

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии  
и техногенной безопасности

**Повышение эффективности работы установки «Изомалк-2»**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса 252 группы

направления 18.04.01 «Химическая технология»  
код и наименование направления, специальности  
Института химии

Петухова Дмитрия Игоревича

Научный руководитель

доцент, к.х.н.  
должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

В.З. Углонова  
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор  
должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Р.И. Кузьмина  
инициалы, фамилия

Саратов 2017 год

## **Введение**

Процесс изомеризации является одним из самых рентабельных способов получения высокооктановых компонентов бензинов с улучшенными экологическими свойствами. **Актуальность** установок изомеризации также возросла с введением новых сверхжестких ограничений на экологические свойства автомобильных бензинов, включая ограничение по фракционному составу, содержанию ароматических соединений и бензола. Установки изомеризации позволяют получить топливо с характеристиками, отвечающими жестким стандартам ЕВРО-4 и ЕВРО-5. **Целью** данной дипломной работы является повышение эффективности работы установки изомеризации путём увеличения производительности с 300 тыс. т/год до 400 тыс. т/год.

Для этого был проведен литературный поиск, анализ и систематизация литературных данных, включающих статьи в периодических изданиях, а также изучены результаты экспериментального пробега.

Выпускная квалификационная работа состоит из 3 глав: технологической части, мероприятий по увеличению производительности установки, промышленной безопасности.

**Научная новизна** заключается в возможности увеличения производительности с 300000 до 400000 тонн в год составляет 26 млн. рублей в год, при минимальных капитальных затратах и возможности сохранения качества выпускаемой продукции отвечающим стандартам ЕВРО-4 и ЕВРО-5

## Основное содержание работы

Установка изомеризации входит в состав комплекса изомеризации и предназначена для переработки пентан-гексановой фракции в высокооктановый компонент товарного бензина по технологии низкотемпературной изомеризации «Изомалк-2».

Расчетная производительность установки по свежему сырью в соответствии с заданием на проектирование составляет:

Часовая .....34247 кг/час;

Годовая .....300 тыс. т/год.

Расчетная часовая производительность установки по свежему сырью принята из расчета 8 760 часов непрерывной работы в год. Установка изомеризации представляет собой технологическую систему, состоящую из взаимосвязанных технологическими потоками каталитических процессов:

- гидроочистка сырья изомеризации;
- изомеризация легкой бензиновой фракции.

Процесс гидроочистки основан на реакциях гидрогенолиза и частичной деструкции молекул в среде водородсодержащего газа, в результате чего органические соединения серы, азота, кислорода и хлора, содержащиеся в сырье, превращаются в сероводород, аммиак, воду, хлороводород и соответствующие углеводороды. Основными реакциями процесса гидроочистки являются:

- превращение серы, сераорганических соединений в сероводород;
- превращение азота, азотистых соединений в аммиак;
- превращение кислорода, кислородсодержащих соединений в воду;
- насыщение олефинов;
- превращение галогенов, галогенсодержащих органических соединений в соответствующие галогеноводороды;

В процессе изомеризации легких бензиновых фракций, состоящих преимущественно из парафиновых углеводородов  $C_5H_{12}$  и  $C_6H_{14}$ , основной

целевой реакцией является перегруппировка молекулярной структуры, приводящая к получению парафиновых углеводородов высокоразветвлённого изостроения с более высоким октановым числом.

Процесс осуществляется в среде водородсодержащего газа на сильноокислотном платиновом катализаторе СИ-2. Для процесса

изомеризации характерны следующие типы реакций:

- изомеризация парафинов;
- размыкание колец нафтеновых соединений;
- изомеризация нафтенов;
- гидрирование бензола;
- гидрокрекинг;
- трансалкилирование нафтенов.

Особенностью технологии является использование катализатора СИ-2, обеспечивающего протекание процесса в термодинамически выгодной для изомеризации парафиновых углеводородов низкотемпературной области 120-180°C, обладающего повышенной устойчивостью к действию каталитических ядов — воды, серы, азота.

Катализатор СИ-2 восстанавливает свою активность при краткосрочных проскоках воды до 100 ppm и серы до 5 ppm.

