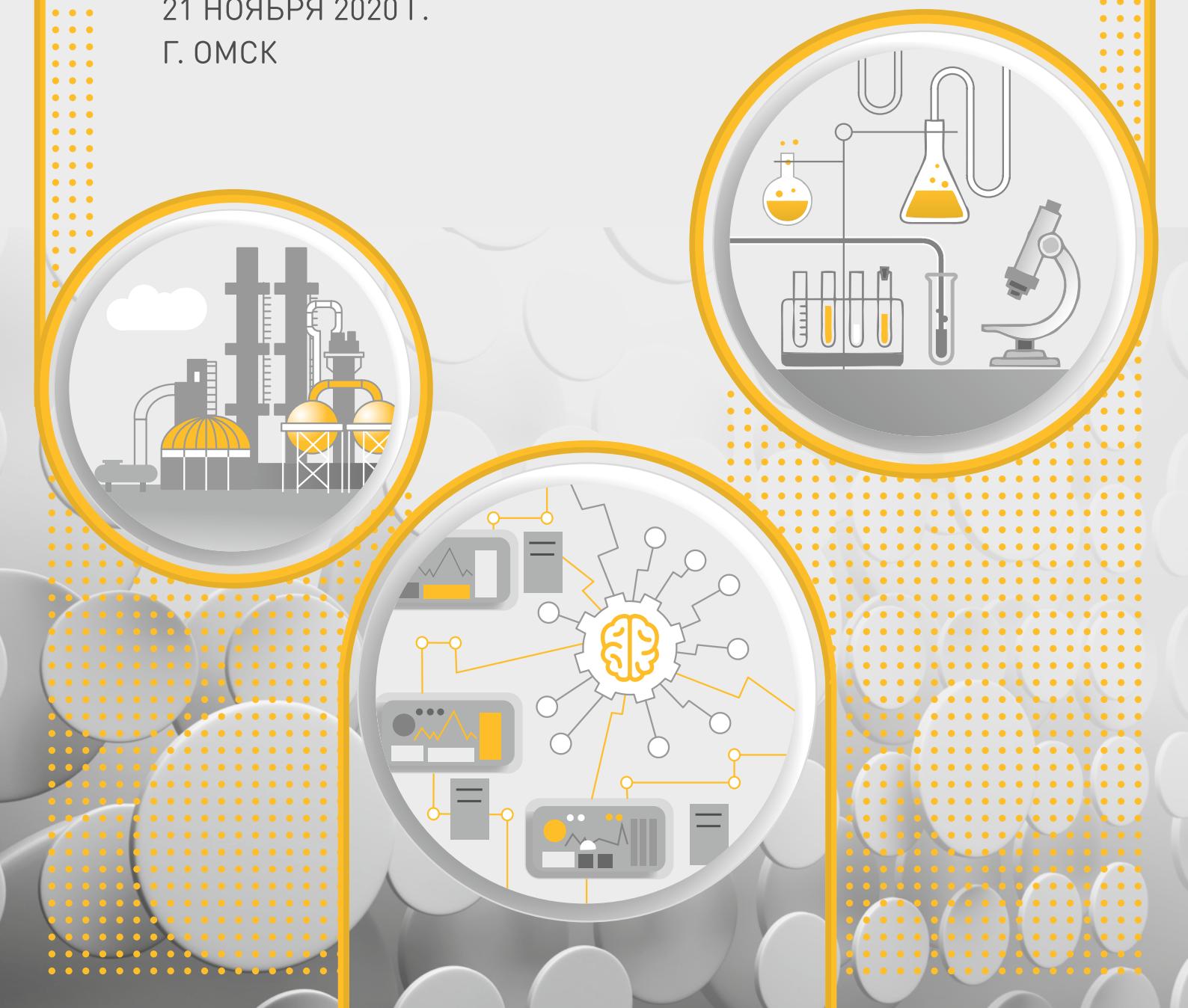


ОННР



XI НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ИНЖИНИРИНГ 4.0: НЕФТЕХИМИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

21 НОЯБРЯ 2020 Г.
Г. ОМСК



ПАО «ОНХП»

ИНЖИНИРИНГ 4.0: НЕФТЕХИМИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**МАТЕРИАЛЫ
XI Научно-технической конференции
молодежная секция**

2020

УДК 658
И 62

Редакционная коллегия:

Дерябина Л.Я., Почетный нефтехимик Российской Федерации, Главный инженер ПАО «ОНХП»;
Троян О.М., главный специалист механико-конструкторского отдела ПАО «ОНХП»;
Реутова О.А., старший преподаватель ФГБОУ ВО «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского», координатор совета базовых кафедр корпоративного университета ПАО «ОНХП»;
Доценко Е.В., инженер 2 категории технологического отдела ПАО «ОНХП»;
Хомченко В.Г., Доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»;
Шевелева Л.А., председатель СМС ПАО «ОНХП».

И 62

Инжиниринг 4.0: нефтехимия и информационные технологии: материалы молодежной секции XI Научно-технической конференции ПАО «ОНХП». – Омск, 2020 г. – 81 с.

В сборник вошли материалы докладов участников XI Научно-технической конференции, проходившей 21 ноября 2020г. в городе Омске, посвященной вопросам цифровой трансформации.

Основными тематическими направлениями, получившими свое отражение в материалах докладов участников, являются цифровые трансформации, нефть и газ, промышленная, пожарная и экологическая безопасность, новые производственные технологии, химия и техника, экология и цифровизация.

УДК 658

© ПАО «ОНХП», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Секция студентов

Исследование энергопотребления и качества продукта установки КПА С-300 АО «Газпромнефть-ОНПЗ» в результате реконструкции на непрерывный режим работы Л.А. Власова, А.М. Демин	5
Разработка модели атмосферного блока установки АТ-9 и изучение возможности производства Jet A-1 Р.И. Глиздинский, О.А. Реутова	8
Механическая прочность алюмооксидных носителей катализаторов процессов гидрооблагораживания А.Т. Жагупаров, Е.А. Белопухов	12
Гидродеоксигенация сорбита в присутствии палладиевых катализаторов на основе вольфраматсодержащих оксидов алюминия и циркония А.С. Зиманко, Е.А. Булучевский	15
Возможности включения методов биологической предочистки в технологические схемы водоподготовки сибирских рек З.Н. Колошницын	19
Оптимизация сырьевого пула установок глубокой переработки нефти А.Р. Лигай, О.А. Реутова	24
Разработка Excel-номограммы для расчета сепаратора факельной установки Т.С. Литвиненко, О.А. Реутова	28
Разработка цифровой модели пластинчатого теплообменного аппарата Е.С. Павлюк, И.А. Сорокина	31
Оптимизация работы установки ГФУ-2 С.А. Пахоменко, С.В. Чесак, О.А. Реутова	35
Модернизация резервуарного парка для хранения светлых нефтепродуктов М.В. Пучкова	39
Использование искусственных нейронных сетей для трассировки коммуникаций при проектировании промышленных предприятий А.О. Строев	41
Проектирование факела сбросовых газов А.В. Стукачева, О.А. Реутова	45
Индивидуальный подход к оценке надежности поставок углеводородов продуктопроводом Е.С. Удалова, А.А. Литвин	48



Беспроволочный резистор для датчика диагностики ВЛЭП Н.А. Терещенко, М.А. Холмов, В.Ю. Мирошник, К.И. Никитин	51
Экологическое состояние почво-грунтов территории ПАО «ОНХП» А.К. Шмыглева, И.А. Машарская, Л.Ю. Шик	55
Проектирование компрессора ВСГ для установки каталитического риформинга М.А. Шульгин, Н.Ю. Филькин, О.А. Реутова	59

Секция школьников

Изготовление безопасных красок в домашних условиях Т.С. Бакланова	62
Исследование эффективности экологически чистых сорбентов для очистки воды от загрязнения нефтью А.Е. Елиусизова, Д.Д. Щербаков	65
Анализ факторов, влияющих на кинематические характеристики ракет космического назначения Д.И. Зинаков, Т.В. Денисова	68
Изучение способности пятновыводителей удалять пятна с ткани В.Д. Манжалей, Ю.Б. Фризен	71
Перспективные способы очистки водных объектов от загрязнений нефтью А.В. Павлова	73
Исследование качества зимнего дизельного топлива на АЗС г. Омска М.Е. Пенькова, Ю.Г. Щербакова	75
Вред и польза пластика К.Д. Пермогорский, Н.Н. Кузьменко	78

УДК 66.011

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И КАЧЕСТВА ПРОДУКТА УСТАНОВКИ КПА С-300 АО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ОНПЗ» В РЕЗУЛЬТАТЕ РЕКОНСТРУКЦИИ НА НЕПРЕРЫВНЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ

Л.А. Власова, А.М. Демин

кафедра «Химия и химическая технология», ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, РФ

Аннотация – Рассматривается моделирование каталитического риформинга бензиновой фракции комплекса производства ароматики с непрерывной и периодической регенерацией катализатора в программе Aspen HYSYS. Проведен сравнительный анализ энергопотребление и выхода продуктов для двух схем.

Ключевые слова – каталитический риформинг, моделирование, непрерывная регенерация катализатора, реконструкция.

I. ВВЕДЕНИЕ

Кatalитический риформинг – один из самых важных и распространенных процессов нефтепереработки, целью которого является получение индивидуальных ароматических углеводородов или высокооктанового компонента товарных бензинов.

Большинство установок каталитического риформинга полурегенеративного типа не отвечают современным требованиям, в первую очередь по октановому числу риформата, морально и физически устарели и требуют коренной реконструкции. Опыт реконструкции – перевода установок с полурегенеративного на непрерывный режим существует.

Цель: прогнозная оценка результатов реконструкции по переводу установки КПА с полурегенеративного на непрерывный режим работы.

Задачи:

- построение двух моделей в программе Aspen HYSYS: с полунепрерывной и непрерывной регенерацией катализатора;
- сравнительный анализ энергопотребления, выхода и состава продукта по двум схемам.

II. ТЕОРИЯ

Необходимость проведения регенерации катализатора обусловлена снижением его активности, что приводит к снижению выхода целевых продуктов, С₅₊, водорода, октанового числа, увеличивается и расход топлива на технологических печах. На данный момент технология риформинга представляет схему с постоянной циркуляцией катализатора и с периодической его регенерацией.

Моделирование каталитического риформинга [2, 3] позволяет оценить эффективность и рентабельность такой реконструкции, возможными результатами которой будут:

- увеличение выхода продуктов реакции блока платформинга (H₂ и C₅₊);
- повышение показателей ОЧ ИМ и ОЧ ММ;
- рост качества стабильного платформата по целевым продуктам;
- уменьшение потребления условного топлива;
- уменьшение средней входной температуры реакторов блока платформинга;
- увеличение срока службы катализатора.

В качестве исходных данных использованы результаты мониторинга работы установки КПА С-300 [1]: рассматривались данные по составу сырья, водородсодержащего газа (ВСГ) и продуктовой смеси, загрузки катализатора, изменения кратности циркуляции ВСГ, объемной скорости подачи сырья, режим температур и давлений.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ

Обе модели 4-ступенчатых реакторов платформинга – с периодической и непрерывной регенерацией катализатора – построены по единому принципу в режиме непрерывной регенерации, но отличаются значением скорости циркуляции катализатора: для схемы с непрерывной



регенерацией катализатора она на несколько порядков ниже. Также различаются входные температуры в реакторах платформинга: для модели с периодической регенерацией температуры выше из-за дезактивации катализатора и соответствуют концу его межрегенерационного цикла (таблица 1).

Таблица 1.

Технологические параметры моделей

Параметр	С полунепрерывной регенерацией	С непрерывной регенерацией
Скорость циркуляции катализатора, кг/ч	680,0	0,023
Входные температуры реакторов, °С:		
R-1	507	525
R-2	508	525
R-3	506	524
R-4	507	524

Далее модели реакторов дополнены до технологических схем установки элементами печей, теплообменников, сепараторов, компрессоров и насосов (рис. 1) [4].

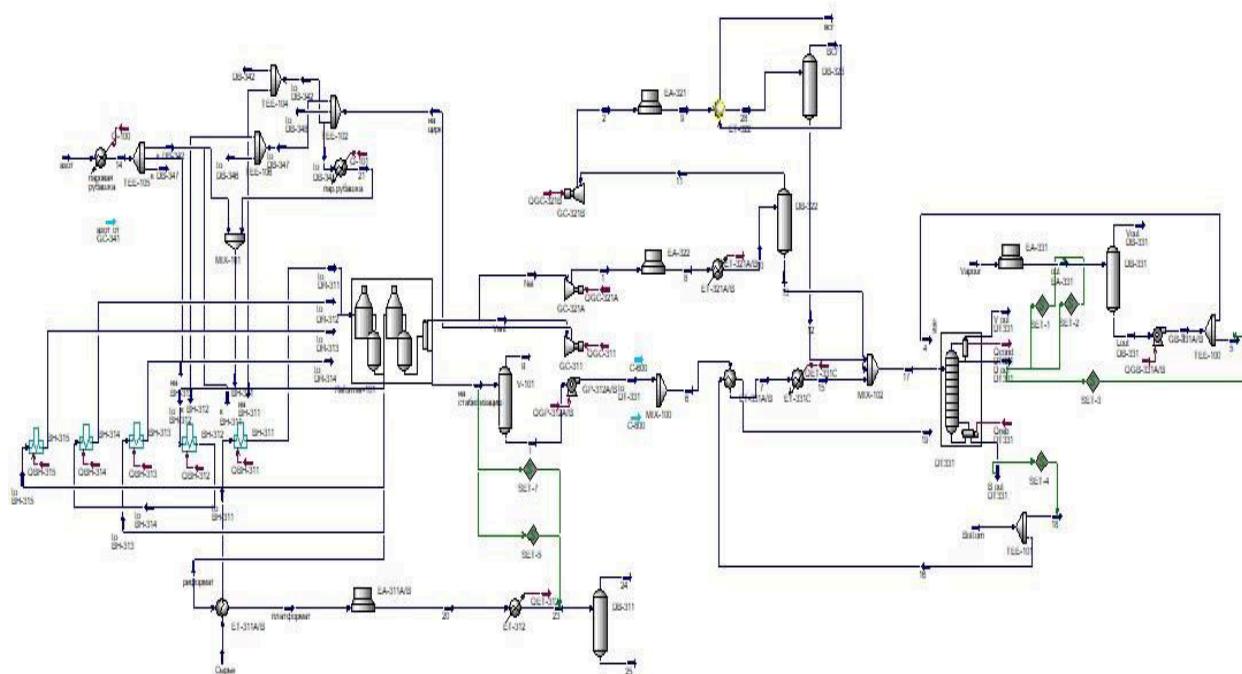


Рис. 1. Модель установки КПА С-300 в программе Aspen Hysys

Полученные в результате программного расчета данные по качеству продуктов риформинга (выход углеводородов, ВСГ, содержание водорода и октановое число платформата) и энергопотреблению оборудования и аппаратов установок для двух моделей сведены в сравнительные таблицы (рис. 2).

IV. ОБСУЖДЕНИЕ

Показано, что содержание водорода в ВСГ для модели с непрерывной регенерацией катализатора выше (рис. 3а), а затраты энергии в целом ниже, чем для полунепрерывной (рис. 3б).

	непрерывная	полунепрерывная	разница		непрерывная	полунепрерывная	разница
Расход ВСГ	0,2397 kgmole/h	0,2496 kgmole/h	-9,904e-003 kgmole...				
Мол. доля водор...	0,9702	0,9546	0,0156	Нагрузка печей	3,652e+004 kW	3,862e+004 kW	-2105 kW
Расход нестаб. пл...	1161 kgmole/h	1172 kgmole/h	-11,14 kgmole/h	BH-311	1,848 kW	1,925 kW	-7,703e-002 kW
Состав (мол.): H2	0,0076	0,0074	0,0002	BH-312	9293 kW	8308 kW	984,5 kW
A6	0,0073	0,0103	-0,0030	BH-313	7794 kW	7547 kW	247,5 kW
A7	0,1971	0,2039	-0,0068	BH-314	8341 kW	1,097e+004 kW	-2628 kW
A8:	0,2949	0,2983	-0,0034	BH-315	1,109e+004 kW	1,179e+004 kW	-709,3 kW
Этилбензол	0,0527	0,0533	-0,0006	Qcond DT331	364,1 kW	811,1 kW	-446,9 kW
O-ксилол	0,0745	0,0754	-0,0009	Qreb DT331	1,180e+004 kW	1,182e+004 kW	-20,80 kW
M-ксилол	0,1178	0,1191	-0,0013	EA-311A/B	8,657e+005 kJ/C-h	7,522e+006 kJ/C-h	-6,656e+006 kJ/C-h
P-ксилол	0,0499	0,0504	-0,0006	ET-312	1,931e+004 kW	1,925e+004 kW	55,98 kW
A9	0,1443	0,1470	-0,0028	EA-322	6,717e+004 kJ/C-h	7,108e+004 kJ/C-h	-3903 kJ/C-h
A10	0,0846	0,0855	-0,0008	ET-321A/B	114,1 kW	120,0 kW	-5,896 kW
Расход ВСГ с уста...	2353 kgmole/h	2434 kgmole/h	-81,41 kgmole/h	EA-321A/B	6,291e+004 kJ/C-h	6,652e+004 kJ/C-h	-3611 kJ/C-h
Доля H2 в ВСГ	0,9863	0,9768	0,0095	ET-331C	-5775 kW	-5709 kW	-66,07 kW
Сухой газ	25,17 kgmole/h	23,86 kgmole/h	1,313 kgmole/h	XBO EA-331 коло...	5,238e+004 kJ/C-h	1,168e+005 kJ/C-h	-6,447e+004 kJ/C-h
Доля H2	0,2149	0,1852	0,0297	Компрессоры ВСГ	3484 kW	3664 kW	-180,6 kW

Рис. 2. Скрин сравнительных таблиц параметров качества продуктов и энергопотребления из компьютерной модели

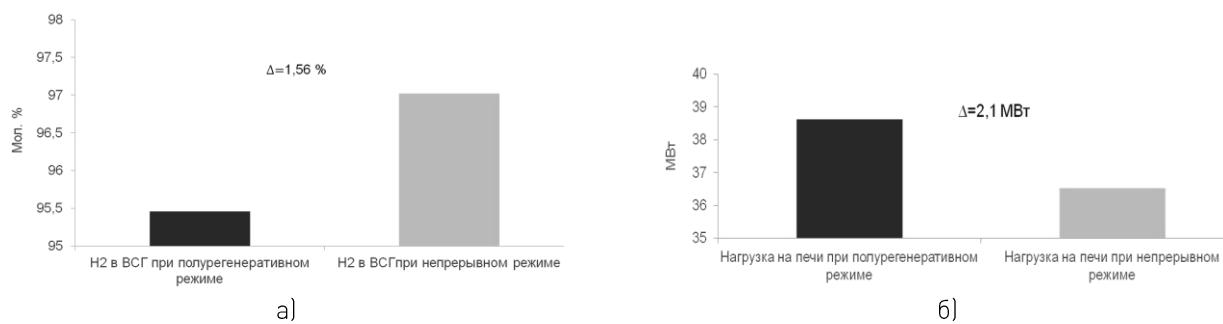


Рис. 3. Концентрация водорода в ВСГ (а) и средняя нагрузка на печи (б)
при разных режимах

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На компьютерной модели проведен сравнительный анализ результатов реконструкции установки КПА – перевода с полунепрерывного на непрерывный режим работы: увеличилась концентрация водорода в ВСГ, а средняя тепловая нагрузка на печи уменьшилась.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] Смольянова Ю. А., Иванчина Э. Д., Чеканцев Н. В. Мониторинг работы установки катализитического риформинга Л-35-11/1000. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2014. – № 1. – С. 33-36.
 - [2] Петров П. А. Моделирование процесса каталитического риформинга. Фундаментальные исследования. – 2007. – № 12 (часть 2) – С. 308-309.
 - [3] Молотов К. В. Повышение эффективности работы реакторов риформинга большой единичной мощности с применением информационно-моделирующих комплексов. Томск. – 2012 г. – 137 с.
 - [4] ООО «НПП НЕФТЕХИМ» Справочник. Каталитический риформинг бензинов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nefthim.ru>.

УДК 66-962

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АТМОСФЕРНОГО БЛОКА УСТАНОВКИ АТ-9 И ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА JET A-1

Р.И. Глиздинский¹, О.А. Реутова²

¹Магистрант ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, РФ

²Старший преподаватель кафедры «Химии и химической технологии», ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, РФ

Аннотация – Описана принципиальная технологическая схема атмосферного блока и построена его компьютерная модель с помощью пакета программ «Aspen HYSYS». Проведен анализ работы блока в режимах выпуска ТС-1, ДТЗ, ДТЛ и ТС-1, Jet A-1, ДТЛ, подобрано оптимальное соотношение фракций 140°C-240°C и 240°C-300°C для производства Jet A-1. Модель, построенная по базовому (существующему) варианту, адекватно описывает промышленные данные с погрешностью по материальному балансу 6% отн. Показано, что для получения Jet A-1 необходимо смешение фракций 140°C-240°C и 240°C-300°C в соотношении 45:55.

Ключевые слова – реактивные топлива, первичная переработка нефти, модель атмосферного блока, выпуск ТС-1 и Jet A-1.

I. ВВЕДЕНИЕ

В гражданской авиации основными марками авиакеросина являются ТС-1, РТ и Jet A-1. Топливо ТС-1 используется для дозвуковой авиации России, а Jet A-1 является его зарубежным аналогом. Российские авиакомпании принимают в эксплуатацию самолеты зарубежного производства, а авиационные заводы России осваивают производство отечественных самолетов с зарубежными двигателями [1]. Таким образом, актуальным является вопрос организации производства в России топлива Jet A-1, соответствующего требованиям международной ассоциации воздушного транспорта.

Цель работы: изучение возможности получения на установке АТ-9 реактивного топлива Jet A-1 в соответствии со стандартами качества.

Задачи:

- разработать модель ректификационного блока установки АТ-9 в ПП «Aspen HYSYS»;
- подобрать оптимальное соотношение компаундов для получения Jet A-1.

II. ТЕОРИЯ

Установка АТ-9 (атмосферная трубчатка с блоком электрообессоливания) предназначена для переработки нефти по топливному варианту. Основными продуктами установки являются: сжиженный газ, фракции НК-70°C, 70°C-100°C, 100°C-180°C, компонент топлива ТС-1, топливо дизельное арктическое (ДТА), топливо дизельное зимнее (ДТЗ), фракция дизельная летняя (ДТЛ), мазут прямогонный.

Описание технологической схемы

Сырая нефть из парка поступает на установку, где подогревается, обессоливается и обезвоживается, затем разогревается в печи и подаётся в сложную атмосферную ректификационную колонну, в которой происходит разделение на основные фракции: нестабильный бензин, фракции 140°C-240°C, 240°C-300°C, 300°C-350°C, мазут. Боковые погоны (кроме фракции 300-350 °C) выводятся каждый в свою отпарную колонну (стриппинг-секцию) С-102/1,2 для улучшения четкости разделения, после чего каждая фракция охлаждается:

- фракция 140°C-240°C выводится с установки в качестве компонента ТС-1 или смешивается с фракцией 240°C-300°C и выводится с установки в качестве топлива ДТЗ;
- фракция 240°C-300°C, смешиваясь с фракцией 140°C-240°C и 300-350°C с получением компонента ДТЛ 1 или 2 варианта или смешиваясь с фракцией 140-240°C для получения ДТЗ, выводится с установки;



- фракция 300°C-350°C, смешиваясь с фракцией 140°C-240°C и 240°C-300°C с получением компонента ДТЛ 1 варианта или смешиваясь с фракцией 240°C-300°C с получением компонента ДТЛ 2 варианта, выводится с установки.

Компаундирование фракций для получения различных видов топлива происходит в трубопроводах непосредственно на установке после охлаждения каждой из них в соответствующих аппаратах (рис. 1).

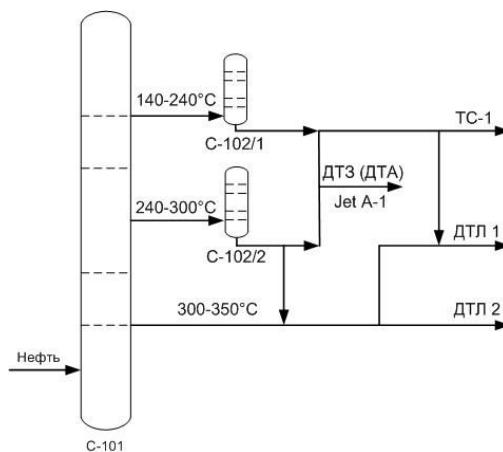


Рис. 1. Схема смешения потоков для получения различных видов топлива

III. РЕЗУЛЬТАТЫ

Модель для атмосферного блока установки первичной переработки нефти АТ-9 построена в пакете программ «Aspen HYSYS» с целью расчета технологических параметров работы блока, для чего необходимо задать вводные потоки. Включение оборудования в схему ведется с использованием реальных промышленных норм технологического режима, что предоставляет возможность параметризации оборудования (значения давления, температуры, удельных расходных нагрузок по сырью и вспомогательным материалам и т.п.) [2] (рис. 2).

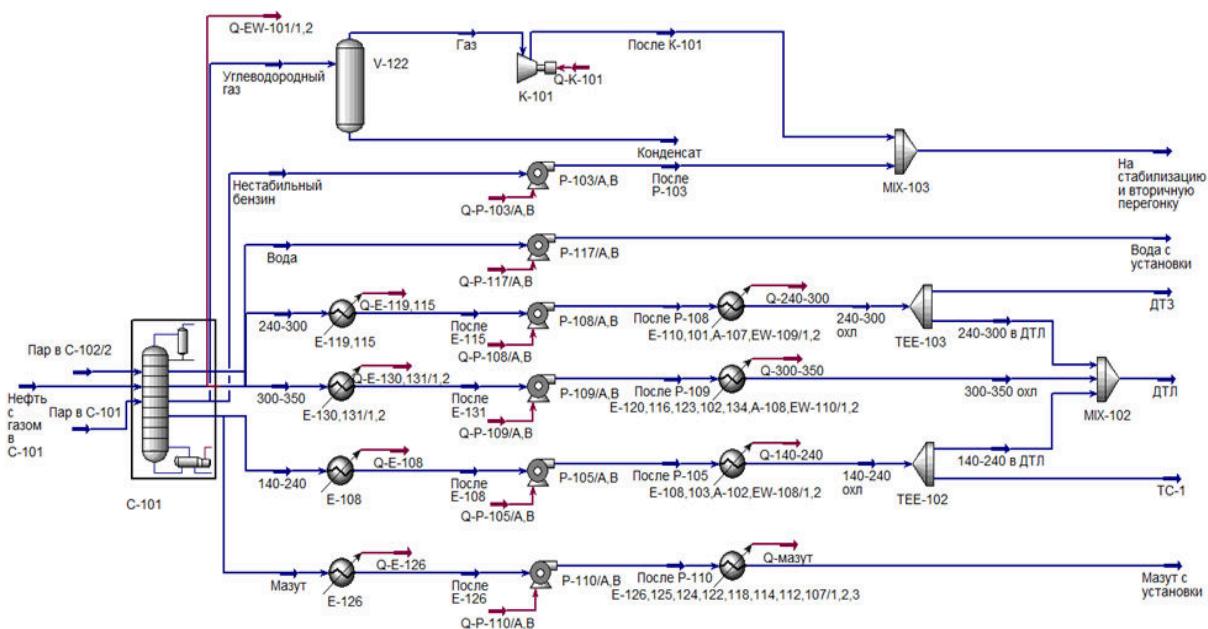


Рис. 2. Компьютерная модель атмосферного блока установки АТ-9

Материальный баланс модели атмосферного блока представлен в таблице 1.

Таблица 1.

Расчет погрешности моделирования (материальные потоки)

Поток	Реальный		По модели		Относительная погрешность, %
	Расход, т/ч	Выход, %	Расход, т/ч	Выход, %	
Поступило:					
Пар	6,40	1,19	6,40	1,19	0,00
Нефть	529,99	98,81	529,99	98,81	0,00
Итого	536,39	100,00	536,39	100	0,00
Получено:					
Нестабильный бензин	119,98	22,37	116,04	21,63	3,28
Вода	6,40	1.19	6,19	1,15	3,28
ДТЗ	43,98	8,20	42,85	7,99	2,56
ДТЛ	98,24	18,32	93,63	17,46	4,69
TC-1	56,06	10,45	54,20	10,11	3,31
Мазут	211,28	39,39	223,48	41,66	5,77
Потери	0,45	0,08	0	0	-
Итого:	536,39	100,00	536,39	100,0	0,00

Компьютерная модель атмосферного блока установки АТ-9 адекватно описывает промышленные данные: погрешность по материальному балансу составляет 6% отн.

