реакцию изомеризацию нормального гексана при мольном соотношении  $H_2:C_6H_{14} = 4:1$

Давление, МПа	0,63	2,2	2,2	4,9	4,9
Температура, °С	316	316	344	318	345
Степень превращения, % мольн.	60,7	32,0	65,6	14,5	33,5
Выход изомерных гексанов, % мольн.	49,8	31,3	59,2	13,1	31,0
Селективность	0,82	0,98	0,90	0,91	0,93

Следовательно, повышение давления при одинаковых условиях снижает глубину, но тем временем повышает селективность процесса изомеризации. С ростом давления от 0,63 до 2,2 МПа селективность реакции изомеризации значительно повышается. Но при последующем повышении давления до 4,9 МПа селективность незначительно уменьшается из-за увеличения скорости гидрокрекинга на металлических активных центрах. Понижает скорость дезактивации используемого катализатора увеличение парциального давления газа водорода. Это связано в результате уменьшения скорости реакций коксообразования. Повышение давления свыше 4 МПа неэффективно, так как наряду с этим коксообразование практически не изменяется.

Изменение в широких пределах соотношения водород: углеводород не влияет на выход продуктов изомеризации, что представлено в таблице 1.5.

Таблица 1.5

Действие соотношения водород: н-гексан на процесс изомеризации нормального гексана

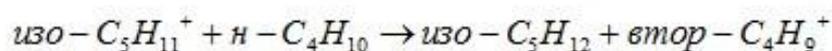
Показатели	0,5 моль/моль		2 моль/моль		8 моль/моль	
	316 °С	348 °С	316 °С	345 °С	316 °С	344 °С
Степень превращения нормального <u>гексана</u> , %	22,4	51,7	20,1	52,5	18,5	50,0
Выход <u>изомерных</u> <u>гексанов</u> , %	22,1	50,4	19,1	50,9	17,6	49,3
Селективность	0,99	0,98	0,95	0,97	0,95	0,99

Дальнейшее увеличение водорода свыше 4 МПа не эффективно, так как быстрота дезактивации катализатора при этом практически не меняется. Кроме того, при увеличении давления выше 4 МПа снижается скорость изомеризации, снижается и селективность реакции изомеризации [3, 4, 10, 15]. В зависимости от свойств катализатора процесс проводится при 1,4 ÷ 4 МПа и соотношение  $H_2$  : углеводород = 0,1 ÷ 4:1.

Изменение **времени реакции** влияет на степень изомеризации, почти не изменяя ее селективности, если же выход изомерных алканов не достигает термодинамически возможного. Это аргументируется малой скоростью проведения побочных реакций [10].

При постоянной степени превращения **объемная скорость подачи исходного сырья** и температура оказывают противоположное друг другу влияние на скорость процессов изомеризации. Для увеличения объемной скорости более чем в два раза требуется повышение температуры проводимого процесса примерно на 7-11 °С [3, 4, 15].

В связи с тем, что равновесная глубина дегидрирования нормальных парафинов с увеличением числа атомов углерода в молекуле возрастает, скорость процесса изомеризации с **увеличением длины его углеродной цепи** также возрастает. С ростом числа атомов углерода в карб-катионе эндотермичность его распада понижается, но вероятность его распада возрастает. Следовательно, выход побочных продуктов гидрокрекинга при заданных условиях изомеризации с ростом углеродной цепи парафина увеличивается и для неразветвленных алканов  $C_7$  и выше селективность изомеризации много ниже, чем для  $C_4 - C_6$ . Изомеризация алкана в смеси с алканом большей молекулярной массы идет с наиболее большей быстротой реакции, чем в чистом виде:



По отдельности подвергать парафины реакциям изомеризации с различным числом атомов углерода наиболее эффективно, поскольку при этом

применять оптимальные условия процесса для каждого отдельного углеводорода, когда целевыми продуктами являются индивидуальные изомерные алканы.

Алкены неразветвленного строения подвергаются изомеризации со значительно большей скоростью реакции, чем соответствующие им нормальные алканы при тех же прочих условиях. Следует отметить, что продукты реакции изомеризации имеют такой же состав, как и при изомеризации алканов, но при этом образуется также некоторое количество (2 - 10 %) алканов с большим числом атомов углерода в молекуле, чем у исходного алкена.

Так как гидрирование алкенов идет с выделением количества теплоты, идет рост температуры в слое катализатора. Проведение изомеризации алкана со значительной примесью алкена по этим же причинам усложняется, следовательно более целесообразно изначально подвергать гидрированию сырье, которое содержит в себе большое число алкенов.

Металлы (палладий и платина), которые входят в состав катализаторов изомеризации, отравляются серой. Следовательно, содержание серы в сырье должно быть минимальным. Катализаторы на основе цеолитов более устойчивы к отравлению серой. Если кислотным компонентом катализатора является оксид алюминия, который активирован галогеном, то такое сырье нужно тщательно обезвоживать. Обезвоживание проводят для того, чтобы вода не снижала кислотную активность катализатора, вытесняя галоген. Присутствие воды в продукте, который поступает в реактор для изомеризации, не должно превышать  $10^{-3}$  %. Для катализаторов на основе цеолитов допускается содержание воды в сырье до  $10^{-2}$  %. В этом случае вода блокирует кислотные активные центры, и отравление обратимо [10]. Для того, чтобы уменьшить потери галогена, к исходному сырью вносят добавки галогенорганических соединений.

Для постоянно проводимой реакции на металлсодержащем катализаторе ее проводят в **присутствии водорода**. Это связано, прежде всего, со

следующими явлениями такими как, диссоциация водорода на металле и перенос частиц водорода с металла на носитель, а также явлениями адсорбции водорода. Имеют место также явления конкурентной адсорбции водорода и промежуточных ненасыщенных соединений на поверхности катализатора. При этом часть этих соединений вытесняется водородом с поверхности катализатора, что также обеспечивает довольно стабильную работу катализатора.

При низком давлении быстрота скорости реакции изомеризации водорода определяется быстротой образования промежуточных ненасыщенных соединений, которые в свою очередь, десорбируются в газовую фазу посредством их вытеснения с поверхности катализатора водородом. Соответственно, увеличение быстроты реакции изомеризации при увеличении парциального давления водорода с нуля до определенной величины связано с явлениями ограничения избыточных концентраций промежуточных непредельных соединений. С увеличением давления водорода парциального выше определенного промежуточные соединения, а также водород начинают соперничать за участки поверхности катализатора, которые ответственны за протекание реакции. Но при последующем увеличении давления водорода происходит понижение скорости проводимой химической реакции.

При проведении реакции на алюмоплатиновых катализаторах, которые промотированы фтором и хлором, и на металлцеолитных катализаторах скорости реакций гидрокрекинга и диспропорционирования имеют максимальное значение при отсутствии водорода и постепенно уменьшаются при увеличении парциального давления водорода до некоторого предела.

Сделаем вывод, что имеет место быть соотношение концентрации углеводорода и водорода на поверхности катализатора, при котором устанавливается равновесие процессов регенерации поверхности катализатора водородом и, соответственно, адсорбционным вытеснением молекул углеводорода водородом с поверхности катализатора и ограничением прохождения побочных реакций.

Итак, большое значение при выборе технологических параметров данного процесса, определяющих селективность, активность и стабильность катализатора определение области оптимального соотношения [16].

### **1.3 Катализаторы, используемые в процессе изомеризации пентан-гексановой фракции. Сравнительная характеристика отечественных катализаторов процессов изомеризации.**

Внедрение процесса изомеризации в России началось во второй половине 1990-х гг. Произведен анализ промышленной эксплуатации хлорированных, цеолитных и сульфатированных оксидных катализаторов на отечественных установках изомеризации. Самые первые установки изомеризации были введены в производство, разумеется на цеолитных катализаторах. После чего развитие процесса изомеризации происходило в двух основных направлениях: с использованием хлорированных и сульфатированных оксидных катализаторов. Исходя из примеров промышленной практики показаны достоинства и недостатки хлорированных катализаторов. А именно, высокая чувствительность к примесям влаги и соединений серы в сырье и протекание побочных реакций, которые способствуют образованию продукта с низким показателем октанового числа являются недостатками данных катализаторов. Применение же сульфатированных оксидных систем избавляет от вышеуказанных недостатков, об этом говорит опыт промышленной эксплуатации сульфатированного катализатора «СИ-2» [17].

В нашей стране производится несколько видов катализаторов для процесса изомеризации лёгких бензиновых фракций, а именно:

**1. Катализатор алюмоплатиновый (высокотемпературной изомеризации) ИП-82 (ТУ 2177-028-04610600-2004).** Катализатор ИП-82 при проведении процессов изомеризации нормального пентана и пентан-гексановой фракции при высоких температурах с целью получения сырья для производства изопренового каучука, а также компонента автомобильных

топлив. Данный катализатор представляет собой платину, которая равномерно распределена по внутренней и внешней поверхности оксида алюминия, содержащий фтор [18].

**2. Катализатор алюмоплатиновый (высокотемпературной изомеризации) ИП-62 ВК (ТУ2177-021-23092878-2001).** ИП-62 ВК используется для изомеризации нормального пентана при высокой температуре и для изомеризации головных фракций бензина, не подвергнутого гидроочистке и азеотропной осушке. Он представляет собой платину, которая нанесена на фторированный  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

**3. Катализатор (низкотемпературной изомеризации) НИП-3А (ТУ2177-003-23092878-1999).** Катализатор НИП-3А предназначен для эффективной изомеризации нормальных парафинов: нормального бутана - с целью получения изобутана при низкой температуре. Таким образом получают сырье для синтеза каучуков, МТБЭ и алкилбензина. Также изомеризуют посредством данного катализатора нормальный пентан - с целью получения изопентана для синтеза изопрена легких бензиновых фракций. Этот катализатор представляет композицию платины и промоторов на активном поверхностном оксиде алюминия. Катализатор хлорируется и регенерируется непосредственно в самом реакторе изомеризации [19].

**4. Катализатор (среднетемпературной изомеризации) СИП-2А (ТУ 2177-016-23092878-2000).** Катализатор СИП-2А используется для изомеризации пентана и пентан-гексановых фракций при температурах около 280 °С с целью получения изопентана. Изопентан является сырьем для синтеза изопрена или высокооктановых изомеров. СИП - 2А это композиция платины и промотора на носителе из смеси цеолита, оксида алюминия и некоторых модифицирующих добавок [20].

**5. Катализатор изомеризации легких бензиновых фракций СИ-2 (ТУ2177-009-04706192-00).** Этот катализатор используется для изомеризации лёгких бензиновых фракций при средней температуре реакции. Он представляет собой платину, которая равномерно распределена по поверхности

цирконий-содержащего носителя, модифицированного добавкой оксида алюминия [21].

**6. Катализатор (среднетемпературной изомеризации) «ХАИЗОПАР».** «Хаизопар» используется для изомеризации при средней температуре 240-280°C процесса смешанного сырья (прямогонной бензиновой фракции 30-70° С, фракции легкого риформата и пентановой фракции) в легкий высокооктановый компонент товарного автомобильного бензина. Он представляет собой бифункциональный катализатор на фундаменте цеолита-морденита, который промотирован платиной [22,23].

В таблице 1.6 приведена сравнительная характеристика параметров процессов изомеризации пентан-гексановой фракции на катализаторах разного вида, основные физико-химические характеристики которых представлены в таблице 1.7 [24,25].

Сравнительная оценка показателей процессов изомеризации пентан-гексановой фракции на катализаторах различного типа

Наименование	ИП-62ВК	ИП-82	СИП-2А	НИП-3А	СИ-2 («за проход»)
Состав катализатора	Pt/ $\gamma$ - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -F	Pt/ $\gamma$ - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -F	Pt/ $\eta$ - <u>морденит</u>	Pt/ $\eta$ - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Cl	Pt/ZrO <sub>2</sub> - SO <sub>4</sub>
T, °C	360-400	360-390	250-290	120-200	120-140
P, Мпа	3,5	2,5-3,5	2,5-3,0	2,5-3,5	2,0-3,0
Объёмная скорость подачи сырья, час <sup>-1</sup>	2,0	2,0	2,0	1,5-2,0	2,0-3,5
Мольное отношение H <sub>2</sub> :сырьё	-	2,0-3,0:1,0	2,0-3,0:1	0,2-3,0:1,0	1,5-2,0:1,0
ОЧ <u>изомеризата</u> (ИМ)	-	68-76	70-80	78-84	82-84
Выход <u>изомеризата</u> на сырьё C <sub>5-6</sub> , % мас.	98	95-96	93-97	98	98

Таблица 1.7

## Основные физико-химические характеристики катализаторов

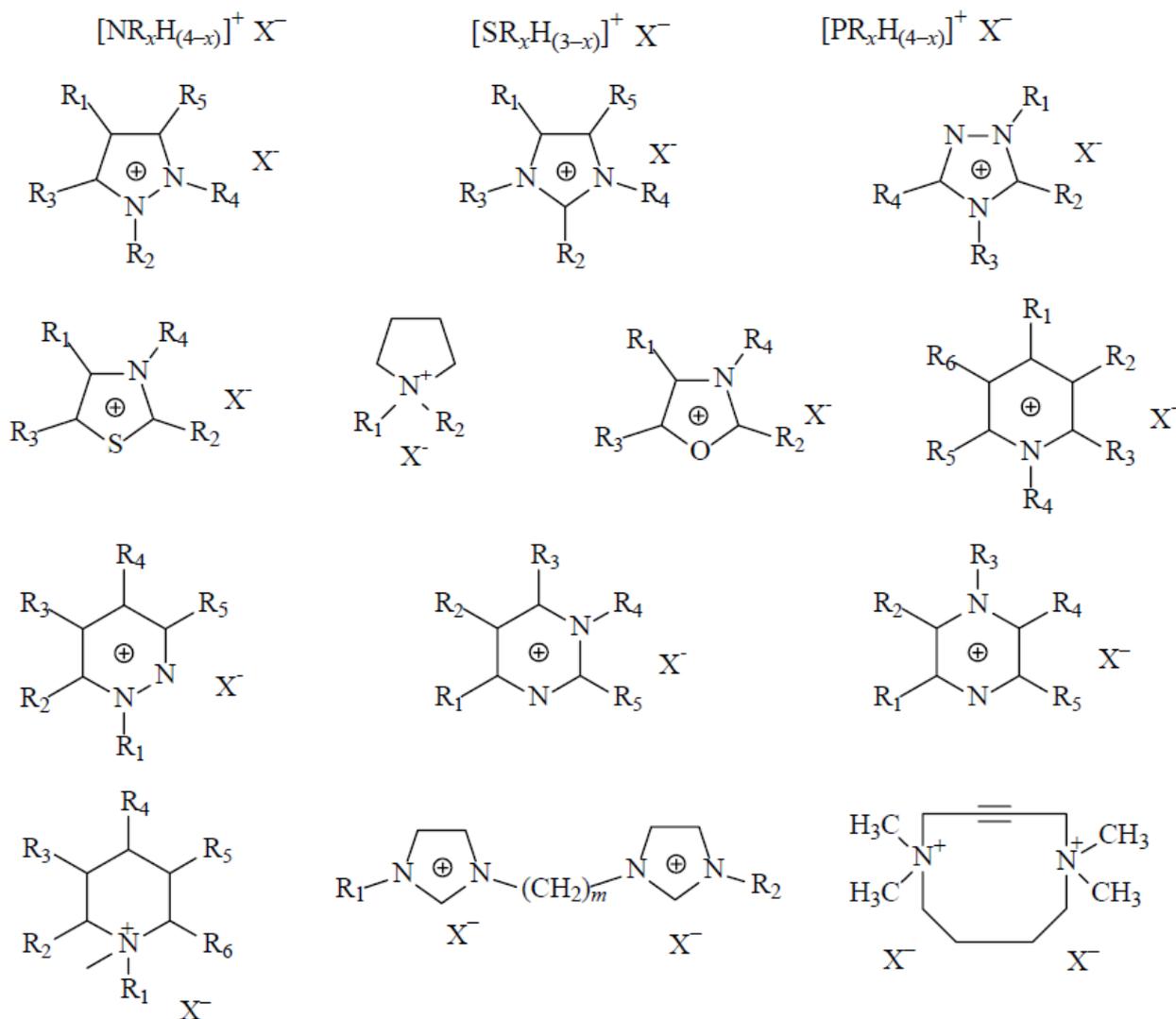
Показатели	ИП-62ВК	ИП-82	НИП-3А	СИП-2А	СИ-2	ХАЙ-ЗОПАР
Содержание платины, % мас.	0,55	0,45	0,25-0,3	0,3-0,4	0,30±0,02	0,35
Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	0,6-0,7	Не более 0,80	0,75	0,65-0,75	не более 1,3	0,65±0,05
Диаметр экструдатов мм	2,6-3,0	2,8±0,2	1,5-2,0	1,5-2,0	2,8±0,3	1,5
Индекс прочности средний, кг/мм, не менее	1,0	1,0±0,2	1,0	1,0	1,30	2,0

Из анализа данных таблицы 1.7 делаем вывод, что из имеющихся отечественных катализаторов наилучшими показателями работы обладает катализатор СИ-2. На его использовании базируется технология изомеризации лёгких бензиновых фракций «Изомалк-2».

