

ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ ООО «АФИПСКИЙ НПЗ» НА АППАРАТЕ ПОЛНОЙ РАЗГОНКИ НЕФТИ

© А. В. Сидоров, Ю. П. Ясьян

КГТУ, Краснодар, Россия

В данной работе проведен анализ нефтяного сырья ООО «Афипский НПЗ», кратко рассмотрены современные методы исследований нефти. Приведены результаты качественного определения узких дистиллятных фракций. Расчетные математические модели современных технологических объектов глубокой переработки нефти позволят определить технологические параметры для увеличения глубины переработки результатов.

Ключевые слова: исследование, нефть, фракционный состав, система моделирования, химический состав

В последнее время для специалистов нефтеперерабатывающих предприятий, а также для проектных и научно-исследовательских организаций весьма важной информацией является детальная характеристика состава исходного нефтяного сырья. Чем более полная информация имеется о качестве сырья, тем более качественно будет построен процесс моделирования процессов переработки. Современные методы анализа сырья позволяют получить базовые данные для построения моделей новых технологических процессов, а также производить планирование производства в программе PIMS (Process Industry Modeling System – система моделирования перерабатывающей промышленности) [1].

Прогнозирование качественных характеристик потоков нефтепродуктов и конечной продукции на установках выполняется с учетом корреляционной зависимости между составом нефтяного сырья, физико-химическими характеристиками полуфабрикатов, эксплуатационными характеристиками технологических установок, что играет важную роль при разработке новой конкурентоспособной продукции [2, 3].

Основным источником сырья для ООО «Афипский НПЗ» служит смесь Западно-Сибирской нефти. На территории Западной Си-

бири добывается 70% от всей российской нефти. Трасс нефтепровода проходит через ряд городов и поселков от Нижнего Новгорода до Ангарска. Нефти из Западно-Сибирского месторождения могут поступать на НПЗ, находящиеся и на водных путях, а также в морской терминал города Туапсе. Новые нефтеперерабатывающие заводы в районах добычи нефти уже не строят. Они сооружаются на существующих трассах нефтепроводов. Западно-Сибирская нефть добывается из разных месторождений и в разных пластах: Восточно-Сургутская, Мало-Балыкская, Приобская, Покачевская, Варьеганская, Губкинская, Уренгойская, Ен-Яхинская, Русская, Новопортовская, Бованенковская, Харампурская, Кальчинская, Ханты-Мансийская, Нефть экспортная URALS [4], поэтому ее качество может различаться в зависимости от места добычи.

В последнее время наблюдается ухудшение качества нефти, подаваемой на переработку. Увеличение содержания серы и сероводорода широко освещено в различных публикациях. Следует также обратить внимание на повышение доли парафина в Западно-Сибирской нефти, который, в свою очередь, приводит к снижению общего выхода легких фракций, так как снижается плотность нефти и вязкость [5].

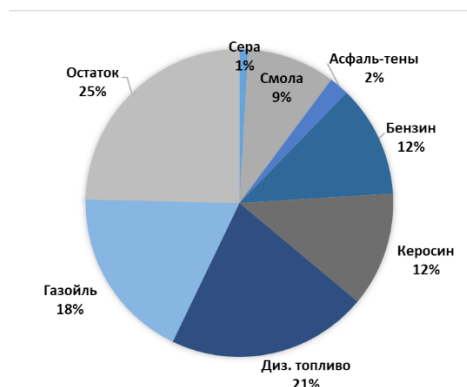


Рис. 1. Химический состав нефти Западной Сибири

Основной сорт нефти URALS, поступающий на Юг России, представлен на рисунке 1 [4].

Состав нефти меняется при транспортировке, и задача изучения состава нефти стоит остро. Для изучения состава нефти на первое место выходят методы хроматографического анализа, а также сложные аппараты для автоматической разгонки нефти. Большую работу в данном направлении проводят ВНИИ НП и Средневожский НИИ НП, который также разрабатывает новые методики для более качественного и углубленного изучения нефти [6].

Ниже приводится краткий перечень современных приборов для определения фракционного состава нефтяного сырья.