Для моделирования производства Jet A-1 в базовой схеме был видоизменён узел смешения: часть потоков 140°C-240°C и 240°C-300°C направляется на приготовление нового вида реактивного топлива, как показано на рис. 3. Смешивание компаундов может осуществляться в различных соотношениях, что определяется параметрами качества потоков.

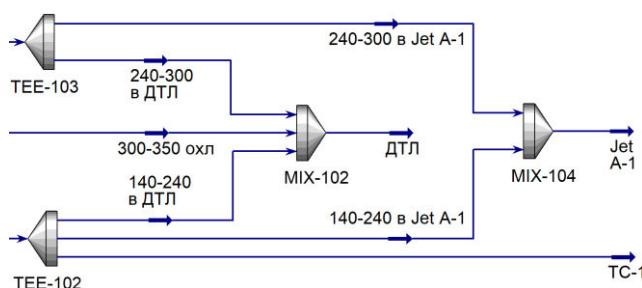


Рис. 3. Узел смешения фракций 140°C-240°C, 240°C-300°C, 300°C-350°C для получения TC-1, Jet A-1, ДТЛ

IV. ОБСУЖДЕНИЕ

Проанализированы параметры качества модельного Jet A-1, полученного при различных соотношениях фракций 140°C-240°C и 240°C-300°C. Оценка низкотемпературных свойств Jet A-1 производилась по температуре помутнения и предельной температуре фильтруемости. Показатели качества топлива представлены в таблице 2.

Соотношения фракций 140°C-240°C и 240°C-300°C 30:70 и 40:60 не удовлетворяют требованиям стандарта. Получить Jet A-1 необходимого качества можно, начиная с соотношения 45:55. Данное соотношение является оптимальным с точки зрения запаса по качеству.

Таблица 2.

Показатели качества Jet A-1

Параметр	Требование ГОСТ Р 52050	Модельное значение при соотношении фракций 140°C-240°C : 240°C-300°C					
		30:70	40:60	45:55	50:50	60:40	70:30
1. Плотность при 15°C, кг/м³, не менее	775-840	808	802	800	798	795	791
2. Фракционный состав: а) 10 % отгоняется при температуре, °C, не выше	205	158	152	150	148	146	144
б) 90 % отгоняется при температуре, °C, не выше	300	272	269	267	266	261	254
3. Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °C, не ниже	38	56	52	50	48	45	43
4. Предельная температура фильтруемости, °C, не выше	–	-45	-48	-50	-52	-56	-59
5. Температура помутнения, °C, не выше	–	-40	-43	-45	-47	-51	-54

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На компьютерной модели с погрешностью по материальному балансу 6% отн. показано, что получение авиакеросина Jet A-1 необходимого качества возможно, смешивая фракций 140°C-240°C и 240°C-300°C в соотношении 45:55.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] Чепижко М. Взлет за горизонт / М. Чепижко // Сибирская нефть. – 2019. – № 167. – Режим доступа: <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2019-december/4019252/>
- [2] Кузнецов О.А. Моделирование установки переработки нефти в Aspen HYSYS V8: монография / О.А. Кузнецов. – Москва-Берлин: «Директ-Медиа», 2015.– 133 с.

УДК 542.973

МЕХАНИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ АЛЮМООКСИДНЫХ НОСИТЕЛЕЙ КАТАЛИЗАТОРОВ ПРОЦЕССОВ ГИДРОБЛАГОРАЖИВАНИЯ

А.Т. Жагупаров, Е.А. Белопухов

ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, РФ

Аннотация – Синтезированы и испытаны на механическую прочность композиционные носители катализаторов гидрооблагораживания на основе оксида алюминия на каталитической установке. Показано, что варьированием количества уксусной кислоты на стадии смешения с гидроксидом алюминия возможно изменение механической прочности в широких пределах, определено оптимальное содержание кислоты в носителе, увеличивающее его механическую прочность.

Ключевые слова – механическая прочность, катализатор гидрооблагораживания, оксид алюминия.

I. ВВЕДЕНИЕ

Самыми распространенными катализаторами нефтепереработки являются алюмооксиды, к которым предъявляется множество требований, в том числе по механической прочности [1, 2]. Катализатор крупного зернения при движении должен выдерживать значительные механические воздействия от трения при соприкосновении гранул друг с другом и со стенками аппаратуры. Объект исследования – носители на основе оксида алюминия для катализатора гидрооблагораживания.

Цель: определение оптимального содержания кислоты-пептизатора для прочностных характеристик композиционных носителей для катализаторов на основе Al_2O_3 .

Задачи:

1. Синтез носителей и катализаторов гидроочистки.
2. Испытание полученных образцов, приготовленных с разным количеством кислоты-пептизатора, на механическую прочность.
3. Испытание катализаторов на каталитической установке в модельной реакции гидроочистки.

II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Приготовлены носители с добавлением различного количества кислоты-пептизатора. В качестве носителя использовали гидроксид алюминия, смешанный с водой и уксусной кислотой ($\text{pH } 3$). Получившийся псевдогель гидроксида алюминия формировали через экструдат, который сушили при температуре: при 60°C , 80°C и 100°C – 1 час, при 120°C – 2 часа. Далее экструдаты измельчили на гранулы диаметром 2 мм и длиной от 10 до 12 мм и прокали при 620°C в течение 8 часов. Приготовлены 10 образцов с различным содержанием уксусной кислоты (состав представлен в таблице 1).

Прочностные характеристики 48 образцов измерены на приборе Линтел ПК-21-0,15 производства АО БСБК «Нефтехимавтоматика» в статических условиях по ASTM D 4179. На приборе Micromeritics Gemini VII адсорбцией-десорбцией азота измерены текстурные характеристики образцов – удельная поверхность, удельный объем, средний размер и распределение пор и частиц по размерам.

Синтез алюмокобальтмолибденовых катализаторов проводили методом пропитки носителя по влагоемкости цитратным комплексом соединений-предшественников активных компонентов (Mo , Co). Массовая доля соединения предшественника в пересчете на оксид кобальта CoO в пропиточном растворе – $55\text{г}/\text{дм}^3$; в пересчете на оксид молибдена MoO_3 – $206\text{ г}/\text{дм}^3$. Сушку образцов проводили при температуре 140°C в течение 2 ч. Для определения показателей пористой структуры катализаторы прокаливали при 620°C в течение 2 ч. На основе полученных носителей приготовлены два образца катализаторов CoMoS/Aac1 и CoMoS/Aac4 .

Таблица 1.

Состав образцов носителя

Образец	Масса гидроксида алюминия, г	Масса кислоты, г	Масса воды, г
Aac0.25	7,7900	0,0275	7,2100
Aac0.50		0,0550	
Aac0.75		0,0825	
Aac1.00		0,1100	
Aac1.50		0,1650	
Aac2.00		0,2200	
Aac2.50		0,2750	
Aac3.00		0,3300	
Aac3.50		0,3850	
Aac4.00		0,4400	

Сульфидирование катализаторов смесью 1,0% H₂S в водороде проводилось в две стадии: поднимали температуру до 280°C, выдерживали 2 часа, затем температуру поднимали до 420°C и опять выдерживали два часа. После понижали температуру до 380°C и в потоке водорода в течение двух часов проводили восстановление.

Каталитические исследования проводили в автоклаве: к навеске катализатора массой 1 г и с фракционным составом 0,2–0,7 мм добавляли 30 мл раствора модельного сырья (1% дигензотиофена и 1% метилнафталина в тетрадекане). В реакторе поддерживались стационарные условия, отсутствовали перемешивание и ток водорода. Давление водорода – 7,5 МПа. Технологическая схема установки включает: печь, реактор, термопару в реакторе, систему подачи (дозировки) газов.

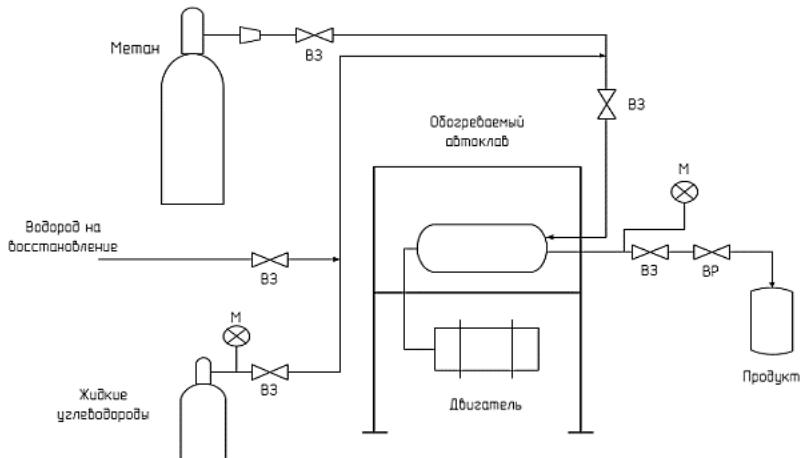


Рис. 1. Схема каталитической установки

III. РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты испытаний представлены в таблице 2 и на рис. 2.

IV. ОБСУЖДЕНИЕ

Показано, что при добавлении уксусной кислоты в количестве 25–100% от первоначального содержания прочность гранул катализатора практически не изменяется. Но при добавлении кислоты количеством 150–200% прочность носителей резко возрастает от 0,6 кг/мм² до 2,2 кг/мм². При добавлении уксусной кислоты более 200% существенного прироста прочности не происходит, график выходит на «плато», связанно это с увеличением хрупкости носителя.

Таблица 2.

Результаты испытания носителей катализаторов на прочность

Образец	Прочность, кг/мм ²	Содержание кислоты, % масс.
Aac0.25	0,50 ± 0,04	0,25
Aac0.50	0,60 ± 0,04	0,50
Aac0.75	0,70 ± 0,08	0,75
Aac1.00	0,60 ± 0,06	1,00
Aac1.50	1,20 ± 0,19	1,50
Aac2.00	2,20 ± 0,27	2,00
Aac2.50	2,40 ± 0,31	2,50
Aac3.00	2,20 ± 0,25	3,00
Aac3.50	2,30 ± 0,25	3,50
Aac4.00	2,10 ± 0,17	4,00

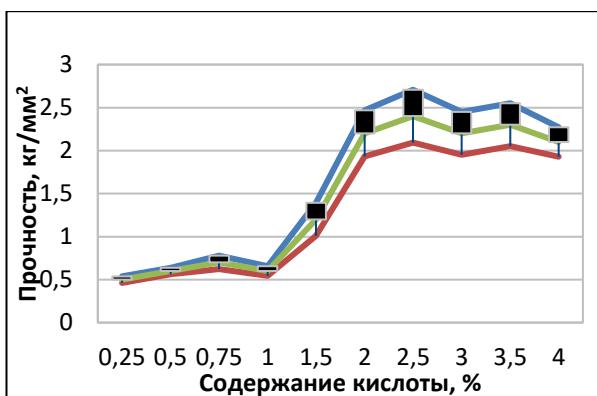


Рис. 2. Зависимость прочности гранул катализатора от содержания уксусной кислоты

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что для носителей катализаторов на основе Al_2O_3 путем варьирования количества уксусной кислоты на стадии смешения с гидроксидом возможно изменение механической прочности в широких пределах. При этом образцы с содержанием кислоты от 100 до 400% масс. от стандартного количества обладают близкими показателями по селективности прямого обессеривания и гидрирования. Таким образом, оптимальное содержание кислоты в носителе, увеличивающее его механическую прочность, соответствует 200% масс.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] Трегубенко В. Ю., Удрас И. Е., Дроздов В. А., Белый А. С. Изучение влияния условий приготовления-оксида алюминия в качестве носителя катализаторов риформинга на его физико-химические свойства // Журнал физической химии. – 2009. – Т. 83. – № 12. – С. 2238–2243.
- [2] Исмагилов З., Шкрабина Р., Корябкина Н. Алюмооксидные носители: производство, свойства и применение в каталитических процессах защиты окружающей среды: Аналитический обзор. Новосибирск: СО РАН. ГПНТБ. Ин-т Катализа им. Г.К. Борескова, 1998. – С. 82.

УДК 661.727

ГИДРОДЕОКСИГЕНАЦИЯ СОРБИТА В ПРИСУТСВИИ ПАЛЛАДИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ВОЛЬФРАМАТСОДЕРЖАЩИХ ОКСИДОВ АЛЮМИНИЯ И ЦИРКОНИЯ

А.С. Зиманко¹, Е.А. Булучевский²

¹ ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, РФ

² ФГБОУ ВО «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского», Омск, РФ

Аннотация – Работа посвящена поиску каталитических систем, способных в одну стадию получать компоненты товарных бензинов из альтернативных источников сырья. Каталитические свойства катализаторов на носителях из вольфрамированного оксида алюминия и диоксида циркония исследованы в процессе гидродеоксигенации сорбита при температуре 653 К, давлении 4,0 МПа и массовой скорости подачи сырья 1,0 ч⁻¹. Определены условия проведения процесса гидродеоксигенации сорбита с выходом углеводородных продуктов 62,8 мол. %. Выход изоалканов C₅ – C₇ на катализаторе Pd/WO₃-Al₂O₃ составляет 14,7 мол. %.

Ключевые слова – сорбит, гидродеоксигенация, палладий.

I. ВВЕДЕНИЕ

При разработке технологий производства моторных топлив и прочих химических продуктов из альтернативных, возобновляемых источников, способных в перспективе заменить нефть свое место занимает сорбит, образующийся в последовательных реакциях деполимеризации целлюлозы и гидрирования глюкозы. Главным недостатком вариантов переработки сорбита является отсутствие каталитических систем для одностадийного получения компаунда товарного бензина с достаточным октановым числом.

Известно, что катализаторы на основе вольфраматсодержащих оксида алюминия и диоксида циркония, вследствие мезопористой структуры и развитых кислотных свойств, проявляют высокую активность в селективном гидрогенолизе глицерина и этиленгликоля, а также гидроизомеризации н-алканов C₆–C₇ [1].

Цель – определение оптимального состава вольфраматсодержащих палладиевых катализаторов и температуры процесса для гидродеоксигенации сорбита.

Задачи:

1. Синтез нанесенных палладиевых катализаторов на основе вольфраматсодержащих оксида алюминия и диоксида циркония.
2. Оценка текстурных характеристик катализаторов, кислотности их поверхности и дисперсности нанесенного металла.
3. Испытания катализаторов в процессе прямой гидродеоксигенации сорбита.

II. ТЕОРИЯ

Синтезированы нанесенные палладиевые катализаторы на основе вольфрамат-содержащих оксида алюминия и диоксида циркония путем пропитки соответствующих носителей по влагоемкости раствором предшественника соответствующего металла H₂PdCl₄.

Проведена оценка текстурных характеристик катализаторов, кислотности их поверхности и дисперсности нанесенного металла. Низкотемпературная адсорбция азота использовалась для получения сведения о текстуре катализатора: удельной поверхности, объеме пор, распределении пор по размерам. Кислотность носителей WO₃-Al₂O₃ и WO₃-ZrO₂ оценивали с помощью температурно-запрограммированной десорбции аммиака (NH₃TPD) на приборе AutoChem-2920 (Micromeritics). Дисперсию поддерживаемого металла в восстановленных катализаторах оценивали по импульсной хемосорбции CO после измерений H₂-TPR и охлаждения в инертном газе до комнатной температуры.

Проведено испытание полученных катализаторов в процессе прямой гидродеоксигенации сорбита. Для проведения испытаний использовали проточную установку с неподвижным слоем катализатора, схема которой представлена на рис. 1.



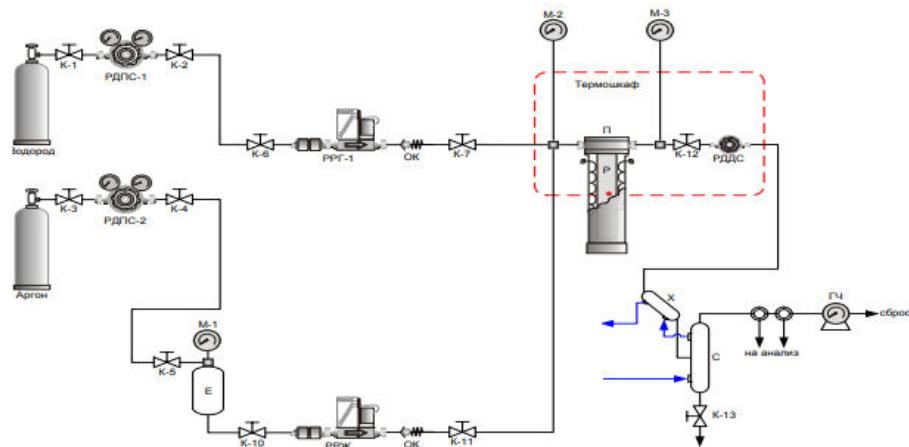


Рис. 1. Схема лабораторной установки для проведения испытаний образцов катализатора в процессе гидродеоксигенации сорбита

Сырье – 20% раствор сорбита в воде. Образец катализатора в виде частиц с размером от 0,2 до 0,5 мм загружается в реактор. Условия проведения процесса представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Условия проведения процесса гидродеоксигенации сорбита

Параметр	Значение
Температура, °С	300
Давление, МПа	4,0
Соотношение «водород : жидкое сырье», нм ³ : м ³	2600
Массовая скорость подачи жидкого сырья, ч ⁻¹	1,0

Получаемую на выходе из реактора продуктовую смесь охлаждали и разделяли в сепараторе. Газообразные продукты отводили с верха сепаратора через два шестиходовых крана для отбора проб на газохроматографический анализ и газовый барабанный счетчик. Отбор проб газообразных продуктов и слив жидких продуктов для определения массы, содержания воды и состава производили с периодичностью один раз в час. Выход углеводородных продуктов процесса (% мол.) рассчитывали, как отношение числа молей углерода в продукте к числу молей углерода поданного в реактор сорбита.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ

Текстурные и кислотные характеристики полученных носителей WO₃-Al₂O₃ и WO₃-ZrO₂ представлены в таблице 2. Носители WO₃-Al₂O₃ и WO₃-ZrO₂ представляют собой мезопористый материал, имеющий S_{BET} 148 и 65 м²/г, V_{ads} 0,33 и 0,26 см³/г, D_{cp} 8,9 и 16,2 нм, соответственно. При нанесении металла никаких значительных изменений в пористой структуре не наблюдается. Слабые и средние участки вносят основной вклад в кислотность исследуемых образцов.

Установлено, что на всех катализаторах протекает полное превращение субстрата с образованием в газовой фазе CO, CO₂, C₁-C₄ – легких алканов, причем природа носителя оказывает малое влияние на их выход. В процессе гидродеоксигенации сорбита на палладиевых катализаторах, нанесенных на вольфрамированные оксид алюминия и диоксид циркония, выход углеводородных продуктов достигает 62,8 и 56,1 % мол., соответственно. При этом большой выход углеводородов C₆, в частности, гексана, говорит о том, что удаление кислорода из субстрата, в основном, происходит по реакции дегидратации-гидрирования сорбита. Малый углеродный выход на катализаторе палладий на вольфрамированном оксиде алюминия обусловлен наличием в водной фазе продуктов неполной гидродеоксигенации субстрата – тетрагидрофурана, 2-метилтетрагидрофурана, гексанола-1 и тетрагидропирана. Водная фаза, полученная при гидропревращении

сорбита на катализаторе палладий на вольфрамированном диоксида циркония, свободна от органических соединений.

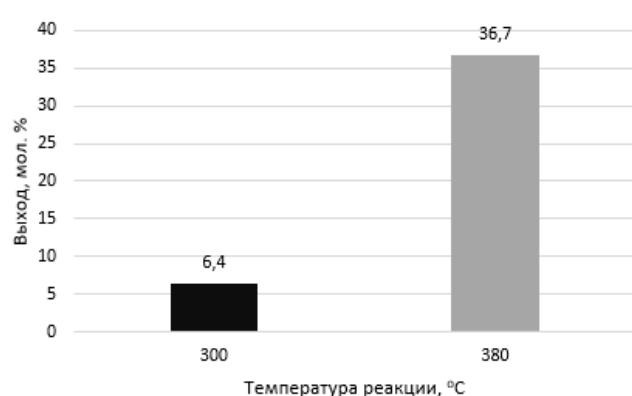
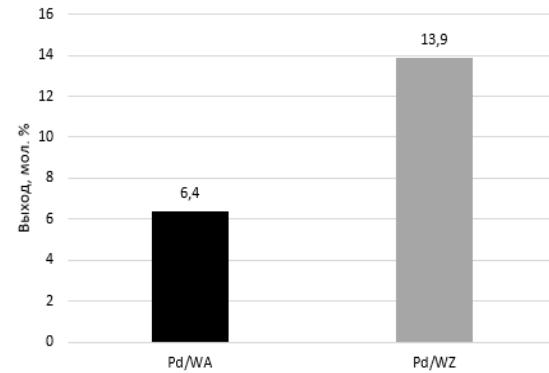
Таблица 2.

Физико-химические свойства носителей $\text{WO}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ и $\text{WO}_3\text{-ZrO}_2$

Носитель	Текстурные характеристики			Количество десорбированного аммиака	
	$S_{БЭТ}$, м ² /г	$V_{адс}$, см ³ /г	$D_{ср}$, нм	мкмоль/г	мкмоль/м ²
$\text{WO}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$	148	0,33	8,9	410	2,8
$\text{WO}_3\text{-ZrO}_2$	65	0,26	16,2	208	3,2

При увеличении температуры реакции от 300 до 380°С на катализаторе Pd/ $\text{WO}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ увеличивается образование C₁–C₄ легких алканов (с 10,9 % мол. до 29,3 % мол.) вследствие увеличения доли реакций гидрокрекинга. Увеличение образования оксида углерода (IV) с 0,6 до 6,7 мол. % говорит об увеличении доли реакции гидродекарбоксилирования в процессе удаления кислорода из субстрата. Снижение выхода н-алканов (с 45,6 мол. % до 21,8 мол. %) связано как с увеличением доли реакций крекинга, так и с увеличением доли реакции изомеризации, которая является целевой в данном процессе. Максимальный суммарный выход изоалканов и циклоалканов C₅–C₉ наблюдается на катализаторе Pd/ $\text{WO}_3\text{-ZrO}_2$ из-за большей изомеризующей способности носителя $\text{WO}_3\text{-ZrO}_2$, связанный с наибольшей плотностью кислотных центров у катализатора Pd/ $\text{WO}_3\text{-ZrO}_2$, что ускоряет кислотно-катализируемую реакцию изомеризации н-алканов.

При увеличении температуры реакции от 300 до 380°С происходит резкое увеличение выхода изо- и циклоалканов C₅–C₉ на катализаторе Pd/ $\text{WO}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$. Основной вклад в увеличение выхода изоалканов вносит реакция циклизации н-гексана с последующей изомеризацией циклогексана до метилцикlopентана, о чем говорит уменьшение выхода н-гексана с 32 до 9,5 % мол. и увеличение выхода метилцикlopентана с 1,4 до 14,7% мол. Так же часть н-гексана изомеризуется в диметилбутаны, об этом свидетельствует их увеличение с 0 до 5% мол.

Рис. 2. Выход изо- и циклоалканов C₅–C₉ на Pd/ $\text{WO}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ Рис. 3. Выход изо- и циклоалканов C₅–C₉ на Pd/ $\text{WO}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ и Pd/ $\text{WO}_3\text{-ZrO}_2$ **IV. ОБСУЖДЕНИЕ**

Наибольший выход смеси н-алканов C₅–C₉ достигается в гидропереработке сорбита на катализаторах RuMo/AC (88.8 % мол.) [2] и Ir-ReO_x/SiO₂+HZSM-5 (98.9 % мол.) [3], но низкое октановое число ограничивает её использование в качестве компаундов топлив. При выходе н-алканов C₅–C₉ 30,1% мол. в процессе гидрооксигенации сорбита на катализаторе 0,5% Pd/ $\text{WO}_3\text{-ZrO}_2$ выход изоалканов и циклоалканов C₅–C₉ составляет 13,9% мол., благодаря этому становится возможным использование полученной смеси в качестве компонентов товарных бензинов. В то же



время катализатор 0,5% Pd/WO₃-ZrO₂ проявляет высокую стабильность и не склонен к дезактивации в гидротермальных условиях, что делает его перспективным для гидропереработки сорбита.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованы каталитические свойства вольфрамат-содержащих палладиевых катализаторов и влияние температуры процесса гидродеоксигенации на выход и состав углеводородных продуктов гидродеоксигенации сорбита. Выход углеводородных продуктов на палладиевых катализаторах, нанесенных на вольфрамированные оксид алюминия и диоксид циркония, достигает 62,8 и 56,1% мол., соответственно. Дальнейшее увеличение выхода углеводородов C₅ – C₇ и его октанового числа возможно за счет оптимизации условий протекания процесса гидродеоксигенации сорбита на катализаторе 0,5% Pd/WO₃-ZrO₂.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] Smolikov M. D., A study on isomerization of the gasoline fraction of C₇ hydrocarbons on the Pt/WO₃/ZrO₂ catalyst / M. D. Smolikov, V. A. Shkurenok, D. I. Kir'yanov, et. al. // Catal. Today. – 2019. – № 329. – p. 63.
- [2] Weng, Y. Aqueous-phase hydrodeoxygenation of biomass sugar alcohol into renewable alkanes over a carbon-supported ruthenium with phosphoric acid catalytic system / Y. Weng, T. Wang, S. Qiu et al // ChemCatChem. – 2017. – № 9. – p. 774–781.
- [3] Chen, K. Selective Hydrogenolysis of Furfural Derivative 2-Methyltetrahydrofuran into Pentanediol Acetate and Pentanol Acetate over Pd/C and Sc(OTf)₃ Cocatalytic system / K. Chen, M. Tamura, Z. Yuan, et. al. // ChemSusChem. – 2013. – № 6. – p. 613.

УДК 628.16(282.286.16)

ВОЗМОЖНОСТИ ВКЛЮЧЕНИЯ МЕТОДОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРЕДОЧИСТКИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ВОДОПОДГОТОВКИ СИБИРСКИХ РЕК

З.Н. Колошницын

ПАО «ОНХП», г. Омск, РФ

Аннотация Проведен анализ качества воды рек Иртыша и Оми, предложены варианты реагентных способов водоподготовки, а также включение в схему узлов, обеспечивающих защиту от специфических природных и антропогенных загрязнений. Рассмотрены безреагентные биологические методы предочистки природных вод, позволяющие сократить расход коагулянтов и хлора, а также стоки и осадки очистных станций.

Ключевые слова – водоподготовка, оценка качества воды, технологии водоподготовки, природная вода.

I. ВВЕДЕНИЕ

Актуальной проблемой водоподготовки является применение экологически эффективных технологий, исключающих появление в питьевой воде канцерогенных хлорорганических соединений [1], а также остаточного алюминия.

Перспективным вариантом водоподготовки являются безреагентные биологические методы, позволяющие сократить как расход коагулянтов и хлора, так и образующихся в процессе работы очистных станций промывных вод и осадка.

Цель: удаление органических и минеральных примесей из природных вод с использованием естественного биоценоза водотоков и полимерных носителей с прикрепленной микрофлорой.

II. ТЕОРИЯ

Объектом исследования данной работы являются реки Иртыш и Омь, относящиеся ко II и III классу, соответственно [6].

Вода р. Иртыш в створе п.г.т. Крутая Горка – среднюю мутность $M = 124$ мг/л и среднюю цветность $\text{Ц} = 31,7$ градусов ПКШ, для водоочистки необходимы стадии коагуляции, отстаивания, фильтрования и обеззараживания. Вода р. Омь в створе Вознесенское и г. Калачинск имеет среднюю мутность $M = 79$ мг/л и высокую цветность $\text{Ц} = 156$ градусов ПКШ, для водоочистки дополнительно к вышеперечисленным стадиям необходимы микрофильтрование и окислительно-сорбционные методы.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ

Для рассмотренных створов выбраны технологические схемы очистки природных вод [2]: с учетом характеристик качества воды в малых населенных пунктах р. Иртыш и р. Омь обработка воды может осуществляться по 2 безнапорным и 1 напорной схеме (таблица 1).

Согласно возможным технологиям очистки воды, составлены высотные схемы сооружений (рис.1-3) [4].

