

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА НЕФТЕПРОДУКТОВ И МОНИТОРИНГ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Пахомов А.Л.¹, Чудин Е.А.¹, Еремин Н.А.², Столяров В.Е.²

¹*Компания ООО «Хромос Инжиниринг», Дзержинск;*

²*Институт проблем нефти и газа, Москва*

Ключевые слова: автоматический пробоотборник, газовая хроматография, метод, нефть, поток, сырье, хлорорганические соединения, состав, качество, продукция, технология.

Аннотация. Апробирован комплект оборудования и разработан газохроматографический парофазный метод для определения компонентного состава и качества нефтепродуктов в потоковом режиме. Оборудование позволяет проводить анализ состава и качества нефтепродуктов, обеспечивает выявление хлорорганических соединений и других агрессивных компонент в реальном масштабе производства. Выполнение анализов с применением современных технологий Индустрии 4.0 обеспечивает непрерывный мониторинг производственных процессов для всего производственного цикла включая добычу сырья, транспорт, переработку и распределение продукции, интеграцию и создание специализированных центров, а также производить диагностику, калибровку оборудования из центра компетенций по любым современным каналам связи. Модульность оборудования, возможность заводской поставки в блок-боксах позволяет сократить время ввода в эксплуатацию. Проектная компоновка позволяет адаптировать программно-технический комплекс к реальным условиям эксплуатации, управлять режимами работы и выполнять контроль сырья, мониторинг производства и отгрузку продукции согласно заявленным характеристикам и заданного качества.

AUTOMATIC DETERMINATION OF THE COMPONENT COMPOSITION OF PETROLEUM PRODUCTS AND MONITORING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN REAL TIME

Pakhomov A.L., Chudin A.L.¹, Eremin N.A., Stolyarov V.E.²

¹*Company LLC "Chromos Engineering", Dzerzhinsk;*

²*Institute of Oil and Gas Problems, Moscow*

Keywords: automatic sampler, gas chromatography, method, oil, flow, raw materials, organochlorine compounds, composition, quality, products, technology.

Abstract. A set of equipment has been tested and a gas chromatographic vapor-phase method has been developed to determine the component composition and quality of petroleum products in the flow mode. The equipment allows analyzing the composition and quality of petroleum products, provides detection of organochlorine compounds and other aggressive components on a real production scale. Performing analyses using modern Industry 4.0 technologies ensures continuous monitoring of production processes for the entire production cycle, including extraction of raw materials, transportation, processing and distribution of products, integration and creation of specialized centers, as well as to diagnose and calibrate equipment from the competence center via any modern communication channels. The modularity of the equipment, the possibility of factory delivery in block boxes allows you to reduce the commissioning time. The design layout allows you to adapt the software and hardware complex to real operating conditions, manage operating modes and perform control of raw materials, monitoring of production and shipment of products according to the declared characteristics and specified quality.

Основным препятствием для реализации сценария по цифровой трансформации нефте-газо-перерабатывающей отрасли является высокая зависимость газо-предприятий от современных иностранных технологий, в том числе и в области разработки и применения оборудования непрерывного потокового контроля состава и качества углеводородной продукции (нефтепродуктов, газа и газового конденсата) в реальном масштабе времени для территориально распределенных объектов.

В нефтедобывающей и перерабатывающей отраслях отсутствуют методики и оборудование для оперативного измерения концентрации хлорорганических соединений (ХОС) сырье для переработки и получаемых в результате переработки нефтепродуктах. Действующие стандарты по определению загрязнений и компонентному составу сырья в основе своей реализованы на методе отгона фракций нефти. Анализы производятся систематически с большими затратами ручного и интеллектуального труда и привлечением специализированных лабораторий и сертифицированных специалистов [1].

Основная доля ХОС попадает в нефтепродукты принудительно для обеспечения повышения нефтеотдачи пластов при истощении запасов на нефтегазодобывающих промыслах, когда хлорсодержащие реагенты добавляют прямо в скважины. Дополнительно часть добавок вводится персоналом согласно принятых стандартов при транспортировке, хранении и переработке в виде растворителей, ингибиторов защиты поверхностей, а также обеспечения превентивных защит для технологий и процессов, возможности обеспечения оптимизации технологических режимов и производств. В дальнейших процессах, находящиеся в нефтепродуктах хлорорганические соединения в виде (неорганических хлоридов) становятся уже серьезной проблемой для безопасной транспортировки и особенно при переработке в топливо и в другие нефтепродукты [2].