Производством В/R Instrument США представлен прибор, на котором возможно выполнение анализа по методам ASTM D2892–18 и ASTM D5236 – это автоматическая установка для атмосферно-вакуумной дистилляции сырой нефти и остаточных нефтепродуктов, которая приведена на рисунке 2. [7]

Во Франции фирма ISL-by-PAC разрабо-



Рис. 3. Аппарат MicroDist

тала автоматический поточный анализатор фракционного состава нефтепродуктов MicroDist™ (рисунок 3), предназначенный для выполнения анализов по методам

ASTM D7345, ASTM D86, IP 123, ISO 3405, ГОСТ 2177, ГОСТ Р ЕН ИСО 3405 [7].

В Нидерландах выполнение анализов по методам ASTM D3710, ASTM D7096, ASTM D2887, ASTM D5442, ASTM D7213, ASTM D7398, ASTM D6352, ASTM D7169, ASTM D7500, EN 15199-3, EN 15199-1, EN 15199-2, IP 406, IP 480, IP 507, IP 545, ISO 3924 производителем ANALYTICAL CONTROLS-by-PAC разработан современный аппарат AC SimDis, представленный на рисунке 4 [7]. На нем можно выполнять одновременное определение фракционного состава по углеводородным веществам, по азотистым и сернистым соединениям в нефти и нефтепродуктах.

Все указанные аппараты современные,



Рис. 2. Аппарат Automaxx

позволяют выполнить автоматически все испытания, интегрируются с программным обеспечением и выдают результаты в различных удобных вариантах для обработки данных. Основным недостатком можно выделить, что все они иностранного производства, комплектующие зависят от курса валют и весьма дорогие в плане обслуживания.

В России производители предлагают современные аппараты для определения фракционного состава при атмосферном давлении, немного уступающие по техническим возможностям, на основе АРН-2, такие вариации как АРН-ЛАБ-11, АРН-ЛАБ-03, Линтел АРНС-21, АФС-02 [8, 9] (рисунок 5, 6).

Однако при грантовой поддержке Фонда Сколково исследования осуществляются новым производителем лабораторного оборудования и техники – компанией TECHNO. Разработанный автоматический анализатор для определения фракционного состава DIST-A1 снабжен всеми необходимыми современными функциями, большим дисплеем с выводом схемы и параметров процесса дистилляции во время испытания [10]. По функциональным характеристикам прибор не уступает зарубежным аналогам, обладает широким спектром методов: ASTM D86, ISO 3405, E123, DIN51751, ГОСТ Р 53707, ГОСТ 2177, ГОСТ Р ЕН ИСО 3405, IP195, ГОСТ ISO 3405. В 2021 году прибор прошел сертификацию соответствия СЕ, сертификат выдается с учетом результатов испытаний в сертификационных органах Евросоюза и лабораториях.

Большинство аппаратов для определения фракционного состава имеют достаточно большую массу и габаритные площади, длительная продолжительность выполнения испытаний делает данные приборы слишком сложными для оперативного управления процессами в условиях действующих заводов, так одним из примеров можно привести прибор PETRODIST® 200 СС, представленный на рисунке 7 [11]. Полностью автоматическая система фракционирования высококипящих компонентов неф-

ти, управляемая процессором, в соответствии с ASTM D-5236, далее система продолжает дистилляцию с остатком по методу ASTM D-2892. Аппарат управляется компьютером и предназначен для полностью автоматической работы для фракционирования сырой

нефти. Скорость кипения регулируется в соответствии с заранее выбираемой скоростью дистилляции. Автоматическая система обеспечивает процесс создания и поддержания вакуума в соответствии с правилами ASTM, который запускается при достижении предварительно выбираемой температуры колбы (например, при достижении 300°C). Параметры для процесса автоматического уменьшения вакуума рассчитываются и автоматически настраиваются системой в соответствии с фактическими параметрами процесса. При работе аппарата



Рис. 4. Аппарат AC SimDis



Рис. 5. Аппарат АРН-2



Рис. 6. Аппарат АРН-ЛАБ-11



Рис. 7. Аппарат PETRODIST® 200 CC

обеспечивается непрерывный процесс проведения испытания. Прибор оснащен автоматической системой отслеживания объема в режиме реального времени для измерения объема каждой фракции и определения скорости дистилляции, а также автоматического измерения веса. Кривая истинных температур кипения (ИТК) выводится на печать в процентах по весу и объему.

Как видно из рисунка 7, аппарат имеет весьма габаритные размеры, в зависимости от размера колбы варьируется в пределах (2×3,5×0,9) м.

