

УДК 622.276.4

А. А. Баймагамбетов, магистрант,

Л. А. Рахимова, старший преподаватель,

К. А. Нариков, кандидат технических наук

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г.Уральск, РК

abel2010@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ МЕТОДА МАГНИТНОЙ ПАМЯТИ МЕТАЛЛА ПРИ ДЕФЕКТОВКЕ ТРУБОПРОВОДОВ

Аннотация

Обратная закачка газа позволяет интенсифицировать текущую добычу углеводородного сырья, увеличивать степень извлечения углеводородов путем поддержания пластового давления.

Ключевые слова: газ, обратная закачка, скважина, внутривнепромысловый транспорт, диагностика, магнитная память металла, напряженно-деформированное состояние, надежность.

Одним из способов увеличения углеводородоотдачи пластов является использование сайклинг-процесса, т.е. способа разработки газоконденсатных месторождений с поддержанием пластового давления посредством обратной закачки газа в продуктивный горизонт.

Особенностью пластовых флюидов газоконденсатных месторождений является возможность выпадения конденсата в пласте, стволе скважин и наземных сооружениях в результате снижения давления и температуры.

Характерным для эксплуатации газоконденсатных месторождений являются многофазность поступающей из скважин продукции и необходимость наиболее полного отделения конденсата.

В связи с этим комплексная разработка газоконденсатных месторождений имеет ряд особенностей по сравнению с разработкой чисто газовых месторождений. В частности, разработка газоконденсатных месторождений должна обеспечивать оптимальные условия работы пласта с точки зрения наиболее полного извлечения конденсата из недр.

Технологический режим работы нагнетательной скважины обуславливается давлением нагнетания (устьевое давление работающей скважины), репрессией на пласт, зависящей от текущего пластового давления, коллекторскими свойствами пласта, и оценивается приемистостью скважины.

Давление нагнетания определяется исходя из величины проектируемого давления на выкиде компрессорной станции, которое составляет 55,0 МПа. Потери давления на трение в коллекторных и выкидных линиях составляют не более 5,0 МПа при приемистости скважин 1,1 млнм³/сут. При указанных условиях максимальное давление нагнетания составляет 50-55 МПа в зависимости от удаленности скважины от КСНГ. Фактически давление на устье нагнетательной скважины зависит, при прочих равных условиях (давление нагнетания, удаленность от КСНГ), от приемистости самой скважины. Максимально допустимое забойное давление нагнетательной скважины ограничивается давлением гидроразрыва пласта, которое оценивается 65,0 МПа. Забойное давление скважины рассчитано по заданному давлению на устье и приемистости скважины, которое складывается из устьевого давления и давления столба газа за вычетом потерь давления на трение.

Газонагнетательная сеть спроектирована для максимальной подачи газа 11 млрд.м³/год, с увеличением закачки газа в зависимости от профиля добычи. Система спроектирована для закачки кислого газа. С компрессорной станции нагнетания газа (КСНГ) по пяти коллекторным линиям нагнетания газ доставляется при давлении 55,0 МПа к выкидным линиям. К каждой коллекторной линии подключены от 5 до 7 нагнетательных скважин. К каждой выкидной линии подключена одна нагнетательная скважина. Скважины, расположенные около компрессорной станции, питаются одной линией от манифольда компрессорной станции. Распределение газа по скважинам осуществляется с помощью регуляторов расхода, установленных на газопроводах – шлейфах, идущих к каждой

скважине. Расход закачиваемого газа измеряется на выходе манифольда нагнетания в коллекторную линию и на каждой скважине. Габариты коллекторных линий основаны на объемной скорости потока 2,8 млрд.м³/год (7,7 млн.м³/сут) и выкидные линии на закачку 0,4 млрд.м³/год (1,1 млн.м³/сут) в каждую скважину. Газопроводы прокладываются в грунте без термоизоляции. Наземные части газопроводов термоизолированы.

Таким образом к трубам, работающим под очень высоким давлением и в агрессивной среде, предъявляются особые требования, для обеспечения бесперебойной надежной подачи газа с длительным сроком эксплуатации в коррозионностойком исполнении.

Поэтому необходимо на основе анализа текущего состояния разработки Карачаганакского месторождения с применением сайклинг-процесса обосновать подбор и оптимальный технологический режим эксплуатации высокопрочных труб для условий высокого пластового давления и агрессивной среды.

Для этого предстоит сделать анализ гидродинамических исследований газонагнетательной сети выявляющих влияние давления нагнетания на прочностные свойства труб и трубопроводной арматуры, а также используя существующие методики неразрушающего контроля и инспекционных техник, провести исследования по оценке целостности трубопровода высокого давления.

Современные техники неразрушающего контроля обеспечивают нахождение уже существующих дефектов. Но, к сожалению, многие из них неспособны дать адекватную оценку степени дефекта, и, что более важно, не все могут оценить внутренние остаточные механические напряжения, которые являются источником разрушения или деградации материала. Эти напряжения могут достигать в сталях до величины пределов текучести.