### 1.3.1 Жидкофазные катализаторы процессов изомеризации

Жидкофазные катализаторы представляют собой ионные жидкости, являются жидкими при комнатной температуре и изготавливаются на основе

расплавов солей. Данные жидкости являются достаточно эффективными катализаторами в процессах переработки углеводородов. Они принимают участие в процессах алкилирования, олигомеризации, диспропорционирования и, конечно, изомеризации. Количество жидкостей для проведения данных процессов практически безгранично, и ограничивается лишь доступностью органических (катионы) и неорганических, органических комплексных анионов. Некоторые наиболее исследованные ионные жидкости, используемые в процессах изомеризации, представлены ниже:

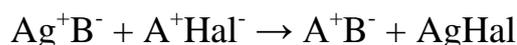


$R_i = \text{H}$ , алкил, арил, гетарил, аллил и др., в том числе функциональные группы,  $x = 1-4$ ,  $m = 2,3$ ;  $\text{X}^- = [\text{BF}_4]^-$ ,  $[\text{PF}_6]^-$ ,  $[\text{SbF}_6]^-$ ,  $[\text{NO}_3]^-$ ,  $[\text{NO}_2]^-$ ,  $[\text{SO}_4]^-$ ,  $[\text{AlkSO}_3]^-$ ,  $[\text{ClO}_4]^-$ ,  $[\text{CF}_3\text{SO}_3]^-$ ,  $[\text{CH}_3\text{COO}]^-$ ,  $[\text{CuCl}_2]^-$ ,  $[\text{Cu}_2\text{Cl}_3]^-$ ,  $[\text{Cu}_3\text{Cl}_4]^-$ ,  $[\text{AlCl}_4]^-$ ,  $[\text{AlBr}_4]^-$ ,  $[\text{AlI}_4]^-$ ,  $[\text{AlCl}_3\text{Et}]^-$ ,  $[\text{Al}_2\text{Cl}_7]^-$ ,  $[\text{Al}_3\text{Cl}_{10}]^-$ ,  $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}^-$ ,  $[\text{N}(\text{CN})_2]^-$ ,  $[\text{Me}(\text{CO})_n]^-$  и пр.

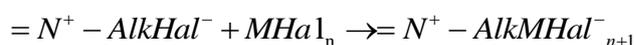
Методы приготовления данных жидкостей весьма просты и могут быть легко масштабированы.

Существуют три основных метода изготовления ионных жидкостей [см. 26,27]:

1) По реакции обмена между солью серебра, содержащей необходимый анион  $B^-$ , и галогенпроизводным с необходимым катионом  $A^+$  по схеме:



2) По реакции кватернизации N-алкилпроизводного с галогенидами металла:



3) В результате реакции ионного обмена на ионообменных смолах или глинах.

Ионные жидкости, содержащие хлорид алюминия  $AlCl_3$  используются для изомеризации нормальных алканов, циклоалканов и ароматических углеводородов, поскольку идут по кислотному механизму.

Изомеризация нормальных алканов  $C_5-C_7$  протекают при температурах 20-60 °C в присутствии ионных жидкостей. Конверсия же нормальных алканов достигает 50-60% при селективности образования изомерных алканов до 95% [28].

Сравнительная характеристика ионной жидкости на фундаменте хлорида алюминия с известными кислотными катализаторами изомеризации алканов представлено в таблице 1.8.

Таблица 1.8

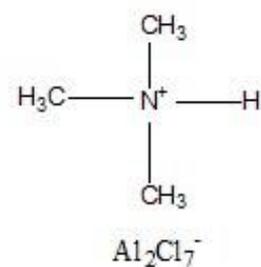
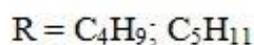
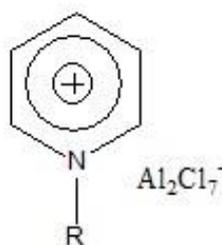
Сравнение активности различных кислотных катализаторов в изомеризации

н-октана

Катализатор	T, °C	Конверсия, %
ИЖ-AlCl <sub>3</sub>	30	40
AlCl <sub>3</sub>	30	1,8
	90	32
SO <sub>4</sub> /ZrO <sub>2</sub>	90	1,5
H <sub>4</sub> PW <sub>12</sub> O <sub>40</sub>	20	1,6
	90	1,1
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <small>конц.</small>	90	0

Исходя из таблицы понятно, что данные катализаторы не проявляют значимой активности при температурах ниже 90 °C. Даже твердый хлорид алюминия может активировать парафин только лишь при температуре 90 °C, но при комнатной температуре его активность ничтожно низкая.

При реакции изомеризации нормального гептана наиболее эффективной каталитической активностью обладают ионные жидкости на фундаменте N-алкилпиперидиний хлоридов с алкильной группой нормальный бутил- и нормальный пентил- и хлорида алюминия, а также триметиламмоний гидрохлорид-AlCl<sub>3</sub> (1:2 мол.):



Следует сделать вывод, что каталитическая активность данных ионных жидкостей зависит и от структуры и от их состава. В основном каталитическая активность она связана с Льюисовской кислотностью катализатора хлорида алюминия. Этот фактор доказуем, поскольку при радикальной замене

органической части молекул ионной жидкости значительных изменений их активности не виден. В то же время, в реакции изомеризации нормального гептана, активность ионных жидкостей изменяется в случае замены хлорида алюминия на хлорид галлия или фторид бора, например [29].

Параллельно с изомеризацией нормального гептана протекают процессы крекинга и дис-пропорционирования, которые приводят к синтезу лёгких  $C_4$ - $C_6$  углеводородов и более высокомолекулярных углеводородов состава типа  $C_8$ - $C_{12}$ . В результате данных процессов значительно понижается избирательность процесса изомеризации. Для понижения конкурирующих с изомеризацией процессов крекинга и диспропорционирования, для повышения активности и избирательности образования изомеров нормального гептана, применяются активирующие добавки, которые инициируют образование карб-катиона и способствуют переносу водорода в реакциях изомеризации. В качестве таких добавок могут быть использованы *метилциклопентан (МЦП)*, *трет-бутилхлорид (трет-Bu-Cl)*, *1,3-дметилциклопентан (ДМЦП)*, *адамантан*. На нижеприведенном рисунке 1.1 представлены данные о влиянии различных добавок на изомеризацию нормального гептана в ионной жидкости.

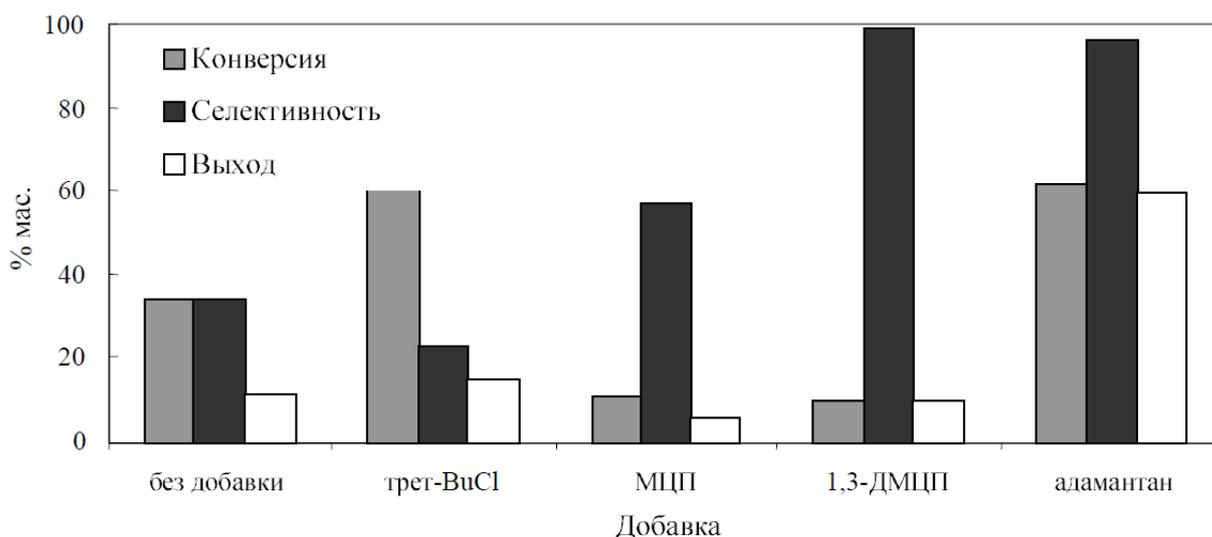


Рисунок 1.1 - Изомеризация нормального гептана в ионной жидкости N-н-пентилпиридиний хлорид- $AlCl_3$  (1:2 мол.) при наличии активирующих добавок (5% мас.) ( $T_{реак} = 30$  °C. Скорость перемешивания в процессе 450-500 об/мин).

Повышающей активность и селективность процесса изомеризации гептана в ионной жидкости именно «адамantan» является наиболее эффективной добавкой к сырью. В его присутствии в два раза увеличивается конверсия гептана, а селективность образования изомерных гептанов достигает до 95%. Кроме того, добавки циклических алканов увеличивают избирательность процесса изомеризации, однако, конверсия нормального гептана в их присутствии понижается. В отличие от добавок адамantanа и циклических алканов, в присутствии трет-BuCl конверсия нормального гептана повышается, но, это в основном, происходит за счет усиления процессов крекинга, при этом селективность образования изомерных гептанов значительно уменьшается [29].

## 1.4 «Изомалк-2», как технология изомеризации лёгких бензиновых фракций

ОАО НПП Нефтехим является разработчиком катализатора изомеризации «СИ-2» и технологии изомеризации лёгких бензиновых фракций «Изомалк-2». По его лицензии катализатор изготавливался на катализаторной фабрике ЗАО «Промышленные катализаторы» города Рязань и ОАО «Ангарский завод катализаторов и органического синтеза».

Сравнительная характеристика технологии «Изомалк-2» с зарубежными технологиями представлено в таблице 1.9.

*Таблица 1.9*

*Сравнение процессов изомеризации пентан-гексановой фракции.*

Показатель	ОАО «НПП Нефтехим», г. Краснодар	UOP Limited, Великобритания	<u>Axens</u> , Франция
Тип процесса	Изомалк-2	<u>ДИП/Пенекс/Супер</u> ДИП	<u>Axens</u>
Октановое число <u>товарного</u> <u>изомеризата (ИМ)</u>	90,5-92,0	90,5-92,0	88,9
<u>Выход суммарного</u> <u>изомеризата, %</u> <u>мас.</u>	98,0	98,0	88,9
Тип катализатора изомеризации	СИ-2	I-82	ATIS-2L
<b>Параметры работы блока изомеризации:</b>			
Давление на входе в реактор, МПа	2,5-3,5	3,0-3,5	3,0-3,5
Кратность	500-550	На проток	На проток

циркуляции, нм <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> сырья*ч			
Температура на входе в реактор, °С	130-160	130-160	130-160
Подача <u>хлороганики</u>	Не требуется	Требуется	Требуется
Осушка сырья	Не требуется	Требуется	Требуется
Объёмная скорость подачи сырья, ч <sup>-1</sup>	2,0-4,0	1,5-2,0	1,5-2,0
Мольное отношение Н <sub>2</sub> :сырьё	1,5-2,5	0,5-1,5	0,5-1,5
Устойчивость катализатора к проскокам серы, воды, азота	Устойчив	Неустойчив	Неустойчив
<u>Регенерируемость</u> катализатора	Регенерирует ся	Не регенерируется	Не регенерируется
<b>Требования к сырью изомеризации:</b>			
Допустимое содержание серы, <u>ppm</u>	1,0-2,0	Не более 0,5	Не более 0,5
Допустимое содержание влаги, <u>ppm</u>	До 10,0	Не более 1,0	Не более 1,0
Допустимое содержание азота, <u>ppm</u>	1,0-2,0	Не более 0,1	Не более 0,1

Следует отметить, что отечественная технология изомеризации пентан-гексановой фракции «Изомалк-2» не только не уступает зарубежным аналогам по октановому числу продукта изомеризации и выходу продукта, но и позволяет не избежать глубокую очистку сырья. Кроме того, не требует введения хлорорганических соединений. Одним из минусов процесса является включение в схему циркуляционного компрессора ВСГ. Но наиболее длительный срок службы катализатора и его устойчивость к микропримесям серы, азота, а также воды компенсирует данные затраты.

Можно произвести классификацию технологии изомеризации по аппаратному оформлению процесса.

Схема на «проток» применяется при более меньших затратах на разделение. В этом варианте сырье установки однократно проходит через реактор, а затем полученный продукт подвергается разделению в ректификационной колонне с выявлением стабильного изомеризата и оставшихся после переработки легких компонентов. По данной схеме только часть углеводородов нормального строения перегруппировывается в углеводороды разветвленного строения с наиболее высоким октановым числом.

Увеличению конверсии дает возможность увеличению концентрации углеводородов нормального строения по отношению к углеводородам разветвленного строения в сырье реактора. Соответственно, в данном случае увеличение соотношений нормальный пентан/изопентан и нормальный гексан/изогексан.

Для того, чтобы удалить из сырья изомерный пентан и изомерный гексан используются де-изопентановая и де-изогексановая колонны соответственно, сверху которых выводится высокооктановый компонент, а в реактор же направляется кубовый продукт колонны. После реакторного блока полученный изомеризат подвергается стабилизации. После процессов стабилизации смешивается с высокооктановой фракцией [23,25].

Ниже приведены схемы изомеризации легких бензиновых фракций на катализаторе «СИ-2», отличающиеся требованиями по октановому числу на рисунках 1.2, 1.3, 1.4, 1.5.