Отличительные особенности катализатора изомеризации СИ-2 заключаются в следующем:

- Изомеризирующая активность катализатора СИ-2 значительно выше, чем у цеолитных катализаторов и не уступает по активности хлорированным катализаторам;

- Катализатор СИ-2 устойчив к действию каталитических ядов, восстанавливает свою активность даже после краткосрочных проскоков воды до 100 ppm и серы до 5 ppm;

- Не требуется подача кислотных реагентов, и, соответственно, отсутствует блок защелачивания отходящих газов;

- Высокий выход товарного изомеризата – 97-99%;

- Срок службы катализатора СИ-2 10-12 лет.

- Октановое число изокомпонента, получаемого по технологии "Изомалк-2" определяется, в основном, выбором варианта технологической схемы катализатора, где в качестве промотирующей добавки использован гадолиний в количестве 1% .

***Проведение фиксированного пробега по увеличению производительности установки с 52 м3/ч до 70 м3/ч, что составляет с 300000 тонн в год до 400000 тонн в год.***

1. Подтверждена стабильная работа технологического оборудования установки изомеризации, производительности по сырью НК-62 до 70 м3/ч (45,5 т/ч);

2. Выявлены следующие “узкие места” технологического оборудования установки изомеризации, не позволяющие увеличить производительность по сырью:

- высокая объемная скорость на блоке ГО (более 9ч-1) и пониженное давление по входу в реактор блока гидроочистки может повлиять на срок службы катализатора и поспособствовать снижению гидрогенизационной способности.

- электродвигатели сырьевых насосов не предназначены для работы на данных нагрузках.

- увеличение значений шкал приборов учёта сырья, товарной продукции.

Характеристика сырья и товарного изомеризата установки.

Показатели	Сырье установки	Товарный изомеризат
1. Плотность при 15 <sup>0</sup> С, кг/м <sup>3</sup>	671,3	652,7
2. Упругость паров	81,7	107,4
3. Октановое число, пункт		
- исследовательский метод	72,1	90,9
- моторный метод	69,6	89,8
4. Углеводородный состав,% масс.		
пропан	0,00	0,04
и-бутан	0,00	1,73
н-бутан	3,16	1,44
и-пентан	15,07	37,08
н-пентан	19,78	0,70
циклопентан	2,46	1,82
2,2-диметилбутан	0,42	34,31
2,3-диметилбутан	1,76	5,25
2-метилпентан	10,35	10,63
3-метилпентан	7,53	0,72
н-гексан	17,81	0,04
метилциклопентан	7,60	0,53
бензол	3,46	0,00
циклогексан	5,64	3,72
C <sub>7</sub> <sup>+</sup>	4,97	1,99

Материальный баланс установки.

Наименование статей	кг/ч	тыс.т/год	%
<b>Поступило:</b>			
1. Сырье-C <sub>5</sub> -C <sub>6</sub> - фракция	45662,00	400,00	100,00
2. Водородосодержащий газ	1971,81	17,27	4,32
в т.ч.			
секция гидроочистки	112,81	0,99	0,25
секция изомеризации	1859,00	16,28	4,07
<b>Итого:</b>			
<b>Получено:</b>			
1. Товарный изомеризат	42544,22	372,69	93,17
2. Углеводородный газ отпарной	805,56	7,06	1,76

колонны			
3. Сжиженный углеводородный газ отпарной колонны	210,48	1,84	0,46
4. Углеводородный газ стабилизационной колонны	3695,00	32,37	8,09
5. Сжиженный углеводородный газ стабилизационной колонны	370,00	3,24	0,82
6. Кислая вода	8,55	0,07	0,02
<b>Итого:</b>	<b>47633,81</b>	<b>417,27</b>	<b>104,32</b>