Высотные схемы построены от резервуара чистой воды (РЧВ) - наиболее низко расположенного сооружения с учетом потерь напора (m) в сооружениях, устройствах контроля и соединительных коммуникациях [2, 3]. Подаваемая на станцию вода, пройдя микрофильтр, поступает в смесительное устройство, перед которым в трубопровод исходной воды вводится коагулянт. На выходе из смесителя в воду дозируется флокулянт. Затем вода поступает на контактный префильтр с фильтрующей зернистой загрузкой – песком (сооружения первой ступени). После осветления вода для окончательной очистки направляется на скорый фильтр (сооружения второй ступени). Отфильтрованная вода обеззараживается хлором и поступает в резервуар чистой воды (РЧВ), откуда насосной станцией второго подъема подается потребителям (рис. 1а).



Таблица 2.1

Схемы реагентной обработки воды

Основные сооружения	Мутность, мг/л		Цветность, град.		Производительность станции, м ³ /сут
	исходная	очищенная	исходная	очищенная	
Контактные префильтры – скорые фильтры (двухступенчатое фильтрование)	До 300	До 1,5	До 120	До 20	Любая
Вертикальные отстойники – скорые фильтры	До 1500	До 1,5	До 120	До 20	До 5000
Трубчатый отстойник и напорный фильтр заводского изготовления «Струя»	До 1000	До 1,5	До 120	До 20	До 800

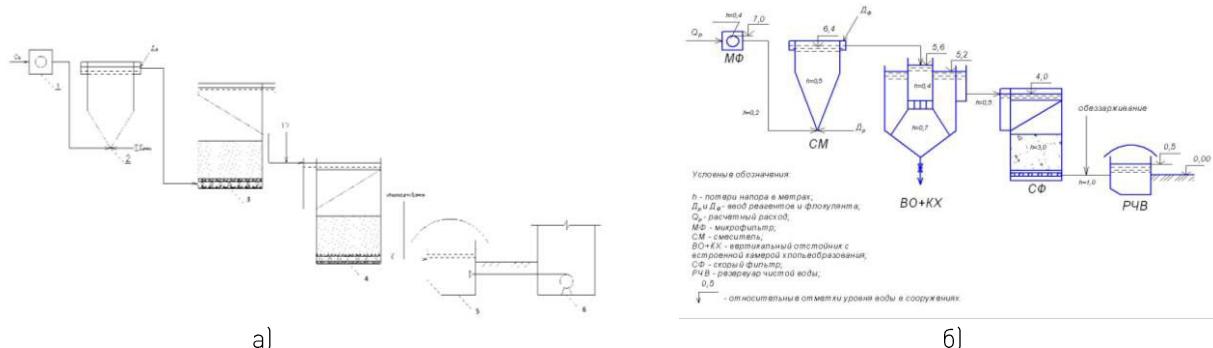


Рис. 1. Технологическая схема водоподготовки:

- а) с контактными префильтрами и скорыми фильтрами: 1 - микрофильтр, 2 - смеситель, 3 - контактный префильтр, 4 - скорый фильтр, 5 - резервуар чистой воды, 6 – насосная станция второго подъёма;
б) с вертикальными отстойниками и скорыми фильтрами.

Второй также представляет собой двухступенчатую схему очистки воды: вода, пройдя микрофильтрование, после смесителя поступает в вертикальный отстойник (первая ступень), где происходит осаждение взвеси и осветление воды. После осветления воды поступает на скорый фильтр (вторая ступень) для доочистки, затем вода обеззараживается хлором и поступает в резервуар чистой воды (РЧВ). Процесс очистки сопровождается вводом необходимых доз реагентов (рис. 16).

Водоочистные станции с установками заводского изготовления типа «Струя» предназначены для удаления избыточного количества взвешенных веществ (осветление) из воды поверхностных источников в локальных системах хозяйствственно-питьевого водоснабжения малых и сельских населенных пунктов, рабочих поселков, отдельных объектов культурно-бытового и промышленного назначения (рис. 2).

Высокоцветные холодные воды с низкой щелочностью, такие как в р. Омь плохо поддаются реагентной обработке. При смешивании их с коагулянтом даже с добавками раствора флокулянта не всегда удовлетворительно происходит гидролиз коагулянта. Коагуляция протекает вяло даже при длительном пребывании воды в камере хлопьеобразования, что, в конечном счете, ухудшает процессы отстаивания и фильтрования и приводит к повышенному содержанию остаточного алюминия в фильтрате.

Существующие традиционные сооружения водоподготовки не всегда являются надежным барьером в отношении летучих хлорорганических соединений (ЛХС). Процесс образования ЛХС при хлорировании воды сложный и продолжительный во времени, зависящий от содержания в исходной воде органических загрязнений, времени контакта воды с хлором, дозы хлора и pH воды.

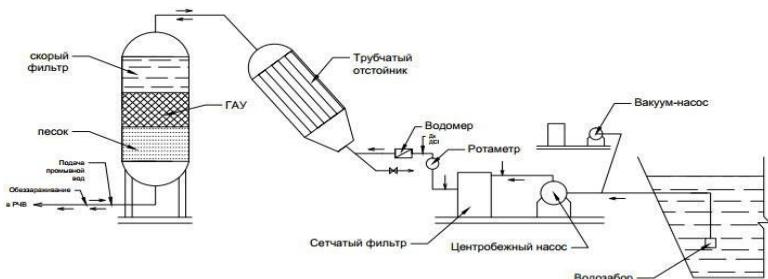


Рис. 2. Технологическая схема станции с установками типа "Струя"

Для снижения содержания в воде органических и минеральных примесей используются высшие водные растения, например камыш, тростник, элодея канадская, рогоз широколистный или использование каркасов в виде сетчатых оболочек, заполненных корневищами воздушно-водных растений и материалом с положительной плавучестью (рис. 3).

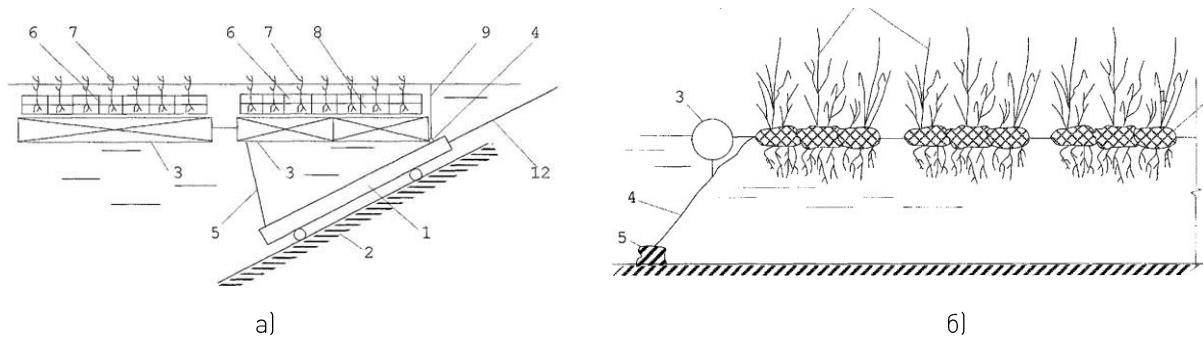


Рис. 3. Устройство для биологической очистки вод каналов:

а) с использованием плавающих поддонов: 1 - платформа; 2 - направляющие; 3 - поддон; 4 и 9 - шарнир; 5 и 10- гибкая связь; 6 - каркасы с 7 - биологической загрузкой;

8 - струенаправляющий элемент; 11 - лебедка; 12 - трос;

б) с использованием каркасов в виде сетчатых оболочек: 1 - сетчатые оболочки; 2 - гирлянды; 3 - плавучий элемент; 4 - якорные связи; 5 - якорь.

Другим способом биологической очистки является использование управляемых биоценозов: в качестве первой ступени очистки используется секция обработки воды естественным биоценозом, размещенная в приемном канале микрофильтра (рис. 4).

Для увеличения производительности установки возможно применение новых элементов накопления - волокон из синтетического инертного материала. Это позволило увеличить, не снижая эффекта очистки, производительность устройства в 2 раза.

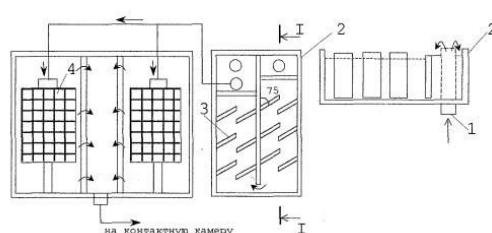


Рис. 4. Схема микрофильтра со встроенным биопоглотителем:

1 - подача воды на биопоглотитель; 2 - биопоглотитель; 3 - пластины; 4 - микрофильтр.

Разработана принципиально новая технология и сооружения для ее реализации – биосорбера в виде двухслойного реактора, сочетающего зону псевдоожженного слоя и зону фильтрования в слое гранулированного сорбента. В качестве материалов для насадок использовались синтетические волокна (рис. 6) [6].

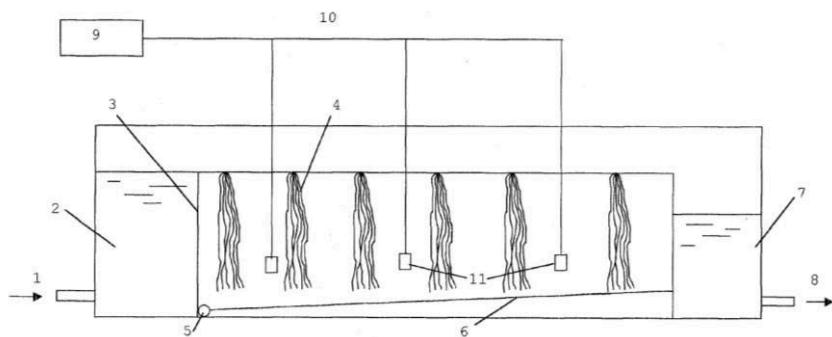


Рис. 6. Схема экспериментальной установки:

1 - подача исходной воды; 2 - приемное отделение; 3 - перегородка для поддержания постоянного уровня воды; 4 - насадка из волокон; 5 - трубопровод для отвода осадка; 6 - дно с уклоном; 7 - сборный карман; 8 - отвод воды; 9 - микропомпа; 10 - воздуховоды; 11 - диспергаторы

Экспериментальные данные позволили сделать выводы о возможности использования данной технологии. Вода, прошедшая через биореактор улучшает свое качество по всем показателям (таблица 2) [5].

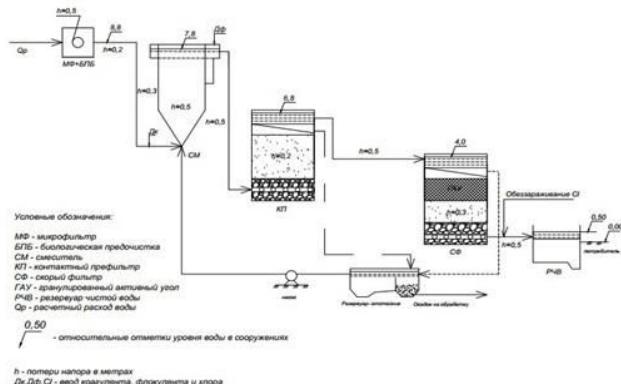
Таблица 2

Результаты исследований качественных показателей воды очистных сооружений

Показатель	Значения					
	март	апрель	май	июнь	июль	август
Температура, °C	0,6-2,0	1,0-3,2	3,0-11,2	10,4-18,6	17,7-21,4	13,1-20,2
Цветность, град ПКШ	36-44; 32-40	42-68; 40-65	60-68; 58-65	55-73; 53-68	37-44; 35-41	28-56; 27-53
Мутность, мг/л	0,9-2,8	1,5-13,4	1,6-3,0	2,5-3,5	1,5-2,7	2,2-5,5
	0-2,0	0,5-8,5	0,8-2,2	1,2-3,0	0,5-1,9	1,0-4,8
Перманганатная окисляемость, мг О ₂ /л	7,6-11,3	7,7-13,8	6,8-15,2	12,1-16,6	8,1-10,4	8,8-12,4
	6,2-9,2	6,2-10,7	4,8-14,6	5,6-12,6	4,2-6,6	5,3-7,1
Аммиак, мг/л	0,01-0,48	0,06-0,33	0-0,1	0,06-0,28	0-0,2	0-0,34
	0-0,46	0,06-0,31	0-0,09	0-0,2	0-0,14	0-0,3
Нитриты, мг/л	0-0,07	0,04-0,17	0,04-0,07	0,01-0,02	0-0,03	0-0,05
	0-0,1	0,04-0,2	0,02-0,1	0,02-0,03	0-0,04	0,05-0,12
Нитраты, мг/л	1,8-7,0	1,6-12,9	0-1,9	0-4,2	0-1,9	0-0,6
	1,8-7,3	2,0-13,4	0,3-2,8	0-5,0	0-2,3	0-0,8
рН	7,34-7,57	7,23-7,67	6,94-7,96	7,99-8,27	8,11-8,32	8,0-8,31
	7,37-7,6	7,26-7,78	7,0-8,2	8,02-8,4	8,16-8,36	8,15-8,34

Предлагается также для различных типов носителей прикрепленной микрофлоры выбрать следующие типы волокон: нить капроновая текстурированная, нить полипропиленовая, нить полиэтиленовая [5].

Учитывая определяющие природные ингредиенты и антропогенные загрязнения, рекомендуется дополнительно включить узлы биологической предочистки (БПБ), а также озонирования (ОЗ) и сорбционной доочистки в стационарном слое адсорбента (СрГУ) в качестве основной была принята технологическая схема с контактными префильтрами и скорыми фильтрами (рис. 7).



УДК 66.011

ОПТИМИЗАЦИЯ СЫРЬЕВОГО ПУЛА УСТАНОВОК ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

А. Р. Лигай¹, О. А. Реутова²

¹Магистрант ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, РФ

²Старший преподаватель кафедры «Химии и химической технологии», ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, РФ

Аннотация Рассмотрен вариант технологического решения перераспределения сырьевого потока, позволяющий оптимально функционировать установкам глубокой переработки нефти в условиях сценария – дефицита сырья. Объекты исследования – установки каталитического крекинга, гидрокрекинга. Построение компьютерной модели выполнено в ПО Aspen RefSYS. Модель откалибрована и приведена к факту работы. Экономическая оценка эффективности предлагаемого варианта выполнена решением LP-модели в ПО Aspen PIMS. В ходе технико-экономической оценки проекта рассчитаны основные показатели эффективности: NPV, PI, DPP.

Ключевые слова – каталитический крекинг, моделирование, HYSYS, RefSYS, PIMS.

I. ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях развития и модернизации процессов нефтепереработки и изменений рыночных предпосылок вопросы оптимизационного планирования выдвигаются на первый план. Основным инструментом при составлении плана производства выступают инженерные модели, разрабатываемые в специализированных программных продуктах, таких как Aspen Technology Inc. (HYSYS, RefSYS, PIMS и др.). Подобные модели находят применение не только для прогнозирования работы установок, но и при исследовании процессов нефтепереработки, режимов работы установки [2].

На АО «Газпромнефть-ОНПЗ» функционируют две установки каталитического крекинга: КТ-1/1 и 43-103, общей производительностью по сырью 3500 тыс. т/год [3]. На 2021 г. запланирован пуск комплекса глубокой переработки нефти (КГПН), в состав которого входит установки гидрокрекинга [5]. Предполагается возникновение дефицита сырья в результате перераспределения общего сырьевого потока между установками каталитического крекинга и гидрокрекинга. В связи со скорым пуском КГПН не рассматривались комплексные решения, требующие существенных капитальных и временных затрат.

Цель: предложить вариант технологического решения, позволяющий оптимально функционировать при сценарии дефицита сырья.

Задачи:

1. определение наименее маржинальной установки;
2. построение компьютерной модели, описывающей фактическую работу установки;
3. оптимизация распределения сырьевого пula;
4. технико-экономическая оценка проекта.

II. ТЕОРИЯ

Разработка современных технологических процессов переработки природного углеводородного сырья и оптимальная эксплуатация действующих производств невозможна без применения моделирующих программ, имеющих высокую точность описания параметров технологических процессов и позволяющих без значительных материальных и временных затрат производить исследования этих процессов [1].

Для определения наименее маржинальной установки проводится расчет LP-модели в ПО Aspen PIMS, учитывающий внешние и внутренние предпосылки. Внешние – экономические параметры (цены, потребности, график отгрузки и т.п.); внутренние – технологические ограничения (ограничения по производительности установки, пропускная способность трубопровода, режим работы и технологические параметры объекта и т.п.). Критерием эффективности принято

ограничение на минимальную производительность. В работе условно принимается, что 43-103 наименее эффективная установка, при этом минимальная производительность по сырью составляет 60% от мощности.

Предлагается рассмотреть дополнительные источники сырья для установки 43-103 с целью «освобождения» части вакуумного газойля с последующим направлением на наиболее маржинальные производственные объекты, в результате чего предполагается положительное отклонение финансового результата. В качестве сторонних потоков выбраны:

- прямогонные дизельные фракции и легкий газойль;
- бензин собственного производства;
- тяжелый газойль.

Следующий шаг - построение компьютерной модели, включающей в себя:

- построение и калибровку реакторного блока;
- моделирование сторонних потоков и получение материальных балансов.

Экономическая оценка предлагаемого изменения выполнена в ПО Aspen PIMS.

Технико-экономическая оценка проводится путем расчета основных показателей эффективности проекта: NPV (чистая приведенная стоимость денежных потоков), PI (индекс прибыльности), DPP (дисконтированный период окупаемости).

III. РЕЗУЛЬТАТЫ

Построена компьютерная модель реакторного блока 43-103 в ПО Aspen RefSYS (рис. 1), состоящая из следующих частей:

- подготовка сырья (за базу взята нефть Ural Lights 1999; с помощью Manipulator скорректированы показатели качества нефтяного сырья, таблица 1);
- реакторный блок (приведенный к факту работы, таблицы 2, 3);
- блок разделения представленный двумя колоннами.

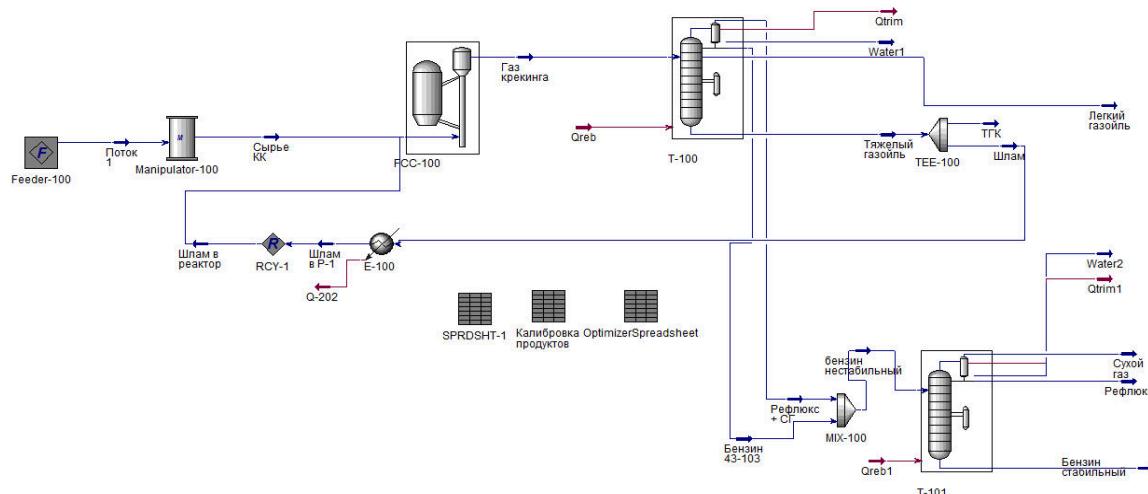


Рис. 1. Компьютерная модель реакторного блока установки 43-103 в среде ПО Aspen HYSYS

Результат экономической оценки в Aspen PIMS:

- положительное отклонение при вовлечении бензина в сырье 43-103 составило +0,1% годовой прибыли, эффект обусловлен повышением объема высокомаржинальных легких олефинов и дозагрузки более эффективных установок;
- отрицательное отклонение при вовлечении дизельных фракций и легкого газойля составляет -0,1% годовой прибыли, ущерб обусловлен крекингов ценного сырья до кокса и газов.

В результате расчета основных показателей эффективности проекта $NPV > 0$, $PI > 1$, DPP в течении года, следовательно данное мероприятие эффективно.

Таблица 1.

Характеристика качества сырья [4]

Параметр	Значение
Плотность, г/мл	0,89–0,91
Коксумость, % масс.	0,10–0,30
Содержание серы, % масс.	0,70–0,90
Содержание ванадия, ppm	0,5
Содержание никеля, ppm	0,4
Фракционный состав, т. кип., °C:	
– начало кипения	310–320
– 10%	360–370
– 50%	435–445
– 90%	520–525
– 96%	545–555
– 98%	560–570

Таблица 2.

Материальный баланс установки (факт/расчет/сторонние потоки) [4]

Наименование	Факт	Модель	Дизельная фракция	Легкий газойль	Бензин
Сухой газ	4,13	4,09	6,30	3,20	1,20
Рефлюкс	15,53	15,66	20,95	15,55	21,50
Бензин (КК до 205°C)	50,13	50,18	57,81	51,91	76,40
Легкий газойль	13,83	13,76	9,73	21,63	
Тяжелый газойль	10,63	10,55	2,75	5,55	
Кокс	5,73	5,74	2,46	2,16	0,90
Итого	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Максимальное отклонение материального баланса при приведении к факту составило 0,13% масс.

Таблица 3.

Отклонение показателей качества расчетного от фактического [4]

Показатель	Факт	Отклонение, % отн.
Конец кипения бензина, °C	205	0,1
Октановые числа бензина:		
- по ММ	80-80,5	1,5
- по ИМ	90,6-91,2	1,7

IV. ОБСУЖДЕНИЕ

Инженерные модели играют существенную роль в эффективной работе НПЗ. В данном исследовании приведен пример лишь одного из способов их применения – прогноз работы установки при изменении условий (вовлечение дополнительных источников сырья). Перспектива применения подобных моделей заключается в составлении гибких материальных балансов, учитывающих влияние качества нефтяного сырья на отборы и качество продуктовых потоков, технологические параметры и т.п. Создание комплексной модели всего НПЗ позволит связать свойства нефтяного сырья с показателями качества продуктов.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана компьютерная модель реакторного блока установки каталитического крекинга 43-103 в ПО Aspen RefSYS, описывающую фактическую работу установки с погрешностью

по материальному балансу 0,13% отн., по показателям качества продуктов 1,7% отн. При вовлечении в качестве дополнительного сырья бензина собственного производства наблюдается положительный экономический эффект: основные показатели эффективности проекта $NPV > 0$, $PI > 1$, DPP - в течение года.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] Семенов И.А. Цифровизация в нефтепереработке: день сегодняшний // Химия и химическая технология. – 2019. – №13. – С.71–75.
- [2] Фуфаев А.Л., Козлов П.В., Писаревский Д.В. Эффективность применения Aspen PIMS в процессах планирования ООО «Газпром Нефтехим Салават» // Газовая промышленность. – 2018. – №4. – С.72–74.
- [3] Дмитриченко О.И., Дубков И.В., Бородин Е.В., Шаяхметова В.Ш. Каталитический крекинг в Газпромнефть-ОНПЗ // нефтепереработка и нефтехимия. – 2010. – №7. – С.16–18
- [4] Глазов А.В., Генералов В.Н., Горденко В.И., Доронин В.П., Дубков И.В. Новые катализаторы каталитического крекинга серии «Люкс»: опыт разработки, производства и эксплуатации на ОАО «Сибнефть-Омский НПЗ»//Рос.хим.ж. (Ж. Рос. Хим. об-ва им. Д.И. Менделеева) – 2007. – №4. – Т. 51. – С.57–59.
- [5] Газпромнефть-ОНПЗ [Электронный ресурс]. – <https://www.gazprom-neft.ru> (27.04.2020).

УДК 502.3

РАЗРАБОТКА EXCEL-НОМОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА СЕПАРАТОРА ФАКЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Т.С. Литвиненко¹, О.А. Реутова²¹Магистрант ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, РФ²Старший преподаватель кафедры «Химии и химической технологии», ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, РФ

Аннотация Описана разработка номограммы для расчета диаметра сепаратора факельной установки в программе Microsoft Office Excel. Показан алгоритм построения номограммы по методике И.И. Стрижевского, применение электронной номограммы увеличивает экспрессность и надежность вычислений при проектировании.

Ключевые слова – факельная установка, сепаратор, номограмма.

I. ВВЕДЕНИЕ

Долгосрочная эксплуатация факельного сепаратора зависит от грамотного проектирования. Конструкция аппарата должна обеспечивать гашение энергии потока на входе в сепаратор; равномерное распределение газа и жидкости в объеме сосуда; сведения к минимуму турбулентности в секциях сепаратора; устранение повторного уноса газа и жидкости.

Цель: разработка номограммы расчета диаметра сепаратора в электронном виде.

II. ТЕОРИЯ

Отечественные источники в области проектирования и эксплуатации факельных систем известны любому проектировщику и эксперту ввиду незначительного объема публикаций в этой области. Лучшим на сегодняшний день и практически единственным источником сведений по факельным системам является книга И.И. Стрижевского и А.И. Эльнатанова несмотря на то, что она была издана еще в 1979 г.

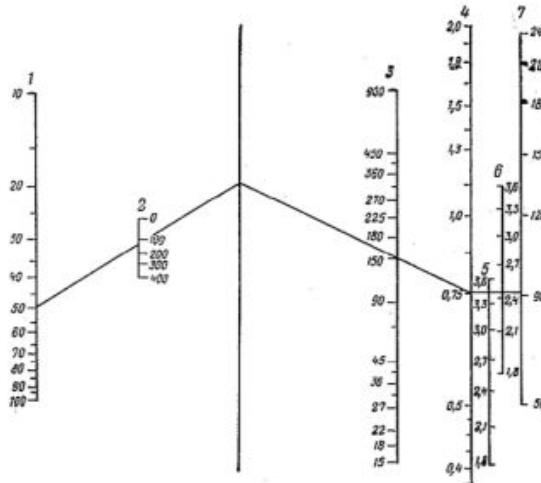


Рис. 1. Номограмма для определения диаметра горизонтального однопоточного сепаратора:

1 – молекулярная масса; 2 – температура; 3 – пропускная способность факельной трубы;

5 – диаметр горизонтального однопоточного сепаратора

Авторы в своей методике приводят расчет габаритов незаполненного факельного сепаратора, а также с учетом заполнения жидкостью и изменением диаметра частиц капель. Достоинство методики состоит в том, что для ориентировочного определения диаметра аппарата представлена номограмма (рис. 1). Понятно, что точность определения параметров таким способом низка.

Построение диаграммы требует навыков уверенного пользователя Microsoft Office Excel.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ

Шаг 1. Составление данных для построения горизонтальной и вертикальных осей и построение точечного графика (рис. 2а).

Шаг 2. Установление обратного порядка значений (рис. 2б).

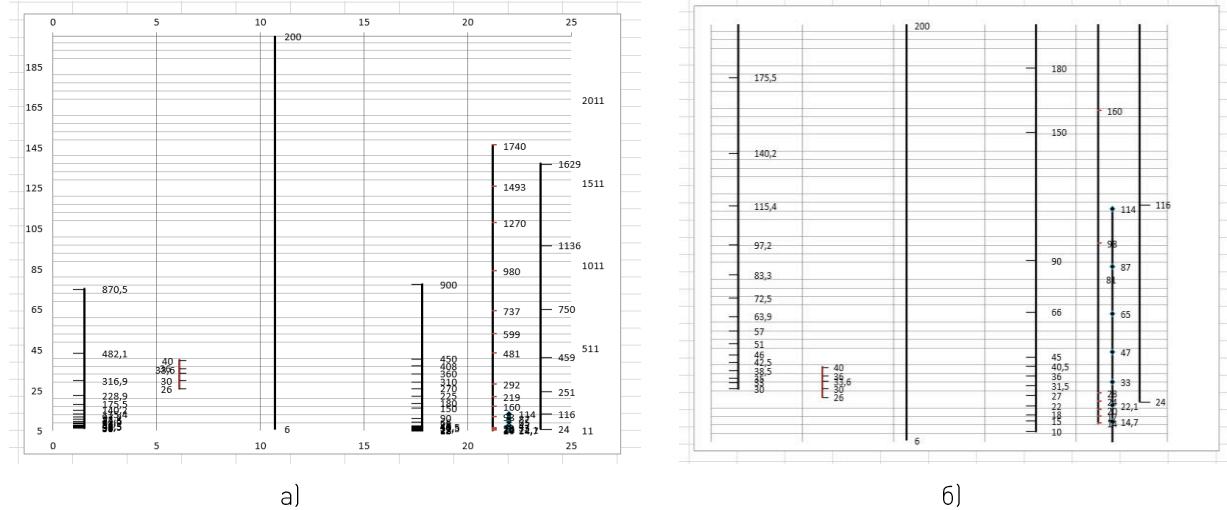


Рис. 2. Построение номограммы:

а) горизонтальных и вертикальных осей номограммы; б) установление обратного порядка значений

Шаг 3. Добавление рисунка из файла в фон области построения. Масштабирование рисунка. Удаление основных осей графика (рис. 3а).