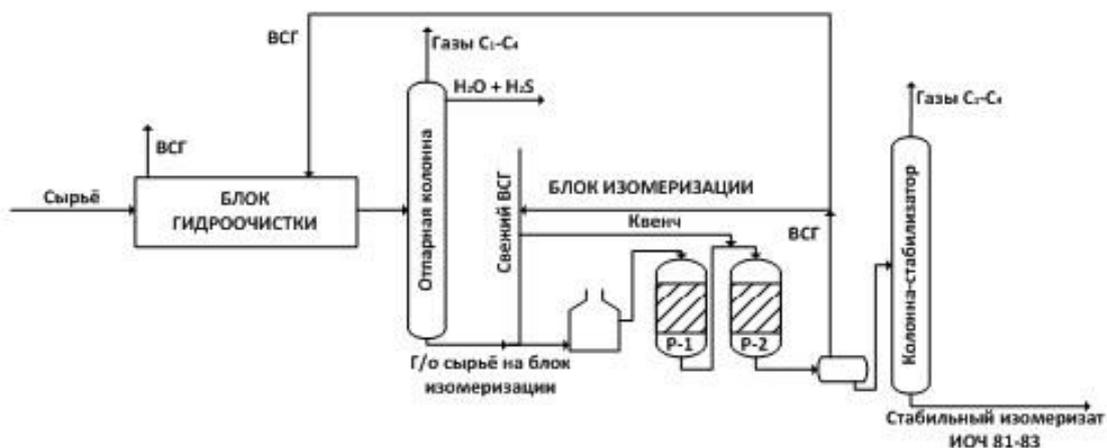


Рисунок 1.2 - Блок-схема установки изомеризации «Изомалк-2» (за «проход»).

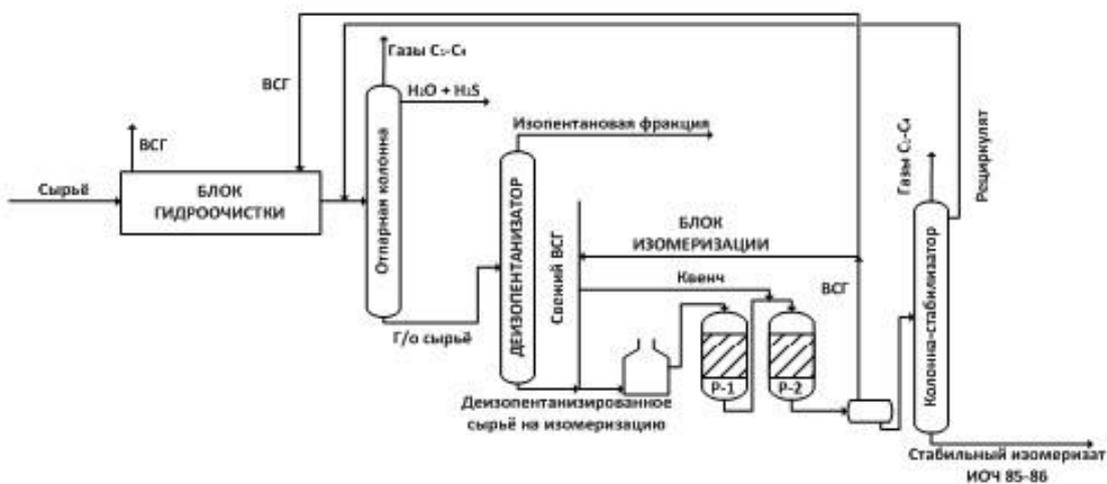


Рисунок 1.3 - Блок-схема установки изомеризации «Изомалк-2» с рециклом по нормальному пентану.

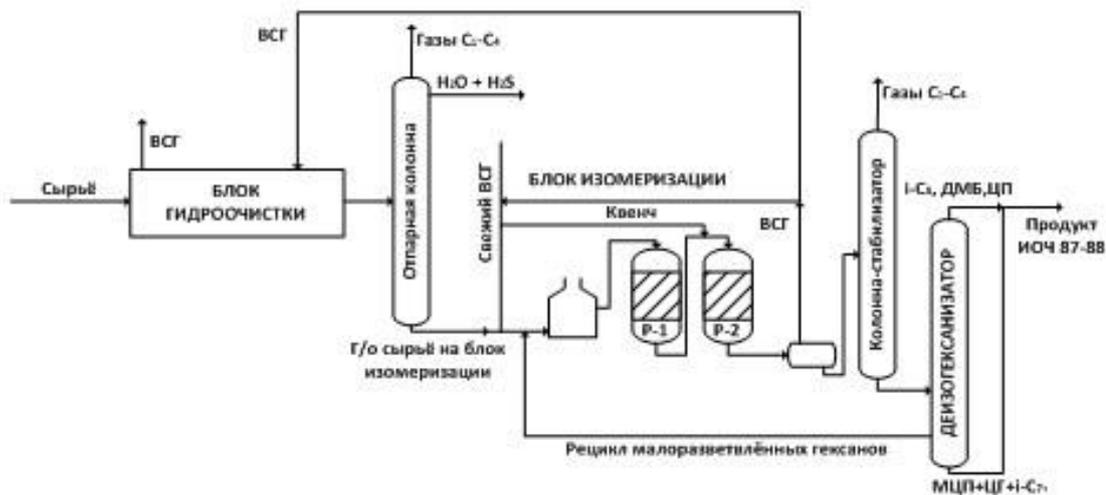


Рисунок 1.4 - Блок-схема установки изомеризации «Изомалк-2» с рециклом малоразветвлённых гексанов.

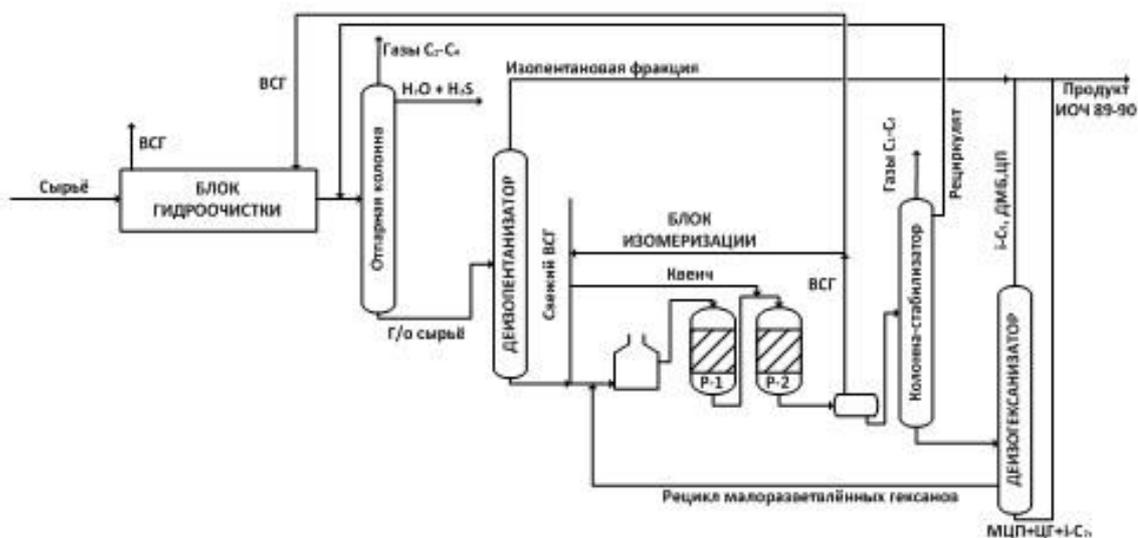


Рисунок 1.5 - Блок-схема установки изомеризации «Изомалк-2» с рециклом по n-пентану и n-гексану.

Характеристика технологии «Изомалк-2» за «проход» и с применением рецикла представлена ниже в таблице 1.10.

Таблица 1.10

## Сравнительная оценка различных вариантов технологии «Изомалк-2»

Наименование	«Изомалк-2», НПП <u>Нефтехим</u>			
	«за проход»	с рециклом <u>н-пентана</u>	с деизогексанизацией и рециклом <u>гексанов</u>	с рециклом <u>гексанов</u> и <u>н-пентана</u>
Прирост октанового числа, пункты	11-14	12-16	17-20	18-24
Октановое число <u>изомеризата</u> , пункты (ИМ)	82-84	85-86	87-89	89-91
Выход <u>изомеризата</u> на сырьё <u>C<sub>5-6</sub></u> , % мас.	98	97-98	97-98	97-98
Относительные эксплуатационные затраты	1,0	2,6	3,2	5,0
Относительные капитальные затраты	1,0	1,7	1,8	3,2

Данная технология изомеризации путем использования катализатора «СИ-2» делает экономически целесообразным варианты с рециклом низкооктановых изомеров и выявлением продукта изомеризации с октановым числом до 89-91 пунктов (ИМ).

## 2 Экспериментальная часть

### 2.1 Постановка задачи

Шагая в ногу со временем, Россия переходит на производство автомобильных бензинов, отвечающим европейским стандартам. Данные стандарты жёстко лимитируют содержание в производимом автомобильном бензине серы, бензола и других ароматических углеводородов. Базовым процессом для производства высококачественных бензинов с высоким октановым числом является каталитический риформинг. Риформат характеризуется достаточно низким содержанием серы и отсутствием олефинов. Однако, получаемый риформат, имеет высокое содержание бензола и его гомологов, что не дает возможность выпускать бензины по стандарту ЕВРО-3.

Необходимо свести к минимуму содержание ароматических углеводородов в бензине при обязательном сохранении высокого октанового числа, что является решением данной задачи. Процесс изомеризации в данной технологической цепочке это одни из наиболее рентабельных и легко встраиваемых звеньев для обеспечения решения такой важной задачи.

Основными задачами, возникающими при модернизировании установок процессов изомеризации, являются: обеспечение длительного срока службы катализатора, обеспечение ресурсоэффективности процесса изомеризации бензиновой фракции за счёт оптимального соотношения сырьевых потоков.

В процессе данной исследовательской работы был произведен мониторинг активности катализатора процесса изомеризации легких бензиновых фракций с использованием компьютерной системы IZOMER, зафиксированы результаты.

## **2.2 Моделирование реакторного блока процесса изомеризации пентан-гексановой фракции**

В случае реакторных процессов переработки широких фракций углеводородного сырья использование метода математического моделирования значительно усложняется. Учет в модели детального механизма позволяет решать задачи расчета конкретных аппаратов, прогнозирования работы установки на длительный период времени, приводит к сложностям математического описания процессов, затрудняет практическое использование вследствие погрешности в определении параметров модели.

Трудности, которые возникают при применении математического метода, могут быть решены уменьшением размерности математического описания, но без потери чувствительности к составу исходного сырья. К значительным изменениям в методах анализа ХТП привело усложнение объектов анализа и появление новых быстродействующих средств вычислительной техники.

Электронно-вычислительная техника, которая производит «прямое» численное решение сложных систем уравнений материального и теплового баланса ХТП, дает возможность исключить некоторые ограничения, которые возникали ранее на математическое описание объектов химической технологии. Сейчас стало возможным максимально приблизить математическое описание к реальной структуре объекта. Следовательно, масштабировалась область применения данных математических моделей, которые основываются на математически выраженных закономерностях, которые описывают физико-химические процессы в сложном объекте.

Описание производственной системы представляет собой сложную совокупность математических уравнений. Базовым инструментом для данных исследований является интеллектуальная компьютерная система. Данная система базируется на фактических данных по эксплуатации промышленных

установок. Данная система анализирует фактические данные, производит выводы и дает соответствующие рекомендации.

Физико-химическая модель включает и расчеты по уравнениям материальных и тепловых балансов превращения углеводородов на поверхности катализатора, и кинетические модели дезактивации, возникающие вследствие процессов старения, отравления, либо блокировки активной поверхности катализатора коксом.

Для того, чтобы построить данную математическую модель принимаем допущения:

- Модель является квазигомогенной;
- Тепловой режим в реакторе является адиабатическим;
- Гидродинамический режим представляет идеальное вытеснение;
- Принимаем формализованный механизм превращений.

Моделирование химической кинетики проводимой реакции и процессов на поверхности катализатора делает оценку скорости протекающих реакций в зависимости от условий их проведения, а именно, состав смеси, температура, давление, тип катализатора и пр.

Для каждого из реагентов смеси углеводородов процессы протекания реакций на поверхности катализатора описывается системой дифференциальных уравнений вида (для сферической гранулы катализатора):

$$D_{эфф} \left( \frac{\partial^2 C_i}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C_i}{\partial r} \right) = W_i(C), \quad (1)$$

с граничными условиями  $r=R, C=C_0, r=0, \frac{\partial C}{\partial r} = 0,$

где  $C_i(r)$  – концентрация  $i$ -го реагента;  $R$  - радиус зерна катализатора;  $r$ -координата по радиусу зерна;  $D_{эфф}$  – эффективный коэффициент диффузии;  $W_{ij}$  – скорость  $i$ -й реакции по  $j$ -ому компоненту;  $C_0$  – концентрация вещества на поверхности гранулы катализатора.

Уравнение же баланса теплового формируется частными производными по пространственной переменной  $r$  и временной  $\tau$ :

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = -u C_p \frac{\partial T}{\partial r} + \sum_j W \Delta H_j \quad (2)$$

где  $T$  – температура реакционного потока;  $C_p$  – теплоёмкость реакционного потока;  $\Delta H_j$  – тепловой эффект  $j$ -й реакции.

Данная программная реализация математической модели исполнена в интегрированной среде Delphi 7. Первоначальными исходными данными для проводимых расчётов являются состав сырья и технологические условия проведения технологического процесса.

В ходе работы была сделана оценка адекватности полученной математической модели. В качестве критерия было выбрано октановое число продукта изомеризации. Результаты данных исследований представлены на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Проверка адекватности модели

Из представленных выше исследований делаем выводы, что расчётные и экспериментальные данные близки по значению и, следовательно, программный расчёт точен.

### **2.3 Результаты проведенных исследований**

В условиях оптимальной работы колонн блока вторичной ректификации бензина установок «АТ-6», «АВТ-6», «АВТ-2» и «АТ-1» возможно улучшение углеводородного состава углеводородных потоков, которые поступают на установку изомеризации, что обеспечит повысить селективность катализатора «СИ-2».

Оптимальная работа катализатора «СИ-2» на установке изомеризации возможна при изменении распределения сырья между Л-35-11/300 и ЛГ-35-8/300 Б. С установок по первичной переработке нефти цеха №1 поступает сырье.

При оптимизации фракции НК-62 °С необходимо обеспечение максимального состава нормального пентана и нормального гексана, которые являются целевыми компонентами процессов изомеризации, которые определяют октановое число получаемого продукта.

Ингибирующее влияние на глубину изомеризации нормального гексана оказывает циклогексан, влияние метил-циклопентана на селективность образования изомеров гексана и характеризуется экстремальной зависимостью. Влияние содержания метил-циклопентана и циклогексана на процесс изомеризации пентан-гексановой фракции производилась по изменению суммарного содержания 2,2-диметилбутана и 2,3-диметилбутана, поскольку данные углеводороды обладают наибольшим октановым числом и являются целевыми продуктами. Результаты проводимых исследований представлены на рисунке 2.2.