Существующие методы эффективно работают лишь в том случае, когда место дефекта четко определено или когда дефект только начинает появляться. Становится ясным, чтобы определить риск коррозии трубопровода на сварных швах, качество сварных швов необходимо учитывать механические свойства стали. Особенно становится актуальной степень точности и достоверности оценки дефекта тогда, когда проходит определенное время эксплуатации трубопровода. Здесь уже важной задачей становится определение остаточного ресурса объекта, целью которого является безопасная эксплуатация и соответствующее техническое состояние.

Опыт эксплуатации средств внутритрубной диагностики и других методов НК показал, что наиболее часто определяются следующие дефекты:

- внешняя и внутренняя общая коррозия;
- язвенная коррозия;
- дефекты сварных швов (непровары);
- дефекты от строительных работ (царапины, задиры);
- утончение стенки.

Соответственно можно выделить несколько общих проблем, которые будут являться критичными для любого трубопровода: коррозия, качество сварного шва и НДС металла или зона концентрации напряжения.

В стадии проектирования и строительства трубопровода имеются точные механические свойства стали. При помощи экспериментов и расчетов можно определить и остаточное напряжение и начальный ресурс трубопровода. Но когда приходит время физического износа трубопровода, тогда точность методов и способы определения остаточного ресурса начинают играть огромную роль. Эти методы неразрушающего контроля и остаточного ресурса, а также методы продления сроков безопасной эксплуатации чаще всего определяют уже деградацию материала. Деградация – это изменение свойств стали, а именно это дефекты, которые воспроизвелись во время эксплуатации из «зародышевого» состояния. Самая главная опасность этого состояния – это его непредсказуемость, невидимость и слабоизученность.

Эта задача становится главной не только в изучении и оценке статической прочности объектов, она становится решающей в изучении и оценке усталостной прочности в связи с локальным характером усталостного разрушения и сильной его зависимости от фактического напряженно-деформированного состояния (НДС) материала.

Бурное развитие современных неразрушающих методов и средств диагностики материалов и конструкций привело к тому, что сейчас отсутствует единый критерий оценки НДС, дефекта или повреждения. Метод внутритрубной диагностики имеет ряд недостатков, которые при ближайшем рассмотрении могут стать критическими [1].

Но самый главный недостаток метода внутритрубной диагностики состоит в том, что он не учитывает НДС материала трубы, которое со временем приведет к разрушению.

Если проанализировать другие методы неразрушающего контроля, то можно сделать

следующие выводы:

- Почти все известные в настоящее время методы диагностики, кроме механических, являются косвенными. В принципе, определение свойств материала сводится к измерению изменений неких параметров используемых физических полей. Другими словами, если на исследуемый объект, который обладает некоторыми заранее неизвестными способностями сопротивления внешним воздействиям, оказать воздействие физическим полем, имеющим известные или заданные параметры, то изменения параметров используемого поля, вызванные реакцией объекта, будут представлять "отпечаток" его свойств в области, заданной типом физического поля. При этом, "отголоски" реакции будут видны и в пространствах других полей, но как косвенные "отпечатки", или вторичная реакция. Так, например, если воздействовать тепловым полем, то прямыми характеристиками будут тепловые, а косвенными – механические, электромагнитные и др. Если же воздействовать на объект механическим силовым полем, то прямые характеристики реакции будут относиться к механическим характеристикам, а косвенные проявления можно наблюдать в тепловых, электромагнитных и других полях[1]:

- разнообразие ультразвуковых методов свидетельствует об их потенциально высокой информативности, однако существующие в настоящее время средства используют не более 4-х независимых информативных параметров, также ультразвуковые методы, реализуемые известными техническими средствами, при всем их многообразии, являясь интегральными спектральными или интегральными амплитудно-фазовыми, используются как косвенные методы;

- все известные в настоящее время средства диагностики измеряют лишь некие параметры используемых физических полей, связанные в общем случае не с механическими напряжениями, а с некой совокупностью характеристик НДС материала, причем связанные недостаточно изученными и не всегда монотонными и однозначными закономерностями;

- определение характера и величины методической погрешности измерения характеристик напряженного состояния материала невозможно;

- достоверность и, тем более, точность измерения характеристик напряженного состояния материала неразрушающими физическими методами, приводимые разработчиками средств диагностики, вызывают серьезные сомнения;

- не существует достаточно убедительного экспертного метода оценки правильности определения характеристик напряженного состояния материала неразрушающими физическими методами.

Проведенный анализ причин недостаточной эффективности использования средств диагностики НДС конструкционных материалов при оценке ресурса сложных технических сооружений показывает их объективность, важнейшим следствием которой в моральном аспекте должно стать справедливое разделение ответственности за отсутствие необходимых средств диагностики свойств материалов между специалистами по прочности и разработчиками методов и средств диагностики. Осознание равенства ответственности, безусловно, сблизит позиции обеих сторон, по сути, решающих одну проблему – обеспечить приемлемые гарантии безопасности объектов, но соединить усилия можно только при конструктивном подходе.

