

## Схемы автоматического отбора проб сырой нефти из трубопроводов.

Хахимов Р.А. (НПО «НТЭС» г.Бугульма 2004 г.)

Основным документом при рассмотрении вопроса о автоматическом отборе проб сырой нефти из трубопроводов, в рамках РФ, является ГОСТ 2517-85 «Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб.» с изменениями к ГОСТу за №1 введённых 01.01.99 г.. В данном ГОСТе заложены необходимый состав оборудования для отбора проб и сама методика отбора. Можно предположить, что данный ГОСТ основополагается на результатах значительных экспериментальных работ, но и в нём просматриваются нерешённые проблемы. В соответствии с ГОСТом при автоматическом отборе проб из трубопроводов (при неоднородном потоке без перемешивания) должны соблюдаться условия:

1. Пробоотбор должен производиться из байпасной линии( п. 2.13.1.1).
2. Для забора потока в байпасную линию желательно использовать щелевые пробозаборные трубки как дающие наилучший результат( п. 1.5).
3. В байпасной и основной линиях трубопровода должна обеспечиваться изокINETичность потока (п.2.13.1.2).
4. Объединённая проба объёмом 3000 см<sup>3</sup> должна состояться из не менее чем 300 точечных проб объёмом 1...10 см<sup>3</sup> (п.2.13.2.1).

Выполнение вышеуказанных условий необходимо для получения наиболее достоверной пробы, т.е. как можно более точно характеризующей усреднённые свойства и состав материала текущего по трубопроводу и изменяющегося во времени. А что влияет на достоверность пробы в общем случае? В соответствии с информацией зарубежных фирм, занимающихся задачами автоматического пробоотбора, разработанными стандартами и другой технической литературой основными факторами, влияющими на достоверность отобранных проб являются:

1. Однородность распределения компонентов в трубопроводе.
2. Метод отбора проб.
3. Частота и количество отбора проб.
4. Хранение и обработка проб.

Рассмотрим влияние каждого в отдельности из указанных факторов на достоверность проб.

Однородность распределения компонентов в трубопроводе.

Влияние данного фактора на достоверность пробы было бы минимально, если бы отбор пробы производили по всему поперечному срезу трубопровода. Такое возможно на трубопроводах малого диаметра и практически невозможно осуществить на больших диаметрах. Возможный вариант решения предлагает ГОСТ 2517-85: использовать щелевые заборные трубки для подачи части потока в байпасную линию. Обеспечение передачи компонентов в байпасную линию пропорционально распределённости компонентов в основном трубопроводе решается формой щели и конструкцией заборной трубки. Некоторые зарубежные фирмы предлагают перемешивать поток непосредственно в трубопроводе (обеспечивать однородность распределения компонентов) и лишь затем производить отбор проб уже из однородного потока. В общем случае, независимо от методов и способов отбора пробы, более высокая однородность распределения компонентов газодонефтяного потока по поперечному сечению трубопровода позволяет получать пробы высокой достоверности.

Метод отбора проб.

Независимо от способа отбора пробы необходимо обеспечить изокINETичность потоков в месте отбора и основном трубопроводе. Кроме обеспечения условия изокINETичности потоков необходимо ещё выполнять условие отсутствия изменений направления движения потока перед пробоотбором. Данное условие связано с тем, что при изменении линейных скоро-

стей или перемене направления потока в основном трубопроводе и месте отбора проб более тяжёлые компоненты (с большей плотностью), имея более высокую кинетическую энергию, могут выделяться из основной массы и искажать результаты отбора проб. Особенно это важно при нестабильных эмульсиях «воды в нефти» или «нефти в воде» с содержанием воды в нефти 35÷75%, когда эмульсия ведёт себя самым непредсказуемым образом. Соответственно метод отбора проб должен быть таким, чтобы оказывал минимальное воздействие на текущий поток или по возможности компенсировал это воздействие.

Частота и количество отбора проб.