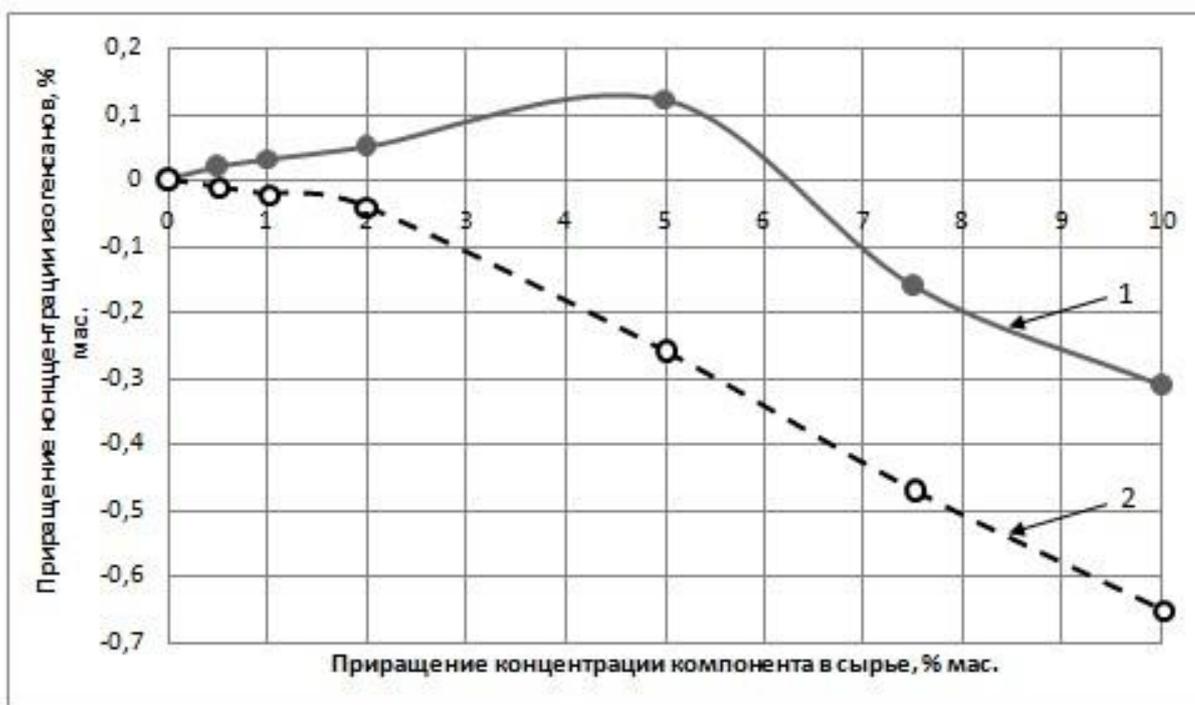


Рисунок 2.2 - Приращение концентрации изогексанов при увеличении содержания в сырье: 1-метилциклопентана, 2-циклогексана

Следует сделать вывод, что циклогексан оказывает негативное влияние на процесс изомеризации бензиновых фракций, в то время как влияние метилциклопентана носит экстремальный характер, это происходит за счет обратимости реакции изомеризации «метил-циклопентана в циклогексан». Положение максимума зависит напрямую от содержания циклогексана в сырье. Следует, что для достижения максимальной эффективности данного процесса изомеризации нужно проводить оптимизацию сырья с целью увеличения содержания целевых компонентов, а также для обеспечения нужной степени разделения нефтяных углеводородов, позволяющей получить максимальный положительный эффект.

Октановое число, являясь базовым показателем процесса изомеризации, зависит от температуры, давления, загрузки установки и состава сырья (рисунки 2.3, 2.4, 2.5). Состав сырья, которое идет на установку, может существенно изменяться. Так, например, для установки «АТ-6» в составе

перерабатываемого сырья наблюдается различное содержание изомерных парафинов, ароматических, нафтеновых соединений (таблица 2.1).

Таблица 2.1

Групповой состав перерабатываемого сырья блока вторичной ректификации установки АТ-6

Дата отбора	Компоненты, % мас.				
	Парафины	Изопарафины	Ароматика	Нафтены	Олефины
12.05.2016	41,34	37,14	1,91	19,61	0,00
30.05.2016	40,67	33,66	1,85	23,82	0,00
09.06.2016	40,60	34,75	1,67	22,97	0,02
23.06.2016	39,84	32,90	1,94	25,32	0,01
21.07.2016	41,04	33,23	1,81	23,89	0,02
18.08.2016	40,92	34,94	1,71	22,41	0,02
30.08.2016	40,77	33,96	1,78	23,49	0,01

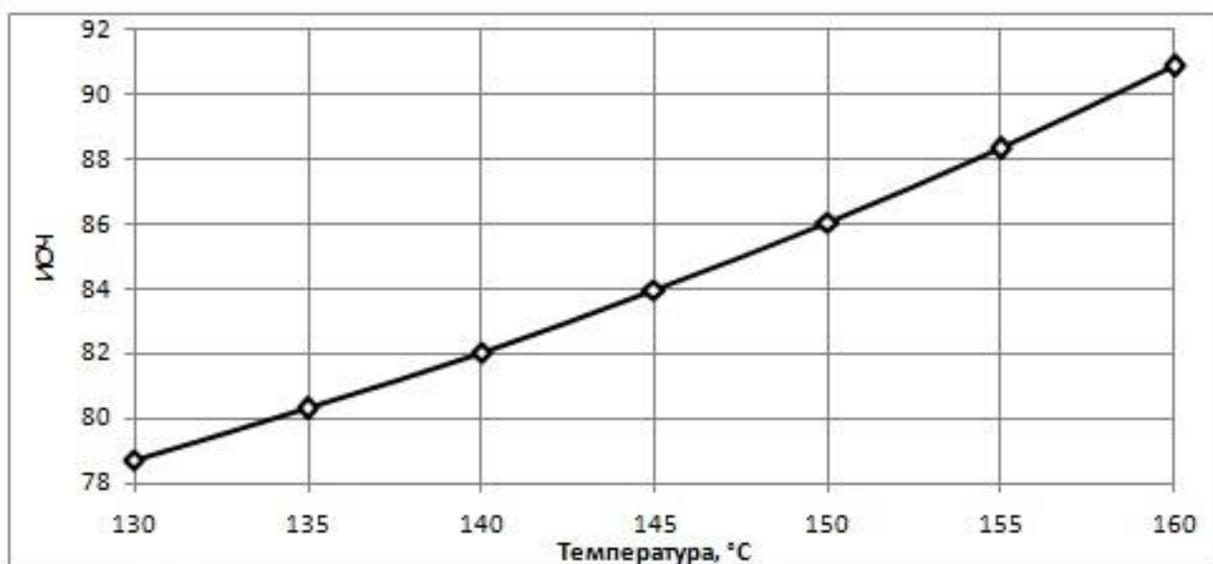


Рисунок 2.3 – Влияние температуры процесса на октановое число изомеризата

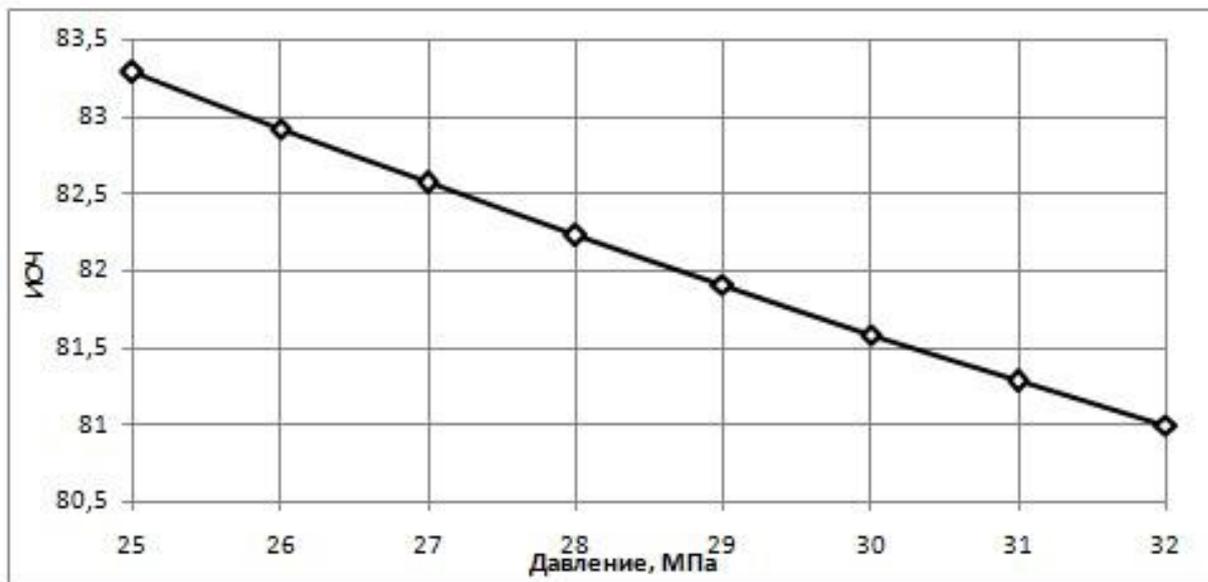


Рисунок 2.4 – Влияние давления в системе на октановое число изомеризата

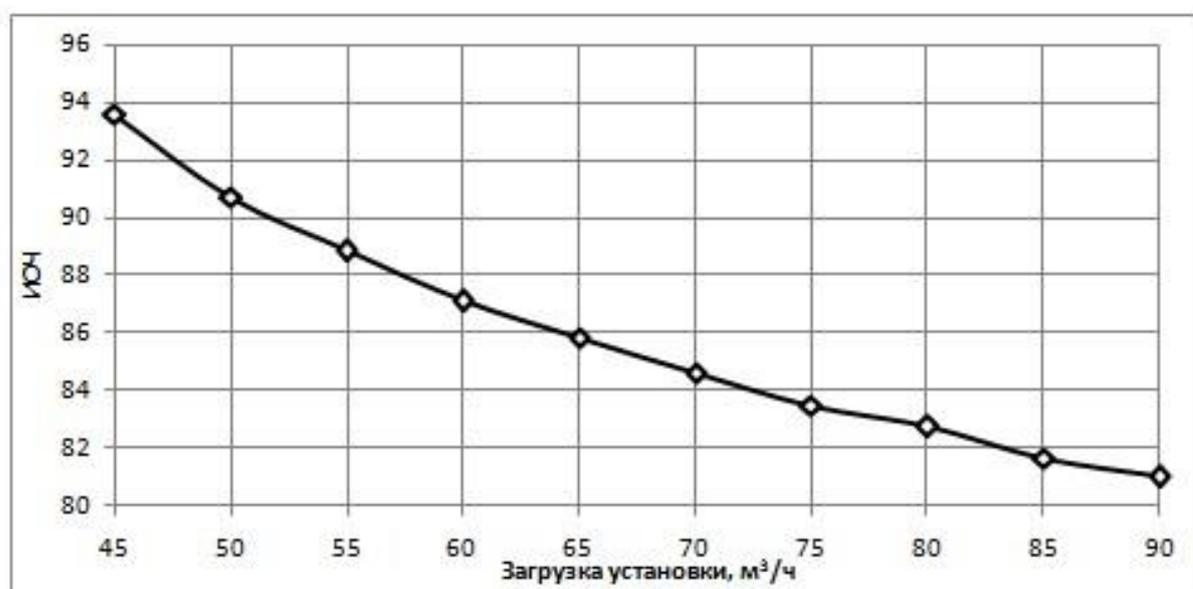


Рисунок 2.5 – Влияние загрузки установки на октановое число изомеризата

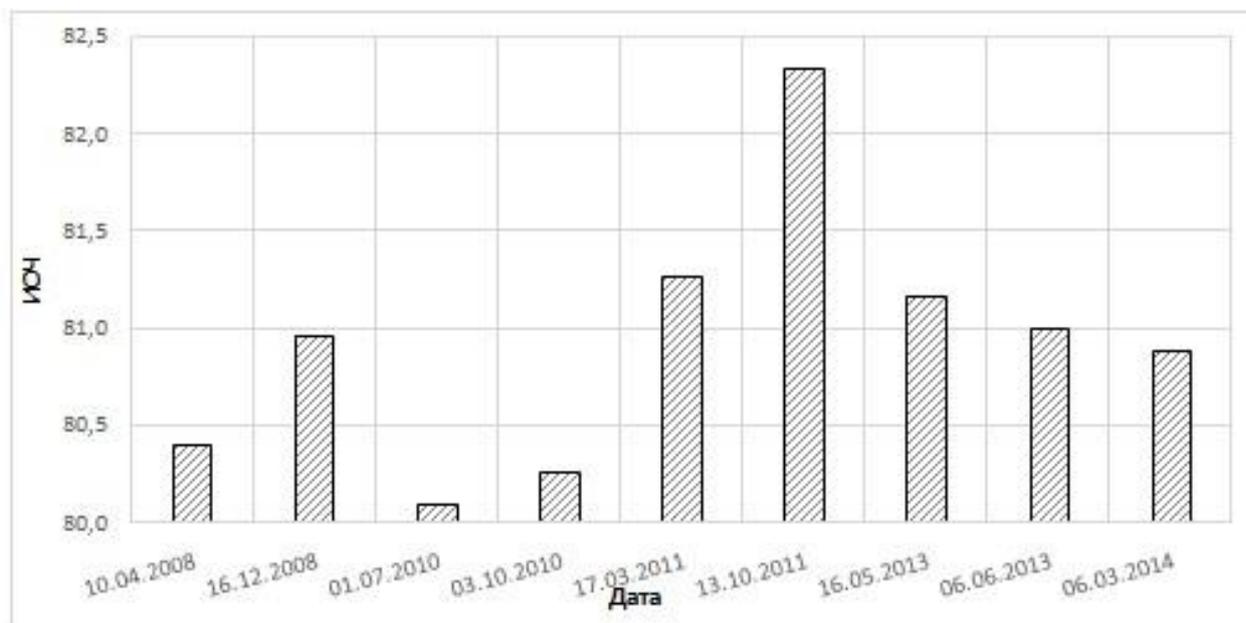


Рисунок 2.6 – Влияние состава перерабатываемого сырья на октановое число изомеризата

По результатам проведенных исследований, октановое число изомеризата в зависимости от состава сырья изменяется в пределах 1...2 пунктов (рис. 2.6).

Исходные данные для исследования представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

## Исходные данные для исследования

Дата	загрузка б/п	кр.цирк .	Подача ВСГ	Конц . Н <sub>2</sub>	Т Р- 2	Т Р- 3	Т Р- 4	Р вх. Р-2	О.Ч. из-т
12.05.2016	92	610	56120	85,3	138	150	159	33	81,2
09.06.2016	92	607	55844	86,8	138	151	161	33,2	80,8
23.06.2016	61	844	51484	86,8	137	150	158	30,5	81
21.07.2016	75	723	54225	86,8	137	146	156	32,6	80,8
18.08.2016	66	809	53394	86,8	137	150	159	32,2	81

Результаты расчета приведены в таблицах 2.3-2.5.