Не все производственные лаборатории и заводы могут позволить себе приобретение достаточно дорогостоящих и габаритных приборов для выполнения производственных задач.

В связи с этим большой интерес вызывают новейшие направления по математическому моделированию процессов перегонки и развитию анализаторов минидистилляции.

В свете последних событий особое внимание уделяется приборам из таких стран, как Белоруссия, которая преуспела в данном направлении. Производимые приборы для выполнения испытаний по минидистилляции намного удобнее в эксплуатации, быстрее в части получения результатов, являются ком-

пактными по размерам. В публикациях Полоцкого государственного университета описано успешное развитие направления по созданию приборов минидистилляции нефтепродуктов для определения различных вариантов их фракционного состава, в том числе для тяжелых, выкипающих при температурах выше 400°C, и методу ИТК [12]. Приборы для определения фракционного состава представляют собой небольшие аппараты массой до 8 кг, продолжительность анализа пробы составляет не более 10 мин.; объем пробы не более 10 мл. Выпускаются приборы по минидистилляции на заводе «Измеритель» в городе Новополоцк. Оснащенность и программное обеспечение приборов постоянно совершенствуются, основой приборов служит компьютерная система, алгоритмы и математические программы для расшифровки фракционной разгонки с учетом температуры и давления. Внешний вид аппарата приведен на рисунке 8 «Аппарат минидистилляции PMD».

Расчетные методы определения фракционного состава легли в основу патента № 227384 «Определение фракционного состава жидких нефтепродуктов, выкипающих до 400°C, с нахождением молекулярного веса фракций посредством экспресс-перегонки и устройство для этого определения» [13], в котором описаны математические формулы для эмпирического определения характеристик кривой ИТК. Патент был зарегистрирован в 2003 году при соавторстве российских и белорусских ученых. В следующем патенте № 2273845 «Определение фракционного состава жидких нефтепродуктов, выкипающих до 400°C, с нахождением

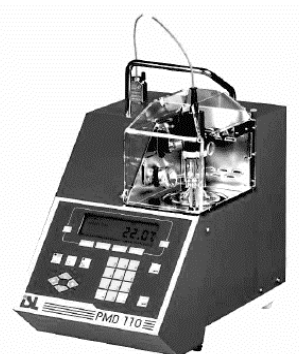


Рис. 8. Аппарат минидистилляции PMD

молекулярного веса фракций посредством экспресс-перегонки и устройство для этого определения» уделено внимание повышению эффективности и воспроизводимости измерений, полученных при определении фракционного состава в традиционной перегонной колбе, окруженной изоляционным защитным чехлом [14]. При выполнении испытаний проводятся измерения температуры с помощью термopары и изменения плотности нефтепродукта тензодатчиком. Все данные поступают на компьютер и обрабатываются специальными алгоритмами. Предлагаемые Полоцким государственным университетом методы определения фракционного состава имеют существенные преимущества: время проведения перегонки сокращается в 5-10 раз, сходимость и воспроизводимость результатов увеличиваются, что немаловажно – аппаратное оформление более простое и надежное в эксплуатации, а габариты и вес приборов намного меньше.

Для проведения автоматизированного процесса фракционной разгонки по методам ГОСТ 2177, ISO3405 в Белоруссии был разработан прибор «АФСА», оснащенный микропроцессорным управлением, датчиками замеров температуры и уровнем меры жидкости. Прибор был зарегистрирован в Государственном реестре Беларуси [15]. Программное обеспечение имеет широкий спектр технических возможностей, таких как проведение дистилляции с определением температур начала и конца кипения, определения скорости дистилляции, замерами паров с корректирующими показателями на атмосферное давление. Аппарат позволяет выводить графики и таблицы с измеренными показателями, изменять программу разгонки, выполнять расчёт цетанового индекса, проводить расчеты процента выкипания пробы, потерь и объемов отгона узких фракций, калибровку датчиков.

Более усовершенствованной версией является прибор «АФСА-С» – автоматический прибор для выполнения испытаний по методам ГОСТ 2177-99, ГОСТ Р 57036-2016, EN ISO 3405:2019. В дополнение к предыдущей версии аппарат дополнен автоматической системой пожаротушения с оптическим детектором, отключением питания и подачей инертного

газа в случае воспламенения или пожара [16]. Установлен цветной дисплей, отображающий процесс дистилляции, параметры разгонки, ошибки прибора. Встроенное программное обеспечение сохраняет данные по результатам испытаний на внутренней памяти с возможностью выгрузки на ПК, а также интеграцией с системой ЛИМС [17].