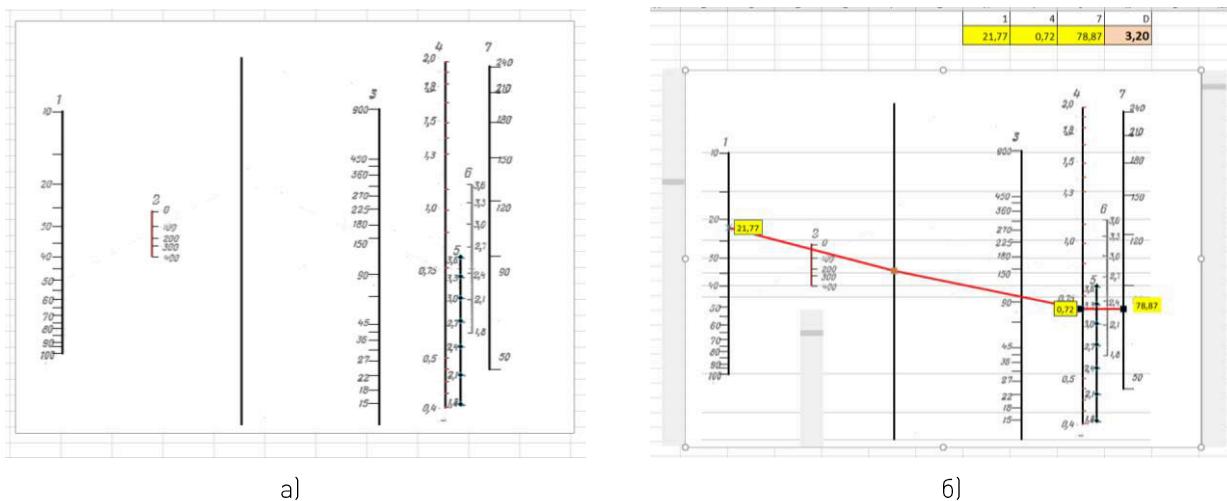


Рис. 3. Построение номограммы:

а) добавление рисунка и масштабирование; б) добавление маркеров и полос прокрутки

Шаг 4. Преобразование ссылок ряда на диапазон ячеек в массив. Для этого необходимо поочередно выделить ряды диаграмм. В строке формул щелкнуть левой кнопкой мыши, нажать «F9» и Enter. Ссылки на диапазон должны преобразоваться в массивы.

Шаг 5. Добавление маркеров и полос прокрутки для их управления (рис. 3б).

На рис. 4 представлена итоговая номограмма, разработанная в ПО Microsoft Excel.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для повышения экспрессности и точности расчетов при проектировании сепаратора фракционной установки разработана номограмма для расчета диаметра в программе Microsoft Office Excel по методике И.И. Стрижевского.

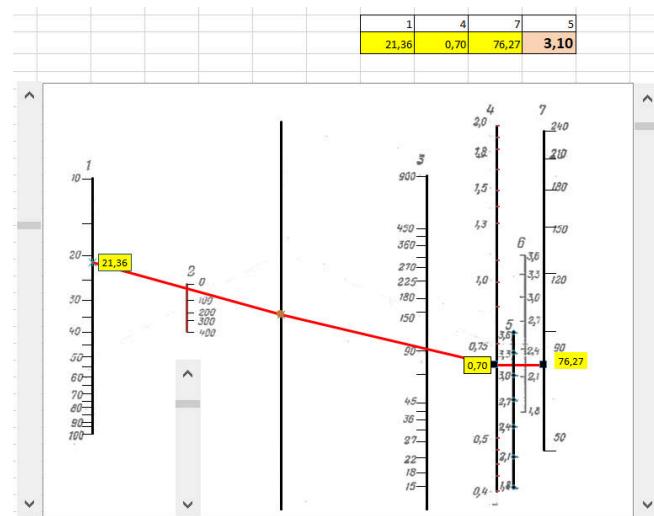


Рис. 4. Номограмма для определения диаметра факельного сепаратора в ПО Excel:
 1 - молекулярная масса газа, г/моль; 2 – температура потока, °С; 3 - пропускная способность аппарата, т/ч;
 4 - диаметр трубы, м; 5 - диаметр горизонтального однопоточного сепаратора, м;
 6 - диаметр горизонтального двухпоточного сепаратора, м; 7 - длина пламени, м

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 20 июня 1997 г.: в действующей ред. от 31.12.2014. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2015. – 56 с.
- [2] Стрижевский И.И. Факельные установки / И.И. Стрижевский, А.И. Эльнатанов. – М.: Химия, 1979. – 184с.: ил.

УДК 621.1

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА

Е.С. Павлюк¹, И.А. Сорокина²

¹ ПАО «ОНХП», г. Омск, РФ

² ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, РФ

Аннотация – Предложена цифровая модель нестандартного пластинчатого теплообменного аппарата, учитывающая не только теоретические основы процесса теплообмена и экспериментальные данные и, но и конструктивные особенности оборудования. Для создания модели использовался программный пакет MATLAB в режиме Simulink, метод технологического расчета теплообменника и метод последовательных приближений.

Ключевые слова – цифровая модель, пластинчатый теплообменный аппарат, математическое моделирование

I. ВВЕДЕНИЕ

Большинство существующих цифровых моделей теплообменных аппаратов построены лишь на основе теоретических основ теплообмена и экспериментальных данных, не уделяя должного внимания конструктивным особенностям аппарата. Это приводит к тому, что созданные модели могут быть использованы только для того оборудования, на котором проводился эксперимент. В работе предложена цифровая модель пластинчатого теплообменного аппарата (ПТО), которая сможет применяться для расчета аналогичного оборудования при варьировании некоторых параметров модели.

II. ТЕОРИЯ

Пластинчатые теплообменники часто имеют конструктивно одинаковые или подобные каналы по обе стороны теплопередающей стенки, что дает возможность создать метод исследования теплоотдачи при движении жидких сред путем непосредственного измерения температуры теплопередающей стенки.

Для реализации возможностей данного метода необходимо соблюдение требований:

- геометрические размеры каналов, а также форма и площадь поперечного сечения их для обоих теплоносителей должны быть подобными или одинаковыми;
- испытания проводятся при равенстве водяных эквивалентов, при равных скоростях теплоносителей в режиме противотока;
- должны быть заданы температуры теплоносителей на входе и выходе из аппарата.

При соблюдении этих требований средний температурный напор Δt между рабочими средами будет постоянным вдоль всей поверхности теплопередачи F , а температура каждого из потоков будет подчиняться линейному закону.

При рассмотрении турбулентного режима движения обоих теплоносителей в ПТО скорости движения внутри аппарата измерить сложно, поэтому рассчитываем их, исходя из гидравлического сопротивления. Пластины теплообменника изготовлены из тонкого металла, поэтому температуры по обе стороны стенки отличаются незначительно.

Информацию о площади поверхности теплообмена находим в технической документации на оборудование [1, 2]. Исследуемый паяный теплообменник произведен фирмой GEA, модель NP1 [2], имеет суммарную площадь поверхности теплообмена $0,098 \text{ м}^2$. В качестве теплоносителей использовалась дистиллированная вода. Экспериментальные данные приведены в таблице 1.

II. РЕЗУЛЬТАТЫ

Общая схема расчета представлена на рис. 1.

Таблица 1.

Экспериментальные данные по температуре и объемному расходу потоков

№ опыта	Temperatura горячего потока, °C		Объемный расход горячего потока, $10^{-5} \text{ м}^3/\text{s}$	Temperatura холодного потока, °C		Объемный расход холодного потока, $10^{-5} \text{ м}^3/\text{s}$
	на входе	на выходе		на входе	на выходе	
1	25,0	23,30	4,444	5,0	7,5	3,056
2	29,0	26,30	4,444	5,0	8,9	3,056
3	29,6	26,75	4,444	5,0	9,3	3,056
4	29,7	26,94	4,444	5,0	9,3	3,056
5	29,9	27,00	4,444	5,0	9,4	3,056
6	28,7	26,07	4,444	5,0	8,9	3,056
7	28,3	25,76	4,444	5,0	8,7	3,056
8	28,6	26,00	4,444	5,0	9,0	3,056
9	29,1	26,39	4,444	5,0	9,0	3,056
10	28,8	26,14	4,444	5,0	8,9	3,056
11	28,4	25,84	4,444	5,0	8,7	3,056
12	27,9	25,47	4,444	5,0	8,6	3,056
13	27,8	25,38	4,444	5,0	8,5	3,056
14	28,2	25,67	4,444	5,0	8,6	3,056
15	28,5	25,95	4,444	5,0	8,7	3,056
16	27,8	25,35	4,444	5,0	8,4	3,056
17	28,1	25,60	4,444	5,0	8,6	3,056
18	26,9	24,69	4,444	5,0	8,2	3,056

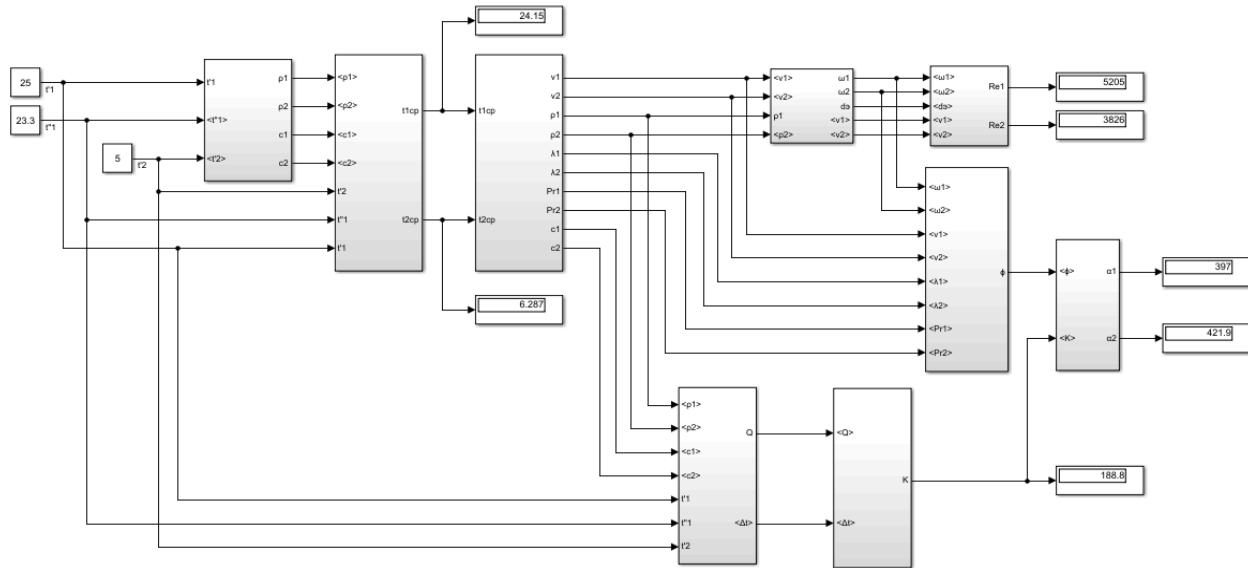


Рис. 1. Общая схема расчета

В соответствии со схемой рассчитали скорости потоков, эквивалентный диаметр канала приняли равным 4,625 мм, а приведенную длину канала 50 см. Гидравлическое сопротивление для горячего потока достигло 10 кПа, холодного – 15 кПа. Численное значение критерия Рейнольдса соответствует турбулентному режиму движения потоков.

Для расчета коэффициентов теплоотдачи задали толщину пластины теплообменника в 1 мм, а теплопроводность материала стенки приняли равной 16,3 Вт/(м·К). Толщина загрязнений с обеих сторон теплопередающей стенки 0,5 см, теплопроводность загрязнений 2,9 Вт/(м·К) [3].

Для практического применения цифровой модели ПТО необходимо получение температур теплоносителей на выходе при вводе температур теплоносителей на входе. Пример цифровой модели представлен на рис. 2.

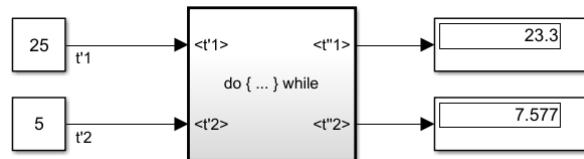


Рис. 2. Цифровая модель пластинчатого теплообменника

Для реализации модели задали зависимость коэффициента теплопередачи K от температуры горячего теплоносителя на входе в теплообменный аппарат t'_1 . Условие задано таким образом, что программа подбирает значение выходной температуры горячего потока до тех пор, пока расчетное значение коэффициента теплопередачи не превысит ориентировочное (рис. 3).

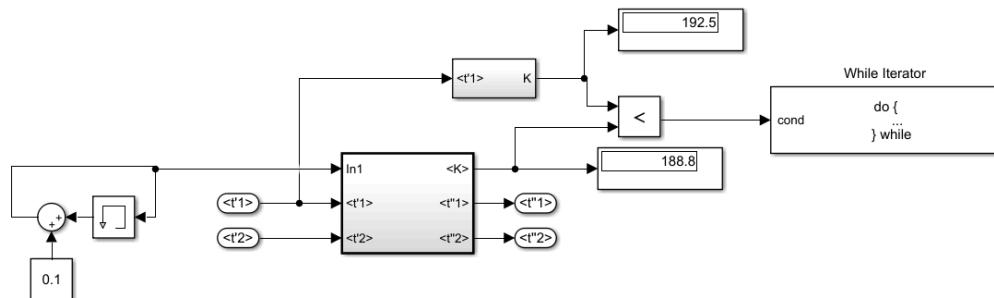


Рис. 3. Схема подбора температуры

На основе экспериментальных данных и установленных зависимостей создали цифровую модель для управления работой теплообменника. Для достижения заданной температуры необходимо регулировать подачу горячего теплоносителя (рис. 4).

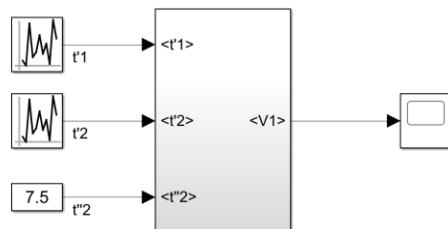


Рис. 4. Цифровая модель для управления работой теплообменника

Зависимость объемного расхода горячего теплоносителя от времени показана на рис. 5.

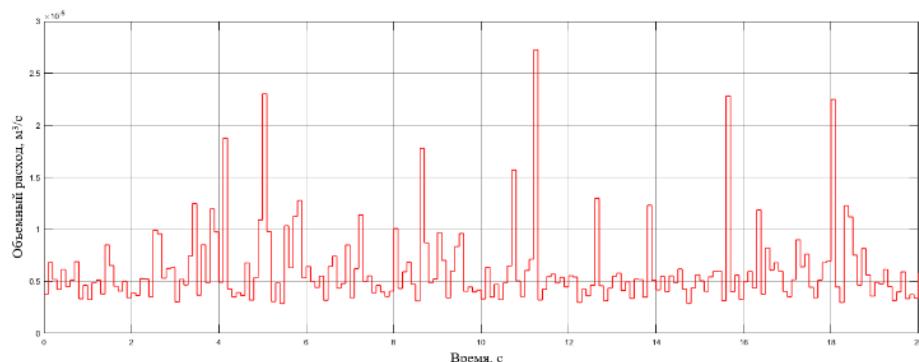


Рис. 5. Расход горячего теплоносителя в зависимости от времени

IV. ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты работы модели представлены в виде диаграммы сравнения экспериментальных и расчетных данных (рис. 6).

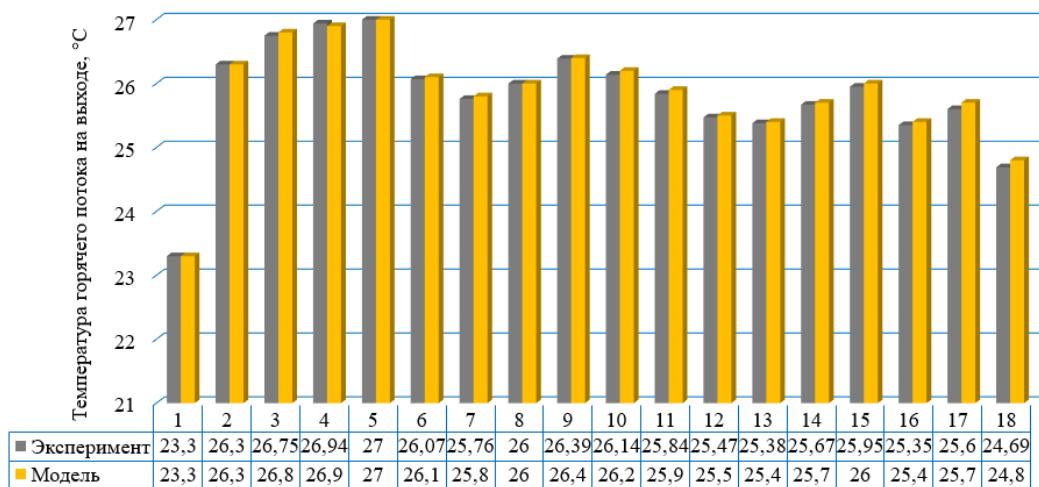


Рис. 6. Проверка правильности работы модели

На цифровой модели показано, что при постоянных параметрах холодного потока (температура и расход) для достижения заданной температуры нагрева, температура горячего теплоносителя на выходе в теплообменник должна быть не ниже 26°C, т.к. при более низкой температуре горячий теплоноситель не может отдать требуемое количество тепла.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе экспериментальных и справочных данных создана универсальная цифровая модель ПТО для расчета температуры теплоносителей на выходе из теплообменника при известных температурах теплоносителей на входе в аппарат.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] Теплообменное оборудование ГEA Машимпэкс для систем теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования [Электронный ресурс] –URL: http://ngs-hab.ru/docs/gea_vent.pdf.
- [2] Пластинчатый теплообменник GEA-WTT (паяный) модель WPL [Электронный ресурс]. – URL: http://www.waermetauscher.ch/images/downloads/wpl/GeaWTT_Plattenwaermetauscher_geloetet.pdf.
- [3] Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. – М.: Химия, 1991. – 496 с.

УДК 66-962

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ УСТАНОВКИ ГФУ-2

С.А. Пахоменко¹, С.В. Чесак¹, О.А. Реутова²¹АО «Газпромнефть-ОНПЗ», г. Омск, РФ²ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, РФ

Аннотация – В работе описана принципиальная технологическая схема установки газофракционирования предельных углеводородов и построена ее компьютерная модель с помощью пакета программ «Aspen HYSYS». Проведен анализ работы ректификационных колонн при понижении нагрузки по сырью. Модель, построенная по базовому (существующему) варианту, адекватно описывает промышленные данные: ее относительная погрешность по материальному балансу составляет меньше 1%, по качеству продуктов меньше 5%. Предлагается вывод в резерв колонн-деизопентанизаторов и перераспределение продуктовых потоков.

Ключевые слова – газофракционирование, пониженная загрузка, модель газоразделения.

I. ВВЕДЕНИЕ

В 2021 году начнет работу установка АВТ-11, будет произведено перевооружение установки АВТ-10, отключение малых АВТ (АВТ-6, АВТ-7, АВТ-8) и, как следствие, отключение установки физической стабилизации бензина ФСБ. В связи с этим необходимо рассмотреть влияние этих изменений на работу газофракционирующей установки ГФУ-2. Установка АВТ-10 перейдет на новый режим работы: улучшится качество фракционирования – содержание C₅₊ в рефлюксе уменьшится. Следовательно, увеличится их содержание во фракции нк-62. Общая загрузка ГФУ-2 существенно понизится в связи с отсутствием потока с ФСБ и уменьшением количества рефлюкса, поступающего с АВТ-10 (рис.1, рис.2). Кубовый продукт колонны К-1 в данный момент является сырьем колонны-деизопентанизатора К-6/К-6А. Рефлюкс с установки физической стабилизации бензина как и рефлюкс с установки АВТ-10 составляют большую часть сырья установки газофракционирования углеводородов ГФУ-2: 28,9 % и 41,5 % соответственно. Сырьем для установки также являются рефлюксы с установок Изомалк-2, АТ-9, Л-35/11-1000, секции 100 и секции 300 комплекса производства ароматики.

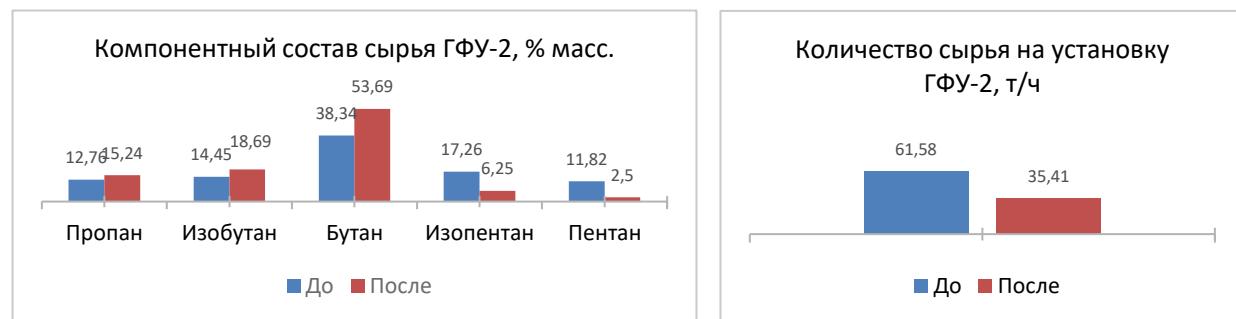


Рис. 1. Изменение компонентного состава сырья

Рис. 2. Изменение загрузки установки

Цели и задачи проекта:

1. Анализ текущего состояния установки;
2. Построение модели в среде Aspen HYSYS;
3. Анализ работы установки при пониженной нагрузке по сырью и измененном компонентном составе;
4. Разработка мероприятий для оптимизации установки;
5. Оценка влияния мероприятий на работу установки Изомалк-2;
6. Оценка экономии энергоресурсов.



II. ТЕОРИЯ

Установка ГФУ-2 (установка газофракционирования предельных углеводородов) предназначена для переработки смеси рефлюксов, не содержащих непредельных углеводородов. Продуктами установки являются сухой газ, пропан, изобутан, н-бутан, изопентан, газовый бензин.

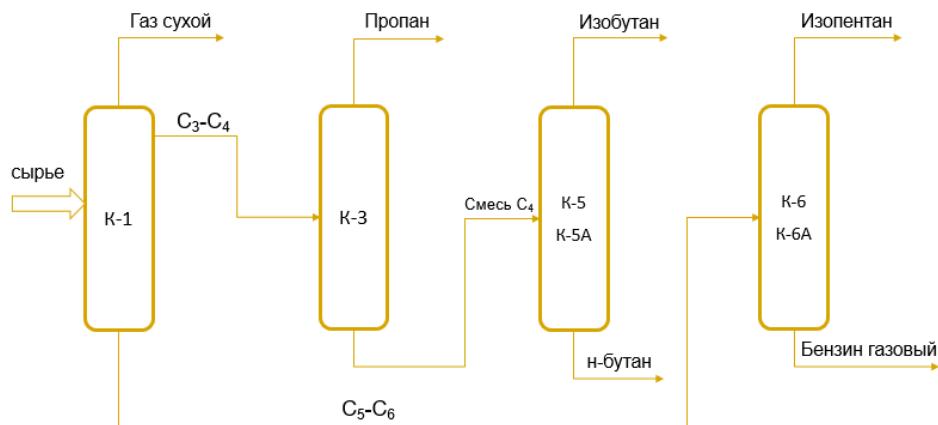


Рис. 3. Схема разделяющей установки ГФУ-2

Сырье из сырьевого парка через блок подготовки сырья поступает в колонну K-1, где разделяется на пропан-бутановую и пентан-гексановую фракции. Пропан-бутановая фракция служит сырьем колонны K-3, где разделяется на пропан (продукт) и смесь бутанов. С колонн K-5/K-5A получают изобутан и нормальный бутан. Кубовый продукт колонны K-1 (пентан-гексановая фракция) разделяется в колоннах K-6/K-6A на изопентан и газовый бензин (рис. 3).

III. РЕЗУЛЬТАТЫ

В программе AspenHysys построена модель установки ГФУ-2, которая в целом достоверно описывает реальный процесс: получены адекватные значения по качеству и расходу продуктов [1].

Проведен анализ гидравлики колонны K-1 в программе AspenHysys [2], чтобы выявить, сможет ли установка ГФУ-2 функционировать при значительном снижении нагрузки по сырью, поступающего на установку (в колонну K-1). Показано, что колонна K-1 будет работать стабильно при пониженном расходе сырья в 35,41 т/ч, но отбор кубового продукта, который является сырьем колонны K-6, будет существенно снижен до 3,77 т/ч.

При компьютерном исследовании гидродинамического режима колонн K-6 и K-6A показано, что колонны не смогут работать стабильно, т.к. количество жидкости на тарелках будет ниже минимально допустимого (рис. 4).

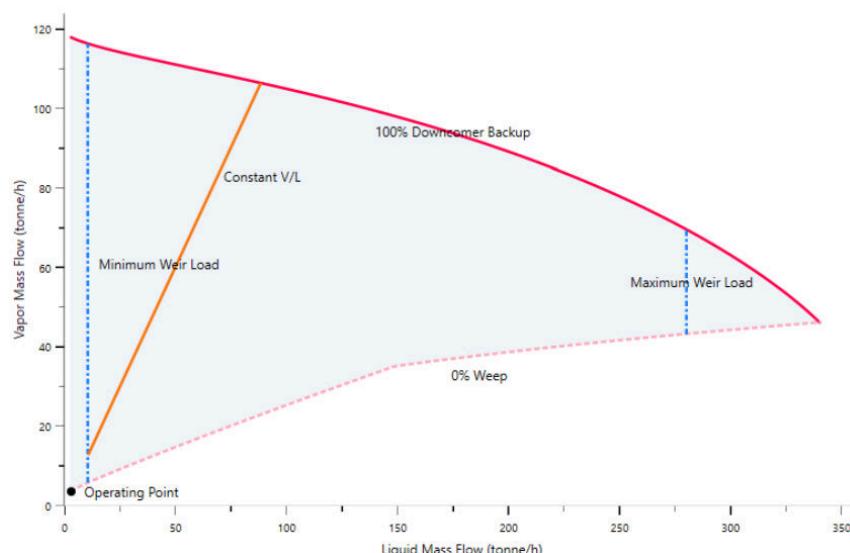


Рис. 4. Компьютерное исследование гидродинамического режима колонн

IV. ОБСУЖДЕНИЕ

Предлагается: отключение колонн К-6 и К-6А и перенаправление кубового продукта колонны К-1 (смесь C₅-C₆) без предварительного разделения на установку Изомалк-2. Различие газового бензина, отбираемого с колонны К-6 и отправляемого на Изомалк-2 в настоящее время и пентан-гексановой фракции, отбираемой с К-1 приведено на диаграммах (рис. 5).

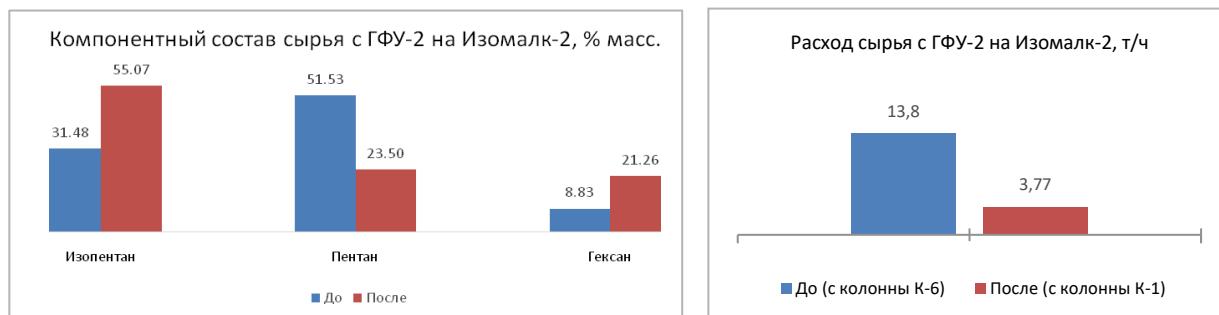


Рис. 5. Сравнение сырьевых потоков с ГФУ-2 на Изомалк-2

Исследовано влияние изменений на Изомалк-2: новые сырьевые потоки заведены в модель установки в среде Aspen Hysys. Были учтены изменения в составе и расходе фракций нк-62 с АВТ-10 и с фр. C₅-C₆ с ГФУ-2, которые являются сырьем установки изомеризации (рис. 6).