Таблица 2.3

## Результаты расчета (12.05.2016 г, 09.06.2016 г.).

Дата	09_06_2	09_06_2	09_06_2
	016	016	016
	Сырьё	Расч.	Экспер.
О.Ч.	67,21	85,54	80,66
C1	0,00	0,01	0,00
C2	0,00	0,53	0,00
C3	0,00	2,75	0,35
n-C4	0,04	0,25	0,64
i-C4	0,00	0,36	1,03
n-C5	32,23	7,04	14,66
i-C5	15,38	40,61	36,00
n-C6	16,09	4,43	5,59
2-MP	14,89	11,11	13,61
3-MP	8,74	5,35	8,02
2,2-DMB	0,47	16,54	11,42
2,3-DMB	1,94	5,45	4,35
n-C7	0,00	0,00	0,00
Si-C7	0,02	0,01	0,02
SC8	0,00	0,00	0,00
ZP	3,40	3,17	1,74
MZP	4,68	0,79	1,34
MG	0,34	0,79	0,90
BZ	1,66	0,69	0,00

Дата	12_05_2	12_05_2	12_05_2
	016	016	016
	Сырьё	Расч.	Экспер.
О.Ч.	67,68	85,66	81,08
C1	0,00	0,00	0,00
C2	0,00	0,54	0,00
C3	0,00	2,67	0,36
n-C4	0,04	0,26	0,56
i-C4	0,00	0,35	1,04
n-C5	33,40	7,37	14,79
i-C5	16,26	42,33	37,14
n-C6	14,92	4,22	5,25
2-MP	14,92	10,60	12,91
3-MP	8,45	5,11	7,60
2,2-DMB	0,41	15,84	12,21
2,3-DMB	1,92	5,21	4,14
n-C7	0,00	0,00	0,00
Si-C7	0,02	0,01	0,02
SC8	0,00	0,00	0,00
ZP	3,66	3,41	1,77
MZP	4,21	0,71	1,12
MG	0,26	0,68	0,76
BZ	1,42	0,59	0,00

DMZP	0,10	0,10	0,32
H2	0,00	0,00	0,00
TOLU OL	0,00	0,00	0,00
MZG	0,00	0,00	0,00

DMZP	0,10	0,10	0,32
H2	0,00	0,00	0,00
TOLU OL	0,00	0,00	0,00
MZG	0,00	0,00	0,00

Таблица 2.4

Результаты расчета (18.08.2016 г, 21.07.2016 г.).

Дата	18_08_20 16	18_08_20 16	18_08_20 16
	Сырьё	Расч.	Экспер.
О.Ч.	65,88	89,19	80,70
C1	0,00	0,10	0,00
C2	0,00	1,02	0,00
C3	0,00	5,67	0,17
n-C4	0,04	0,32	1,06
i-C4	0,00	0,81	1,27
n-C5	31,18	2,61	13,20
i-C5	12,01	41,14	33,73
n-C6	18,59	3,32	5,93
2-MP	14,26	8,33	14,51
3-MP	8,37	3,94	8,58
2,2- DMB	0,36	21,06	12,90
2,3- DMB	1,74	6,46	4,65
n-C7	0,00	0,00	0,00
Si-C7	0,09	0,02	0,01
SC8	0,00	0,00	0,00
ZP	3,64	3,23	1,42
MZP	6,79	0,65	1,35
MG	1,04	0,81	0,89
BZ	1,79	0,42	0,00
DMZP	0,10	0,10	0,32
H2	0,00	0,00	0,00
TOLU OL	0,00	0,00	0,00
MZG	0,00	0,00	0,00

Дата	21_07_20 16	21_07_20 16	21_07_20 16
	Сырьё	Расч.	Экспер.
О.Ч.	67,13	86,50	80,95
C1	0,00	0,03	0,00
C2	0,00	0,61	0,00
C3	0,00	3,30	0,26
n-C4	0,02	0,26	0,62
i-C4	0,00	0,44	0,99
n-C5	33,48	5,93	14,92
i-C5	14,10	41,88	36,85
n-C6	15,69	4,04	5,24
2-MP	14,89	10,12	13,12
3-MP	8,57	4,97	7,67
2,2- DMB	0,35	17,23	11,57
2,3- DMB	1,88	5,49	4,24
n-C7	0,00	0,00	0,00
Si-C7	0,02	0,01	0,01
SC8	0,00	0,00	0,00
ZP	3,80	3,45	1,96
MZP	4,86	0,72	1,29
MG	0,36	0,87	0,92
BZ	1,88	0,62	0,00
DMZP	0,10	0,10	0,32
H2	0,00	0,00	0,00
TOLU OL	0,00	0,00	0,00
MZG	0,00	0,00	0,00

Результаты расчета (23.06.2016 г.).

Дата	23_06_2016	23_06_2016	23_06_2016
	Сырьё	Расч.	Экспер.
О.Ч.	66,04	91,92	80,66
C1	0,00	0,28	0,00
C2	0,00	1,63	0,00
C3	0,00	8,75	0,07
n-C4	0,02	0,37	0,71
i-C4	0,00	1,23	1,11
n-C5	34,09	1,30	13,28
i-C5	10,67	44,48	34,35
n-C6	16,48	2,07	5,93
2-MP	16,44	5,23	14,61
3-MP	9,26	2,35	8,63
2,2-DMB	0,60	21,35	13,27
2,3-DMB	2,16	6,37	4,71
n-C7	0,00	0,00	0,00
Si-C7	0,02	0,00	0,01
SC8	0,00	0,00	0,00
ZP	3,74	3,25	1,48
MZP	4,27	0,40	0,90
MG	0,25	0,52	0,61
BZ	1,89	0,31	0,00
DMZP	0,10	0,11	0,32
H2	0,00	0,00	0,00
TOLUOL	0,00	0,00	0,00
MZG	0,00	0,00	0,00

### 3 Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

#### 3.1 Потенциальные потребители конечных результатов исследования

По мониторингу промышленных установок с использованием комплексной моделирующей системы услуги необходимы:

- Крупные НПЗ
- Мини-НПЗ

Продажа готового продукта:

- Крупные НПЗ
- Мини-НПЗ
- Проектные организации
- ВУЗы
- Зарубежные компании

		Вид предоставляемых услуг			
		Мониторинг промышленных установок	Мониторинг и оптимизация промышленных установок	Предоставление инжиниринговых услуг, обучение персонала предприятия	Продажа готового продукта
Размер предприятия	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				

Рисунок 3.1 - Карта сегментирования рынка услуг по разработке комплексной математической модели



### 3.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Основными конкурентами данной математической модели это программы PIMS и Aspen-Tech. Эти программы могут спроектировать новое оборудование, моделируют процессы для подготовки промысла нефти, но не оснащены прогнозирующей способностью. Они не чувствительны к изменяющимся свойствам перерабатываемого сырья.

Ниже характеристическая карта для сравнения программных разработок (табл. 3.1):

Таблица 3.1

Оценочная карта для сравнения конкурентных программных разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		<u>Бф</u>	<u>Бк1</u>	<u>Бк2</u>	<u>Кф</u>	<u>Кк1</u>	<u>Кк2</u>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,15	5	4	4	0,76	0,61	0,61
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям)	0,12	5	3	3	0,61	0,37	0,37

потребителей)								
3. Помехоустойчивость	0,02	4	5	5	0,06	0,08	0,08	
4. <u>Энергоэкономичность</u>	0,02	4	4	4	0,06	0,06	0,06	
5. Надежность	0,15	4	4	4	0,61	0,61	0,61	
6. Уровень шума	-	-	-	-	-	-	-	
7. Безопасность	0,02	5	5	5	0,08	0,08	0,08	
8. Потребность в ресурсах памяти	0,02	5	2	3	0,08	0,03	0,05	
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,03	5	3	3	0,15	0,09	0,09	
10. Простота эксплуатации	0,03	4	3	3	0,12	0,09	0,09	
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,03	4	5	5	0,12	0,15	0,15	
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,09	5	2	2	0,46	0,18	0,18	
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>								
1. <u>Конкурентоспособность</u> продукта	0,03	5	4	4	0,15	0,12	0,12	
2. Уровень проникновения на рынок	0,02	2	4	4	0,03	0,06	0,06	

3. Цена	0,03	5	1	2	0,15	0,03	0,06
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	5	5	5	0,15	0,15	0,15
5. Послепродажное обслуживание	0,06	3	2	2	0,18	0,12	0,12
6. Финансирование научной разработки	0,06	3	4	4	0,18	0,24	0,24
7. Срок выхода на рынок	0,02	4	5	5	0,10	0,12	0,12
8. Наличие сертификации разработки	0,08	2	5	5	0,15	0,38	0,38
Итого	1	79	70	72	4,21	3,58	3,63

### **3.3 SWOT анализ**

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Этот анализ используют для изучения внешней и внутренней среды этого проекта.



<p><b>V1.</b> Использование <u>инновационной инфраструктуры</u> ТПУ.</p> <p><b>V2.</b> Появление партнёров, заинтересованных в разработке и внедрении на своих предприятиях современных информационных технологий.</p> <p><b>V3.</b> Повышение стоимости конкурентных разработок.</p> <p><b>V4.</b> Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p>	<p>математической модели для <u>повышения эффективности</u> промышленной установки изомеризации с целью получению готового продукта с заданными конкурентными преимуществами (<u>ценовое и дифференциация</u>).</p>	<p>программного продукта</p> <p><b>2.</b> Повышение квалификации кадров потенциальных потребителей</p> <p><b>3.</b> Предоставление инженеринговой услуги.</p> <p><b>4.</b> Приобретение нужного оборудования для испытаний.</p> <p><b>5.</b> Поиск зарубежных стратегических партнеров.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Угрозы:</b></p> <p><b>У1.</b> Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p><b>У2.</b> Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</p> <p><b>У3.</b> Появление конкурентной продукции.</p>	<p><b>1.</b> Продвижение новой технологии с целью появления спроса</p> <p><b>2.</b> Сертификация продукта</p> <p><b>3.</b> Укрепление <u>конкурентных преимуществ</u> продукта</p>	<p><b>1.</b> Продвижение новой технологии с целью появления спроса</p> <p><b>2.</b> Сертификация продукта</p> <p><b>3.</b> Укрепление конкурентных <u>преимуществ</u> продукта</p>

### 3.4 Оценка готовности проекта к последующей коммерциализации

Оценка степени готовности проекта к коммерциализации представляется в таблице 3.3.

Таблица 3.3

*Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации*

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел.	5	3
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела.	4	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке.	5	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок.	4	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав.	2	2
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной	3	3

	собственности.		
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта.	4	4
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки.	1	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок.	4	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки.	4	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок.	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот.	2	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки.	4	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки.	3	4
15.	Проработан механизм	4	4

	реализации научного проекта.		
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>50</b>	<b>48</b>

Исходя, из результатов проекта к коммерциализации сделаем вывод, что перспектива данного проекта больше среднего значения. Для того, чтобы реализовать данный проект необходимо сделать следующее:

- Решить вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки и вопросы для получения льгот;
- Решить вопросы международного сотрудничества последующего выхода на европейский рынок.

### 3.5 Методы коммерциализации научно-технического исследования

Если основываться на анализе методов коммерциализации проекта для его дальнейшего развития программного продукта более продуктивным методом является инжиниринг, так как имеются партнёры, которые заинтересованы в развитии данного проекта.

#### Инициация данного проекта

1. *Цели и результаты проекта.* Базовыми целями данного проекта являются обеспечение эффективности процессов изомеризации бензиновой фракции. Кроме того, основной целью является внедрение комплексной компьютерной системы как наиболее эффективного варианта для оптимизации процессов изомеризации. Информация по заинтересованным лицам проекта представлена в таблице 3.4

Таблица 3.4

*Заинтересованные стороны проекта*

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
ООО «ПО <u>Киришинефтеоргсинтез</u> »	Улучшение эффективности работы промышленной установки изомеризации.
	Обеспечение оптимального распределения сырьевых ресурсов.
	Повышение <u>энергоэффективности</u> данного производства.

Критерии реализации целей представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5

*Цели и результат проекта.*

<b>Цели проекта:</b>	Мониторинг <u>активности катализатора процесса изомеризации легких бензиновых фракций с использованием метода математического моделирования.</u>
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышение эффективности работы установки промышленной изомеризации Л-35-11/300.</li> <li>2. Увеличение ресурса катализатора СИ-2 на установке Л-35-11/300 за счёт обеспечения оптимального распределения сырьевых ресурсов.</li> </ol>
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Построенная комплексная моделирующая система должна полностью отражать свойства реального промышленного объекта, иметь <u>высокую</u> точностью расчётов, быть универсальной, а также полностью соответствовать требованиям <u>заказчика.</u>
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	1. Адекватность - способность отображать заданные свойства объекта с минимальной погрешностью.
	2. Точность - оценивается степенью совпадения значений параметров действительного объекта и рассчитанных на математических моделях.
	3. Универсальность – модель должна полностью отображать свойства и особенности реального

	объекта.
	4. Экономичность – характеризуется необходимыми затратами машинной памяти и времени.

### 3.6 Организационная структура данного проекта.

#### Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Календарный план проекта представляется в виде таблицы 3.6.

*Таблица 3.6.*

*Календарный план проекта в виде таблицы.*

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Изучение литературы и составление литературного обзора	37	11.01	26.02	Сойкина Юлия Андреевна
Исследование в компьютерном классе	21	12.03	24.03	Сойкина Юлия Андреевна
Обсуждение полученных результатов	12	26.03	10.04	Сойкина Юлия Андреевна <u>Чузлов Вячеслав Алексеевич</u>
Оформление выводов	15	13.04	28.04	Сойкина Юлия Андреевна

Оформление пояснительной записки	21	12.05	25.05	Сойкина Юлия Андреевна
Итого:	106	11.01	25.05	

Таблица 3.7 - Календарный план-график проведения ВКР по теме.

№ ра б	Вид работ	Исполните ли	Т <sub>ТР</sub>	Продолжительность выполнения работ												
				февр		март			апрель			май			июн ь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Постановка	Руководите	3	+												
2	Выявление	Специалис	4	+												
3	Изучение	Специалис	28	+	+	+										
4	Сбор данных	Специалис	20		+	+	+			+	+					
5	Изучение принципа	Специалис	4		+											
6	Подготовка к	Специалис	11		+	+	+			+	+					
7	Проведение эксперимента	Специалис	23		+	+	+			+	+					
8	Мониторинг активности	Специалис	12		+	+	+			+	+					
9	Обсуждение	Руководите	11		+	+	+			+	+					
10	Оформление	Специалис	31									+	+	+	+	
11	Проверка	Руководите	5													+
Итого			15													

## Бюджет исследования

Исходное сырье, материалы, сопутствующие изделия (за вычетом отходов).

Таблица 3.8

### Группировка затрат по статьям

Затраты по статьям	
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов).	4787
Специальное оборудование для научных работ	50000
Основная заработная плата	161314,24
Дополнительная заработная плата	18163,12
Отчисления на социальные нужды	49182,73
Итого плановая себестоимость	273139,16

Таблица 3.9

### Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты.

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бензиновая фракция	АИ – 95, литр	5	37,45	187,25
Бензиновая фракция	АИ – 98, литр	5	38,5	192,50
Тетрадь	60 листов	2	60	120

Ацетон	литр	1	200	200
Ручка		3	20	60
Карандаш		2	12	24
Шприц	2 мкл.	1	3000	3000
Эпиндорф	2 мл	12	20	240
<b>Всего за материалы</b>				3264
<b>Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)</b>				673
<b>Итого по статье <u>С<sub>м</sub></u></b>				3937

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.

*Таблица 3.10*

*Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ».*

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование оборудования</b>	<b>Кол-во единиц оборудования</b>	<b>Цена единицы оборудования, тыс. руб.</b>	<b>Общая стоимость оборудования, тыс. руб.</b>
1.	ПК, программное обеспечение «Изомер»	1	50	50

Баланс рабочего времени.

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	152	152
Количество нерабочих дней	42	44
- выходные дни	9	13
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	26	-
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	75	95

Таблица 3.12

Расчёт основной заработной платы.