В России приборы данного модельного ряда положительно зарекомендовали себя в государственных учреждениях. В 2008 году прибор «АФСА-2» был приобретен ОАО «Уралоргсинтез» взамен АРНС-ЛАБ, а уже в 2009 году прибор был рекомендован для исследовательских целей в лабораториях. Подчеркнуто обеспечение прибора программным модулем с наличием программ разгонок на базовые нефтепродукты, легко адаптируемого к испытуемым в лаборатории нефтепродуктам. Отмечено дополнительное преимущество программного обеспечения наличием на сайте производителя обновленных версий ПО.

В 2015 году с прибором АФСА-2 работал ФБУ «Тульский ЦСМ», по результатам эксплуатации в нефтехимической лаборатории испытательного центра прибор рекомендован для использования в лабораториях по контролю качества нефтепродуктов предприятий Российской Федерации. ФГУ «Иркутский ЦСМ» в 2019 году оставил отзыв, отметил простоту и надежность прибора «АФСА», который показал высокую прецизионность полученных результатов.

Что касается аналогов китайского производства, то предлагается на рынке небольшой ассортимент, один из приборов, такой как аппарат SYP2001-V фирмы Shanghai SHENKAI Petroleum Equipment Co., Ltd. [17]. Диапазон температуры дистилляции в пределах от 0 до 400°C, прибор автоматически проводит фракционирование, на дисплей выводятся в режиме реального времени необходимые параметры и кривая ИТК. Ручные аппараты, внешне напоминающие АРН-2, модели SYP2001-III и SYP2001-VI уже сняты с производства. Полуавтоматические аппараты для определения фракционного состава нефтепродуктов представлены в двух вариациях: модель SYP2001-VIB с холодильной установкой, модель SYP2001-V

со встроенной холодильной установкой. Приборы достаточно простые в плане аппаратного оформления и выполнения испытаний. На жидкокристаллическом сенсорном дисплее выводятся температуры охлаждающей бани, а также температуры камер приемных цилиндров и время проведения испытания. Управление нагревом колб выполняется вручную при помощи регулятора напряжения, по термометру лаборантом ведется визуальный контроль температуры.

В последних публикациях [21] китайскими учеными было подтверждено, что существенную роль при моделировании новых процессов гидрокрекинга имеет качественное и глубокое исследование состава и свойств сырья, а также определение массового выхода продуктов, в частности вакуумного газойля. Из примерно 50 параметров для калибровки модели в программном обеспечении наиболее чувствительным является выход продуктов, особенно для калибровки модели установки для корреляции данных между прогнозным расчетным выходом продуктов и действительным, получаемым на реальных установках. Для более глубокой оценки модели используются и вспомогательные характеристики сы-



Рис. 9. Аппарат MINIDIST PLUS

рья, такие как плотность и содержание серы во фракции газойля.

Одним из технически сложных аппаратов для атмосферной и вакуумной разгонки сырой нефти и тяжелых нефтяных остатков является автоматический аппарат MINIDIST PLUS [18], на котором проведена разгонка пробы Западно-Сибирской нефти для ООО «Афипский НПЗ» (рисунок 9). Производителем является французская фирма «Gecil Process S.A.». Га-