Для определения качества применяются методы лабораторного анализа путем отбора проб и проведения исследований в специализированных пунктах. В настоящее время успешно завершены испытания отечественного оборудования на основе использования цифрового прогрессивного метода оперативного контроля состава и качества нефти и нефтепродуктов на основе анализатора с расширением функциональных возможностей за счет применения селективного к хлорорганическим соединениям детектора и автоматического пробоотборника. Оборудование обеспечивает определение компонентного состава нефтепродуктов, расчёт физико-химических показателей компонент и состава потоковой среды, а также обеспечивает возможность интеграции в территориально распределенные системы управления качеством нефтехимических производств на основе модульной реализации, цифровых технологий и открытых протоколов обмена.

Созданный в рамках концерна отечественного аналитического приборостроения продукт обеспечивает высокое качество измерений, возможность создания удаленных специализированных центров контроля технологических процессов и качества получаемой продукции с использованием промышленного интернета, технологий виртуальной и дополненной реальности

за счет возможности размещения в автономных блок-контейнерах отечественного производства.

Методика и оборудование определения хлорорганических соединений в потоковом режиме, не имеет аналогов в нефтедобывающей отрасли и позволяет обеспечить проведение онлайн анализов, унифицировать процесс измерений, обеспечить автоматическую калибровку и отбор проб в установленные заказчиком интервалы, при минимальном участии персонала в процессах мониторинга производства продукции.

Отсутствие оперативности при оценке качества транспортируемой продукции, поступающей на переработку, негативно отражается на качестве продукции и безопасности технологических процессов, особенно когда вместо заявленных нефтепродуктов с одного месторождения на завод начинают поступать нефтепродукты с отличающимися от заявленных ранее характеристик, а процессы переработки при этом настроены на переработку с ранее заявленными паспортными параметрами.

Для формализации процессов и ускорения процедур паспортизации в качестве базы принимается обычно информация с совместно созданного банка качества нефти месторождений, который предполагает реализацию механизма штрафных и компенсационных выплат нефтедобывающим компаниям в зависимости от качества поставляемого в систему нефтепровода сырья. Механизм предполагает открытость, оперативность и честность в работе как поставляющей, так и принимающей сырьё сторон.

Наличие хлорорганических соединений приводит в дальнейшем к образованию отложений и проявлениям коррозии в технологическом комплексе в процессе транспортировки и переработки; способствует повреждению оборудования и приводит к созданию нештатных и аварийных ситуаций вследствие значительного снижения производительности и изменения характеристик оборудования. Особенно подвержены негативным воздействиям активные производства, связанные с обменов большими потоками жидкостей и газов такие как трубо-нефтепроводные системы, теплообменники, компрессора, установки каталитического крекинга и риформинга, емкостной парк продукции.

Преимуществами применяемого для анализа созданного оборудования является отсутствие загрязнения хроматографа от объекта (тяжелая фракция нефти), а также возможность:

- организовать мониторинг состояния компонентного состава продукции и наличия в потоке различных примесей в режиме реального времени; обеспечить построение распределенных систем для территориально распределенных объектов с использованием технологий виртуальной и дополненной реальности, больших данных и машинного обучения, искусственного интеллекта;
- обеспечить паспортизацию продукции в «облаке» при организации непрерывного цикла измерений и дистанционного контроля продукции;
- провести автоматический режим контроля выходной продукции по основным критериям - время анализа, калибровка, достоверность измерений;
- возможность дистанционного контроля использования паспортов, а также расходных и измерительных средств (калибровочный баллон, прибор);

- снизить издержки при проведении технического обслуживания, аварийных выездов групп специалистов для устранения неисправностей, с возможностью проведения дистанционных работ или работ под контролем;
- возможность получения объективного и беспристрастного вывода о работе прибора без учета мнения лаборанта, начальника лаборатории, метролога на основании реально получаемых оперативных результатов измерения;
- организации поверки приборов в онлайн режиме, контроль технического состояния и обновления программного обеспечения, а также прозрачность и актуальность получаемой информации по качеству продукции [3].

Применение потокового контроля в реальном масштабе времени позволило бы своевременно локализовать нештатную ситуацию на уровне врезки в трубопровод или емкостного парка месторождения и снизить затраты переработки на ремонты. Такая возможность в сжатые сроки обеспечивает смещение приоритетов от экспорта первичных энергоресурсов к возможности поставки продукции другой ценовой категории и заданного качества.

Обеспечение процесса мониторинга различных технологических процессов контроля в потоковом непрерывном режиме (входной и выходной контроль) и организация контроля качества и состава продукции приведено на рисунке 1.