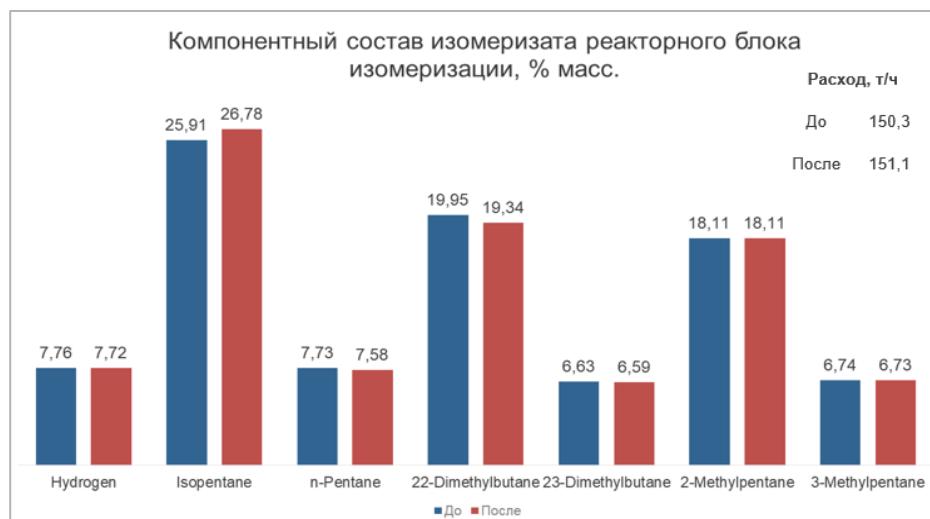


Рис. 6 Сравнение изомеризата реакторного блока изомеризации до и после изменений

Из диаграмм видно, что качество и расход изомеризата после реакторного блока изменится незначительно. Концентрация изопентана и изогексанов находится в нормальных пределах.

Таблица 1

Оценка экономии энергоресурсов

	Экономия ресурса за год	Экономия, %	Экономия, руб/год
Теплоэнергия, Гкал	78 059	49,74	84 118 403
Электроэнергия, кВт*ч	1 936 670	32,45	1 936 670
Итого			86 055 073

Произведена оценка увеличения экономии энергоресурсов (Табл.1) в связи с выводом в резерв колонн К-6/К-6А, отключения обвязки этих колонн, а также уменьшения нагрузки на оборудование всей установки в связи с уменьшением сырьевых и продуктовых потоков.



V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установка ГФУ-2 сможет стablyно работать при пониженной нагрузке по сырью (35,41 т/ч);
2. Колонны К-6 и К-6А не смогут работать стablyно, предлагается их отключить;
3. Мероприятия практически не затронут работу установки Изомалк-2: качество и отбор изомеризата изменятся незначительно.
4. После вывода в резерв колонн К-6/К-6А повышение экономии энергозатрат оценивается в 86 млн. руб в год.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] Салтыкова С. Н. Моделирование газофракционирующей установки / С. Н. Салтыкова, М. Ю. Назаренко, К. П. Кузнецов // Современные образовательные технологии в подготовке специалистов для минерального-сырьевого комплекса : сборник научных трудов II Всерос. науч. конф. (Санкт-Петербург, 27-28 сент. 2018 г.) / СПбГУ – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГУ, 2018. – С. 976–981.
- [2] Кузнецов О. А. Моделирование установки переработки нефти в Aspen HYSYS V8 / О. А. Кузнецов. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 133 с.



УДК 622.695

МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Пучкова М.В.

ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, РФ

Аннотация – Представлен общий обзор проблем реконструкции нефтебазы.

Ключевые слова – нефтебаза, реконструкция.

I. ВВЕДЕНИЕ

В цепочке движения нефтепродуктов «производитель – потребитель» важная роль принадлежит нефтебазам. Современная нефтебаза – это сложное и многообразное хозяйство. Оно включает резервуарные парки, разветвленные трубопроводные коммуникации, мощное насосно-силовое оборудование, разнообразные сливо-наливные устройства и др. Технически правильная, рациональная эксплуатация современной нефтебазы требует четкого и ясного представления всего личного состава о применяемых технике и технологиях [1]. Актуальнейшей задачей является предотвращение потерь нефтепродуктов от розлива, испарений, загрязнений.

Цель: обоснование переоборудования нефтебазы согласно современным технологиям и актуальным нормативным актам для возможности увеличения товарооборота предприятия и повышения экономической выгоды.

II. ТЕОРИЯ

Современные нефтебазы – это сложные комплексы инженерно-технических сооружений, связанные между собой технологическими процессами, обеспечивающими прием, хранение и снабжение потребителей нефтью и нефтепродуктами. Решение о реконструкции нефтебазы принимается на основании анализа технико-экономических показателей, основными из которых являются: грузооборот (таблица 1), капитальные расходы, эксплуатационные расходы, коэффициент оборачиваемости, производительность труда, срок окупаемости капитальных расходов.

Таблица 1.

Грузооборот нефтепродуктов

Наименование продукта	ГОСТ, ТУ	Максимальное количество топлива, единовременно хранимого на складе, м ³	Годовой грузооборот, м ³
Дизельное топливо	ГОСТ 52368-2005	5000	80 тыс. тн.
Бензин Аи-92	ГОСТ Р 51105-97	4000	70 тыс. тн.
Бензин Аи-95	ГОСТ 51866-2002	2000	30 тыс. тн.
Базовое топливо для бензинов Аи-92 Пульсар, Аи-95 Пульсар	СТО ТНК-ВР 001-2009	2000	30 тыс. тн.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С увеличением объемов перевалки нефтепродуктов приходит необходимость введения дополнительных производственных мощностей и принятие мер по решению технологических вопросов, связанных с ростом объемов, что вызывает необходимость проработки следующих задач в рамках проекта:

- 1) установка системы улавливания и рекуперации паров (рис. 1);
- 2) строительство новых стальных вертикальных резервуаров (PVC 2000 м³);



- 3) замена морально и технически устаревшего оборудования;
- 4) переобвязка технологических установок.

Реконструкция нефтебазы экономически эффективна, если дополнительные капиталовложения окупаются в сроки, не превышающие нормативного срока, установленного для данной отрасли промышленности.

Оборудование автоцистерны для рекуперации (возврата) ПВС при сливе и наливе.

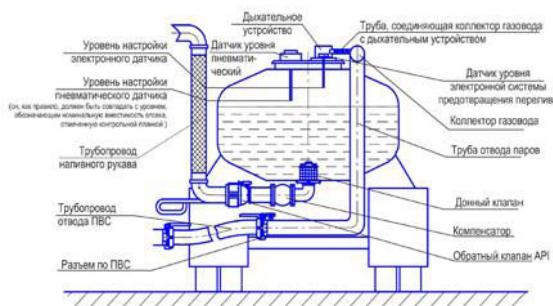


Рис. 1. Оборудование автоцистерны для рекуперации паров

Сроки окупаемости для нефтебаз в значительной мере определяются величиной ее грузооборота. Поэтому при проектировании и реконструкции нефтебаз необходимо иметь данные о перспективах развития района и в соответствии с этим определить варианты и темпы строительства.

Основными направлениями дальнейшего развития предприятия являются:

- увеличение количества резервуарного парка,
- увеличение количества договоров о приобретении нефтепродуктов сторонними организациями;
- увеличение количества продаваемых нефтепродуктов на своих автозаправочных станциях.

В результате реконструкции нефтебазы необходимо привести в соответствие [2] существующие мощности:

- трубопроводов, наливных устройств и др. оборудования;
- должен быть достигнут более высокий уровень организации сливо-наливных операций и отпуска нефтепродуктов.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показана необходимость реконструкции нефтебазы для приведения объекта в соответствие требованиям действующих нормативно-технических документов технологических систем и оборудования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

[1] Правила технической эксплуатации нефтебаз [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.alppp.ru/law/hozajstvennaja-dejatelnost/promyshlennost/24/pravila-tehnicheskoy-ekspluatacii-neftebaz.html>.

[2] РД 09-340-00 Методические указания по обследованию нефтебаз и складов ГСМ <http://docs.cntd.ru/document/1200006314>.

УДК 004.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ТРАССИРОВКИ КОММУНИКАЦИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.О. Строев
ПАО «ОНХП», г. Омск, РФ

Аннотация – Рассмотрена методика применения искусственных нейронных сетей для решения задачи трассировки коммуникаций на промышленных объектах. Предложен вариант конфигурации искусственной нейронной сети для поиска пути в лабиринте. Сформированы данные для обучения искусственной нейронной сети, выполнено ее обучение методом обратного распространения ошибки с оценкой качества обучения по среднеквадратичному отклонению. Проведен ряд вычислительных экспериментов, подтвердивших эффективность предложенной методики, отмечены ее недостатки и намечены пути развития применительно к задачам прокладки коммуникаций, оптимальных по протяженности.

Ключевые слова – автоматизированное проектирование, трассировка, искусственные нейронные сети

I. ВВЕДЕНИЕ

Конструкторское проектирование промышленных предприятий характеризуется высокой степенью сложности и большими временными затратами в связи с необходимостью рассмотрения множества вариантов решений, при этом задача включает два этапа: оптимальное расположение объектов предприятия (зданий, сооружений [1-2]) и прокладка между ними трубных и кабельных коммуникаций [3-4]. Целесообразна разработка методик решения задач трассировки к уже заранее известным результатам расположения объектов предприятия, для чего используются искусственные нейронные сети (ИНС), генетические алгоритмы и нечеткие системы [5]. ИНС применяются для решения различных задач: классификация, распознавание образов, кластеризация, прогнозирование и др.

Цель работы – установить возможность выполнения трассировки с помощью ИНС.

Задачи:

- выбрать конфигурацию ИНС, сформировать набор данных для ее обучения, провести обучение ИНС с эмпирической настройкой гиперпараметров;
- апробировать обученную ИНС на наборах данных для тестирования.

II. ТЕОРИЯ

Представим генеральный план промышленного предприятия двумерным пространством с сеткой определенного шага, при этом задача трассировки сводится к циклическому поиску кратчайшего пути в лабиринте. Построение каждой трассы, таким образом, будет самостоятельной уникальной задачей.

Применимально к поставленной в данной статье задаче будет применена конфигурация ИНС, представленная на рис. 1.

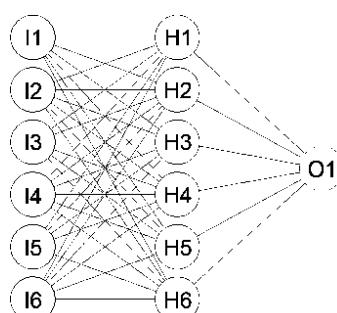


Рис. 1. Конфигурация ИНС

На вход ИНС поступает набор данных, представляющих собой информацию об обстановке в двумерном пространстве относительно текущей точки расположения. На выходе ИНС получается действие, которое необходимо совершить на следующем шаге в поиске выхода из лабиринта.

Количество входов ИНС определяется кортежем параметров, необходимых и достаточных для определения дальнейшего действия. В данной реализации задача поиска пути в лабиринте ограничивается ортогональным перемещением. К необходимым параметрам были отнесены:

- отношение координаты X текущей точки к выходу;
- отношение координаты Y текущей точки к выходу;
- состояние ячейки, расположенной над текущей;
- состояние ячейки, расположенной справа от текущей;
- состояние ячейки, расположенной под текущей;
- состояние ячейки, расположенной слева от текущей.

Входной слой ИНС состоит из шести нейронов, соответствующих приведенным выше параметрам, в таблице 1 представлены возможные значения входных нейронов ИНС.

Таблица 1.

Возможные значения входных нейронов

Вход	Значение	Описание
I1	-1	Выход левее
	0	Выход на одном уровне по X
	1	Выход правее
I2	-1	Выход выше
	0	Выход на одном уровне по Y
	1	Выход ниже
I3–I6	0	Стена
	1	Свободная ячейка

Количество нейронов в выходном слое ИНС определяется тем, в каком виде должен быть представлен результат расчета ИНС. Для трактовки результата расчета ИНС как одного из пяти действий достаточно использования одного выходного нейрона. Таким образом, данная ИНС будет работать в режиме регрессии. В таблице 2 представлены возможные значения на выходе ИНС.

Количество скрытых слоев ИНС принято равным одному, а количество нейронов в скрытом слое принято равным шести.

Таблица 2.

Возможные значения выходного нейрона

Выход	Значение	Описание
O1	0,00	Тупик, нет движения
	0,25	Шаг вверх
	0,50	Шаг вправо
	0,75	Шаг вниз
	1,00	Шаг влево

Для формирования набора данных с целью обучения ИНС необходимо установить число возможных вариантов кортежей входных данных с учетом принятого количества входных нейронов и их возможных состояний. Для этого перемножим количества возможных значений всех входных нейронов ИНС:

$$N = 3 * 3 * 2 * 2 * 2 * 2 = 144,$$

где N – количество возможных вариантов кортежей входных данных.

Обучение ИНС выполняется методом обратного распространения ошибки. Данный метод относится к обучению с учителем, что требует наличия в обучающих примерах целевых значений (см. таблицу 3).

Таблица 3.

Фрагмент данных для обучения ИНС

I1	I2	I3	I4	I5	I6	O1
-1	-1	0	0	0	0	0,00
-1	-1	0	0	0	1	1,00
-1	-1	0	0	1	0	0,75
-1	-1	0	0	1	1	1,00
-1	-1	0	1	0	0	0,50
-1	-1	0	1	0	1	1,00
-1	-1	0	1	1	0	0,50

Для разработки конфигурации ИНС, ее обучения и тестирования созданы собственные прикладные решения с использованием объектно-ориентированного языка программирования C# и интегрированной среды проектирования Microsoft Visual Studio 2019.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ

Так как метод обратного распространения ошибки основывается на градиентном спуске, для преодоления локальных минимумов необходим такой гиперпараметр как момент. Его значение было принято равным 0,3. Начальное значение скорости обучения принято равным 0,95 и линейно уменьшалось с каждой эпохой обучения. В качестве функции активации нейронов использована сигмоида. Оценка сходимости процесса обучения производилась по среднеквадратической ошибке (см. рис. 2).

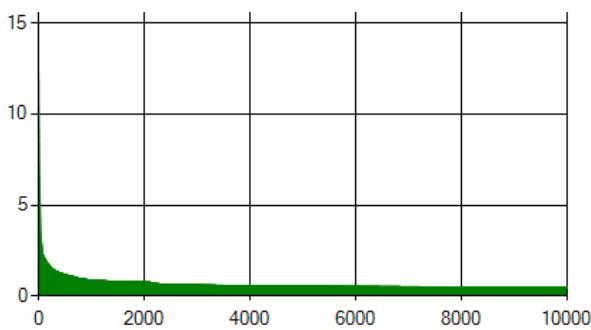


Рис. 2. График сходимости процесса обучения ИНС

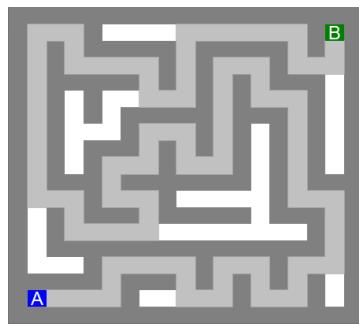


Рис. 3. Лабиринт, пройденный с помощью ИНС

После 10000 эпох обучения ИНС дает погрешность менее 1%, что достаточно для проведения испытаний обученной ИНС на лабиринтах. Ниже представлен один из лабиринтов, пройденных с помощью ИНС (см. рис. 3).

На рис. 3 буквами А и В обозначены ячейки входа и выхода из лабиринта соответственно.

IV. ОБСУЖДЕНИЕ

Приведенные выше рисунки показывают, что обучение ИНС выполнено успешно и поиск пути в лабиринте с использованием обученной ИНС дает положительные результаты. Однако встречаются ситуации, когда ИНС при попытке пройти лабиринт заходит в тупик. В таком случае необходимо предусмотреть алгоритм выхода из подобных ситуаций. Кроме того, ограничение в виде ортогонального перемещения накладывает ограничения на гибкость результатов ИНС. Избежать этого возможно, если разрешить использование диагональных перемещений.



Планируется расширение конфигурации ИНС за счет разрешения диагонального перемещения и применение других способов обучения ИНС, таких как генетический алгоритм.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что ИНС могут применяться для трассировки коммуникаций. Однако, чтобы судить об оправданности использования данной технологии применительно к задаче трассировки, необходимо провести сравнительный анализ скорости и качества работы ИНС с такими алгоритмами, как волновой алгоритм, алгоритм A*, муравьиный алгоритм и др.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] Забудский, Г.Г. Оптимальное размещение взаимосвязанных объектов на древовидных сетях с ограничениями на расстояния / Г.Г. Забудский // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2006. – №3. – С. 395–400.
- [2] Забудский, Г.Г. Оптимальное размещение опасного объекта на плоскости с учетом зон различного влияния / Г.Г. Забудский, Ю.А. Бурлаков // Омский научный вестник. – 2011. – №3. – С. 18–22.
- [3] Гладков, Л.А. Разработка и программная реализация гибридного алгоритма решения задач размещения и трассировки / Л.А. Гладков, Н.В. Гладкова, С.Н. Лейба // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2017. – №7. – С. 53–64.
- [4] Тарасов В.Б. Разработка и программная реализация гибридного алгоритма решения оптимизационных задач автоматизированного проектирования / В.Б. Тарасов, Л.А. Гладкова, С.Н. Лейба // Программные продукты и системы. – 2018. – №3. – С. 569–580.
- [5] Курейчик В.М. Концепция эволюционных вычислений, инспирированных природными системами / В.М. Курейчик, В.В. Курейчик, С.И. Родзин // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 16–25.

УДК 665.63

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФАКЕЛА СБРОСОВЫХ ГАЗОВ

А.В. Стукачева¹, О.А. Реутова¹¹ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, РФ

Аннотация: Рассмотрена возможность бездымного сжигания сбросового газа за счет модернизации факельной установки на нефтехимическом предприятии. Определено количество вредных веществ при существующей нагрузке на факел, предложено технологическое решение для минимизации загрязнителей окружающей среды путем изменения схемы подачи углеводородного газа на факельную установку. Проведенная модернизации позволила снизить объем сжигаемого газа и рационализировать использование полезного компонента – пропилена, который является основным составляющим сжигаемого газа.

Ключевые слова: факельная система, бессажевое горение, пропилен, факельный сепаратор, алгоритм моделирования.

I. ВВЕДЕНИЕ

Опасные производства (нефтегазодобывающие и перерабатывающие, химические и нефтехимические) должны быть оснащены факельными системами, которые могут сократить загрязнение окружающей среды и экономические потери при утилизации горючих паров или газов [1].

Оптимизация конструкции факельной установки (ФУ) позволяет добиться бездымного горения углеводородного газа, что это уменьшает объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и приносит положительный экономический эффект предприятию.

Цель: обеспечение бездымного сжигания пропилен-содержащего газа на ФУ.

Задачи:

- разработка технологической схемы процесса разделения газовой смеси для дальнейшей подачи на факел в Aspen Hysys;
- оценка параметров безопасности установки;
- экономическая и экологическая оценка проекта.

II. ТЕОРИЯ

По своей конструкции и принципу действия ФУ подразделяются на открытые и закрытые. Открытые представляют собой вертикальный факел с прямым движением газов через факельный ствол высотой не менее 4 м, что приводит к следующим недостаткам:

- при отрыве и погасании факела в атмосферу поступает большое количество токсичных и взрывоопасных газов, что может привести к воспламенению;
- возможность попадания в факельную систему, через открытый верх факельного ствола, окислителя и образование взрывоопасных смесей;
- создается опасное тепловое излучение;
- для защиты пламени необходимо применять ветрозащитные устройства;
- существует ряд проблем с техническим обслуживанием и ремонтом составляющих конструкций факела [2].

Факельные установки закрытого типа (горизонтальные, наземные), предназначены для густонаселенных районов с повышенными требованиями экологической и пожарной безопасности, так как их эксплуатация обеспечивает бездымное горение, отсутствие видимого пламени, запаха, различных паров, теплового излучения и небольшой уровень шума, поэтому они представляют наибольший интерес для современных предприятий.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для открытой ФУ нефтехимического предприятия по производству полипропилена показано, что условие критерия бессажевого горения как соотношения скорости газа и к скорости распространения звука u_z в нем не выполняется:

$$\frac{u}{u_z} = 0,19 < 0,20.$$

Результаты расчета валовых выбросов вредных веществ [3, 7] приведено в таблице 1.



Таблица 1.

Результаты расчета валовых выбросов вредных веществ

Компонент	Валовой выброс, т/год
C ₃ H ₆	4 870
CO ₂	389 821
CO	35 973
NO _x	288
Сажа	4 317
Сумма	435 269

Для решения проблемы неполного сгорания сбросного газа и для минимизации сжигания пропилена, который является важным сырьем, решено модернизировать технологическую схему подачи газа на ФУ [5, 6]. Сбросный газ предварительно охлаждается в холодильнике до минус 48°C и подается в сепаратор для отделения пропилена, который отправляется на рецикл, от газовой фазы, которая далее направляется на сжигание на факел. Газ, подаваемый на сжигание, предварительно подогревают до оптимальной температуры. Модель сепарационного блока разработана в ПО Aspen HYSYS [4] (рис. 1).

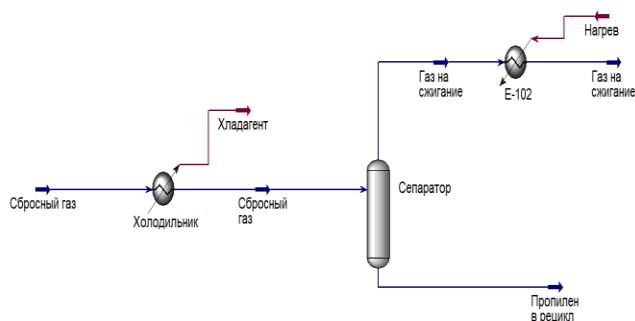


Рис. 1. Компьютерная модель блока сепарации

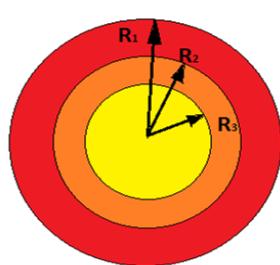


Рис. 2. Безопасное расстояние от центра пламени

Показано:

- количество теплоты, которое необходимо отвести, а затем подвести к потоку, составляет, соответственно, 7,3 и 0,8 ГДж/ч;
- расход пропилена, направляемого по схеме в рецикл, составляет 10 т/ч;
- расход газа на факел составляет 7,2 т/ч.

В результате снижения объема сжигаемого газа уменьшается предельное безопасное расстояние от центра пламени (рис. 2):

- предельно безопасное расстояние от центра пламени с учетом коэффициента аварийного сброса $R_1 = 53$ м, а с учетом коэффициента максимально периодического сброса $R_2 = 47$ м;
- расстояние от основания факельной трубы до безопасной зоны $R_3 = 43$ м.

Таким образом персонал может находиться неограниченное время за пределами зоны радиусом 43 м.

Эколого-экономическая оценка показала, что при реализации проекта по модернизации объем выбросов уменьшится на 43%, а размер выплачиваемых предприятием штрафов снизится на 34,5 млн. руб./год.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе модернизации удалось снизить объем пропиленсодержащего газа, сжигаемого на факеле, за счет отделения пропилена в сепараторе, сократить размеры установки, изменить режим горения газа. Также наблюдается уменьшение предельного безопасного расстояния от центра пламени до безопасной зоны, что является положительным эффектом для предприятия. Все

эффекты, достигнутые в ходе модернизации, принесут положительный экологический и экономический эффект предприятию.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 20 июня 1997 г.: в действующей ред. от 31.12.2014. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2015. — 56 с.
- [2] Стрижевский И. И. Факельные установки / И. И. Стрижевский, А. И. Эльнатанов. – М.: Химия, 1979. – 184с.: ил.
- [3] Методика расчета выбросов вредных веществ в атмосферу при сжигании попутного нефтяного газа на факельных установках. – СПб.: 2003 – 41 с.
- [4] AspenTECH : офиц. сайт. – URL: <https://www.aspentechn.com/en/products/engineering/aspen-exchanger-design-and-rating>.
- [5] Совершенствование факельных установок: дис. канд. техн. наук: 05.17.08 / Назаров А. А. – Казань, 2009. – 168 с.
- [6] Факельные установки: монография / А.А. Назаров [и др.].– Казань: КГТУ, 2010 – 118 с. ил.
- [7] Фомина, Е. Е. Расчет параметров выбросов и валовых выбросов вредных веществ в атмосферу от факельных установок сжигания углеводородных смесей с использованием программного продукта «ФАКЕЛ» : учеб. пособие / Е. Е. Фомина. – М. РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2009. – 34 с.

УДК 621.643.8

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ПОСТАВОК УГЛЕВОДОРОДОВ ПРОДУКТОПРОВОДОМ

Е. С. Удалова, А. А. Литвин

ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, РФ

Аннотация – На основе теории надежности и метода планирования трубопроводов проведена оценка надежности продуктопровода.

Ключевые слова – продуктопровод, надежность системы, нефтепродукты

I. ВВЕДЕНИЕ

Среди всех способов транспортировки нефтепродуктов важнейшую роль играет трубопровод из-за сравнительной дешевизны, высокой скорости перекачки, низких экологических рисков, а также возможности всесезонного использования [1-3]. Общая длина магистральных трубопроводов России составляет не менее 221 тыс. км, из которых более 20 тыс. км приходится на магистральные нефтепродуктопроводы [4].

В процессе увеличения размеров трубопроводных систем выдвигаются всё более высокие требования к безопасной эксплуатации, централизованному управлению и развитию путей обслуживания оборудования. Если причиной нехватки или перебоев в поставках становится авария на трубопроводе или несбалансированное распределение ресурсов в регионе, это может оказать серьезное влияние на экономическое развитие и социальную стабильность всей страны или даже скажется на международных отношениях, поскольку Россия является крупным поставщиком углеводородов [5]. Учитывая тот факт, что нефтепродукты являются конечным продуктом в сложной технологической цепочке преобразования нефти, в случае аварии их потери будут значительно более затратными.

Цель работы: оценка надежности поставок многопродуктовой трубопроводной системы.

II. ТЕОРИЯ

На рис. 1, представлена система нефтепродуктопровода, состоящего из головной (нагнетательной) станции (ГС), перекачивающих станций (ПС), насосных станций (НС), конечного потребителя (КП) и других составных элементов трубопровода.

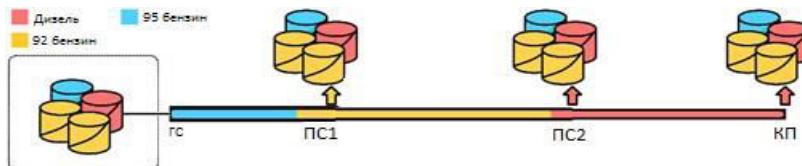


Рис. 1. Принципиальная схема многопродуктовой трубопроводной системы

Уникальная особенность общепринятой транспортировки нефтепродуктов заключается в возможности перекачки нескольких видов продуктов последовательно друг за другом по одной трубе. Поскольку нельзя смешивать различные виды переработанных углеводородов, должен быть по крайней мере один специальный резервуар, доступный для хранения каждого вида продукта на каждой станции приема. Поскольку продукты поступают в основном с нефтеперерабатывающих заводов, портов и крупных резервуарных парков, начальная станция находится выше по технологической цепочке и напрямую связана с этими источниками. Разные виды готовой продукции, заранее распределенные на несколько партий, закачиваются с начальной станции в трубопровод последовательно и распределены по станциям доставки. Это процесс первичного распределения, в котором трубопровод является основным способом транспортировки, в то время как другие виды транспорта (железная дорога, танкер и автоналив) служат дополнительными путями сбыта. Для компенсации гидравлических потерь по трубопроводу, вдоль него построено несколько насосных станций с насосами с разной пропускной способностью.

Основная функция многопродуктового трубопровода – безопасная доставка необходимого количества нефтепродуктов на местные рынки. Таким образом, надежность поставок продуктопроводов можно определить, как вероятность своевременного удовлетворения потребностей станций доставки различными продуктами переработки.