Исполнители	$Z_{б.}$ руб.	$k_p$	$Z_{м.}$ руб.	$Z_{дв.}$ руб.	$T_p$ раб. дн.	$Z_{осв.}$ руб.
Руководитель	36363,73	1,3	46341,26	1603,17	75	120237,75
Специалист	2500				95	12500

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала.

Таблица 3.13

Заработная плата исполнителей НИИ.

Заработная плата	Руководитель	Бакалавр
Основная зарплата	120237,75	12500
Дополнительная зарплата	18163,12	-
Итого по статье $C_{зд}$	138400,87	12500

Отчисления на социальные нужды.

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}),$$

где  $k_{внеб} = 27,1\%$  коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 3.14

Отчисления на социальные нужды.

	Руководитель	Специалист
Зарплата	120237,75	12500
Отчисления на социальные нужды	32584,4	3387,5

Выбор организационной структуры научного проекта.

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта.	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта.	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта.	Низкая	Высокая	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта.	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ).	Низкая	Средняя	Средняя
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

**Вывод:** Более выгодной является проектная структура проекта.

**3.7. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной, а также экономической эффективности исследования.**

Эффективность научного проекта складывается из социальной, экономической, бюджетной эффективностей. Факторы общественной

эффективности учитывают социальные и экономические последствия внедрения научного проекта для общества и экологии.

Участием государства в проекте со стороны расходов и доходов бюджетов всех уровней характеризует бюджетная эффективность.

### **Динамические методы экономической оценки входящих инвестиций**

Методы оценки инвестиций (динамические) базируются на применении таких показателей:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- срок окупаемости (PP);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- индекс доходности (PI).

Вышеперечисленные показатели базируются на сравнении «чистых» денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности, и их приведении к определенному моменту времени.

#### **Чистая текущая стоимость**

«Чистая» текущая стоимость это абсолютный показатель, по данному показателю условием экономичности данного проекта является выполнение следующего неравенства:  $NPV > 0$ .

Чем больше влияние инвестиционного проекта на экономический потенциал компании, тем больше показатель NPV.

Инвестиционный проект считается выгодным, если показатель NPV является положительной величиной.

Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом.

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Итого приток	0	300	300	300	300
2.	Выручка от реализации, тыс. руб.	0	300	300	300	300
3.	Коэффициент дисконтирования, (приведения при $i=0,20$ )	1	0,833	0,694	0,578	0,482
4.	Операционные затраты, тыс. руб. ( <u><math>C+A_m+\Phi OT</math></u> )	0	47,3	47,3	47,3	47,3
5.	Налоги, ( <u><math>Выр-опер=донал\ при\ \bar{b}*20\%</math></u> )	0	53,21	53,21	53,21	53,21
6.	Итого отток, ( <u><math>Опер\ затр+налоги</math></u> )	- 273,14	98,34	98,34	98,34	98,34
7.	Чистый денежный поток, ( <u><math>ЧДП=Пчист+A_m</math></u> ; <u><math>Пчист=Пдонал.-налог</math></u> )	- 273,14	216,38	216,38	216,38	216,38
8.	Инвестиционные издержки, тыс. руб.	- 273,14	0	0	0	0
9.	Дисконтированный чистый денежный поток, ( <u><math>c7*c8</math></u> )	- 273,14	197,11 8	179,55 1	163,67 7	149,28 4

10.	То же нарастающим итогом, (NPV =411,03)	- 273,14	-69,82	108,78	264,87	411,03
-----	--	-------------	--------	--------	--------	--------

По проекту, в общем, чистая текущая стоимость составляет 411030 д. ед., что свидетельствует о его эффективности.

### Дисконтированный срок окупаемости проекта

Дисконтированный срок окупаемости данного проекта рассчитывается наподобие простого срока окупаемости, но он не учитывает фактор времени. Наиболее эффективным методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет с нарастающим итогом денежного потока. Что представляется в таблице 3.17.

Таблица 3.17

#### Дисконтированный срок окупаемости.

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Дисконтированный чистый денежный поток	-273,14	197,12	179,55	163,67	149,28
2.	То же нарастающим итогом	-273,14	-69,82	108,78	264,87	411,03
3.	Дисконтированный срок окупаемости, месяц	1,47				

## Внутренняя норма доходности проекта

Для того, чтобы установить показатель «чистой» текущей стоимости необходимо располагать данными о ставке дисконтирования. Определить показатель ставки дисконтирования не так просто, так как он зависит от оценки экспертов. Именно поэтому, в оценке окупаемости инвестиций на практике используется метод, который основывается на расчете внутренней нормы доходности (IRR).

«Чистая» текущая стоимость и ставка дисконтирования ( $i$ ) имеют обратную зависимость по отношению друг к другу (рис. 3.2).

*Таблица 3.18*

*Зависимость NPV от ставки дисконтирования.*

№ п/п	Наименование показателя	Номер шага (периода) расчета ( $t$ )					NPV
		0	1	2	3	4	
1	Чистые денежные потоки	- 273139	216381	216381	216381	216381	
2	Коэффициент дисконтирования						
	$i=0,1$	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	$i=0,2$	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	$i=0,4$	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
	$i=0,5$	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	$i=0,6$	1	0,625	0,390	0,244	0,095	

	$i=0,7$	1	0,588	0,335	0,203	0,070	
3	Дисконтированный денежный поток						
	$i=0,1$	- 273139	196,118	178,551	162,677	148,28 4	411030
	$i=0,2$	- 273139	180317, 5	150264, 6	125220, 5	104350, 5	287243, 3
	$i=0,4$	- 273139	154557, 8	110398, 5	78856,1	56325, 7	130211, 6
	$i=0,5$	- 273139	144254	96169,3	64112,8	42741, 9	79132, 7
	$i=0,6$	- 273139	135238, 1	84523,8	52827,4	33017, 1	23761, 5
	$i=0,7$	- 268420	127282, 9	74872,3	44042,5	25907, 4	- 10414, 6

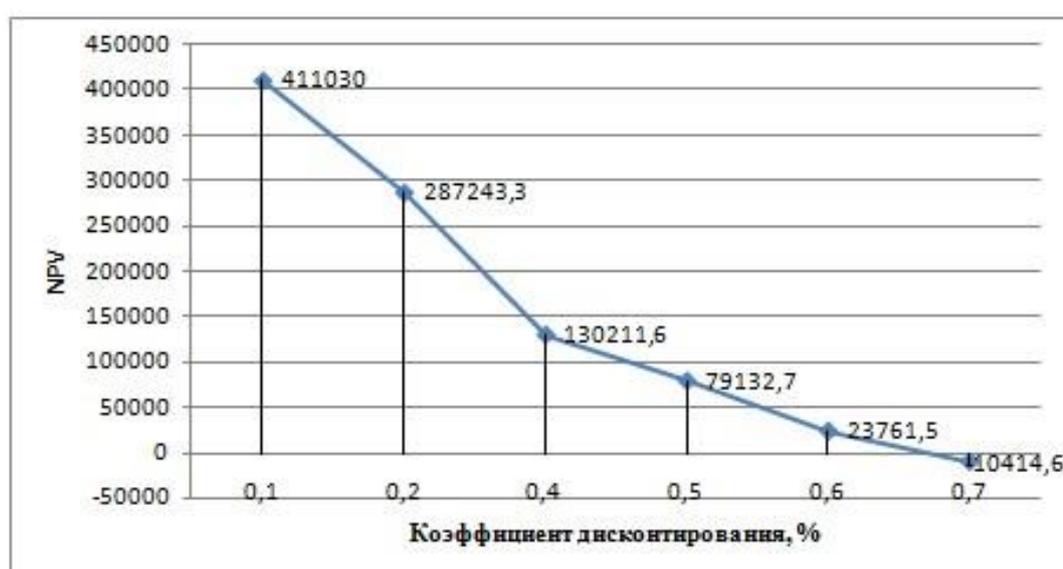


Рисунок 3.2 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования.

Из данных таблицы и графика делаем вывод, что при росте ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается и становится даже отрицательной. Значение показателя ставки, при котором NPV равняется нулю, носит наименование «внутренней нормы прибыли». Из графика можно увидеть, что внутренняя норма доходности 0,67.

### Индекс доходности инвестиций

Сколько приходится дисконтированных финансовых поступлений на рубль инвестиций демонстрирует индекс доходности (ИД).

Расчет ИД осуществляется по формуле ниже:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧПД_t}{(1+i)^t} / I_0,$$

где  $I_0$  – первоначальные инвестиции.

$$ИД = \frac{761013 + 692391 + 623261 + 547460}{274122} = 9,5$$

ИД=9.5>1, следовательно, проект эффективен при  $i=0,1$ ; NPV=273139

### Оценка эффективности данного исследования

Таблица 3.19

Группировка затрат по статьям аналогов разработки.

Вариант исполнения аналога, №	1	2
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), изделия и	500	1000

полуфабрикаты.		
Специальное оборудование для научных работ.	150000	200000
Основная заработная плата.	137048	153920
Отчисления на социальные нужды.	39453	42987,1
Итого плановая себестоимость.	329373	401675,1

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{273139}{401675,1} = 0,68$$

$$I_{\Phi}^{a1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{329373}{401675,1} = 0,82$$

$$I_{\Phi}^{a2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{401675,1}{401675,1} = 1$$

где  $I_{\Phi}^p$  - интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  - стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  - максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Рассчитанная величина интегрального финансового показателя проекта показывает соответствующее численное уменьшение стоимости разработки в разы.

Интегральный показатель ресурсной эффективности вариантов выполнения объектов данного проекта можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a \quad , \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad ,$$

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсной эффективности вариантов;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i^a$  ,  $b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчеты интегрального показателя ресурсной эффективности необходимо производить в таблице, пример ее приведен ниже.

*Таблица 3.20*

*Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.*

<b>Критерии</b>	<b>Весовой коэффициент параметра</b>	<b>Текущий проект</b>	<b>Аналог 1</b>	<b>Аналог 2</b>
Способствует росту производительности труда пользователя.	0,1	5	4	3
Удобство эксплуатации	0,15	4	3	4
Помехоустойчивость.	0,15	5	4	3
Энергосбережение.	0,20	4	4	2
Надежность.	0,25	5	4	4

Материалоемкость.	0,15	1	2	3
ИТОГО	1	24	21	19

$$I_{\text{тп}} = 5 * 0,1 + 4 * 0,15 + 5 * 0,15 + 4 * 0,2 + 5 * 0,25 + 1 * 0,15 = 4,05$$

$$\text{Аналог 1} = 4 * 0,1 + 3 * 0,15 + 4 * 0,15 + 4 * 0,2 + 4 * 0,25 + 2 * 0,15 = 3,55$$

$$\text{Аналог 2} = 3 * 0,1 + 4 * 0,15 + 3 * 0,15 + 2 * 0,2 + 4 * 0,25 + 3 * 0,15 = 3,2$$

Ниже представлена формула, по которой рассчитывается интегральный показатель эффективности разработки ( $I_{\text{финр}}^p$ ) и аналога ( $I_{\text{финр}}^a$ ):

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p} = \frac{4,05}{0,68} = 5,9$$

$$I_{\text{финр}}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{\phi}^{a1}} = \frac{3,55}{0,82} = 4,3$$

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^{a2}}{I_{\phi}^{a2}} = \frac{3,2}{1} = 3,2$$

Сравнительную эффективность текущего проекта с его аналогами представлена формулами ниже:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^{a1}} = \frac{5,9}{4,3} = 1,37$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^{a2}} = \frac{5,9}{3,2} = 1,84$$

где  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  – сравнительная эффективность проекта;  $I_{\text{тэ}}^p$  – интегральный показатель разработки;  $I_{\text{тэ}}^a$  – интегральный технико-экономический показатель

аналога.

Таблица 3.21

Сравнительная эффективность разработки.

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки.	0,82	1	0,68
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки.	3,55	3,2	4,05
3	Интегральный показатель эффективности.	5,9	4,3	3,2
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения.	1,37	1,84	

При сравнении значений интегральных показателей эффективности дает возможность судить о приемлемости имеющегося варианта решения технической задачи, которая поставлена в дипломной работе.

В ходе проведения анализа эффективности инвестиций была получена чистая текущая стоимость равная 411,03 тыс. руб. Следует сделать вывод о том, что этот инвестиционный проект можно считать рентабельным, а величина NPV является положительной. Срок окупаемости проекта 1,47 лет. Внутренняя ставка доходности составляет 67%, что дает возможность признавать проект оправданным.

## 4 Социальная ответственность

### Введение

Сохранение жизни и здоровья человека в процессе трудовой деятельности является важнейшей задачей сбережения человеческого капитала.

Ряд нормативно-правовых и законодательных актов дает гарантии исполнения прав сотрудников по охране труда. Кроме того регулируют отношения в сфере охраны труда меж сотрудниками и работодателями [32, 33, 34], [33].

Законы и распоряжения в области охраны труда базируются на создании условий труда для работников, которые будут отвечать всем необходимым требованиям.

Согласно Трудовому кодексу РФ, самым главными направлениями госполитики в сфере охраны труда являются:

- обеспечение сохранения жизни и здоровья всех трудящихся;
- принятие и практическое применение федеральных законов и иных нормативных правовых актов РФ, в сфере охраны труда работников.
- управление охраной труда государством;
- федеральный государственный надзор за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, которые содержат в своем составе нормы трудового права. [35].

Обеспечение безопасности жизни и здоровья работников в процессе труда является одним из национальных приоритетов в целях сохранения человеческого капитала согласно п. 5 «Генерального соглашения между общероссийскими объединениями профсоюзов, общероссийскими объединениями работодателей и Правительством Российской Федерации» [36].

#### **4.1 Производственная безопасность. Анализ вредных и опасных факторов на рабочем месте.**

В соответствии с законом [37] производится поиск потенциально вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте работника. В 13 статье этого закона приведены вредные и опасные факторы производственной среды и трудового процесса деятельности, которые подлежат исследованию.

Дипломная работа является исследовательской и не предполагает выполнения физических работ. Рабочим местом является компьютерный класс «Национального исследовательского Томского политехнического университета».

Во время выполнения работ на персональном компьютере (ПК) имеют место быть следующие факторы [38]:

- Пониженная или повышенная температура воздуха зоны работы;
- повышенная температура поверхности ПК;
- выделение ряда химических веществ в атмосферу рабочей зоны;
- низкая или влажность воздуха;
- уровень отрицательных или положительных аэроионов;
- повышенное значение напряжения в электрической сети, замыкание;
- завышенный уровень статического электричества;
- высокий уровень электромагнитных излучений;
- высокая напряженность электрического поля;
- погрешности естественного освещения;
- недостаточная искусственная освещенность зоны работы;
- зрительная напряженность;
- монотонность трудовой деятельности;
- нервно-эмоциональные перегрузки.

Опасные и вредные производственные факторы делятся на [39]:

По видам воздействия на организм человека:

- токсические;
- раздражающие;
- канцерогенные;
- сенсibiliзирующие;
- оказывающие влияние на репродуктивную функцию;
- мутагенные;

По характеру путей проникания в организм человека:

- органы дыхания;
- кожные покровы и слизистые оболочки.
- ЖКТ;

Химически опасные и вредные факторы включают ядовитые, едкие, огнеопасные и взрывоопасные вещества, которые приводят к нарушению газового состава воздуха. Во время работы с ПЭВМ могут возникнуть различные химические опасные и вредные факторы. При нагреве синтетических материалов в воздух могут переходить вредные вещества. В случае электрического замыкания может выделяться угарный газ и привести к отравлению работников. Для того, чтобы избежать воздействия данных опасных факторов необходимо оснащать помещения системами вентиляции, а также кондиционирования. Ниже перечислены вещества, которые могут выделяться в воздух при работе оргтехники и компьютерного оборудования.