В реальных газодонефтяных потоках текущих по трубопроводу содержание воды и других примесей изменяется случайным образом. Чем дальше от устья скважины производится отбор проб, тем выше вероятность непредсказуемости содержания компонентов в потоке на данный момент. Поэтому, для регистрации изменений в содержании потока, частота отбора проб должна быть высокой, а сама проба по объёму малой, но достаточной (возможно говорить о её достоверности). Важно время отбора проб. Наилучшие результаты будут получаться если пробы будут отбираться через равные объёмы перекачиваемой жидкости. Имеет также значение объём пробы отбираемой за раз. По данным фирмы «Clif Mock Company», занимающейся промышленным выпуском пробоотборных устройств для нефтяных сред, для захвата частиц из потока диаметр отверстия пробозаборного устройства должен в 10 раз больше размера захватываемой частицы или включения. Т.е. объём отбираемой пробы должен, как минимум, в 10 раз превосходить объёма занимаемыми включёнными частицами или компонентами (объём отбираемой пробы зависит от размеров включений). В конечном итоге объединённая проба будет представительной для значительного объёма продукции скважины, но её объём будет относительно небольшим, позволяющим производить необходимые манипуляции.

Хранение и обработка пробы.

Собранная с особой тщательностью объединённая проба не гарант полного успеха при неправильной обработке результатов. Объединённая проба, в зависимости от поставленных задач, должна обеспечивать сохранность включённых в неё компонентов при хранении и транспортировке. При обработке проб в лабораторных условиях должны выполняться ряд условий:

1. Перед анализом проба обязательно должна быть диспергирована. При этом размер включений должен быть таким, чтобы при лабораторном заборе части пробы на анализ включения должны быть пропорционально представлены согласно распределению их в пробе.

2. Обеспечивать минимальные потери компонентов при переливах, заборах и т.д..

3. Резервуары для хранения проб должны обеспечивать полную их очистку, по завершению исследований, перед повторным использованием.

Рассмотрим существующие на сегодняшний день конструкции автоматических пробоотборников с присущими им положительными и отрицательными сторонами.

Отечественные разработки.

1. Автоматический пробоотборник серии «Мавик». Пробоотборник изготавливается Бугульминским опытным заводом «Нефтеавтоматика».

Состоит из основных частей (см. рис.1):

- Зонда пробоотборного
- Крана-манипулятора
- Дозатора
- Привода
- Баллона
- Блока программного управления.

Пробоотборный зонд установлен непосредственно в трубопроводе и представляет собой стержень с вертикальным глухим пазом вставленным в трубку с вертикальной прорезью. Стержень приводом вращается относительно трубки. Забор пробы происходит при совмещении паза и прорези. При дальнейшем вращении приводом стержня и поворота крана-манипулятора проба через каналы крана-манипулятора передаётся в дозатор пробоотборника

и далее из дозатора в баллон. За раз отбирается 10 см<sup>3</sup>. Баллон вмещает 3000 см<sup>3</sup> объединённой пробы. Имеет электрический привод. Отбор проб осуществляется по программе, задаваемой с блока программного управления, через определённые интервалы времени.

В данной схеме пробоотбора просматривается много пунктов не соответствующих основным принципам пробоотбора. Основной недостаток в том, что в зоне забора пробы образуется глухой паз и происходит изменение направления потока, т.е. не выполняется условие изокинетичности потока.

### 2. Автоматический пробоотборник серии «Стандарт».

Пробоотборник изготавливается Бугульминским опытным заводом «Нефтеавтоматика». Пробоотборник представляет собой устройство предлагаемое ГОСТом 2517-85. В частности на байпасной линии (см. рис. 2), в которую отбор жидкости производится щелевым пробозаборником (соответствующего ГОСТ 2517-85), установлен диспергатор с заборной трубкой и задвижка. Заборная трубка, в свою очередь, образует следующий контур - от заборной трубки к крану-манипулятору и далее обратно в байпасную линию. К этому к этому же контуру подсоединён вентиль с баллоном для ручного отбора проб. Отбор проб в автоматическом режиме происходит при положении крана-манипулятора обеспечивающего соединение обводного контура с камерой дозатора. При последующем соединении дозатора с баллоном происходит слив пробы в баллон. За раз пробоотборник способен отбирать от 2 до 20 см<sup>3</sup>. Баллон вмещает 3000 см<sup>3</sup>. Пробоотборник имеет электрический привод. Может отбирать пробы в двух режимах: режиме «время» и в режиме «объём».

Данные пробоотборники значительно превосходят по показателям пробоотборники серии «Мавик», но и в их конструкции изначально заложены принципы противоречащие основным принципам пробоотбора. В пробоотборниках данной серии отбор пробы происходит как бы на третьей линии (первая – основной трубопровод, вторая – байпасная линия). Как обеспечить во всех трёх линиях изокинетичность, однородность потока и пропорциональное соответствие не понятно. Ошибки образующиеся при отборе проб из байпасной линии накладываются на ошибки образующиеся при заборе части потока из основного трубопровода.