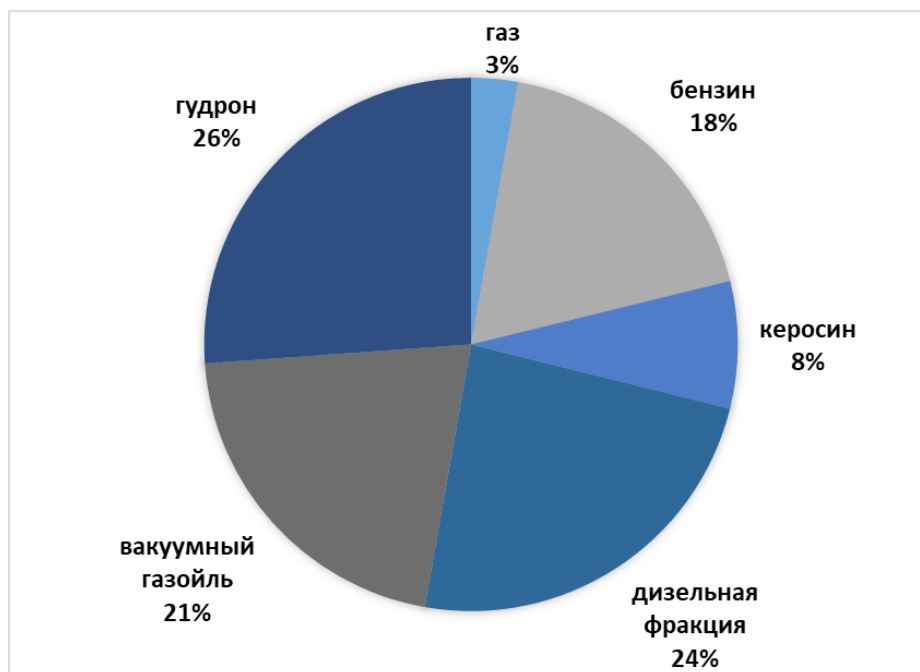


Рис. 10. Результаты определения фракционного состава смеси Западно-Сибирской нефти по методу ASTM D 2892/5236

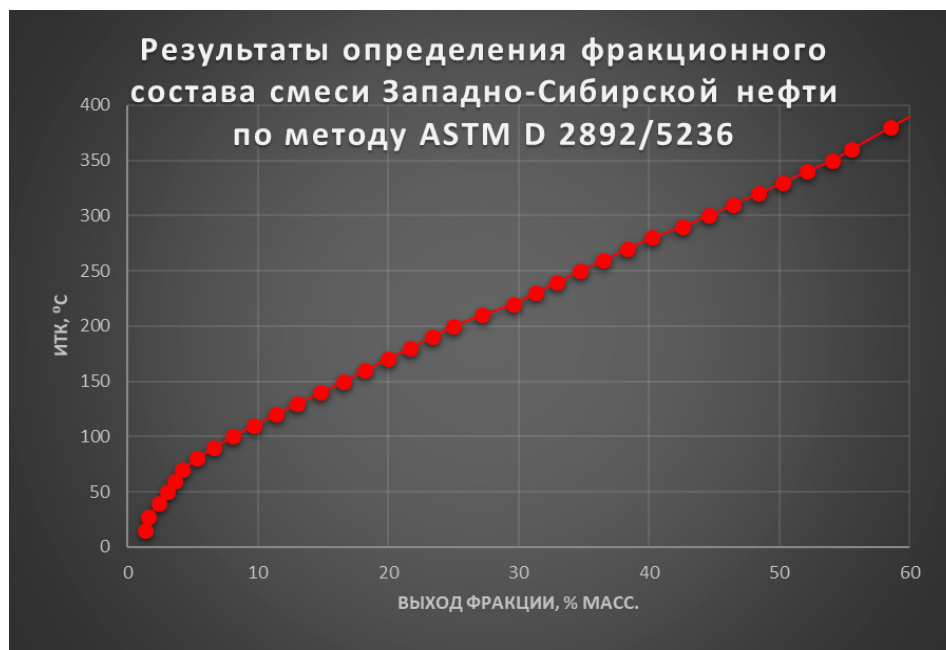


Рис. 11. Кривая ИТК Западно-Сибирской нефти

баритные размеры аппарата: ширина 650 мм х глубина 500 мм х высота 850 мм, вес примерно 110 кг. Современный Minidist Plus оснащен персональным компьютером Pentium с возможностью управления всеми параметрами разгонки в локальном режиме. Лаборант может контролировать аппарат и при необходимости менять режим проведения испытания. Данные в режиме реального времени записываются на компьютер, также существует возможность интеграции с системой LIMS. Для печати выводятся необходимые результаты: графики, таблицы, кривая скорости разгонки, ИТК, масса полученных узких фракций.

Метод проведения испытаний ASTM D 2892-18 «Стандартный метод перегонки сырой нефти (ректификационная колонна с 15 теоретическими тарелками)», ASTM D 5236. Стандартный метод испытания дистилляции тяжелых углеводородных смесей (метод вакуумной дистилляции в перегонном кубе) [19, 20].