**Бензол** – токсическое вещество, которое при длительном воздействии на организм может нарушить репродуктивную функцию человека и привести к онкологическим заболеваниям

**Толуол, изооктан** – токсические вещества, которые раздражают слизистые оболочки и вызывают у человека повышенную утомляемость.

**Ксилол** – токсическое вещество, которое может вызвать у человека болезни почек.

**Дибутил, трибутил** – данные вещества нарушают работу эндокринной системы человека.

**Трихлорэтан** – токсическое вещество, которое раздражает слизистые оболочки человека.

**Стирол** – вредное вещество, которое отрицательно влияет на центральную нервную систему и раздражает слизистые оболочки.

**Формальдегид** – токсическое вещество, при накоплении которого может возникнуть сонливость и утомляемость.

**Диоксид азота** – вещество, раздражающее дыхательные пути человека, а также отрицательно влияет на иммунную систему человека.

**Селенистый водород** – вещество, раздражающее слизистые оболочки глаз.

В ходе работы периферийной аппаратуры в воздух попадают вредные вещества, типа композитных полимеров или угля.

#### **4.2 Воздействие вредных и опасных факторов на человека**

Инженер-программист в процессе работы может подвергаться воздействию вредных факторов, которые могут привести к возникновению профессиональных заболеваний.

- *Опасность поражения электрическим током* вызвана тем, что компьютерное и сопутствующее оборудование работает от трехфазной сети переменного тока. В процессе работы или профилактических работ работник может прикоснуться к частям сети под напряжением. Электрический ток может привести к травмам различной тяжести или даже вызвать смертельный исход. Помещения подразделяются на три основных класса по степени поражения электрическим током: без повышенной опасности, с повышенной опасностью и особо опасные.

Помещение для работы инженера-программиста относится к помещению первого класса, которое по классификации представляет собой чистое сухое

помещение с нормальной влажностью и полами с изоляцией. Все оборудование, которое располагается в компьютерном классе должно соответствовать ГОСТу 12.1.019-79\* «Электробезопасность. Общие требования».

*Уровень статического электричества.*

Статическое электричество воздействует отрицательно на организм человека не только непосредственно при контакте с зарядом, но и само поле вокруг заряженного предмета отрицательно сказывается на человеке. Все требования по защите человека от статического электричества изложены в ГОСТ 12.4.124-83 «Средства защиты от статического электричества». Используют различные устройства, дабы избежать статического электричества.

Статическое электричество на рабочем месте инженера может возникать на поверхностях мониторов.

*Недостаточность освещенности рабочего места инженера.*

Грамотно спроектированное освещение поддерживает высокий уровень работоспособности и способствует поддержанию высокой производительности труда. Неправильная освещенность на рабочем месте связана либо с неправильным выбором осветительных приборов, либо с неверным их расположением в помещении.

Некачественное освещение подразумевает плохую контрастность света, завышенную пульсацию света. Данные факторы приводят к утомляемости человека и уменьшают трудоспособность.

В помещении при работе на ПК разряд зрительных работ соответствует 3 категории, освещенность рабочего места должна быть не менее 300 лк. [39]. Кроме того, мониторы компьютеров должны быть отрегулированы, для того чтобы не возникало неудобства при работе. Наоборот, повышенная яркость света, отрицательно сказывается на работоспособности трудящегося и вызывает нервно-эмоциональные перегрузки. Чрезмерно повышенная яркость освещения связана с неправильным выбором осветительных приборов, либо с неправильным их расположением относительно друг друга. Необходимо руководствоваться

СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» при выборе освещения в помещении.

*Повышенный уровень шума* возникает на рабочем месте работника за счет работы компьютерного оборудования, печатающих устройств, работы систем кондиционирования и систем отопления. Достаточно сильный шум может вызывать ухудшение зрительного и слухового восприятия, понижает, соответственно работоспособность работника. Для данного вычислительного центра уровень не превышает норм, он не более 59 дБ [40].

*Воздействие электромагнитного и мягкого рентгеновского излучений.* Этот фактор приводит к нарушению зрения и к профессиональным заболеваниям. Именно, видеомониторы, являются источниками данного рода излучений. При работе необходимо соблюдать расстояние от монитора не менее 50 см.

Для того, чтобы уменьшить воздействие данного электромагнитного излучения производят экранирование видеомониторов. Оборудование помещения для работы за ПК соответствует данным требованиям согласно [41].

Много времени инженер-программист проводит сидя за компьютером в одной и той же позе, что вызывает длительное напряжение мышц. В следствии этого может возникнуть общее утомление и понижение работоспособности человека. Для того, чтобы этого не возникало необходимо обеспечивать правильное расположение тела человека и время от времени делать перерывы на разминку. Если не соблюдать данные рекомендации, то это приведет к болезням опорно-двигательного аппарата. Место работы инженера-программиста должно отвечать требованиям ГОСТ Р 50923-96 «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения».

### **4.3 Меры, которые необходимы для защиты от вредных и опасных факторов**

Чтобы применение компьютерных систем не было ухудшающим фактором для здоровья, работающего за ПК, необходимо чтобы рабочее место отвечало гигиеническим требованиям безопасности.

**Требования к метеоусловиям.** Для того, чтобы создать нужные комфортные условия для работы, необходимо произвести установку эффективной системы вентиляции и систем кондиционирования. Одним из важнейших мероприятий по очищению воздушной среды являются системы вентиляции и отопления. Для нормального поддержания микроклимата в помещении необходимо поддерживать достаточный объем вентиляции. Микроклимат поддерживается и в холодный период времени за счет нагрева воздуха посредством систем отопления, а в летний период охлаждается воздух помещения посредством кондиционирования. Параметры микроклимата, ионного состава воздуха, содержания вредных веществ должны соответствовать требованиям СанПиН 9-131 РБ2000.

**Требования к освещению.** Занимает одно из важнейших мест в комплексе мероприятий по охране труда и оздоровлению условий труда при работе с ЭВМ и компьютерной техникой является создание оптимальной световой среды. Помещение, оснащенное компьютерами и прочей сопутствующей техникой, имеют как естественное, так и искусственное освещение. Нормированный уровень освещенности для работы с компьютерами составляет 400 Лк, а КЕО=4%. В помещениях предусматриваются меры для того чтобы ограничить слепящее воздействие световых проемов которые имеют высокую яркость. Если экран монитора располагается напротив оконного проема, то для этого предусматривают специальное экранирующее устройство. Оконные проемы рекомендуется закрывать светорассеивающими шторами. Если одного вида освещения не достаточно, то устанавливают дополнительное освещение. При недостаточном

освещении, довольно часто устанавливаются локально над рабочим местом светильники. В качестве источников дополнительного искусственного освещения используются лампы дневного света мощностью 65-80 Вт.

**Производственный шум.** Основными источниками шума в помещениях для работы на ПК являются принтеры, печатающие устройства, кондиционеры, трансформаторы и вентиляторы компьютеров. Для того чтобы избежать или уменьшить данный шум, необходимо использовать малошумное оборудование, или применять звукопоглощающие устройства. При этих условиях звук не превышает нормативных пределов, т.к. в данной компьютерной технике не имеется вращающихся механизмов.

**Электробезопасность.** Компьютерный класс, который оснащен ЭВМ и прочей компьютерной техникой является помещением с повышенной опасностью. Для помещений данного рода, необходимо защитное заземление и изоляция токоведущих частей.

На одно рабочее место, площадь для взрослого человека составляет не менее 6 кв.м. Для внутренней отделки помещений необходимо использовать отражающие материалы с коэффициентом отражения 0,7-0,8 для потолка, 0,5-0,6 для стен и 0,3-0,5 для пола. Поверхность пола должна быть гладкой, не скользкой и удобной для уборки. Отдельное внимание уделяется пожарной безопасности.

Во время продолжительной работы за компьютером, необходимо выполнять следующие требования:

1. При необходимости продолжительность работы за компьютером необходимо ограничить.
2. Каждые 60 минут рекомендуется делать перерыв длительностью не менее 15 минут. Во время перерыва надо встать, потянуться, походить, сделать несложные лечебные гимнастические упражнения.

3. При работе за компьютером каждые 10-15 минут необходимо менять позу, двигать плечами, ногами, головой.

4. По истечении работы необходимо в течении одного-двух часов отдохнуть в спокойной обстановке.

5. В помещениях компьютерного класса необходимо часто производить влажную уборку и проветривать. Для того чтобы увеличить влажность воздуха используются увлажнители т.к. вода является естественным ионизатором воздуха.

6. Размеры помещения Необходимо, чтобы размеры помещения соответствовали числу работников и комплексу технических средств. Высота помещения около 3-3.5 м.

7. Применение дерева в отделке интерьера должно быть сведено к минимуму. Применение воды для тушения возникшего пожара должно быть использовано лишь в редких случаях, когда пожар принимает угрожающие размеры. Но при этом количество воды должно быть минимально возможным, а компьютерная техника максимально возможным образом изолирована от попадания воды.

8. Помещения должны быть оснащены стационарными системами автоматического пожаротушения и системами пожарной безопасности.

9. Помещение, где эксплуатируются компьютеры, и сопутствующие устройства должно быть удалено от посторонних источников электромагнитных излучений.

#### **4.4 Медицинские осмотры**

Согласно приказу о прохождении работниками медосмотров при присутствии вредных факторов, людям, работающим за компьютером и подвергающимся вышеперечисленным вредным воздействиям нужно проходить обследования в соответствии с таблицей, которая приведена в приложении «Б» [42].

#### **4.5 Производственное освещение**

Сохранение зрительного аппарата человека, а также состояния его центральной нервной системы и безопасность на производстве в большей степени зависят от условий освещения рабочего места. От освещения зависят также производительность труда и качество выпускаемой продукции. Нормы естественного освещения сводятся к нормированию коэффициента естественного освещения, и определяется [43].

Нормируемые показатели освещения в учреждениях высшего специального образования в кабинетах информатики и вычислительной техники

	Плоскость (Г - горизонтальная, В - вертикальная) нормирования освещенности и КЕО, %	
Высота плоскости над полом, м	В-1,0 (на экране дисплея)	Г-0,8 на рабочих столах и партах
Разряд и подразряд зрительной работы	Б-2	А-2
Искусственное освещение: 1. Освещенность рабочих поверхностей, лк а) при комбинированном освещении б) при общем освещении. 2. Показатель дискомфорта, не более 3. Коэффициент пульсации освещенности %, не более	- 200 - -	500/300 400 15 10
Естественное освещение, КЕО, $e_{н}$ %: а) при верхнем или комбинированном освещении б) при боковом освещении	- -	3,5 1,2
Совмещенное освещение КЕО, $e_{н}$ %: а) при верхнем или	-	2,1

комбинированном освещении	-	0,7
б) при боковом освещении		

Коэффициент естественной освещенности (КЕО) - процентное отношение естественной освещенности в данной точке внутри помещения к освещенности (в тот же момент) на горизонтальной плоскости под открытым небом (при исключении прямого солнечного света). Используется при гигиеническом нормировании.

## 4.6 Экологическая безопасность

В настоящее время актуальным вопросом имеет место быть вопрос экологической безопасности. Увеличивающееся влияние деятельности человека на окружающую среду стало одной из главнейших проблем.

Существует два подхода к проблеме защиты окружающей среды:

- путем максимально эффективной очистки;
- создать замкнутую безотходную технологическую систему.

Для нашего случая наиболее применим первый путь. Для таких выбросов, как пары органических растворителей существуют следующие методы очистки:

- для первой группы перечисленных веществ – адсорбционные и электрохимические методы.
- для второй группы – адсорбционные методы с последующей десорбцией и сжиганием паров.

Так как в данных условиях работы, которая носит исследовательский характер, выбросы в атмосферу характеризуются незначительным содержанием вредных газов и паров, то можно ограничиться только адсорбцией.

Все выбросы в канализацию также нужно подвергать обезвреживанию и очистке. Для этих целей все отработанные кислотные и щелочные сливы собираются в отдельную для каждого вида тару. Затем подвергаются нейтрализации и только после этого они могут быть слиты в канализацию с их предварительным 10-кратным разбавлением водопроводной водой. Отработанные органические сливы собираются в специальную герметически закрытую тару, которую затем по мере заполнения отправляют на обезвреживание и утилизацию [44].

Твердые отходы собираются в специальные сборники и увозятся для уничтожения. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов имеет важнейшее экономическое и социальное значение.

#### 4.7 Защита в ЧС

Чрезвычайная ситуация (ЧС) есть состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определённой территории или акватории, нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, появляется угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде. Понятие чрезвычайной ситуации основано на том, что источником чрезвычайной ситуации является опасное происшествие, в результате которого создаются поражающие факторы прямого или косвенного воздействия на человека.

*Производственная авария* – это опасное техногенное происшествие, создавшее на объекте (определённой территории или акватории) угрозу здоровью людей, повлекшее частичное разрушение зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушение производственного процесса, а также наносящего ущерб окружающей природной среде.

Причинами возникновения аварий могут быть стихийные бедствия, нарушение технологического регламента, правил эксплуатации машин, оборудования и установленных мер безопасности и пр.

*Стихийные бедствия* - это различные явления природы, вызывающие внезапные нарушения нормальной жизнедеятельности населения, а также разрушения и уничтожение материальных ценностей. Они нередко оказывают отрицательное воздействие на окружающую природу. К ним обычно относятся землетрясения, наводнения, селевые потоки, оползни, снежные заносы, извержения вулканов, обвалы, засухи. К таким бедствиям в ряде случаев могут быть отнесены также пожары, особенно массовые лесные и торфяные.

Опасными бедствиями являются, кроме того, производственные аварии. Особую опасность представляют аварии на предприятиях газовой, нефтяной, и химической промышленности.

*Социально-военные конфликты.* К опасностям военного характера относят вооруженные конфликты и войны. Среди факторов, обеспечивающих жизнедеятельность в условиях военных конфликтов, особое место занимает предварительная подготовка населения к личной защите и защиты объектов хозяйствования. Во время военных конфликтов производят формирование гражданской обороны в боевую готовность, население снабжают средствами индивидуальной защиты. При угрозе нападения противника по радиотрансляционной сети передают сигналы гражданской обороны: «Воздушная тревога», «Отбой воздушной тревоги», «Радиационная опасно», «Химическая тревога».

По сигналу "Отбой воздушной тревоги" можно покинуть убежище и вернуться на рабочее место.

По сигналу "Воздушная тревога" нужно отключить установку, выключить рубильник и покинуть помещение в соответствии с планом эвакуации.

## **4.8 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

При работах с вредными и опасными условиями труда, а также выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, работникам бесплатно выдаются прошедшие обязательную, сертификацию или декларирование соответствия специальная одежда.

Федеральный государственный надзор за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, осуществляется федеральной инспекцией труда в порядке, установленном Правительством Российской Федерации. Государственный надзор за соблюдением требований по безопасному ведению работ в отдельных сферах деятельности осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации уполномоченными федеральными органами исполнительной власти.

Ведомственный контроль над охраной труда проводят министерства и ведомства, которые контролируют внутриведомственное соблюдение законодательства о труде. Для этого создают специальные службы охраны труда в виде отделов с аппаратом инженеров по охране труда, санитарных врачей и прочих специалистов.