### 3. Автоматический пробоотборник АПЭ-М2.

Разработка Омских инженеров. Сведения об изготовителе отсутствуют. Устанавливается на байпасной линии (см. рис. 3). На байпасной линии также устанавливаются насос, линия отбора проб, задвижка. Отбор потока в байпасную линию производится пробозаборной трубкой. Пробоотборник в свою очередь состоит из основных частей:

- Пробоотборного устройства
- Гидроцилиндра
- Пневмодросселя
- Бачка
- Резервуара
- Ножного насоса
- Кранов

Пробоотборное устройство отбирает рабочую жидкость (масло АМГ-10) из надпоршневого пространства гидроцилиндра в резервуар, при этом в подпоршневом пространстве, при открытых кранах и пневмодросселе происходит накопление пробы отбираемого продукта. По окончании отбора пробы рабочая жидкость вытесняется из резервуара в надпоршневое пространство гидроцилиндра сжатым воздухом, подающимся через штуцер ножным пневмонасосом, а отобранная жидкость из подпоршневого пространства вытесняется в бачок. Для получения лучшей представительности пробы с помощью задвижки создается перепад давления, необходимый для движения жидкости по линии отбора проб.

Объём точечной пробы от 4 до 10 см<sup>3</sup>. Объём объединённой пробы 3000 см<sup>3</sup> при этом в пробоотборнике может храниться две объединённые пробы без слива. Может отбирать пробы в двух режимах: режиме «время» и в режиме «объём».

Данный пробоотборник имеет те же недостатки как пробоотборники серии «Стандарт» т.к. отбор проб производится на той же «третьей линии». Отличительная особенность в том, что объединённая проба в пробоотборнике хранится под тем же давлением, что и в магистрали.

Разработки зарубежных фирм.

При создании пробоотборных систем зарубежные фирмы опираются на положения международных стандартов: API 6.2; IP 8.2; ISO 3171. При этом задачу автоматического отбора проб из трубопровода они решают иначе, чем предлагает нам ГОСТ 2517-85.

Автоматические пробоотборники фирмы «Clif Mock Company».

Для автоматического отбора проб сырой нефти из трубопроводов данная фирма применила схему непосредственного отбора проб из трубопровода (см. рис.4). Сам отбор производится точечным зондом со сквозным проходным отверстием, что позволяет решить проблему изокINETичности потока в месте отбора пробы. Отсечение пробы происходит при повороте внутренней трубки относительно внешней. В дальнейшем отсечённая проба вытесняется поршнем, через каналы, в сборный резервуар. Данные зонды по информации фирмы позволяют отбирать пробы с размерами включений от 300 до 1200 микрон. При этом объём точечной пробы может изменяться в пределах от 1,5 до 3 см<sup>3</sup>. Точечные пробы могут отбираться в зависимости от количества перекачиваемой жидкости или через определённые промежутки времени (минимальное время между отбором точечных проб составляет 1,2 сек). Проблему однородности потока в месте отбора проб решается установкой статических смесителей. Конструкция статических смесителей фирмы «Clif Mock» позволяют для различных диаметрах трубопроводов и скоростей потоков в пределах от 2 до 20 футов в секунду ( от 0,6 до 6 метров в секунду) обеспечивать создание дисперсии с размером включений в пределах от 300 до 1200 микрон в зоне отбора пробы. При скоростях выше 20 футов в секунду установка смесителей не требуется по причине достаточного перемешивания потока вследствие присутствующей турбулентности потока. Также фирмой предлагаются различные варианты смесителей объединённой пробы перед лабораторным анализом.

Довольно сложно сравнивать данную схему отбора проб с той, которую предлагает ГОСТ 2517-85 при отсутствии сравнительных испытаний, но можно однозначно предположить, что представительность пробы будет напрямую зависеть от степени перемешивания потока смесителями. Данная схема приемлема для значительных скоростей потока и практически неприменима при малых расходах и значительных изменениях скоростей потоков.

Пробоотборные системы фирмы «Jiskoot».

На продукции фирмы «Jiskoot» хотелось бы остановиться подробнее т.к. эта фирма является мировым лидером в области разработки и производства пробоотборных систем (около 60% мировой нефти контролируется оборудованием фирмы «Jiskoot») и своеобразным законодателем мод в сфере систем для отбора проб. Фирма «Jiskoot» поддерживает систему качества и аккредитирована в соответствии с нормами ISO 9001. Оставаясь более 40 лет на рынке оборудования для нефтехимической промышленности фирма «Jiskoot» заняла практически все ниши в области пробоотборных систем.