Рис. 1. Организация контроля качества и состава продукции

Оборудование сочетает высокую степень автономности, экономичность, интеграционные возможности, удобство в обслуживании. Положительными сторонами блочно-модульного применения специализированного аналитического оборудования и создаваемого комплексного решения контроля качества является и ряд других преимуществ, в том числе:

- центр компетенций и поддержки обустраивается на любом цифровом предприятии удаленно, что позволяет оптимизировать количество экспертов и состав дорогостоящего оборудования, экономить все виды ресурсов при обеспечении контроля процессов, исходя из фактического состояния парка оборудования;
- появляется возможность минимизировать затраты по обслуживанию и ремонту, оптимизировать состояние неснижаемых запасов ЗИП на складах,

обеспечить независимый контроль производителем оборудования состояния парка приборов;

- отсутствует потребность специальной подготовки персонала, так как работы проводятся в постоянном контакте и под контролем экспертов с привлечением «мобильных операторов», не имеющих специальной или экспертной подготовки;

- формируется долгосрочный архив данных и моделей, когда база (матрица) данных сигнализирует о начале процесса «ухода измерения» или процесса от заданных параметров в соответствии с нормативными документами и регламентами работ;

- имеется возможность организации независимого контроля технологического процесса из любой точки мира по сотовому телефону, с использованием средств промышленного интернета и обеспечением информационной и технологической безопасности;

- процесс обеспечивает своевременное информирование об «отклонении» параметров процессов с заданного коридора величин (допусков), что позволяет спланировать действия по корректировке технологических задач и настроек оборудования;

- гарантировано стабильное качество продукта с заданными характеристиками в реальном времени в непрерывном режиме;

- гарантирован беспристрастный контроль на всех стадиях и элементах производства без изменения технологических режимов;

- упрощается система закупки оборудования и процедуры организуются в соответствии с критериями (метрологические характеристики, а не требования) [4].

В процессе эксплуатации была отмечена простота обслуживания, возможность доступа к основным узлам хроматографа и правильность алгоритмов отработки нештатных ситуаций, возможность интеграции прибора с новыми технологиями при создании сложных информационных цифровых комплексов. Применяемые при создании системы качества расширяются за счет возможностей технологий Индустрия 4.0, обеспечивают возможность интерпретации данных и их оценки, отображению и виртуализации, а также способствуют эффективной работе и поддержке при организации удаленного подключения квалифицированного специалиста из центра компетенций по любым современным каналам связи.

Время проведения цикла анализа (периодичность получения результатов измерения в автоматическом режиме) обеспечено не более 5 минутами за измерение. Несомненным преимуществом прибора перед имеющимися конкурентами является возможность его работы и интеграции в комплексе для цифрового технологического объекта, а также возможность установки блок-контейнера для определения состава добычи на самых ранних стадиях обустройства и эксплуатации на нефтегазовом месторождении.

Для организации измерений в составе прибора предусматривается поставка Системы точечного отбора проб (СТОМГ) собственного производства, которая

предназначена для отбора точечных проб в пробоотборник с последующим транспортированием к месту проведения анализа компонентного состава.

Необходимо отметить также экономические преимущества проведения потокового (онлайн) анализов перед лабораторными (не менее чем в 100 раз). С учетом наработанных компетенций и возможностей выпускаемого на территории Российской Федерации оборудования, задача контроля качества поставляемых на экспорт нефтепродуктов и наличия хлорорганических соединений в потоке может быть решена в форме создания Национальной или отраслевой системы качества нефтепродуктов или построения комплексной системы безопасности цифрового нефтегазового производства, действующей в режиме реального времени [5].

Список литературы

1. Новиков Е.А. Определение хлора в нефти. Обзор аналитических методов // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2019. – № 7. – С. 39-50.
2. Еремин Н.А., Пахомов А.Л., Столяров В.Е. и др. Цифровая автоматизированная система контроля качества выпускаемой продукции // Датчики и системы. – 2020. – №3 (245). – С.52-60. – DOI:10.25728/Datsys. 2020.3.7.
3. Пахомов А.Л., Чудин Е.А., Еремин Н.А., Столяров В.Е. и др. Парофазный хроматографический метод определения искусственных хлорорганических соединений в нефти // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2021. – № 4 (573). – С. 6-14. – DOI: 10.33285/0132-2222-2021-4 (573)-6-15.
4. Пахомов А.Л., Чудин Е.А., Решетов П.С., Столяров В.Е., Еремин Н.А. Теория и практика потокового выявления компонентов хлорорганических соединений в нефтепродуктах // Журнал Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2021. – 11(580). – С.7-18. – DOI: 10.33285/0132-2222-2021-11(580)-7-18.
5. Еремин Н.А., Столяров В.Е., Пахомов А.Л., Чудин Е.А. Организация системы комплексной безопасности цифрового нефтегазового предприятия // Автоматизация и информатизация ТЭК. – 2022. – №4 (585). – С. 25-35. – DOI: 10.33285/2782-604X-2022-4(585)-25-35.

Сведения об авторах:

Пахомов Андрей Львович – председатель совета директоров;

Чудин Егор Александрович – технический директор;

Еремин Николай Александрович – д.т.н., главный научный сотрудник;

Столяров Владимир Евгеньевич – научный сотрудник, заместитель заведующего аналитическим центром.