Трубопроводы являются единой протяженной системой, поэтому они подвержены влиянию множества факторов: изменчивый рыночный спрос, колебания предложения нефти, неожиданные поломки оборудования [6–13]. Известны методики расчёта надежности сооружений в целом [14–16].

III. РЕЗУЛЬТАТЫ

Надежность снабжения продуктопроводных систем оценена с учетом трех показателей: DS_i, RSo и PS:

- DS_i – основан на степени удовлетворения спроса i-той станции поставкой, т.е. это отношение фактического поставленного объема к требуемому объему (1);
- RSo – представляет собой завершенные задачи поставки для определенного вида очищенного продукта и равен отношению фактического поставленного объема к общему востребованному объему данного вида очищенного продукта (2).

Два вышеуказанных параметра можно рассматривать как индивидуальный подход к оценке надежности поставок, учитывающий состояние поставки одной станции и одного вида нефтепродуктов. В то же время, с целостной точки зрения, способность трубопровода выполнять свою общую функцию (т.е. функцию безопасной и надежной поставки нефтепродуктов на рынки сбыта) также важна для количественного анализа надежности поставок. В отличие от газопровода и системы водоснабжения, продуктопровод не связан напрямую с потребителями, и строгой постоянной подачи не требуется, а показатель, описывающий продолжительность дефицита, не имеет большого значения.

В случае отказа трубопровода, убыток компании может отличаться из-за различных физических свойств и разных требований к продуктам, поэтому для более полного анализа надежности многопродуктовых поставок по трубопроводу введен показатель PS (3):

$$DS_i = \frac{\sum_o V_{ACi,o}}{\sum_o V_{DEi,o}}, \quad (1)$$

$$RSo = \frac{\sum_{i \in I} V_{ACi,o}}{\sum_{i \in I} V_{DEi,o}}, \quad (2)$$

$$PS = \frac{\sum_{i \in I} \sum_{o \in O} V_{ACi,o}}{\sum_{i \in I} \sum_{o \in O} V_{DEi,o}}, \quad (3)$$

где $V_{ACi,o}$ – фактический поставленный объем;

$V_{DEi,o}$ – требуемый объем станции доставки i для очищенного продукта o.

IV. ОБСУЖДЕНИЕ

Предлагаемая методика оценки надежности продуктопроводов позволяет управлять надежностью этой системы, учитывая ряд критериев, в том числе удовлетворение спроса, завершенные задачи поставок определенного вида продукта и фактор, связанный с различными физическими свойствами продуктов. Последний никогда ранее не принимался во внимание и не использовался в исследованиях данной области.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложены показатели для расчета надежности продуктопровода, количественно описывающие уровень поставок готовой продукции. Предлагаемая методология может обеспечить комплексную оценку надежности поставок для продуктопроводов и помочь повысить устойчивость региональной энергетической цепочки поставок. При получении необходимой информации о транспортировках нефтепродуктов может быть сформулирована оптимизационная задача, из решения которой может быть выявлен оптимальный вариант при проектировании, например, определена оптимальная трасса нефтепровода.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] Никонов Л.А. Производство и потребление нефти по странам мира / Л.А. Никонов // В мире научных открытий. Материалы II Международной студенческой научной конференции. – 2018. – С. 339–341.
- [2] Никонова А.А. Нефтегазовые ресурсы России: оценки и перспективы развития топливно-энергетического комплекса / А.А. Никонова // Экономический анализ: теория и практика. –2017. – Т.16. – № 11 (470). – С. 2064–2082.
- [3] Гимаева А.Р. К вопросу выбора схемы транспортировки углеводородов, добываемых с шельфа арктических морей / А.Р. Гимаева, И.И. Хасанов, Н.А. Шобик // Нефтегазовое дело. –2018. –Т.16. – № 3. – С. 62–69.
- [4] Мишенин М.В. Транспорт углеводородов в России и странах Тихоокеанского клуба / М.В. Мишенин, Проворная И.В. // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2012. – № 5. – С. 62–67.
- [5] Севастьянов С.В. Россия на рынке углеводородов СВА в условиях низких цен и анти-российских санкций// Севастьянов С.В., Реутов Д.А./ Ойкумена. Регионоведческие исследования. –2016. – № 4. – С. 47–61.
- [6] Исследование методов обеспечения работоспособности газотранспортной системы ПАО «Газпром» / И.Р. Байков [и др.] // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2018. – №2(112). – С. 67–71.
- [7] Острайковский В.А. Статистический анализ надежности нефтепромысловых трубопроводов / В.А. Острайковский, Я.В. Силин // Электронный научный журнал нефтегазовое дело. –2008. – № 1. – С. 14.
- [8] Лебедева А.С. Расчет показателей надежности линейной части магистральных трубопроводов по результатам диагностических исследований / А.С. Лебедева, В.В. Аладинский // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. –2008. – № 6. – С. 33–36.
- [9] Дерюшев Л.Г. О нормировании надежности труб и трубопроводов / Л.Г. Дерюшев, Фам Ха Хай // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2015. – №3. – С. 60–68.
- [10] Сухарев М.Г. Надежность систем газо- и нефтеснабжения: монография / М.Г. Сухарев. – М. «Недра». – 1994. – кн. 1 – 414 с.
- [11] М.Г. Сухарев. Оценка надежности оборудования магистральных газопроводов с учетом возрастной структуры / Сухарев М.Г., Иткин В.Ю., Свердлик Ю.М. // Известия Российской академии наук. энергетика, – 2009. – № 5. – С. 53–61.
- [12] Харионовский В.В. Надежность магистральных газопроводов: становление, развитие и современное состояние / В.В. Харионовский // Газовая Промышленность. –2019. – № 1(779). – С. 56–68.
- [13] Харионовский В.В. Современные проблемы надежности магистральных газопроводов и пути их решения: монография / В.В. Харионовский. – М. ИЦ РГУ нефти и газа. 2012. – 156 с.
- [14] Болотин В.В. Моделирование пространственного поведения и оценка безопасности промышленных конструкций при случайных динамических нагрузках/ В.В. Болотин, О.В. Трифонов // Проблемы машиностроения и надёжности машин. –2004. – № 5. – С. 92–98.
- [15] Рудаченко А.В. Система мониторинга технического состояния оборудования нефтегазопроводов / А. В. Рудаченко, В. А. Рудаченко, К. В. Перовский // Экологические проблемы и техногенная безопасность строительства, эксплуатации и реконструкции нефтегазопроводов. Новые технологии и материалы материалов научно-производственного форума, г. Томск, 1-4 марта 2005 г. – 2005. – С. 130–134.
- [16] Хрусталев Л.Н. Методика оценки надежности магистральных нефтепроводов / Л.Н. Хрусталев, М.Ю. Чербунина// Криосфера Земли. – 2010. – Т. 14. – № 3. – С. 69–76.

УДК 621.315

БЕСПРОВОЛОЧНЫЙ РЕЗИСТОР ДЛЯ ДАТЧИКА ДИАГНОСТИКИ ВЛЭП

Н. А. Терещенко, М. А. Холмов, В. Ю. Мирошник, К. И. Никитин
ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», Омск, РФ

Аннотация – Предлагается датчик для диагностики изоляторов воздушной линии электропередачи (ВЛЭП) по току утечки, в который входит беспроволочный резистор, подключаемый последовательно к изолятору. Сопротивление резистора составляет около 20 кОм. Проведены эксперименты с фарфоровыми и стеклянными изоляторами, по которым удалось зафиксировать порядок тока утечки. Экономическая оценка проекта подтвердила целесообразность внедрения.

Ключевые слова – изолятор, ток утечки, переменное напряжение, резистор.

I. ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших компонентов в электроэнергетике является изолятор высокого напряжения, предназначенный для изолирования проводников от заземленной опоры и обеспечения механической опоры для линий электропередач.

На наружный изолятор сильно влияют различные факторы как механические (материал, схема установки), так и окружающей среды (степень загрязнения). Изоляторы становятся восприимчивыми к току утечки большой величины и приводят к увеличению активности разряда над его поверхностью. Таким образом, эти условия могут привести к нежелательному пробою изолятора, что повлечет прерывание электроэнергии.

Таким образом, изоляторы необходимо регулярно проверять. Расположение и высокое напряжение делают этот процесс очень трудным для физического исследования, особенно на линии электропередачи, проходящей через горную местность, болотистые места и т. д.

Цель работы: создание беспроволочного резистора для датчика тока, с помощью которого можно будет отслеживать ток утечки изолятора под напряжением и нагрузкой.

Задачи:

1. изготовить беспроволочный резистор;
2. произвести испытания и проанализировать результаты.

II. ТЕОРИЯ

Описан метод [1], позволяющий прогнозировать степень загрязнения изолятора по соотношению 3, 5 и 7 составляющих высших гармоник тока утечки.

Предлагается датчик тока утечки изолирующей гирляндой, основанный на волоконной решетке Брэгга (ВБР) [2]. Принципиальная схема датчика тока утечки изолирующей гирляндой состоит из двух частей: части сбора тока и части преобразования тока. Часть сбора тока основана на двух токопроводящих токоприемниках и проводах; поскольку сопротивление спиральной катушки намного меньше, чем внутреннее сопротивление изолятора, большая часть тока вводится в спиральную катушку путем соединения катушки параллельно с последним изолятором гирлянды изоляторов, тем самым «замыкая» цепь накоротко. Блок преобразования тока основан на спиральной катушке, магните и двух ВБР, закрепленных с обеих сторон балки кантилевера. Когда большая часть тока утечки вводится в спиральную катушку, катушка генерирует магнитное поле. При изменении тока утечки изменения магнитной индукции вызывают изменение силы отталкивания магнита на балке кантилевера, что приводит к изменению деформации ВБР. Ток утечки можно получить, отслеживая изменения напряжения в ВБР.

Представлена система беспроводного сбора данных на базе микроконтроллера для мониторинга тока утечки и напряжения в электрооборудовании высоковольтных сетях подстанций с платформой LabVIEW для непрерывного мониторинга и обработки данных в реальном времени [3]. Блок передачи WLAN Tx/Rx состоит из компонента формирования сигнала, микроконтроллера, модуля приемопередатчика. Система работает на солнечной энергии с автономным питанием.



Возможно применение катушки Роговского, установленную на штыре изолятора или вокруг металлического держателя [4]. Между изолятором и катушкой вставлен тонкий полимерный слой для предотвращения прямого контакта. При дефекте или загрязнении изолятора ток утечки проходит по поверхности его и также проходит через штырь изолятора, образуя магнитное поле вокруг штифта изолятора. Это магнитное поле взаимодействует с обмоткой катушки Роговского и возникает электродвижущая сила (ЭДС) генерирующаяся через катушку. В этот момент образуется сигнал напряжения из-за наличия емкостного эффекта между выводом и обмоткой катушки. Однако другой сигнал исходит из-за электромагнитной индукции вследствие протекания тока утечки через поверхность изолятора.

Допустимый предел тока утечки для наружных изоляторов не имеет установленных стандартов или фиксированных значений [5], поскольку наружный изолятор установлен на ЛЭП, поэтому их предел тока утечки устанавливается на основе их степени безопасности. Максимально допустимый предел тока утечки для линии передачи составляет 100 мА, что определяется в зависимости от типа изолятора, его номинального напряжения и потерей в ЛЭП. В сухую погоду диапазон тока утечки составляет от нескольких микроампер до 5 мА. Если среда влажная, то наблюдаются пики до 50 мА при учете безопасного эксплуатирования [6].

Предлагается датчик для диагностики тока утечки изолятора, состоящего из резистора и диагностического устройства (рис. 1). Беспроволочный резистор крепится одним концом к траверсе (рис. 1, а), а другим концом к изолятору, а диагностическое устройство подключается к установленному резистору. Диагностическое устройство состоит из аналого-цифрового преобразователя и передатчика. Питание устройства осуществляется от аккумуляторной батареи и солнечного электрического элемента.

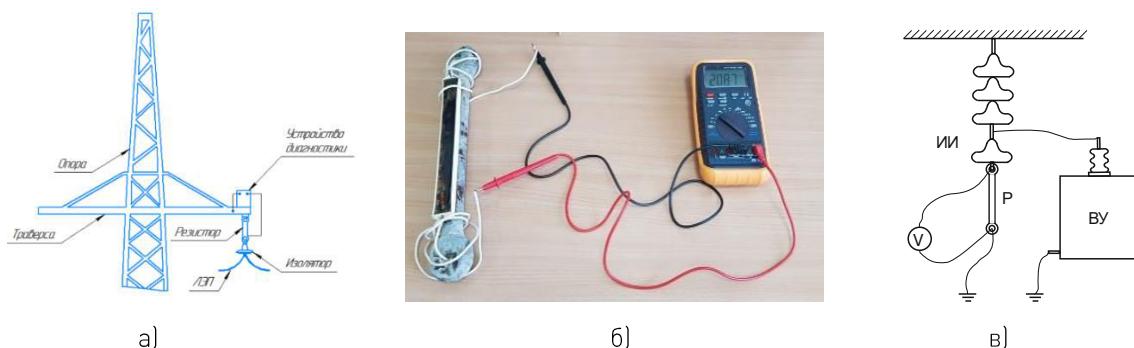


Рис. 1. Беспроволочный резистор:

- а) расположение резистора для мониторинга тока утечки; б) экспериментальный образец;
- в) схема эксперимента, ВУ – высоковольтная установка, Р – резистор,
- ИИ – испытываемый изолятор, В – вольтметр.

Беспроволочный резистор представлен в виде цепочки из семи стандартных (МЛТ-2) резисторов величиной около 3 кОм, помещённых в кабель-канал и залитых эпоксидной смолой. Чтобы смоделировать работу изолятора под напряжением, измерить в нем ток утечки I_y была собрана схема (рис. 1, в) и проведен эксперимент. Измеряя вольтметром V напряжение на резисторе P , нетрудно вычислить ток утечки изолятора:

$$I_y = \frac{U_p}{R_p},$$

где U_p – падение напряжения, снимаемое вольтметром с резистора, В;

R_p – сопротивление беспроволочного резистора, Ом.

Проведя ряд экспериментов с изоляторами (ШС10Е, ПС70Е, ШФ20Г и ШФ10Г) получены результаты, представленные в таблице 1.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ

На испытываемые изоляторы подавалось напряжение U_{By} переменного тока (промышленной частоты) 10 кВ и 20 кВ, фиксировалось значение напряжения на резисторе U_p мультиметром. Величина резистора в эксперименте составила 20 800 Ом.

Таблица 1.

Экспериментальные данные при определении тока утечки

Изолятор	U_{BV} , кВ		U_P , В		Рассчитанный I_u утечки, мкА	
ШФ20Г	10	20	2,640	5,714	127	275
ШФ10Г	10	20	2,023	5,714	97	275
ШС10Е	10	20	2,857	7,075	137	340
ПС70Е	10	20	4,177	9,498	201	457

IV. ОБСУЖДЕНИЕ

Проведена экономическая оценка проекта [7]: стоимость датчика на 2020 г. составит 3750 рублей (резистор – 1000 руб., АЦП – 700 руб., параллельно – последовательный регистр – 50 руб., радиочастотный датчик – 1000 руб., солнечная батарея – 1000 руб.); затраты на годовое обслуживание одного резистивного датчика – 500 рублей. Стоимость устройства ФИЛИН – 6 (ЭОД) составляет 744 000 руб., Метакон-Экспресс 35 – 198 360 рублей.

С учетом ежегодных расходов построен график зависимостей (рис. 2), из которого следует, что у резистивного датчика высокая экономическая эффективность по сравнению с аналогами на рынке.

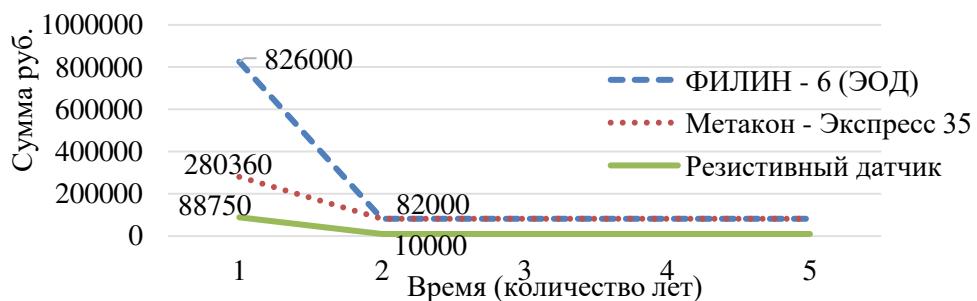


Рис. 2. Зависимость ежегодных расходов

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что последовательное подключение беспроволочного резистора к подвесному изолятору позволило зафиксировать ток утечки порядка нескольких десятков микроампер в реальном времени и под нагрузкой без повреждения измерительного прибора. Применение датчика тока с беспроволочным резистором для диагностики изоляторов под напряжением позволит освободить от участия персонал, уменьшит затраты на восстановление системы, т. к. позволит контролировать срок старения изоляции, по которому можно предотвратить выход из строя изолятора. Таким образом, данный способ диагностики изоляторов позволит повысить эффективность и надежность энергетической системы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] Salem A. A. et al. The Leakage Current Components as a Diagnostic Tool to Estimate Contamination Level on High Voltage Insulators //IEEE Access. – 2020. – V. 8. – pp. 92514–92528.
 - [2] Yan Z. et al. Insulator string leakage current-monitoring sensor based on fiber Bragg grating //Optics express. – 2018. – V. 26. – №. 19. – pp. 24940–24952.
 - [3] Harid N. et al. A wireless system for monitoring leakage current in electrical substation equipment //IEEE Access. – 2016. – V. 4. – pp. 2965–2975.
 - [4] Ibrahim M. E., Abd-Elhady A. M. Rogowski Coil Transducer Based Condition Monitoring of High Voltage Insulators //IEEE Sensors Journal. – 2020.

[5] International Electrotechnical Commission, Test methods for evaluating resistance to tracking and erosion. (2007).; Владимирский Л. Л. Система выбора внешней изоляции электроустановок высокого напряжения //Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2019. – №. 1. – С. 37-51.

[6] Ahmed R. et al. Online Condition Monitoring and Leakage Current Effect Based on Local Area Environment //Transactions on Electrical and Electronic Materials. – 2020. – Р. 1-6.

[7] Технико-экономическая эффективность неразрушающего контроля [Electronic resource]. - <http://vactron.ru/index.php/library/lection/98-tehniko-ekonomiceskaya-effektivnost-nerazrushayushchego-kontrolja> (01.10.2020).



УДК 631.4

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВО-ГРУНТОВ ТЕРРИТОРИИ ПАО «ОНХП»

А.К. Шмыглева¹, И.А. Машарская², Л.Ю. Шик³¹ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, РФ^{2,3}ПАО «ОНХП», г. Омск, РФ

Аннотация. Выявлены основные источники загрязнения почво-грунтов территории ПАО «ОНХП». Данна классификация почво-грунтов территории для биологической рекультивации земель. Изучены типы и содержание химического загрязнения почво-грунтов территории. Рас-считан суммарный показатель загрязнения почво-грунтов. Рекомендованы природоохранные мероприятия.

Ключевые слова. Биологическая рекультивация, химическое загрязнение, экология, почво-грунты.

I. ВВЕДЕНИЕ

Почвы являются важнейшим объектом экологических исследований при оценках антропогенного воздействия, поскольку они аккумулируют загрязнители в течение длительного периода, а их химический состав дает интегральную характеристику загрязнения, а также его масштабов и превращений в зависимости от видового состава почв и их способности к самоограничению [2].

Цель: разработать рекомендации по предотвращению, минимизации или ликвидации антропогенных воздействий на почво-грунты территории ПАО «ОНХП».

Задачи:

1. Произвести отбор проб почво-грунтов в точках, подверженных максимальной антропогенной нагрузке.
2. Проанализировать пробы на агрохимические показатели и химическое загрязнение.
3. Рассчитать суммарный показатель химического загрязнения образцов.
4. Дать оценку экологического состояния почво-грунтов.
5. Разработать рекомендации (мероприятия) по уменьшению антропогенного воздействия на почво-грунты территории ПАО «ОНХП».

II. ТЕОРИЯ

Основным критерием гигиенической оценки загрязнения почв химическими веществами является предельно допустимая концентрация (ПДК), или ориентировочно допустимая концентрация (ОДК) химических веществ в почве.

Оценка степени опасности загрязнения почвы химическими веществами проводится по каждому веществу. Опасность загрязнения тем выше, чем больше фактическое содержание компонентов загрязнения почвы превышает ПДК [4].

Оценка уровня химического загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геогигиенических исследованиях окружающей среды городов с действующими источниками загрязнения. Такими показателями являются: коэффициент концентрации химического вещества K_c , который определяется отношением фактического содержания определяемого вещества в почве (C_i , мг/кг) почвы к региональному фоновому (C_f) и суммарный показатель загрязнения (Z_c), равный сумме коэффициентов концентраций химических элементов-загрязнителей [3]:

$$Z_c = \sum (K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n - 1) \quad (1)$$

где n - число определяемых суммируемых веществ;

K_{ci} - коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Предприятие ПАО «ОНХП» относится к общественным зданиям гражданского назначения и в соответствии с [6] по целевому назначению расположено на землях населенного пункта - г. Омска. Данное предприятие в процессе своего функционирования не оказывает отрицатель-



ного воздействия на окружающую среду, поскольку образующиеся отходы производства и потребления не являются источником загрязнения почво-грунтов территории. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 28 сентября 2015 г. N 1029 "Об утверждении критерииов отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий данный объект не категорируется.

На территории ПАО «ОНХП» размещены две парковочные зоны, а также вблизи проходит автотрасса улицы Андрианова. Продукты сгорания двигателей автотранспорта являются основными источниками загрязнения почво-грунтов территории.

При изучении загрязнения почв транспортными магистралями пробные площадки закладываются на придорожных полосах с учетом рельефа местности, растительного покрова, метео- и гидрологических условий. Пробы почвы отбирают с узких полос длиной 200 - 500 м на расстоянии 0 - 10, 10 - 50, 50 - 100 м от полотна дороги. Одна смешанная пробы составляется из 20 - 25 точечных, отобранных с глубины 0 - 10 см [1].

Отбор точечных проб почво-грунтов проводился в летне-осенний период послойно на глубинах: 0,0 - 0,1; 0,1 - 0,2 в трех точках.

1 точка – на расстоянии от источника загрязнения 10 м (клумба рядом с парковкой);

2 точка – на расстоянии от источника загрязнения 10 м (клумба рядом с улицей Петухова);

3 точка – на расстоянии от источника загрязнения 10 м (придорожная полоса улицы Андрианова).

Для установления типовой принадлежности почв использовались крупномасштабные почвенные карты. Территория ПАО «ОНХП» по почвенному районированию относится к Западно-Сибирской лесостепной провинции оподзоленных и среднегумусных черноземов и лугово-черноземных почв. На основе полевых и агрохимических данных почвы территории ПАО «ОНХП» относятся к черноземному ряду, тип – лугово-черноземные.

Лугово-черноземные почвы формируются под лугово-степной растительностью с богатым разнотравьем или под разреженными лиственными травянистыми лесами при постоянном воздействии почвенно-грунтовых вод и периодическом поверхностном дополнительном увлажнении [2].

В соответствии с [3] на базе Испытательного центра ПАО «ОНХП» проводился комплекс химических анализов для определения как количественного содержания основных загрязняющих веществ почво-грунтов, так и для определения агрохимических показателей почво-грунтов.

1. Определение агрохимических показателей почво-грунтов территории. Вскрышные и вмещающие породы классифицируют по пригодности их использования для биологической рекультивации в зависимости от показателей химического и гранулометрического состава и инженерно-геологической характеристики.

Качественные показатели почвенно-растительного слоя представлены в таблице 1 и в соответствии с [1] относятся к категории пригодные: плодородный слой почвы [1]: содержание гумуса более 4 %, что свидетельствует о высоком плодородии почв во всех точках отбора и соответствует нормативной величине более 2% для степной и лесостепной зон. По инженерно-геологической характеристике образцы относятся к гумусированным горизонтам почвы.

Водородный показатель водной и солевой вытяжки проб из всех точек отбора соответствует нормативной величине, поэтому образцы относятся к нейтральным почвам, что благоприятно влияет на рост и развитие растений.

Сумма токсичных солей составляет от 0,10 до 0,13% во всех образцах и не превышает нормативной величины 0,0-0,2%. В соответствии с классификацией почв по содержанию токсичных солей, % к массе почвы (по Н.И. Базилевич, Е.И. Панковой [5]) почвы не засолены.

В целом, во всех трех точках отбора почвы пригодны для биологической рекультивации под лесонасаждения различного назначения.

2. Лабораторный анализ почво-грунтов на химическое загрязнение выполнен в 6 пробах, отобранных послойно в трех точках на расстоянии 10 м от источников загрязнения, на содержание в них загрязняющих веществ [3B]: тяжёлых металлов в валовой форме (мышьяк, медь, никель, свинец, кадмий, цинк), нефтепродуктов, ароматических соединений (бензол, толуол, ксиол). Результаты представлены в таблицах 2, 3, 4.

Таблица 1.

Качественные показатели почвенно-растительного слоя

Наименование показателя	Глубина отбора, м	Результаты исследований в точках отбора			Нормативная величина
		1	2	3	
Водородный показатель водной вытяжки (рН)	0,0-0,1	7,48	7,30	7,15	5,5-8,2
	0,1-0,2	7,45	7,29	7,18	
Водородный показатель солевой вытяжки (рН)	0,0-0,1	6,55	6,54	6,58	не менее 4,5
	0,1-0,2	6,59	6,58	6,59	
Сухой остаток, %	0,0-0,1	0,15	0,13	0,11	0,1-0,5
	0,1-0,2	0,14	0,15	0,12	
Сумма токсичных солей, % в водной вытяжке	0,0-0,1	0,12	0,11	0,10	0,0-0,2
	0,1-0,2	0,12	0,13	0,10	
CaSO ₄ · 2H ₂ O, % в солянокислой вытяжке	0,0-0,1	0,01	-	-	0-10
	0,1-0,2	0,01	-	-	
CaCO ₃ , % (при pH > 7,0)	0,0-0,1	2,9	2,8	2,9	0-30
	0,1-0,2	2,9	2,9	3,0	
Na, % от емкости поглощения (при pH > 6,5)	0,0-0,1	0,07	0,07	0,06	0-5
	0,1-0,2	0,06	0,08	0,06	
Гумус, %	0,0-0,1	4,7	4,8	4,5	Более 1 для лесной и полупустынной зон; более 2 для степной и лесостепной зон
	0,1-0,2	4,8	4,9	4,8	

Показано, что в некоторых пробах наблюдается превышение содержания ЗВ выше предельно-допустимых концентраций (ПДК):

- по мышьяку 1,1 ПДК в пробе с точки 1 – на расстоянии от источника загрязнения 10 м (клумба рядом с парковкой) и 1,1 ПДК в пробе с точки 2 – на расстоянии от источника загрязнения 10 м (клумба рядом с улицей Петухова);
- по цинку 1,1 ПДК в пробе с точки 2 (клумба рядом с улицей Петухова).

Таблица 2.

Содержание тяжелых металлов в пробах почво-грунтов

Наименование ЗВ в валовой форме	Класс опасности	Значение ПДК (ОДК), мг/кг	Глубина отбора, м	Содержание ЗВ, мг/кг		
				1 точка	2 точка	3 точка
Мышьяк	1	2,0	0,0-0,1	2,1	2,2	1,8
			0,1-0,2	2,0	2,1	1,6
Свинец	1	32,0	0,0-0,1	8,7	8,9	9,1
			0,1-0,2	8,6	8,8	9,0
Кадмий	1	0,5	0,0-0,1	0,1	0,2	0,1
			0,1-0,2	0,1	0,1	0,1
Никель	2	20,0	0,0-0,1	8,7	8,5	4,1
			0,1-0,2	5,1	5,0	3,8
Медь	2	33,0	0,0-0,1	5,7	5,3	2,2
			0,1-0,2	4,6	4,1	2,0
Цинк	2	55,0	0,0-0,1	39,1	56,5	38,4
			0,1-0,2	38,9	54,3	35,9

Отмечено, что пробе с точки 3 на расстоянии от источника загрязнения 10 м (придорожная полоса улицы Андрианова) превышение ПДК по тяжелым металлам не обнаружено.

Таблица 3.

Содержание нефтепродуктов в образцах почво-грунтов

Наименование ЗВ	Класс опасности	Значение ПДК (ОДК), мг/кг	Глубина отбора, м	Содержание ЗВ, мг/кг		
				1 точка	2 точка	3 точка
Нефтепродукты	1	1000	0,0-0,1	11	15	24
			0,1-0,2	10	14	18

Превышение ПДК по нефтепродуктам во всех пробах не обнаружено.