Профсоюзный общественный контроль над охраной труда осуществляют общественные инспектора и комиссии по охране труда комитетов профсоюзов.

Для исключения возможности несчастных случаев должны проводиться обучение, инструктажи и проверки знаний работников, требований безопасности труда.

## **Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.**

На рабочем месте должны быть запасы сырья и материалов, не превышающие сменную потребность. Персонал допускается к деятельности только в спецодежде и средствах индивидуальной защиты. Нужно знать специфические свойства применяемых веществ и соблюдать установленные правила работы с ними. Все эксплуатируемые электроустановки должны соответствовать требованиям «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», и др. нормативных документов. Эксплуатация электрооборудования без заземления не допускается. Помещения компьютерного класса обеспечиваются первичными средствами пожаротушения согласно действующим нормам. Все сотрудники должны уметь пользоваться средствами пожаротушения и уметь оказывать первую помощь в случае возникновения несчастного случая. Не допускается загромождения рабочих мест, проходов, а также выходов из помещений и здания, доступа к противопожарному оборудованию [45].

## Заключение

Перспективное развитие каталитических процессов нефтепереработки объективно связано с повышением наукоемкости этих процессов и, соответственно, уровня, как отдельных процессов, так и всей структурной составляющей всего производства.

Наиболее экономичным способом получения высокооктановых катализаторов является риформинг. Повышение эффективности этого процесса как в рамках оптимизации, тестирования и выбора катализаторов, совершенствование конструкции реакторного блока, так и непрерывного мониторинга процесса связано с развитием и использованием метода математического моделирования на физико-химическом фундаменте.

Метод математического моделирования в практике кинетического и технологического анализа процессов дает возможность оценки кинетических параметров различных контактов методом решения обратной кинетической задачи и прогнозирования показателей текущей и стационарной активности, избирательности и длительности межрегенерационного пробега в условиях промышленной эксплуатации.

Точность расчетов и выявление достоверных результатов определяется правильностью формирования формализованного механизма многокомпонентного процесса каталитического риформинга на Pt-катализаторах путем агрегирования углеводородов по принципу близости их реакционной способности и учетом нестационарности кинетических параметров катализатора вследствие его дезактивации за счет физического старения, отравления или коксообразования. Нестационарный характер превращения углеводородов объективно приводит к нужности учета закономерного изменения констант скоростей всех стадий процесса превращения углеводородов.

## Список использованных источников

1. Лapidус А.Л., Ментюков Д.А., Дергачев А.А. и др. Изомеризация н-гексана на Pt-содержащих цеолитах L и эрионите. // Нефтепереработка и нефтехимия. -2005. -№ 7. - С. 9-12.
2. Смирнов В.К., Талисман Е.Л., Капустин В.М., Бабаева И.А. Промышленный опыт среднетемпературной изомеризации легкой бензиновой фракции // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2005. - № 2. - С. 14-17.
3. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: Учеб. Пособие для ВУЗов. - Уфа: Изд. - «Гилем», 2002. - 672 с.
4. Ахметов С.А., Ишмияров М.Х., Верёвкин А.П, Докучаев Е.С., Малышев Ю.М. Технология, экономика и автоматизация процессов переработки нефти и газа: Учеб. Пособие /Под ред. С.А. Ахметова. - М.: «Химия», 2005. - 736 с.
5. Боруцкий П.Н., Подклетнова Н.М. Каталитические процессы изомеризации и дегидрирования углеводородов для производства изокомпонентов
6. Атарщиков С.В., Мириманян А.А., Мкртычев А.А. Среднетемпературный изомеризат - высокооктановый компонент автомобильного бензина // Химия и технология топлив и масел. - 2005. - №5. - С. 23-26.
7. Кузьмина Р.И., Ливенцев В.Т., Севостьянов В.П. Каталитические процессы нефтехимии. - Саратов: Изд-во СГУ, 2003 - 180 с. бензинов // Катализ в промышленности. - 2003. - №2. - С. 86-88.
8. Жоров Ю. М. Изомеризация углеводородов. Химия и технология. - М.: Химия, 1983. - 304 с., ил.
9. Краткий справочник физико-химических величин /Под редакцией Мищенко К.П. и Равделя А.А. / Л.: Химия, 1974 г. – 200 с.

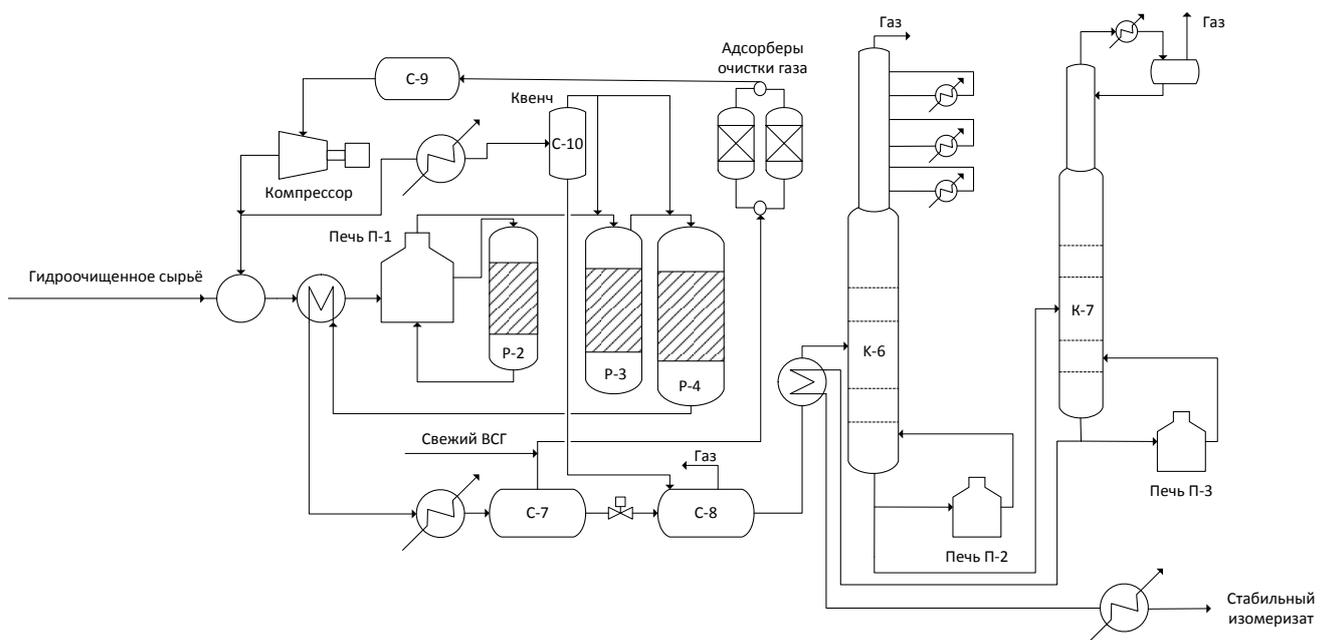
10. Магарил Р. 3. Теоретические основы химических процессов переработки нефти: Учебное пособие для вузов. - JL: Химия, 1985. - 280 с.
11. Сарданашвили А.Г., Львова А.И. Примеры и задачи по технологии переработки нефти и газа. - 2-е изд., пер. и доп. — М.: Химия, 1980. - 256 с., ил.
12. Кузьмина Р.И., Чудакова Е.В., Ветрова Т.К. и др. Технология переработки нефти и газа. - Саратов: Изд-во Научная книга, 2004. - 254 с.
13. Вишнецкая М.В., Романовский Б.В. Катион-радикальные механизмы каталитических превращений углеводородов. Изамеризация алканов. // Журнал физической химии. - 1993. - Т. 67. - № 9. - С.1935-1937.
14. Вишнецкая М.В., Романовский Б.В., Липович В.Г. О ион-радикальных механизмах изамеризации алканов на кислотных центрах катализаторов // Нефтехимия. - 1997. - №3. - С. 202-207.
15. Мановян А.К. Технология переработки природных энергоносителей. - М.: Химия, КолосС, 2004. - 456 с.
16. Бурсиан Н.Р. Технология изамеризации парафиновых углеводородов. - Л.: Химия, 1985 - 192 с., ил.
17. Шакун А.Н., Фёдорова М.Л. Эффективность различных типов катализаторов и технологий изамеризации легких бензиновых фракций. *Катализ в промышленности. 2014;(5):29-37.*
18. <http://www.kataliz.ru/index.files/Page6807.htm>
19. [http://www.olkat.ru/r\\_kk\\_nip.html](http://www.olkat.ru/r_kk_nip.html)
20. [http://www.olkat.ru/r\\_kk\\_sip.html](http://www.olkat.ru/r_kk_sip.html)
21. <http://www.kataliz.ru/index.files/Pagel899.htm>
22. Arata K. Appl. Catal., A, 1996, v. 146, p. 3-32
23. Башинский А.И., Вихман А.Г., Мириманян А.А. и др. Проектные решения по разработке комбинированной установки изамеризации с

- блоками подготовки сырья на НПЗ ОАО "Ангарская НХК" // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2006. - №9.
24. [http://www.olkat.ru/r\\_n\\_st2.html](http://www.olkat.ru/r_n_st2.html)
  25. <http://www.nefthim.ru/engineering.htm#>
  26. Welton T. Chem. Rev., 1999, v. 99, p. 2071
  27. Wasserscheid P., Keim W. Angew. Chem., Int. Ed, 2000, v. 39, p. 3772
  28. Ксенофонтов В.А. Дисс. ... канд. хим. наук, Мсква, ИОХ РАН, 2003
  29. Кустов Л.М., Васина М.В., Ксенофонтов В.А. Ионные жидкости как каталитические среды. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2004, т. XLVIII, № 6, с. 13-35
  30. Чеканцев Н.В., Иванчина Э.Д., Чузлов В.А., Куртуков В.А. Оптимизация состава перерабатываемого сырья на установках каталитического риформинга бензинов и изомеризации пентан-гексановой фракции с использованием комплексной математической модели «HYSYSIZOMERACTIV» // Фундаментальные исследования. – 2013.-№8,ч.3.- С.766-772
  31. Иванчина Э. Д., Чеканцев Н. В., Чузлов В. А., Смольянова Ю. А., Тураносов А. В. Оптимизация процесса изомеризации пентан-гексановой фракции с использованием комплексной математической модели HYSYS-IZOMER // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2012. - Вып. 12. - С. 9-13
  32. Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс]. - Режим доступа [www. URL: http://www.consultant.ru/popular/cons](http://www.consultant.ru/popular/cons)
  33. Кодекс об административных нарушениях [Электронный ресурс]. - Режим доступа [www. URL: http://www.consultant.ru/popular/коар](http://www.consultant.ru/popular/коар)
  34. Уголовный кодекс РФ [Глава 19, статья 143] [Электронный ресурс]. - Режим доступа [www. URL: http://www.zakonrf.info/uk/143](http://www.zakonrf.info/uk/143)
  35. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 28.12.2013).

36. Генеральное соглашение между общероссийскими объединениями профсоюзов, общероссийскими объединениями работодателей и Правительством Российской Федерации на 2014 - 2016 годы от 25 декабря 2013 г. [Электронный ресурс]: - Режим доступа [www.URL: http://www.rg.ru/2013/12/30/a904631-dok.html](http://www.rg.ru/2013/12/30/a904631-dok.html)
37. Федеральный закон РФ от 28 декабря 2013 года N426-ФЗ (О специальной оценки условий труда).
38. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
39. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».
40. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
41. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».
42. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12 апреля 2011 г. № 302н
43. СНиП 23-05-2010 "Естественное и искусственное освещение" (утверждён приказом Минрегиона России от 2011 г.).
44. Федеральный закон об охране окружающей среды от 10.01.2002 (с изменением на 29 декабря 2015 года ) введенной в действие с 1 января 2015 года Федеральным законом от 21 июля 2014 года N 219-ФЗ.
45. Правительством российской федерации постановление от 24 декабря 2009 г. N 1213 об утверждении технического регламента о безопасности средств индивидуальной защиты.

46. Охрана окружающей среды: Учеб. Пособие для студентов вузов / Под ред. Белова С.В. – М.: Высш. Школа, 1983. – 264 с.

# Приложение «А»



## Приложение «Б»

Вредное воздействие	Частота прохождения осмотра	Доктора	Лабораторные и функциональные испытания	Дополнительные медицинские противопоказания
<p>электромгнитное поле широкополосного спектра частот от ПЭВМ (работа по считыванию, вводу информации, работа в режиме диалога в сумме не менее 50% рабочего времени)</p>	<p>1 раз в 2 года</p>	<p>Невролог Офтальмолог</p>	<p>Острота зрения офтальмотонометрия Скиаскопия Рефрактометрия Объем аккомодации Исследование бинокулярного зрения Цветовосприятие Биомикроскопия сред глаза Офтальмоскопия глазного дна</p>	<p>Катаракта осложненная. Дегенеративно-дистрофические заболевания сетчатки глаз. Выраженные расстройства вегетативной (автономной) нервной системы.</p>

Ультрафиолетовое излучение	1 раз в 2 года	Дерматовенеролог Офтальмолог Оториноларинголог Невролог Онколог	Офтальмоскопия Биомикроскопия Острота зрения	Дегенеративно-дистрофические заболевания сетчатки глаз. Хронические заболевания переднего отрезка глаз. Катаракта. Лагофтальм. Острота зрения без коррекции не ниже 0,5 на одном глазу и 0,2 на другом глазу. Миопия свыше 4,0 Д и/или гиперметропия свыше 3,25 Д при предварительном медицинском осмотре; при периодическом медицинском осмотре миопия свыше 5,0 Д и/или гиперметропия свыше 4,5 Д. Хронические рецидивирующие заболевания кожи и ее придатков с частотой обострения 4 раза и более за календарный год. Заболевания верхних дыхательных путей и кожи, склонные к перерождению
----------------------------	----------------	---	--	---

				(хронический гиперпластический ларингит, гиперкератозы, дискератозы, пигментные множественные папилломы, невусы и другие).
Производственный шум	1 раз в год	Оториноларинголог Невролог Офтальмолог	Аудиометрия исследование вестибулярного анализатора	При приеме на работу: Стойкие (3 и более мес.) понижения слуха (одно-, двусторонняя сенсоневральная, смешанная кондуктивная тугоухость) любой степени выраженности. Нарушения функции вестибулярного аппарата любой этиологии. При периодических медицинских осмотрах: в зависимости от степени снижения слуха по классификации количественных потерь слуха у работающих в условиях воздействия шума (1988 г.): легкая степень снижения слуха - не является противопоказанием умеренная степень

				<p>снижения слуха - является противопоказанием при наличии тяжелой сопутствующей патологии (гипертоническая болезнь 2 - 3 степени; ИБС; язвенная болезнь желудка, двенадцатиперстной кишки в стадии обострения), в остальных случаях вопрос о допуске решается индивидуально.</p> <p>Значительная степень снижения слуха - является абсолютным противопоказанием.</p>
Световая среда (искусственное и естественное освещение)	1 раз в год	Офтальмолог Невролог	Острота зрения Тонометрия Скиаскопия Рефрактометрия Объем аккомодации Исследование бинокулярного зрения Цветоощущение Биомик	Катаракта осложненная. Дегенеративно-дистрофические заболевания сетчатки глаз. Выраженные расстройства вегетативной (автономной) нервной системы

			роскопия сред глаза. Офтальмоскоп ия глазного дна	
--	--	--	---	--