На первом этапе испытания была проведена дебутанизация нефти, далее выполнялась перегонка при атмосферном давлении, коэффициент орошения 5:1 для рабочих давлений от 5 до 2 мм рт. ст. Фиксацию температуры при проведении испытаний проводили для всех фракций через каждые 10 градусов. Выход по-

лученных дистиллятов рассчитывали по массе всех фракций, включая газ и остаток в колбе, расчет проводился по объему всех фракций и остатку при 15°C по массе и плотности. Атмосферную перегонку проводили до начала крекинга, после чего понижали давление до 2 мм рт. ст. и продолжили работу под вакуумом. Вакуумная система аппарата позволяет автоматически понижать давление, отбирать масляные тяжелые фракции. При температуре 550°C перегонку прекратили. Прибор позволяет по истечении процесса проведения испытания выполнить автоматическую промывку системы перед выполнением следующего анализа.

Результаты испытаний по целевым фракциям представлены на рисунке 10.

Из полученных данных по результатам разгонки и построенной кривой ИТК, представленной на рисунке 11, определено, что потенциальное содержание светлых фракций составляет 54,1%.

Как видно из рисунка 10, вакуумного газойля в сырье порядка 21%, после модернизации он послужит сырьем для установки гидрокрекинга, по потенциальному содержанию в нефти будет рассчитана загрузка установки по сырью и получен расчетный материальный

баланс с выходом экологичного топлива класса Евро-5. Гудрон в количестве 26% послужит сырьем установки замедленного коксования или установки деасфальтизации для получения товарного продукта.

Результаты полученной разгонки сырьевой смеси ООО «Афипский НПЗ» будут использованы в качестве исходных данных в программном обеспечении PIMS для проведения экономического расчета и выполнения материально-го баланса при полной модернизации завода.

На основании вышеизложенного следует отметить широкий ассортимент лабораторного оборудования на мировом рынке, к выбору которого при проведении исследований состава нефтяного сырья необходимо отнестись с от-

ветственностью, так как полученные результаты напрямую оказывают влияние на дальнейшую работу. Полученные данные по результатам исследований положены в основу компьютерного моделирования производственных установок. Расчетные математические модели современных технологических объектов глубокой переработки нефти позволят определить технологические параметры для увеличения глубины переработки до 99%. Для дальнейшей калибровки и наладки модели технологической цепочки предприятия необходимо будет обновлять сведения по исследованию и углублению данных по качеству нефтяного сырья с целью получения более адекватных результатов расчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Занозин И. Ю., Занозина И. И. Хроматография в аналитическом сопровождении нефтепереработки // Метрология и стандартизация. 2021. № 2. С. 32-42.
2. Алаторцев Е. И. Методология определения эксплуатационных и физико-химических свойств топлив на основе хроматографической информации / С. А. Леонтьева, Е. В. Подлеснова, М. К. Цыганова // Мир нефтепродуктов // Вестник нефтяных компаний. 2019. № 6. С. 37-42.
3. Черепица С. В. Методика газохроматографического анализа автомобильных бензинов / С. М. Бычков, С. В. Гацеха, А. Н. Коваленко, А. Л. Мазаник, Д. Е. Кузменков, Я. Л. Лучина, Н. Н. Гремяко // ХТТМ. 2001. № 4. С. 44-48.
4. Развитие системы транспорта нефти на северо-западе России в 2001-2007 годах: трубопроводный и морской транспорт /2022/ Экобыттех. Электронный ресурс <https://ecobeltex.ru/problemu/kachestvo-nefti-zapadno-sibirskoj-neftyanoj-bazy.html>
5. Кузнецова В. М., Петров Д. И. Изменение качества нефти в зависимости от содержания парафинов, смол и асфальтенов // Молодой учёный. № 4 (138). Январь 2017.
6. Занозина И. И. Система независимого углубленного исследования нефтесырья: проблемы, решения, опыт / В. А. Тыщенко, М. В. Бабинцева, И. В. Спиридонова, Н. Ю. Гарина, А. Ю. Еlicheva, И. Ю. Занозин, Т. Н. Шабалина // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2018. № 6. С. 16-20.
7. Электронный ресурс <https://www.neolabllc.ru>
8. Электронный ресурс <https://www.neft-standart.ru>
9. Электронный ресурс <https://labteh.com>
10. Электронный ресурс <http://www.techno-lab.su/instruments/dist-a1/>
11. Буклет PETRODIST ® Crude oil distillation systems according to ASTM – standards for fractionation and boiling analysis, Version 14/ december 2013. С. 20-23.
12. Абаев Г. Н. Математическое описание фракционной разгонки нефтепродуктов и современные методы её определения // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В // Промышленность. Прикладные науки. Химическая технология. 2013. № 3. С. 145-149.
13. Абаев Г. Н., Шумилин Ю. В. Определение фракционного состава жидких нефтепродуктов, выкипающих до 400°C, с нахождением молекулярного веса фракций посредством экспресс-перегонки и устройство для этого определения: пат. Рос. Федерации 227384.
14. Определение фракционного состава жидких нефтепродуктов, выкипающих до 400°C, с