Таблица 4.

Содержание ароматических углеводородов в пробах почво-грунтов

Наименование ЗВ	Класс опасности	Значение ПДК (ОДК), мг/кг	Глубина отбора, м	Содержание ЗВ, мг/кг		
				1 точка	2 точка	3 точка
Бензол	2	0,3	0,0-0,1	0,008	0,009	< 0,05
			0,1-0,2	0,007	0,006	< 0,05
Толуол	3	0,3	0,0-0,1	0,008	0,006	< 0,05
			0,1-0,2	0,007	0,006	< 0,05
o,-m,-п-Ксилол	3	0,3	0,0-0,1	0,006	0,006	< 0,05
			0,1-0,2	0,006	0,006	< 0,05

Превышение ПДК по содержанию ароматических углеводородов в пробах со всех точек отбора не обнаружено.

На основе полученных данных по формуле (1) рассчитан суммарный показатель загрязнения $Z_c = 1,23$. Поскольку $Z_c < 16$, то данная почва относится к допустимой категории загрязнения [3], таким образом, ее возможно использовать без ограничений под любые насаждения.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В качестве природоохранных мероприятий, направленных на снижение дальнейшего негативного воздействия на почво-грунты территории ПАО «ОНХП» планируется осуществить:

- ежегодный мониторинг почво-грунтов территории ПАО «ОНХП» с целью контроля содержания ЗВ;
- разработка проекта озеленения территории ПАО «ОНХП» с использованием деревьев и кустарников в качестве естественных и эффективных биофильтров.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] ГОСТ 17.5.1.03-86 «Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель».
- [2] Кирюшина В.И. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. В.И.Кирюшина, А.Л.Иванова. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005.-784с.
- [3] Методические указания МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест».
- [4] СанПиН 2.1.7.1287-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.
- [5] Базилевич Н.И., Панкова Е.И. Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1972. Вып. 5. С. 36-40.
- [6] Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 15.10.2020).



УДК 665.64

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПРЕССОРА ВСГ ДЛЯ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

М.А. Шульгин¹, Н.Ю. Филькин², О.А. Реутова³¹Магистрант ОмГТУ, г. Омск, РФ²АО «Газпром нефть-ОНПЗ», г. Омск, РФ³Старший преподаватель кафедры «Химии и химической технологии», ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», Омск, РФ

Аннотация – Выполнен расчет центробежного нагнетателя для установки каталитического риформинга: определены основные термодинамические параметры нагнетателя, выполнены конструктивные расчеты элементов проточной части нагнетателя, произведена оценка корректности задания КПД, рассчитаны осевые усилия и размера думмиса. Рассмотрены вопросы автоматизации центробежного компрессора блока платформинга. Спроектирован центробежный компрессор марки 5ГЦ2В-226/7,1-10,6.

Ключевые слова – центробежный компрессор, каталитический риформинг, водородосодержащий газ (ВСГ).

I. ВВЕДЕНИЕ

Центробежные компрессоры широко используются в различных отраслях промышленности, в том числе и для сжатия и перемещения водородосодержащего газа (ВСГ) на установках основных процессов нефтепереработки - каталитического риформинга, гидроочистки, гидрокрекинга, коксования [1].

Цель: увеличение производительности установки каталитического риформинга для получения высокооктанового бензина за счет установки более мощного компрессора ВСГ.

II. ТЕОРИЯ

При проектировании было определено, что нагнетатель 5ГЦ2-226/7,1-10,6 будет проектироваться без промежуточного охлаждения с начальными условиями, указанными в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные

Параметр	Значение
объемная производительность по условиям всасывания, м ³ /мин	260,13
конечное давление газа, МПа	1,044
начальное давление газа, МПа	0,693
начальная температура газа, К	316
частота вращения ротора, об/мин	8412
сжимаемая среда	ВСГ

В ходе термогазодинамического расчета определено, что нагнетатель имеет 5 ступеней, КПД составляет 82%, диаметр колес составляет 508 мм. ВСГ поступает при температуре 316К и давлении 0,693 МПа, а после сжатия имеет температуру 351,9 К и давление 1,044 Мпа [2, 7]. Определена мощность нагнетателя – 1 484 кВт.

Также были определены основные термодинамические параметры нагнетателя, выполнены конструктивные расчеты рабочих колес (пример чертежа основного диска рабочего чертежа на рис. 1), лопаточных диффузоров, поворотных колен, обратно направляющих аппаратов и выходных устройств [3-6, 8].

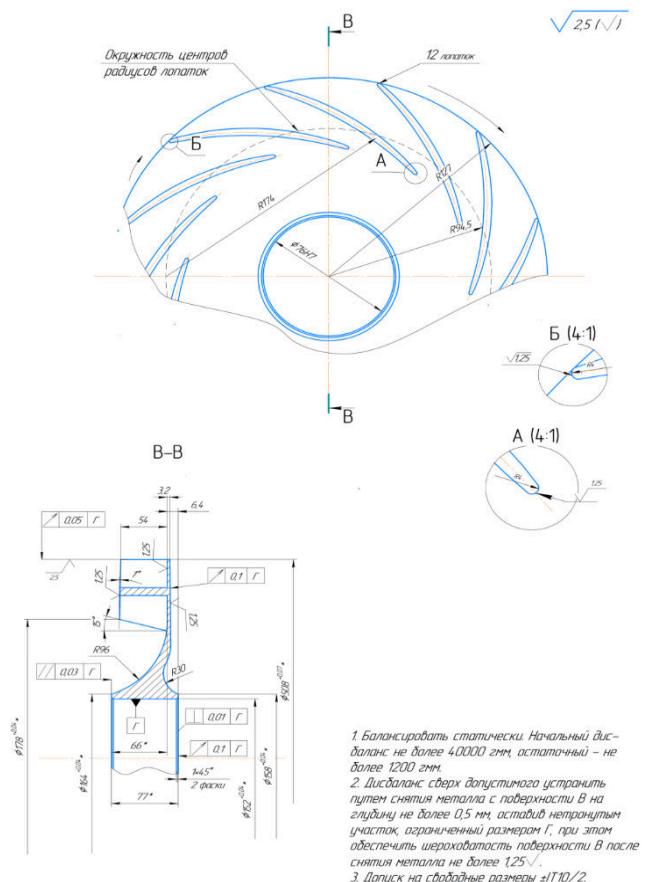
III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Произведены конструктивные расчеты и определение размеров, которые не были рассчитаны в ходе термогазодинамического расчета, такие как: осевые усилия, действующие со



стороны потока на ротор компрессора, размер думмиса и упорного подшипника, а также размеры элементов проточной части в меридиональной и радиальной плоскостях [9].

Выполнен прочностной расчет и проверка соответствия несущих нагрузку элементов центробежной компрессорной машины условиям прочности и виброустойчивости. Задачей этого расчета является определение фактических напряжений в материале деталей и сравнение их с допускаемыми. За основу расчета были выбраны: основной и покрывающий диски колеса нагнетателя. С учетом выбора стали 30ХГСА ГОСТ 1050-74 прочность этих элементов в конструированном нагнетателе 5ГЦ2-226/7,1-10,6 обеспечивается.



- [3] Селезнев К.П., Галеркин Ю.Б. Центробежные компрессоры. – Л. : машиностроение, 1982. – 271 с.
- [4] Рис В.Ф. Центробежные компрессорные машины. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1981. – 351 с.
- [5] Ден Г.Н. Проектирование проточной части центробежных компрессоров – Л: Машиностроение, 1980 – 232 с.
- [6] Селезнев К.П., Подобуев Ю.С., Анисимов С.А. Теория и расчет турбокомпрессоров. – Л. : Машиностроение, 1968. – 408 с.
- [7] Шехтман А.М. Газодинамические функции реальных газов: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1988 – 175с.
- [8] Ден Г.Н. Механика потока в центробежных компрессорах. – Л. : машиностроение , 1973. – 272 с.
- [9] Шнепп В.Б. Конструкция и расчет центробежных компрессорных машин. – М: Машиностроение, 1987 – 423с.

УДК 667.622

ИЗГОТОВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ КРАСОК В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ

Т.С. Бакланова

БОУ г. Омска «Средняя общеобразовательная школа № 56
с углубленным изучением отдельных предметов», г. Омск, РФ

Аннотация Изучен состав безопасных красок для изготовления в домашних условиях: белок (желток) и овощи (фрукты), содержащие яркие растительные пигменты, проведен сравнительный анализ качества и расчет себестоимости красок.

Ключевые слова – безопасные краски, растительные пигменты.

I. ВВЕДЕНИЕ

Бессспорно, одними из самых распространенных материалов для рисования являются краски. Именно с помощью разноцветных красок художник может не только отразить всю красоту окружающего мира на холсте, но и передать свои чувства и эмоции зрителю [8].

Первые краски появились более 17 000 лет назад на заре человечества [2]. Древние люди использовали глину, древесный уголь, минералы и растения, чтобы создавать с их помощью наскальную живопись, сохранившуюся до наших дней [1].

Краски - так удивительны и красивы, что порой ими хочется не только творить, но и пробовать их на вкус, что необходимо учитывать при работе с детьми.

Цель: получить в домашних условиях качественные краски, безопасные для здоровья.

Задачи:

1. Изготовить темперные краски в домашних условиях.
2. Оценить качество красок и их стоимость.

II. ТЕОРИЯ

Краски состоят из двух обязательных компонентов - пигмент и связующее [4].

Пигмент (лат. pigmentum - краска) - нерастворимый в дисперсных средах компонент, способный образовывать с плёнкообразователями декоративно-защитные покрытия, придающие цвет материалам [7]. Определённый цвет обусловлен способностью пигмента избирательно отражать лучи видимого света [2]. Свет, попадая на поверхность краски, проходит через прозрачное для них связующее, частично отражаясь от поверхности пленки по всему диапазону спектра и создавая эффект зеркальной, блестящей поверхности (блик) [4].

Связующие - это плёнкообразующие, вяжущие вещества, с помощью которых частицы пигмента скрепляются между собой и закрепляются на поверхности основы, образуя красочный слой [3]. От связующих зависит прочность красочного слоя, его старение и разрушение, эстетические эффекты (пастельная бархатистость, лаковая прозрачность, блеск, фактура), а также техника и технология живописи [4].

Ранее в состав краски, в основном, входили: пигмент или их смесь, льняное масло и скрипидар как разбавитель [8] для получения краски нужной консистенции [10].

III. РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведен социологический опрос в виде анкетирования обучающихся 9В класса школы № 56 г. Омска (15 мальчиков и 11 девочек) для изучения отношения ребят к рисованию.

На вопрос 1 «Вы любите рисовать?» дали положительный ответ 35% мальчиков и 82% девочек, что составляет 58% всех опрошенных (диаграмма 1).

Варианты ответов на вопрос 2 «Чем вы любите рисовать?»: гуашью - 31% опрошенных, фломастерами - 27%, карандашами - 23%, акварелью - 19%.

На вопрос «В детстве вы пробовали на вкус краски?» 77% опрошенных ответили, что пробовали, а 23% ответили, что такая мысль даже не приходила им в голову.

Таким образом, вопрос безопасности красок для здоровья человека при использовании является актуальным, особенно для маленьких детей.



Диаграмма 1. Распределение при анкетировании по вопросу 1

По составу красок наиболее безопасными считаются краски, полученные на основе яичного белка или желтка, то есть темперные краски [6, 7].

Для получения растительных пигментов выбраны продукты, имеющие яркую окраску - свекла, морковь и листья каланхое. Овощи и листья были натерты на мелкой терке, затем сок был отделен от мякоти через марлю.

Для изготовления красок на яичном белке и желтке в стаканах смешиваем 10 мл белка (желтка) с 10 мл красителя.

IV. ОБСУЖДЕНИЕ

Качество красок оценивалось органолептическим методом при написании картины (таблица 1).

Таблица 1.

Оценка качества изготовленных красок

Параметр	Краска	
	на желтке	на белке
Текстура	Более густые, с плотной текстурой	Достаточно жидкие, не плотные
Цвет	Пастельные теплые оттенки	Яркие холодные оттенки
Яркость	Насыщенные	Прозрачные
Глянец	Присутствует	Не имеется
Нанесение на бумагу	Хорошее, не растекается, ложится толстым слоем, но скатывается в неровностях	Водянистая, растекается по бумаге, ложится тонким слоем, однородным пятном
Высыхание	10-15 минут	5-7 минут

Краска, приготовленная при смешивании растительных пигментов с желтком, больше подходит для рисования, чем краска, изготовленная на белке. Краска на основе желтка по своей структуре очень напоминает жидкую гуашь: рисунки получаются яркие, насыщенные цветом, с характерным глянцем.

Таблица 2.

Оценка стоимости изготовления красок

Компонент	Цена	Цена, руб./мл	Цена краски, руб. (пропорция 1:1, объём 20 мл)	
Яйца	10 штук- 60 руб.	Белок - 0.2 Желток - 0.3	На белке	На желтке
Свекла	1 кг - 20 руб.	Свекольный сок - 0.02	2,2	3,2
Морковь	1 кг - 15 руб.	Морковный сок - 0.01	2,1	3,1
Листья каланхое	-----	Сок каланхое - 0.1	3,0	4,0



Краски на растительных пигментах имеют преимущества: экологически чистые, безопасные для здоровья человека, имеют естественные цвета, обладают хорошей кроющей способностью. Однако изготовление красок дома - процесс трудоемкий, отсутствуют яркие цвета, срок хранения ограничен. Себестоимость красок представлена в таблице 2.

Краска объёмом 20 мл, изготовленная на белке, стоит 2,2 руб. – 3,0 руб. в зависимости от растительного пигмента. В магазине краска этого же объёма стоит 12 руб. Следовательно, «домашняя краска» дешевле по стоимости в 4-5 раз. Краска объёмом 20 мл, приготовленная на желтке, стоит 3,1 руб. – 4,0 руб, т.е. дешевле краски из магазина в 4 раза.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что натуральные, экологически безопасные краски состоят из двух обязательных компонентов - пигмента и связующего. Темперные краски, приготовленные в домашних условиях на основе пигментов растений и яичных компонентов, при написании картины показали приемлемое для рисования качество, а их стоимость в 4-5 раз меньше промышленных красок.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1]. Аликберова Л.Ю. Занимательная химия: Книга для учащихся, учителей и родителей. - М.: АСТ-ПРЕСС, 2002. - 560 с.
- [2]. Гренберг Ю. И. Техника станковой живописи – М. 1982.
- [3]. Гусев В. И., Акварель, М. 1989
- [4]. Манджини А. «Цвет и красители» (перевод с итал.). - М: Знание, 1983
- [5]. Полосин В.С., Школьный эксперимент по неорганической химии. Изд.2-е, переработ. М., «Просвещение», 1970. - 336 с.
- [6]. Толмачёв И.А., Петренко Н.А. Пигменты и их применение в красках Москва: Пэйнт-Медиа, 2012
- [7]. Тютюнник В.В. Материалы и техника живописи. М.: Издательство академии художеств, 1962. - 206 с.
- [8.] Энциклопедический словарь юного химика / Сост. Крицман В.А., Станцо В.В. - М.: Педагогика, 1982- 368 с
- [9]. <http://artlab.club>
- [10]. <http://ru.wikipedia.ru/wiki/Пигмент>

УДК 66.074

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ

А.Е. Елиусизова, Д.Д. Щербаков

БОУ г. Омска «Инженерно-технологический лицей № 25», г. Омск, РФ

Аннотация - Рассмотрены вопросы загрязнения природных источников воды нефтью и нефтепродуктами, а также пагубного их влияния на обитателей водоемов, методы и способы очистки. Проведены эксперименты по очистке воды, загрязненной нефтепродуктами, с использованием экологически чистых сорбентов, рассчитан их расходный коэффициент. Проведен сравнительный анализ сорбентов, показана возможность использования регионального сырья (производство Омской области), проведена экономическая оценка. Результаты исследования применимы как при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, так и в системах доочистки сточных вод.

Ключевые слова - сорбенты, адсорбционный метод, фильтрование, биологическая пригодность.

I. ВВЕДЕНИЕ

При постоянно растущих требованиях по защите водных объектов необходимо целенаправленно разрабатывать и внедрять более совершенные фильтры, устройства и установки для качественной очистки и обезвреживания вод от нефти и нефтепродуктов.

Наиболее простым и часто применяемым методом является механическая очистка. При низкой загрязненности объекта рекомендуется применение адсорбционного метода с эффективностью до 99%. Перспективными сорбентами могут быть недорогие, экологически безопасные сорбирующие вещества, которые возможно дальше переработать.

Цель работы: исследование очистки воды от загрязнения нефтью и нефтепродуктами экологически чистыми сорбентами.

Задачи:

1. Изучение способов очистки воды от нефти и нефтепродуктов.
2. Подборка экологически чистых сорбирующих веществ.
3. Исследование способности сорбентов извлекать нефть.
4. Оценка качества воды органолептическим и биологическим методами.
5. Экономическая оценка проекта для Омской области.

II. ТЕОРИЯ

Нефть и нефтепродукты - самый распространенный и самый давний вид загрязнений морей и океанов. Еще древнегреческий историк Геродот сообщал о «черной слизи в море». Тогда речь шла о нефти, просачивающейся через морское дно. Однако этот естественный процесс - капля в море по сравнению с тем, сколько ее попадает в Мировой океан в результате деятельности человека. Каждый год в моря и океаны выбрасывается около четверти процента мировой добычи «черного золота» [1]. Примерно 6 млн. т ценнейшего сырья превращается в «загрязняющие вещества», которые разносятся морскими и воздушными течениями по всему океану [2].

III. РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведены эксперименты по очистке воды, загрязненной нефтепродуктами, с использованием различных экологически чистых сорбентов: уголь, кора, древесные опилки, хлопок, торф, песок, мох, силикагель и асбест (рис. 1, а). Достоинством названных сорбентов является то, что эти материалы имеют обширную сырьевую базу, дешевы и просты по способам получения и утилизации в сравнении с промышленно получаемыми синтетическими сорбентами [3, 4].

В работе использовалось фильтрование, а контроль качества воды осуществлялся методами – органолептическим и перманганатной окисляемости [5, 6]. Рассчитано количество сорбента на очистку воды от нефтепродуктов [7].



Проведена проверка очищенной воды на биологическую пригодность (рис. 1, б). Пленка от нефтепродуктов на поверхности воды не пропускает солнечный свет и кислород, тем самым замедляя процесс фотосинтеза: растения обесцвечиваются (окраска становится более блеклой). Биомаркером выбран аквариумный роголистник, который отличается быстрым ростом [8]. Растение было помещено в колбы с загрязненной и очищенной от нефтепродуктов различными сорбентами водой. Через четыре недели проведена оценка состояния биомаркера по количеству опавших листьев и их окраске: наилучшие результаты в качестве сорбентов продемонстрировали уголь, мох, асбест и силикагель.



а)

б)

Рис. 1. Эксперименты:
а) по очистке воды от нефтепродуктов с применением различных сорбентов;
б) по проверке очищенной воды биомаркерами.

IV. ОБСУЖДЕНИЕ

В исследовании отличные сорбционные возможности показали опилки, которые хорошо впитывают нефтепродукт на любой поверхности, поэтому их можно использовать при аварийных разливах нефтепродуктов сразу после аварии, как при наполнении боновых заграждений, так и при распыливании непосредственно на пятно. Для поглощения 1 барреля нефти расходуется 150 кг опилок, что составляет в ценах деревоперерабатывающего завода г. Омска - 53 рубля.

На втором месте по очищающей способности – мох, торф, расход которых на баррель нефти составляет 35 литров (1 750 руб.). Предлагается использовать торф на стадии доочистки фильтрованием. Совсем близко к нашему региону находятся Васюганские болота, которые имеют огромные запасы торфа.

На третьем месте – активированный уголь. Для адсорбции используют мелкую фракцию измельченного образца, который наносят равномерным слоем на пятно, что препятствует его увеличению. Смешавшаяся с водой нефть прилипает к частичкам угля и легко удаляется. Смесь угля и нефти хорошо горит, что облегчает дальнейшую утилизацию. На поглощение барреля нефти требуется 97,6 кг угля (9 662,4 руб.). Рассмотрена принципиальная схема сорбционной установки с последовательным введением сорбента (рис. 2).

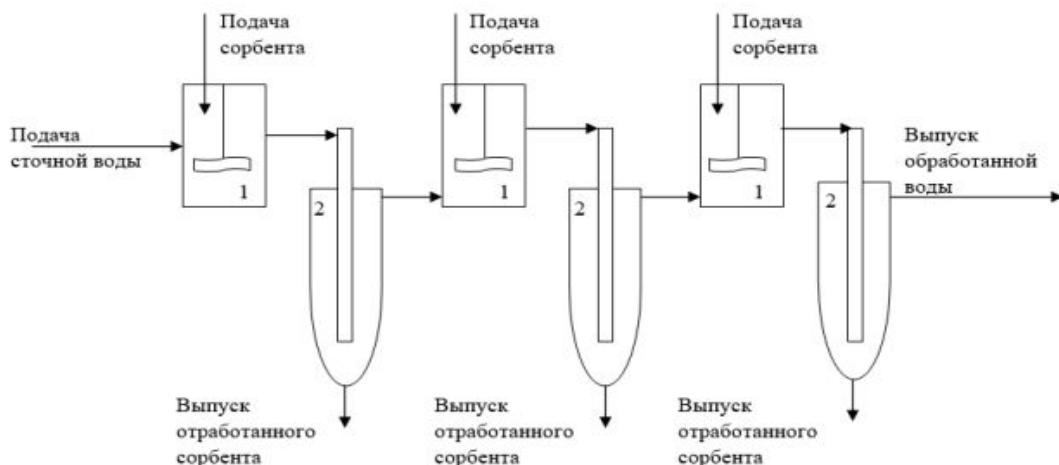


Рис. 2. Принципиальная схема сорбционной установки с последовательным введением сорбента

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследована возможность очистки воды от загрязнения нефтью и нефтепродуктами экологически чистыми сорбентами: уголь, кора, древесные опилки, хлопок, торф, песок, мох, силикагель и асбест.

Показаны преимущества и недостатки каждого сорбента, возможность использования регионального (Омской области) сырья, проведена экономическая оценка применения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2002 году». – М.: Министерство природных ресурсов Российской Федерации, 2003. – 480 с.
- [2] Информация пресс-службы Всемирного фонда дикой природы, <http://www.wwf.ru>
- [3] Валихметова Н.А., Старкова Н.В. Изучение свойств новых угольных сорбентов. Сборник докладов «Экология и проблемы защиты окружающей среды». – Красноярск, 1997, – С. 156.
- [4] Лисичкин Г.В., Бетанели В.И. Химики изобретают, – М.: Просвещение, 1990 г., – С. 82.
- [5] Лурье Ю.Ю., Рыбникова А.И. Химический анализ производственных сточных вод. – М.: Химия. 1974. – С.14, 37, 331.
- [6] Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977 г., – С. 24, 354, 326.
- [7] Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. – М. Владос, 2001 г., – С. 237, 271.
- [8] Золотницкий, Н. Ф. Аквариум любителя. Подробное описание водяных животных и растений для аквариума, устройства аквариума и ухода за ним / Н.Ф. Золотницкий. – М.: Издание А. А. Карцева, 2011. – 764 с.

35,47УДК 628.517

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАКЕТ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Д.И. Зинаков, Т.В. Денисова

БОУ г. Омска «Средняя общеобразовательная школа №45», г. Омск, РФ

Аннотация – Проведен сравнительный анализ кинематических характеристик ракет в зависимости от доли топлива первой ступени при наличии гравитации и в невесомости. Показано, что необходимому набору скорости ракеты способствует уменьшение эффективной массы за счёт отделения ступеней ракетоносителя.

Ключевые слова моделирование, многоступенчатая ракета.

I. ВВЕДЕНИЕ

Необходимому набору скорости ракеты способствует уменьшение эффективной массы за счёт отделения ступеней ракетоносителя. Однако увеличение числа ступеней даёт положительный эффект только до определённого предела. Изменение доли топлива и химического состава его компонентов также можно считать фактором, влияющим не только на значение конечной скорости полезного груза двухступенчатой ракеты, но и на уменьшение негативного воздействия на окружающую среду. Для уменьшения гравитационных потерь на практике выбирают такую траекторию полёта ракеты, которая очень быстро переходит из вертикальной в горизонтальную.

Цель работы: выяснить, какие факторы оказывают влияние на достижение ракетой необходимой скорости.

Задачи:

- 1 изучить устройство и принцип действия ракеты;
- 2 исследовать зависимость скорости двухступенчатой ракеты от различных факторов.

II. ТЕОРИЯ

В 1883 г. К.Э. Циолковский высказывал мысль о том, что в космосе можно передвигаться с помощью ракеты: «Планета – есть колыбель разума. Но нельзя вечно жить в колыбели» [1, 2]. Реактивную силу, за счет которой ракета поднимается в космос, создают реактивные двигатели, который выбрасывает вещество (рабочее тело) из сопла ракеты в одном направлении, а сам движется в противоположном. Рабочее тело ракеты, т.е. топливо ракетных двигателей, как правило, включает в себя горючее и окислитель, оба компонента чрезвычайно токсичны. При запусках «Протон-М» отделение первой ступени сопровождается проливом в атмосферу 0,6-4,0 т гептила $C_2H_8N_2$ и 1,4-4,0 т оксида азота N_2O_4 [3]. Гептил хорошо сохраняется в растительности и переходит в мясо животных, а значит и в организм человека.

Максимальная скорость, которую может получить одноступенчатая ракета в идеальном случае, т.е. когда её полёт происходит не только вне переделов атмосферы, но поля тяготения Земли, рассчитывается по формуле [4]:

$$V = I \cdot \ln \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

где I – удельный импульс реактивного двигателя – показывает эффективность двигателя, т.е. отношение тяги двигателя к расходу массы;

M_1 – начальная масса летательного аппарата (полезная нагрузка + конструкция аппарата + топливо);

M_2 – (полезная нагрузка + конструкция аппарата).

Чтобы преодолеть притяжение Земли и развить первую космическую скорость около 8 км/с, масса топлива должна превышать массу самой ракеты. Возможно механически скрепить вместе несколько ракет, при этом сумма всех конечных скоростей ступеней дает идеальную скорость многоступенчатой ракеты. Двигатель первой, самой большой ступени, включается при старте, ракета получает ускорение и сообщает его остальным ступеням, которые по отношению к ней



становятся полезной нагрузкой. Когда всё топливо выгорит, эта ступень отделяется от ракеты и сообщает свою скорость второй ступени. И так будет до тех пор, пока не закончится топливо в двигателе последней ступени ракеты, и космический корабль займёт свое место на орбите. Однако орбита космического аппарата может быть гораздо выше линии, от которой начинается космос. Вот для этого и нужен разгонный блок, который, по сути, является еще одной ступенью ракеты, оснащённой двигателем, способным многократно включаться и выключаться для изменения скорости при совершении манёвров [5-7].

Немаловажным фактором, влияющим на скорость ракеты, является вид и химический состав ракетного топлива: твёрдотопливные двигатели более опасны для окружающей среды, чем жидкые. Лучшим топливом с экологической точки зрения можно считать смесь водорода, в качестве горючего, и кислорода, в качестве окислителя, так как эти вещества не токсичны и не дают вредных продуктов реакции сгорания.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ

Вычислительный эксперимент 1.

Для виртуального конструктора задаем начальные условия: масса оболочек ракет – 100 кг; полезная нагрузка – 20 кг; масса топлива – 500 кг. В зависимости от доли топлива, помещаемого в первую ступень, можно определить скорость второй ступени ракеты (таблице 1).

Таблица 1.

Зависимость скорости двухступенчатой ракеты от доли топлива первой ступени

Доля топлива	Скорость ракеты, без гравитации/с гравитацией, м/с	
	одноступенчатой	двухступенчатой
0,50	2,78 / 24,05	40,61 / 31,88
0,55	2,78 / 24,05	41,78 / 32,78
0,60	2,78 / 24,05	42,42 / 34,06
0,65	2,78 / 24,05	43,33 / 34,60
0,70	2,78 / 24,05	44,20 / 35,47
0,75	2,78 / 24,05	44,98 / 36,26
0,80	2,81 / 24,05	45,69 / 36,97
0,85	2,81 / 24,05	45,95 / 37,23
0,90	2,81 / 24,05	45,13 / 36,69
0,95	2,81 / 24,05	42,87 / 34,52
1,00	2,81 / -	32,81 / -

Вычислительный эксперимент 2.