### Экономический расчёт эффективности

Варианты производства Июль -2016	300-0 600-94,5 Изо-90,5				300-0 600-94,5 Изо-90,5			
	Загрузка изомеризации 62 м3/ч		Цены из модели июня		Загрузка изомеризации 68 м3/ч		Цены из модели июня	
Наименование	тн.	руб./тн	тыс.руб	тн.	%	тыс.руб	тн.	
суточная загрузка	16 058	31		16 058	31			
<b>Всего в переработку:</b>	<b>498 696</b>	<b>100,0</b>	<b>7 736 423</b>	<b>498 696</b>	<b>100,00</b>			
<b>Бензин - всего</b>	<b>93 619</b>	<b>18,77</b>	<b>2 221 310</b>	<b>93 303</b>	<b>18,71</b>	<b>2 220 273</b>	<b>-316</b>	
Бензин автомобильный – всего	77 135	15,47	1 862 635	79 757	15,99	1 925 526	2 622	
АИ-95-К5	7 137	1,43	25254	7 137	1,43	180 237		
PULSAR-95 АИ-95-К5	2 063	0,41	25429	2 063	0,41	52 460		
АИ-92-К5	65 370	13,11	23986	67 992	13,63	1 630 856	2 622	
PULSAR-92 АИ-92-К5	2 565	0,51	24161	2 565	0,51	61 973		
Бензин газовый стабильный БТ	16 484	3,31	21759	13 546	2,72	294 747	-2 938	
БГС по спецификации БТ (2000-500)								
<b>Дизельное топливо - всего</b>	<b>133 266</b>	<b>26,72</b>	<b>3 207 846</b>	<b>133 266</b>	<b>26,72</b>	<b>3 207 846</b>		
<b>Сумма светлых</b>	<b>226 885</b>	<b>45,50</b>	<b>5 429 156</b>	<b>226 569</b>	<b>45,43</b>	<b>5 428 119</b>	<b>-316</b>	
<b>Итого товарных нефтепродуктов</b>	<b>473 018</b>	<b>94,85</b>	<b>8 265 473</b>	<b>473 018</b>	<b>94,85</b>	<b>8 266 195</b>		
<b>Всего потери:</b>	<b>25 678</b>	<b>5,15</b>		<b>25 678</b>	<b>5,15</b>			
Натуральное топливо	21 008	4,21		21 008	4,21			
<b>Баланс</b>	<b>498 696</b>	<b>100,0</b>		<b>498 696</b>	<b>100,0</b>			
Натуральное топливо, % на нефть	4,22			4,22				
Потери безвозвратные, % на нефть	0,92			0,94				
<b>Эффективность (с учётом МТБЭ), тыс. руб.</b>			<b>529 049</b>			<b>529 772</b>	на два куба	
<b>руб./тн.</b>			<b>1063</b>			<b>1064</b>	<b>723</b>	
						<b>361</b>	<b>на 6 кубов</b>	
<b>слив тн/месяц</b>	<b>162 296</b>			<b>136 400</b>	<b>итого в год</b>		<b>2169 тыс</b>	
<b>Вывод: увеличение производительности установки изомеризации ПГФ с проектного значения 62м3/ч до 68м3/ч, принесет дополнительную прибыль 26 млн. руб в год</b>							<b>26 млн</b>	

## **Заключение**

1. Пробег показал возможность увеличения загрузки с 300000 до 400000 тонн в год. Для непрерывной подачи сырья на установку изомеризации существует резерв по «лёгкой» нефти. По результатам пробега доказано, что качество товарного изомеризата не отклоняется от регламентных значений (ИОЧ не ниже 91 пункта). Так же сохраняется регламентных отбор по бензину.

2. Установлено, что для стабильной работы установки необходимо строго соблюдать регламентный углеводородный состав сырья. Чрезмерное присутствие углеводородов  $C_4$  и  $C_7$  ведёт к понижению отбора и увеличению процесса гидрокрекинга, повышенное содержание бензола приводит к разогреву слоя катализатора.

3. Установлено, что необходима замена электродвигателей сырьевых насосов с 22 КВт на более мощные 30 КВт для обеспечения загрузки установки изомеризации с 52 м<sup>3</sup>/ч до 70 м<sup>3</sup>/ч..

4. Оценка экономического эффекта от увеличения производительности с 300000 до 400000 тонн в год составляет 26 млн рублей в год, при капитальных затратах на приобретение электродвигателей сырьевых насосов 895309 рублей.