- нахождением молекулярного веса фракций посредством экспресс-перегонки и устройство для этого определения: пат. 2273845 / Г.Н. Абаев [и др.]; заявл. в 2003 г.
15. Электронный ресурс https://novohim.com/product_info.php?products_id=1043
 16. Электронный ресурс <https://bmclab.su/catalog/neftehimicheskoe-oborudovanie/analizator-afsa.html#>
 17. Электронный ресурс <https://b2b-postavki.ru/predstavitel/shanghai-shenkai-petroleum-equipment-co-ltd.html?ysclid=I30bb9sbo4>
 18. Электронный ресурс <https://www.avrora-test.ru/detail/?ID=522>
 19. ASTM D 2892-18 «Стандартный метод перегонки сырой нефти (ректификационная колонна с 15 теоретическими тарелками)».
 20. ASTM D 5236. Стандартный метод испытания дистилляции тяжелых углеводородных смесей (метод вакуумной дистилляции в перегонном кубе).
 21. *Chen Fan, Jian Long*. Моделирование влияния свойств сырья на распределение продуктов промышленного производства // НЕФТЕХИМИЯ. Том 60. № 2. 2020. С. 192-198.

\

INVESTIGATION OF THE FRACTIONAL COMPOSITION OF OIL RAW MATERIALS OF AFIPSKY REFINERY LLC ON THE APPARATUS OF COMPLETE OIL DISTRIBUTION

© A. V. Sidorov, Yu. P. Yasyan
KSTU, University, Krasnodar, Russia

In this paper, an analysis of the oil feedstock of Afipsky Oil Refinery LLC is carried out, modern methods of oil research are briefly considered. The results of qualitative determination of narrow distillate fractions are presented. Calculation mathematical models of modern technological facilities for deep oil refining will allow determining technological parameters to increase the depth of processing results

Keywords: research, oil, fractional composition, modeling system, chemical composition

REFERENCES

1. Zanozin I. Yu., Zanozina I. I. (2021) 'Khromatografiya v analiticheskom soprovozhdenii neftepererabotki. Metrologiya i standartizatsiya Chromatography in the analytical support of oil refining'. *Metrology and standardization*. № 2. Pp. 32-42.
2. Alatorsev, E. I., Leont'eva, S. A., Podlesnova, E. V. and Tsyganova, M. K. (2019) 'Izmenenie kachestva nefiti v zavisimosti ot soderzhaniya parafinov, smol i asfal'tenov'. *Molodoi uchenyi*. [Methodology for determining the operational and physico-chemical properties of fuels based on chromatographic information. World of Oil Products. Bulletin of oil companies]. № 6. P. 37-42.
3. Cherepita, S. V., Bychkov, S. M., Gatsikha, S. V., Kovalenko, A. N., Mazanik, A. L., Kuzmenkov, D. E., Luchina, Ya. L. and Gremyako, N. N. (2001) Metodika gazokhromatograficheskogo analiza avtomobil'nykh benzinov. KhTTM. [Technique of gas chromatographic analysis of automobile gasolines. KhTTM]. № 4. P. 44-48.