Ракета, стартуя вертикально, не только разгоняется, но и набирает высоту, преодолевая тяготение Земли, и на это также расходуется топливо, что влияет на скорость ракеты. Моделируя силу гравитации, направленную вертикально вниз, проведем сравнение разгона двухступенчатой ракеты при наличии гравитации и в невесомости (таблице 1).

IV. ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные вычислительный эксперимент на виртуальной модели показал, что изменение доли топлива, заливаемого в первую ступень, влияет на значение конечной скорости полезного груза двухступенчатой ракеты. Максимальная скорость достигается при отношении 0,85 доли топлива. Дальнейшее увеличение приводит к обратному эффекту. Реальная скорость будет ниже из-за торможения силой гравитации. Увеличение числа ступеней даёт положительный эффект только до определённого предела. Чем больше число ступеней – тем больше суммарная масса переходников, а также двигателей, работающих лишь на одном участке полёта. Это обстоятельство диктует оптимальное количество ступеней ракеты.

Для уменьшения гравитационных потерь на практике выбирают такую траекторию полёта ракеты, которая очень быстро переходит в горизонтальную.



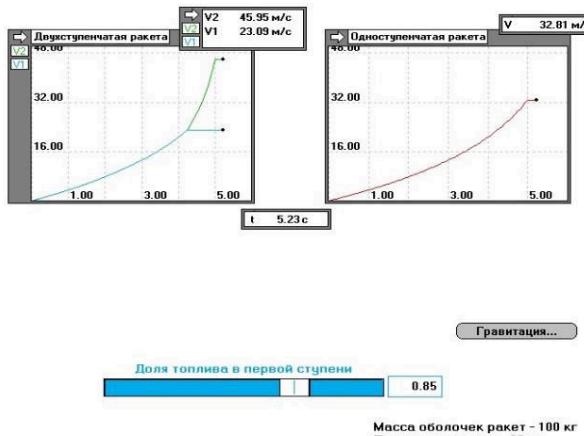


Рис. 1. Зависимость максимальной конечной скорости полезного груза от доли топлива первой ступени при наличии гравитации

V. ВЫВОДЫ

- На компьютерной модели показано, что необходимому набору скорости ракеты способствует уменьшение эффективной массы за счёт отделения ступеней ракетоносителя: чем больше ступеней, тем выше эффективность использования топлива.
- Из-за влияния торможения силой гравитации количество ступеней и доля топлива в первой ступени выбираются оптимальными.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] Циолковский К.Э. Труды по ракетной технике / Под редакцией М.К. Тихонравова. – М.: Оборонгиз, 1947.
- [2] Космонавтика (Энциклопедия), под ред. В. П. Глушко. Москва, Советская Энциклопедия, 1985.
- [3] Адушкин В. В., Козлов С. И., Петров А. В. Экологические проблемы и риски воздействия ракетно-космической техники на окружающую среду: Справочное пособие/Под общей редакцией Адушкина В. В., Козлова С. И., Петрова А. В. – М.:Анкил, 2000.
- [4] Циолковский К. Исследование мировых пространств реактивными приборами // Вестник воздухоплавания. – 1912. – № 3. – С. 16.
- [5] В. И. Левантовский – Механика космического полета в элементарном изложении. Москва, Наука, 1980.
- [6] Дорофеев А.А. Основы теории тепловых ракетных двигателей [Общая теория ракетных двигателей] МГТУ им. Н.Э. Баумана. М., 1999.
- [7] Общие сведения о космических аппаратах и ракетах http://ielf.ucoz.ru/load/istochniki/knigi/biblioteka_knig/13-1-0-93.

УДК 661.18

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБНОСТИ ПЯТНОВЫВОДИТЕЛЕЙ УДАЛЯТЬ ПЯТНА С ТКАНИ

В. Д. Манжалей, Ю. Б. Фризен

¹БОУ г. Омска «Лицей № 25», г. Омск, РФ

Аннотация – Проведено сравнительное изучение способности пятновыводителей как к выведению загрязнений, так и к оставлению собственного пятна. Все образцы пятновыводителей представлены в магазинах г. Омска.

Ключевые слова – Пятновыводитель, пятно.

I. ВВЕДЕНИЕ

Каждый из нас время от времени сталкивается с проблемой появления пятен на тканях. Пятновыводители - химические препараты, предназначенные для удаления небольших по размерам пятен с изделий из хлопка, шерстяных, шелковых, искусственных, синтетических и смешанных волокон; могут использоваться для удаления пятен с твердых поверхностей (пластmassы, керамика и др.).

Цель: определение наиболее эффективных пятновыводителей для тканей.

Задачи:

- 1 изучить состав и функции пятновыводителей;
- 2 экспериментально определить наиболее эффективный образец.

II. ТЕОРИЯ

По назначению различают пятновыводители для удаления: пятен от жиров, масел, масляных красок, смол, кремов и т.п.; цветных пятен органического (от вина, соков, крови, ягод, фруктов, чернил и т.д.) и неорганического происхождения (ржавчины) [1].

В составы пятновыводителей входят: растворители (бензин, уайт-спирит, ксилол, толуол, трихлорэтилен); поверхностью-активные вещества (ПАВ, например, сульфанол); окислители и восстановители (пергидроль, сульфат и гидросульфат натрия); кислоты (муравьиная, щавелевая, салициловая); соли (KF, NaSiF₆, триполифосфат натрия); высокодисперсные адсорбенты и наполнители (Аэросил, полимеры) [2].

Пятновыводители должны не только полностью удалять пятна с тканей, но и не оставлять на них собственного пятен, так называемых разводов с (видимой границей между очищенным и неочищенным участками, не обесцвечивать ткани, не оставлять стойкого запаха.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Эксперимент 1. Изучение рынок пятновыводителей в г. Омске.

Проведено сравнение ассортимента и цен пятновыводителей в ближайших магазинах нашего округа («Магнит косметик», «Победа», «Блеск»). Показано, что наибольший ассортимент товара с наименьшими ценами представлен в «Магнит-косметик».

Эксперимент 2. Изучение способности пятновыводителя полностью растворяться в воде, не оставляя осадка.

При выполнении эксперимента необходимо соблюдение техники безопасности и применение средств индивидуальной защиты. В ёмкость с горячей водой было добавлено одинаковое количество пятновыводителя. После перемешивания видно, что образец «Amway» растворился полностью, а образцы «АнтиПятин», «БОС» - не полностью и выпали в осадок (рис. 1, а).

Эксперимент 3. Определение наиболее эффективного пятновыводителя по отношению к красителям.

В ёмкости с растворенными пятновыводителями добавили с помощью пипетки равное количество капель бриллиантовой зелени. После перемешивания растворы с образцами «АнтиПятин» и «Amway» полностью растворили бриллиантовую зелень, в то время как пятновыводитель «БОС» неполностью (рис. 1, б).



Эксперимент 4. Определение более эффективного пятновыводителя по отношению к выведению загрязнений с ткани.

В ёмкости с горячей водой и пятновыводителями помещены ткани с трудно выводимыми пятнами (вафельные полотенца) и выдержали некоторое время. Пятновыводители «АнтиПятин»; «Clean & White», «БОС», «Amway» удаляют пятна, а образец «АнтиПятин» окрасил ткань. Наилучший результат показал образец «Amway».



a]



61

Рис. 1. Эксперименты с пятновыводителями: а) на растворимость в воде; б) по отношению к красителям

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительное изучение способности пятновыводителей, представленных в магазинах г. Омска, как к выведению загрязнений, так и к оставлению собственного пятна показало, что наилучший результат продемонстрировал образец «Amway».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] Бытовая химия [Электронный ресурс] – URL: <https://www.btoyaya-himiya.ru>
 - [2] Энциклопедия «Химик» [Электронный ресурс] – URL: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/3774.html>

УДК 502.37

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НЕФТЬЮ

А.В. Павлова

БОУ г.Омска «Инженерно-технологический лицей №25», г. Омск, РФ

Аннотация – Предложен способ очистки воды от нефтяного загрязнения с использованием ферромагнитной жидкости, которую можно получить в лабораторных условиях, используя в качестве основы магнитный тонер.

Ключевые слова – ферромагнитная жидкость, коллоидные системы

I. ВВЕДЕНИЕ

При добыче, транспортировке, переработке и использовании нефти и нефтепродуктов теряется около 50 млн. т/год. В результате загрязнения значительные территории становятся непригодными для сельскохозяйственного использования. С попаданием нефти и нефтепродуктов в почву нарушается процесс её естественного функционирования, при этом легкие углеводородные фракции испаряются в атмосферу, тяжелая часть нефти выносится водой за пределы площади загрязнения и рассеивается по пути движения водных потоков. Часть углеводородов подвергается биохимическому окислению.

Цель работы: предложить способ очистки воды от нефти.

Задачи:

1 рассмотреть способы очистки воды от нефти и нефтепродуктов;

2 провести эксперимент по способу очистки воды от нефтепродуктов при помощи ферромагнитной жидкости.

II. ТЕОРИЯ

Нефть – это полезное ископаемое в виде маслянистой жидкости, включающей в себя смесь углеводородных компонентов. Почти вся добываемая в мире нефть извлекается из нефтяных скважин, проходимых бурением земной поверхности или со дна водоёмов.

При нефтедобыче могут происходить изменения в окружающей среде, т.е. её загрязнение. Окружающую среду загрязняют главным образом сырья нефть, топлива, масла, нефтяные битумы, сажа. Следствием загрязнения нефтью является деградация растительного покрова: гибель неустойчивых видов растений, отмечается олугование, формирование болотной растительности. В результате загрязнений в почвах изменяется состав почвенных обитателей, в водоемах обедняется видовой состав и численность ихтиофауны вплоть до полного замора рыб, в наземных экосистемах изменяется численность птиц и млекопитающих.

Современные способы очистки воды подразделяются на механические, химические, физико-химические и биологические. Применение каждого способа определяется количеством и площадью нефтяного загрязнения.

Разработан магнитный метод отчистки воды от нефти на основе ферромагнитной жидкости, представляющей собой дисперсную систему из ферромагнитных частиц нанометровых размеров, находящихся во взвешенном состоянии в несущей жидкости, в качестве которой обычно выступает органический растворитель или вода.

В лазерных принтерах применяются диэлектрические магнитные тонеры (ДМ-тонеры), исполненные из смолы и намагниченной окиси железа. Для приготовления магнитной жидкости к 50 мл магнитного тонера нужно добавить 2 столовых ложки растительного масла и тщательно перемешать.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В воду налили немного нефтяного (минерального) масла, затем добавили небольшое количество магнитной жидкости. После тщательного перемешивания дали смеси отстояться. Магнитная жидкость растворилась в минеральном масле. Под действием магнитного поля пленка из



масла с растворенной в нем магнитной жидкостью начинает стягиваться к магниту. Поверхность воды постепенно очищается.



а)



б)

Рис. 1. Эксперимент по очистке воды от нефтяного масла: а) до очистки; б) после очистки

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На эксперименте показано, что добавление ферромагнитной жидкости к воде, загрязненной нефтепродуктом, приводит к очистке поверхности воды, что визуально приводит к её осветлению.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] Судо М. М. Нефть и горючие газы в современном мире. – М.: Недра, 1984.
- [2] Милanova Е. В., Рябчиков А. М. Использование природных ресурсов. Нефть и газ в зеркале планеты, – Деловой мир, 1994.
- [3] Большая Советская энциклопедия, – Советская энциклопедия, М., 1987 – Т.1.
- [4] Нефть и человек. – Эксмо-Пресс, 1996.
- [5] Химия нефти/ под редакцией З.И.Скопяева, – Л.: Химия, 1984.
- [6] Эрих В.Н., Расина М.Г., Рудин М.Г. Химия и технология нефти и газа, – Л.: Наука, 1985.
- [7] Пэрэушану В., Коробя М., Муска Г. Производство и использование углеводородов. – М.: Мир, 1987.
- [8] Технология основного органического и нефтехимического синтеза. – М.: Химия, 1988.
- [9] Журнал Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева. – 1989. – Т.34. – №6; 2003. – Т.48. – №6.

УДК 665.6/.7

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЗИМНЕГО ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА АЗС г. ОМСКА

М.Е. Пенькова, Ю.Г. Щербакова

БОУ г. Омска «Инженерно-технологический лицей № 25», г. Омск, РФ

Аннотация – Рассмотрены основные физико-химические свойства зимнего дизельного топлива, проведены исследования качества образцов с АЗС г. Омска.

Ключевые слова – дизельное топливо, параметры качества.

I. ВВЕДЕНИЕ

Для надежной длительной эксплуатации автомобиля наряду с хорошим техническим обслуживанием необходимо использование качественного топлива, от которого также зависит состав и объем вредных выбросов, загрязняющих окружающую среду, тем самым создавая угрозу здоровью людей [1].

Цель: установить качество зимнего дизельного топлива (ДТ) с АЗС г. Омска.

Задачи:

1. Экспериментальным путем определить физико-химические параметры образцов ДТ.
2. Провести сравнительный анализ полученных результатов с показателями качества.

II. ТЕОРИЯ

Качество ДТ должно удовлетворять основным требованиям – не вызывать значительной коррозии деталей двигателя; образовывать меньше нагара на деталях двигателя, не содержать механических примесей и воды. Посторонние примеси вместе со смолистыми и нагарообразующими веществами увеличивают накопление высокотемпературных отложений. Наличие воды в топливе вызывает коррозию топливных баков, элементов системы питания двигателя. При температуре ниже нуля вода, содержащаяся в топливе, замерзает и забивает топливопроводы и фильтры.

Сера является вредной примесью, так как ее соединения способствуют коррозии деталей топливной аппаратуры и увеличению нагарообразования в цилиндрах и повышенному износу трущихся деталей. Соединения серы, поступающие в окружающую среду с выхлопными газами, губительно влияют на окружающую среду [2, 6, 9].

Водорастворимые кислоты и щелочи из-за их большого коррозионного воздействия на металлы должны в топливе отсутствовать.

По требованию потребителя продавец на АЗС обязан предъявить копию паспорта качества ДТ.

В процессе транспортировки и хранения не всегда выдерживаются требования, предъявляемые к качеству топлива, поэтому заправка даже дорогим ДТ не дает гарантии, что оно соответствует заявленным характеристикам [3-5].

III. РЕЗУЛЬТАТЫ

Для исследования были взяты 4 образца зимнего ДТ с АЗС г. Омска «Газпромнефть», «Лукойл», «Топлайн» и «Октан».

Оборудование: стеклянные химические стаканы, пробирки, воронка стеклянная, пипетка, предметное стекло, перманганат калия, 5%- спиртовой раствор йода, фенолфталеин 1%-ный раствор в 60% -ном спирте; метиловый оранжевый 0,02%-ный водный раствор, медная проволока, спиртовка, цифровая лаборатория «Архимед».

Опыт 1. Внешний вид.

Визуальный осмотр топлива показал, что образцы прозрачные, но отличаются по цвету (таблица 1).

Опыт 2. Качественное определение воды в топливе.

Перманганат калия помогает выявить в ДТ присутствие воды, т.к. он хорошо растворяется в воде и окрашивает ее в характерный розовый цвет.



Образцы ДТ поместили в стеклянные стаканы, добавили несколько кристаллов перманганата марганца и перемешали. Исследуемые образцы не окрасились в розовый цвет, значит они не содержат воды.

Таблица 1.

Цвет образцов ДТ

АЗС	Производитель топлива	Цвет образца
«Газпромнефть»	«Газпромнефть - ОНПЗ»	желтый
«Топлайн»	«Газпромнефть - ОНПЗ»	желтый
«Лукойл»	«Лукойл - Пермнефтеоргсинтез»	желтый
«Октан»	«Газпромнефть - ОНПЗ»	коричневый

Опыт 3. Определение наличия серы в топливе

Испытание на медной проволоке является способом оценки коррозионной активности моторных топлив, зависящей от общего содержания коррозионно-активных соединений, прежде всего серы.

Проволоку из меди погрузили в испытуемое топливо и выдержали сутки при комнатной температуре. Топливо не соответствует требованиям, если после испытания проволока покрываются черными, коричневыми пятнами или налетом. Образец топлива с АЗС «Октан» не выдержало испытания - проволока покрылась черным налетом (рис. 1).

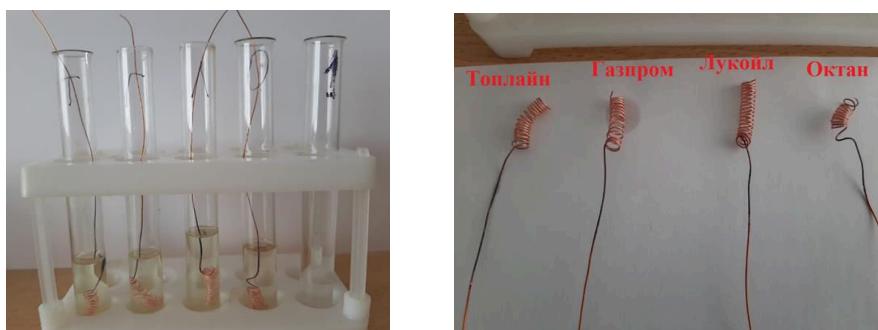


Рис. 1 Проба на медную проволоку

Опыт 4. Определение pH образцов.

В исследуемые образцы добавляли индикаторы фенолфталеин и метиловый оранжевый. Окраска индикаторов в образцах не изменилась, т.е. водорастворимые кислоты и щелочи отсутствуют.

Для измерения pH с помощью цифровой лаборатории «Архимед» электрод погружали в образцы топлива, замеряли значения (рис. 2). Результаты показали, что во всех образцах топлива нейтральная реакция среды ($\text{pH} 7$), т.е. водорастворимые кислоты и щелочи не содержатся.

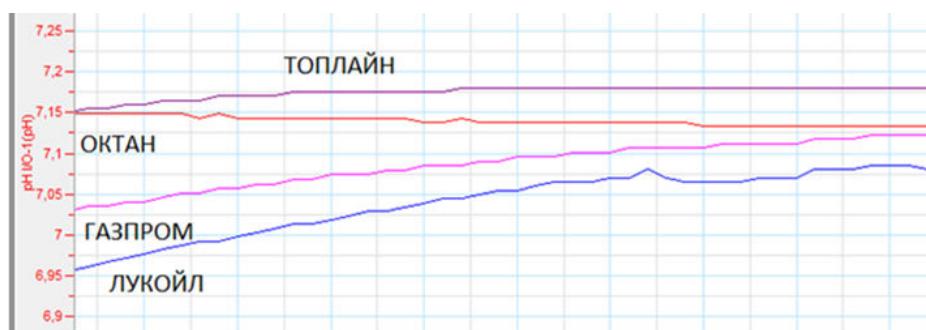


Рис. 2 Измерение pH топлив с помощью цифровой лаборатории «Архимед»

Опыт 5. Определение наличия смол

Каплю ДТ наносили на предметное стекло и поджигали. Проведенные исследования показали, что образцы «Топлайн», «Газпромнефть», «Лукойл» оставили пятна белого цвета, это значит, что свидетельствует о низком содержании смолистых веществ. Для образца ДТ «Октан» пятно было коричневого цвета, что указывает на значительное содержание смол, что хорошо согласуется с исходным коричневым цветом образца топлива.

IV. ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты испытаний образов ДТ представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты испытаний образцов ДТ

Образец ДТ АЗС	Результат определения наличия				
	вода	мехпримеси	серы	кислоты, щелочи	смолы
«Газпром- нефть»	–	–	–	–	–
«Топлайн»	–	–	–	–	–
«Лукойл»	–	–	–	–	–
«Октан»	–	–	+	–	+

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение образцов ДТ с АЗС г. Омска показало, что по физико-химическим показателям образцы ДТ «Газпромнефть», «Лукойл», «Топлайн» соответствуют требованиям по качеству [7, 8], а в образце ДТ «Октан» присутствуют серосодержащие соединения и смолы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] Анисимов И.Г. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник / И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А. Бнатов и др.; Под ред. В.М. Школьникова. Изд. 2-е перераб. и доп. - М.: Издательский центр «Техинформ», 1999. - 596 с.
- [2] Виноградов О.В., Карелина А.С. Влияние показателей качества автомобильного бензина и дизельного топлива на состояние окружающей среды // Молодой ученый – 2016. - № 8 (112). – с. 194 – 199.
- [3] ГОСТ 32511-2013 Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия – Москва.: «Стандартинформ», 2014.
- [4] ГОСТ Р 55475-2013 Топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинированное. Технические условия, – Москва.: «Стандартинформ», 2013.
- [5] ГОСТ Р 52368-2005 Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. – Москва.: «Стандартинформ», 2009.
- [6] Елисеева Т.П., Ежова И.М., Лакирбая И.Д. Исследование воздействия техногенных факторов на окружающую среду с целью обоснования управлеченческих решений по обеспечению экологической безопасности регионов России // Инженерный вестник Дона – 2014. - № 2.
- [7] Кузнецов А.В. Практикум по топливу и смазочным материалам / А.В. Кузнецов, М.А. Кульчев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 224 с.
- [8] Пономаренко В.С. Эксплуатационные материалы: лабораторный практикум / В.С. Пономаренко, А.Л. Иванов, С.В. Корнеев – Омск: СибАДИ, 2010. 80 с.
- [9] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 013/2011 О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту.

УДК 628.477

ВРЕД И ПОЛЬЗА ПЛАСТИКА

Пермогорский К.Д.¹, Кузьменко Н.Н.²

¹Ученик 11 класса БОУ «СОШ №45», г. Омск, РФ

²Учитель химии и биологии БОУ «СОШ №45», г. Омск, РФ

Аннотация Проведен общий обзор применения пластика как упаковочного материала для продуктов и бытовых товаров. Показано негативное влияние нагревания и сжигания пластика на здоровье человека.

Ключевые слова пластик, продукты.

I. ВВЕДЕНИЕ

Пластик стремительно вошёл в жизнь современного человека. Этот материал используют практически везде: из него изготавливают бутылки, контейнеры, упаковки, ручки, посуду, мебель, детские игрушки, ведра, тазики, совки и прочее. Особенno широко используются в медицине, в быту и в промышленности. Во многом популярность этого материала обусловлена его свойствами: долговечностью, легкостью и удобством в использовании. Большое количество пластиковой тары на прилавках магазина и пластикового мусора на улицах Омска и Омской области в лесу, оврагах, обочинах дорог, на набережной реки и около озер.

Цель: оценить вред и пользу пластика и рассмотреть альтернативные материалы для производства жизненно важных для человека изделий.

Задача:

- изучить распространение пластиковых изделий для упаковки товаров.

II. ТЕОРИЯ

На одного жителя России приходится в год 200 кг пластиковых отходов, которые разлагаются от 200 до 1000 лет.

Пластик разделяют по следующим признакам: жесткость; жирность; химический состав. По воздействию нагревания на пластик выделяют следующие виды: реактопласти; термопласти; эластомеры. Различные виды пластика имеют разные свойства и могут использоваться в разнообразных сферах применения: в пищевой, медицинской, бытовой, сельскохозяйственной, поскольку они легкие, небьющиеся, легко транспортируются, могут принимать любую форму, с тем, чтобы данная продукция отличалась от остальных товаров в данной нише. Для жидкостей, которые негативно воспринимают воздействие солнечных лучей, изготавливают бутылки из цветного или непрозрачного матового пластика. Пластик в исходном состоянии достаточно непрочный, хрупкий материал - на свету он трескается, от высокой температуры плавится. Для прочности в него добавляют вещества-стабилизаторы, от чего пластмасса становится крепче, но и токсичнее [1, 2].

Пластиковые изделия имеют маркировку (таблица 1), поясняющую химический состав, область применения и возможный вред здоровью при неправильной эксплуатации изделия [3].

III. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведено исследование распространения пластика в торговых центрах «Пятёрочка» и «Магнит». Показано, что широкий ассортимент как продуктов питания (растительное масло, соусы, кетчупы, молочные продукты, минеральная вода, квасы, лимонады, приправы), так и товары хозяйственного назначения (шампуни, ополаскиватели, жидкое мыло, моющие и чистящие средства, зубные пасты) расфасован в пластиковую тару.

Эксперимент 1. Изменение формы пластикового изделия от температуры.

В ПЭТ - бутылку залили горячую воду и наблюдали изменение формы бутылки, которая не восстановилась после охлаждения. Физические свойства пластика меняются при нагревании, возможны и химические процессы, приводящие к выделению в жидкость вредных для организма вещества.

Таблица 1.

Маркировка пластиковых изделий

№ п/п	Вид пластика, обозначение	Изделия	Вред
1	Полиэтилентере- фталат (PET) 	Одноразовые стаканчики, тарелки, банки, коробки, бутылки.	Опасен при повторном использовании или нагревании. При 28°C в 10 раз увеличивается скорость выделения вредных веществ в воду или пищу.
2	Полиэтилен высо- кого давления (HDPE) 	Пакеты, кружки, банки, бутылки.	Нельзя подвергать воздействию высокой температуры. Выделяется канцероген – формальдегид.
3	Поливинилхлорид (PVC) 	Пищевая плёнка, пакеты, пластиковые бутылки	При несоблюдении условий эксплуатации выделяются вредные токсичные вещества – фталаты, диоксид, бисфенол-А, тяжёлые металлы и винилхлорид. Нельзя разогревать, охлаждать (в том числе в холодильнике), запрещён контакт с жирной пищей.
4	Полиэтилен низкого давления (LDPE) 	Гибкие пластиковые упаковки, бутылки (для растительного масла), пакеты, ёмкости для моющих средств.	При нагревании выделяет канцерогенный яд – формальдегид. Нельзя в заведениях быстрого питания разогревать в микроволновках еду в полиэтиленовых пакетах.
5	Полипропилен (PP) 	Пищевая упаковочная плёнка, стаканчики для сметаны и кефира, тарелки, ложки, вилки, крышечки, детские бутылочки, контейнеры для горячей пищи	Выдерживает температуры до 100°C. Из изделий нельзя пить алкоголь, а также есть жирную пищу. Выше 100° по Цельсию нагревать не рекомендуется. Вреден для почек и зрения.
6	Полистирол (PS) 	Лотки и контейнеры для хранения пищи, ложки и вилки, стаканы, стаканчики для йогурта.	Нельзя нагревать посуду, в том числе пить из неё горячие напитки. Предназначен исключительно для холодной пищи. В случае нарушения условий эксплуатации выделяет в пищу или воду стирол, который является канцерогеном и химическим эстрогеном, негативно влияющим на репродуктивные функции.
7	Смесь разных пластиков (OTHER) 	Пластиковая посуда из различных материалов. Состав может быть разным (кулеры для воды).	Чаще всего делаются из поликарбоната. Поликарбонат при длительном использовании или нагревании выделяет токсичный элемент бисфенол-а, который нарушает физиологические процессы в организме и приводит к гормональному дисбалансу.

Эксперимент 2. Сжигание пластика.

При сжигании пластиковой бутылки выделяется дым с резким неприятным запахом, пластик начал плавиться и покрываться чёрным нагаром, поэтому при сжигании пластика происходит загрязнение воздуха, принося вред здоровью человека [4, 5].

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мониторинг покупок продовольственного и хозяйственно-бытового назначения в торговых центрах «Пятерочка» и «Магнит» показал, что у каждого посетителя от 3 до 7 наименований товаров в пластиковой таре. Эксперименты по нагреванию и сжиганию пластика показали негативное влияние на здоровье человека.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- [1] Кувшинский Д.А., Гринь В.А. Человек и экология. – М., 1971.
- [2] Проскуряков В.А., Шмидт Л.И. Пластмасса в промышленности. – М., 1987.
- [3] Юдин А.М. Химия в нашем доме. Справочное издание, 2-ое издание. Стер. - М.: Химия, 1985.
- [4] <http://meclean.ru/pererabotka-plastikovyh-butylok>.
- [5] <http://balahna.cataloxy.ru/firms/prompererabotka.ru.htm>.



Научное издание

**ИНЖИНИРИНГ 4.0: НЕФТЕХИМИЯ И
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XI Научно-технической конференции
молодежная секция
ПАО «ОНХП»
2020 год

Ответственный за выпуск – М.В. Гончаренко, О.А. Рeutова

Дизайн обложки – М.Е. Рогожникова

Компьютерный набор – М.В. Гончаренко

Компьютерная верстка – М.Е. Рогожникова

Подписано в печать 19.11.2020. Формат 60x84 1/8.
Бумага ColorCopy 90 г/м2. Бумага обложка Colotech 280 г/м2.
Гарнитура Din Round Pro. Печать цифровая. Тираж 50 экз.

Отпечатано в типографии
ПАО «ОНХП»
644050, Россия, г. Омск,
Бульвар Инженеров, 1
Тел.: (3812) 438-514