Основной систем отбора проб из трубопроводов фирмы «Jiskoot» является запатентованная ими смесительная система соплового принципа действия «Jet-Mix» (см. рис. 5). Суть данной системы в том, что к основному трубопроводу подсоединяется обводная линия, на которой устанавливается насос. Забор жидкости производится ниже по течению, чем возврат через сопла. Данная система по информации фирмы обеспечивает очень эффективное смешивание потока независимо от скоростей потока и наиболее эффективна на малых скоростях потока, когда другие устройства не могут обеспечить необходимых результатов. Скорость потока в обводной линии регулируется в зависимости от скорости потока в основном трубопроводе и необходимой дисперсности потока.

Для замера скоростей потока используется турбинный измеритель расхода конструкцией позволяющей устанавливать и удалять его с работающего трубопровода. Предлагаемые различные схемы и оборудование фирмы «Jiskoot» позволяет производить отбор проб как из байпасной, так и из основного трубопровода непосредственно(см. рис. 7). При этом наверно можно выделить три основных схемы устройства пробоотборных систем в зависимости от поставленных задач:

- непосредственно на основном трубопроводе при обеспечении смесительной системой однородности потока необходимого качества;

- на байпасной линии, как правило, при применении кроме пробоотборного оборудования другого дополнительного;
- патентованная фирмой система «Co-Jet-Mix» совмещающая в себе свойства и байпасной линии и смесительной системы и применяемой, как правило, в тяжёлых и специальных случаях.

Отличительная особенность оборудования фирмы «Jiskoot» в том, что при применении различных схем пробоотбора специалисты фирмы учли основные принципы отбора проб из трубопроводов.

Особый интерес вызывают разработки пробоотборных систем для сырой нефти. Основу данных систем составляют зонды с запатентованным фирмой принципом трёх-шагового отбора проб. Типичным представителем данных устройств являются пробоотборные зонды серии 210 (см. рис. 6). Особенность строения зондов такова, что они производят отсечение пробы от потока, протекающего сквозь проходное отверстие зонда, и в дальнейшей выдавливают пробу в сборную ёмкость. Объём точечной пробы захватываемой зондом за раз может быть 1 или 2 см<sup>3</sup>. Впечатляет способность зондов производить отбор проб до 120 раз в минуту. Выбор схемы пробоотбора (на байпасной линии или из основного трубопровода) зависит в каждом конкретном случае от задач, которые необходимо решать. Основным условием при отборе проб непосредственно из трубопровода: обеспечение смесительной системой дисперсности потока такого качества, чтобы пробоотборный зонд смог производить захват включений данной размерности и пропорционально распределённости в основном потоке.

Пробоотборное оборудование управляется системой контроллеров, обеспечивающих работу системы с заданными оператором параметрами. Отличительные особенности систем контроля – удобство интерфейса и большие возможности по программированию алгоритма отбора проб.

В комплекте с пробоотборным оборудованием устанавливаем на трубопроводы фирма «Jiskoot» предлагает целый комплекс лабораторного оборудования способного производить анализ состава проб. Различают варианты оборудования способные производить анализ непосредственно на месте и строго в лабораторных условиях.

Рассмотрев различные варианты пробоотборных систем как отечественного так и импортного производства можно сказать, что отечественная промышленность значительно отстала в данном вопросе. Необходимо принципиально изменить подходы к разработкам и производству пробоотборных систем и в первую очередь с позиции соблюдения тех основных четырёх принципов закладываемых во главу угла при желании получать наиболее достоверные пробы. А именно:

- однородность потока;
- методика отбора пробы;
- частота и объём отбора проб;
- правильное хранение и обработка собранной пробы.

Также необходимо сказать, что при разработках данных систем сдерживающее значение имеет ГОСТ2517-85, который не уделяет особого внимания соблюдению в полной мере данных принципов при решении конкретных задач и особенно для сырых нефтей с содержанием воды в пределах 35-75%.

На сегодняшний день многие нефтяные компании всё больше внимания начинают уделять точному учёту количества и качества добываемых ими нефтепродуктов. Создаются документы внутреннего и государственного ранга обязывающие уделять ещё больше внимания данному вопросу. Настаёт время для разработок принципиально новых схем позволяющих решить проблему автоматического отбора проб сырой нефти из трубопроводов на должном уровне.