4. 2022. Razvitie sistemy transporta nefti na severo-zapade Rossii v 2001-2007 godakh: truboprovodnyi i morskoi transport. Ekobyttex. [Development of the oil transportation system in the north-west of Russia in 2001-2007: pipeline and sea transport. Ecobyttex]. Available at: <https://ecobeltex.ru/problemy/kachestvo-nefti-zapadno-sibirskoj-neftyanoj-bazy.html>
5. Kuznetsova, V. M. and Petrov, D. I. (2017) 'Sistema nezavisimogo uglublennogo issledovaniya neftesyr'ya: problemy, resheniya, opyt. Mir nefteproduktov'. *Vestnik neftyanykh kompanii*. [Change in oil quality depending on the content of paraffins, resins and asphaltenes. Young scientist]. №4 (138). January 2017.
6. Zanozina, I. I., Tyshchenko, V. A., Babintseva, M. V., Spiridonova, I. V., Garina, N. Yu., Elicheva, A. Yu., Zanozin, I. Yu. and Shabalina, T. N. (2018) 'Sistema nezavisimogo uglublennogo issledovaniya neftesyr'ya: problemy, resheniya, opyt'. *Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompanii*. [System of an independent in-depth study of oil raw materials: problems, solutions, experience. World of Oil Products. Bulletin of oil companies]. №6. P. 16-20.
7. Available at: <https://www.neolabllc.ru>
8. Available at: <https://www.neft-standart.ru>.
9. Available at: <https://labteh.com>
10. Available at: <https://labteh.com>
11. Booklet PETRODIST ® Crude oil distillation systems according to ASTM – standards for fractionation and boiling analysis, Version 14/ December 2013, pp. 20-23.
12. Abaev, G. N. (2013) 'Matematicheskoe opisanie fraktsionnoi razgonki nefteproduktov i sovremennyye metody ee opredeleniya'. *Vestnik Polotskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya B. Promyshlennost'. Prikladnye Nauki. Khimicheskaya tekhnologiya* [Mathematical description of fractional distillation of petroleum products and modern methods of its determination. Bulletin of Polotsk State University. Series B. Industry. Applied Sciences. Chemical technology]. №3. Pp. 145-149.
13. Abaev, G. N. and Shumilin, Yu. V. Opredelenie fraktsionnogo sostava zhidkikh nefteproduktov, vykipayushchikh do 400 °S, s nakhozhdeniem molekulyarnogo vesa fraktsii posredstvom ekspress-peregongi i ustroystvo dlya etogo opredeleniya: pat. Ros. Federatsii 227384. [Determination of the fractional composition of liquid petroleum products boiling up to 400° C, with finding the molecular weight of fractions by express distillation and a device for this determination: pat. Ros. Federation 227384].
14. Abaev, G. N. and others (2003) Opredelenie fraktsionnogo sostava zhidkikh nefteproduktov, vykipayushchikh do 400 °S s nakhozhdeniem molekulyarnogo vesa fraktsii posredstvom ekspress-peregongi i ustroystvo dlya etogo opredeleniya: pat. 2273845. [Determination of the fractional composition of liquid petroleum products boiling up to 400° C with finding the molecular weight of fractions by express distillation and a device for this determination: pat. 2273845 / declared in 2003].
15. Available at: https://novohim.com/product_info.php?products_id=1043
16. Available at: <https://bmclab.su/catalog/neftehimicheskoe-oborudovanie/analizator-afsa.html#>
17. Available at: <https://b2b-postavki.ru/predstavitel/shanghai-shenkai-petroleum-equipment-co-ltd.html?ysclid=l30bb9sbo4>
18. Available at: <https://www.avrora-test.ru/detail/?ID=522>
19. ASTM D 2892-18 «Standartnyi metod peregonki syroi nefti (rektifikatsionnaya kolonna s 15 teoreticheskimi tarelkami)». [ASTM D 2892-18 “Standard method for the distillation of crude oil (distillation column with 15 theoretical plates)”].
20. ASTM D 5236. Standartnyi metod ispytaniya distillyatsii tyazhelykh uglevodorodnykh smesei (metod vakuumnoi distillyatsii v peregonnom kube). [ASTM D 5236. Standard Test Method for Distillation of Heavy Hydrocarbon Mixtures (Vacuum Pot Still Distillation Method)].
21. Chen, Fan and Jian, Long (2020) 'Modelirovanie vliyaniya svoistv syr'ya na raspredelenie produktov promyshlennogo proizvodstva'. *Neftekhimiya*. [Modeling the influence of raw material properties on the distribution of industrial products. Petrochemistry], Volume 60. №2. Pp. 192-198.