Нам предстоит еще исследовать физические свойства, технические преимущества и недостатки метода магнитной памяти металла (ММПМ) при дефектовке трубопроводов и обосновать подбор и оптимальный технологический режим эксплуатации высокопрочных труб для условий высокого пластического давления и агрессивной среды [2] .

Отличия ММПМ от традиционных методов НК (УЗК, рентген и др.):

- ММПМ – это метод ранней диагностики усталостных повреждений и "преддефектного" состояния металла;

- ММПМ – единственный метод, отвечающий на вопрос: "откуда брать пробу металла" при оценке ресурса оборудования;

- ММПМ – второй после акустической эмиссии пассивный метод, при котором используется информация излучения конструкций. При этом ММП, кроме раннего обнаружения дефекта, дополнительно дает информацию о фактическом напряженно-деформированном состоянии (НДС) и позволяет выявить причину развивающегося повреждения;

- При ММПМ-контроле измеряются параметры собственных магнитных полей рассеяния от скоплений дислокации в зонах концентрации напряжений (КН) в отличие от других известных магнитных методов, при использовании которых измеряют рассеяния на дефектах искусственно созданных магнитных полей.

Интерес специалистов различных отраслей к принципиально новому магнитному методу неразрушающего контроля в последние годы значительно возрос, несмотря на противоречивые

отзывы, которые имеют место при внедрении метода на практике. Объективному восприятию метода мешает сложившаяся психология специалистов дефектоскопии – поиск и нахождение конкретного дефекта. Однако многие специалисты уже понимают, что более опасным во многих случаях (особенно после длительной эксплуатации оборудования) является преддефектное состояние металла (когда на уровне структуры произошли необратимые изменения) и повреждение из-за усталости металла может произойти внезапно и, как правило, в тех зонах, где оно не ожидается.

Уровень чувствительности традиционных методов НК не позволяет выявить преддефектное состояние металла. Именно на решение этой задачи направлена методология контроля, использующая магнитную память металла. Интерес к методу обусловлен также нерешенными проблемами, которые возникают на практике при обеспечении надежности и определении ресурса оборудования. Традиционные методы НК напряженно-деформированного состояния оборудования (рентген, УЗК, тензометрирование и др.) оказались малоэффективными при широком их внедрении на практике.

Важнейшими этапами процесса оценки риска и остаточного ресурса объекта контроля (ОК) должны быть не только обнаружение дефектов и определение их параметров (дефектометрия), но что более важно:

- обнаружение локальных зон развивающихся повреждений – зон концентрации напряжений (ЗКН);
- выявление наиболее опасных ЗКН, являющихся наиболее вероятными местами разрушения объекта;
- определение параметров напряженно-деформированного (энергетического) состояния в наиболее опасных ЗКН;
- определение фактических структурно-механических характеристик материала в ЗКН;
- оценка скорости и направления развития повреждения на основе выявленного механизма развития поврежденности.

Отсюда следует, что основным назначением неразрушающих методов диагностики является получение информации в объеме, необходимом и достаточном для выполнения расчетов ресурса и оценки рисков. При этом необходимо обеспечить 100% контроль объекта с целью гарантированного выявления наиболее опасных зон – ЗКН и развивающихся повреждений.

Принципиальная новизна метода МПМ заключается в использовании объективно существующего, но не изученного ранее, явления "магнитоластики". Изучение сложных процессов перераспределения собственной энергии материала под действием внешних силовых и/или магнитных полей потребовало знаний не только из областей металлофизики, теорий упругости, пластичности и прочности, механики разрушения, основ радиотехники и даже термодинамики, но заставило обратиться к таким областям науки, как квантовая физика, физика твердого тела, теория дислокаций, теория электромагнитного поля, – казалось бы далеким от решаемых практических задач. Но полученные результаты превзошли ожидания: удалось установить не только функциональную связь различных внутренних энергетических полей между собой и с внешними полями, что обеспечивает развитие таких известных активных методов диагностики, как метод коэрцитивной силы, метод остаточной намагниченности, метод шумов Баркгаузена и др., но и выявить количественные критерии определения сильных и слабых магнитных полей, энергетические соотношения силовых и магнитных полей, определяющие границы магнитоупругости и впервые вводимого в практическое использование явления магнитоластики.

Выводы:

1. К трубам, работающим под очень высоким давлением и в агрессивной среде, предъявляются особые требования для обеспечения бесперебойной надежной подачи газа в пласт.
2. Использование метода магнитной памяти металла МПМ, кроме раннего обнаружения дефекта, дополнительно дает информацию о фактическом напряженно-деформированном состоянии (НДС) и позволяет выявить причину развивающегося повреждения трубопровода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гареев А.Г., Мостовой А.В. Диагностика коррозионного растрескивания трубопроводов. – Уфа: Гилем, 2003. – 100 с.
- 2 Абдуллин И.Г., Гареев А.Г., Худяков М.А. Анализ стадий зарождения и развития малоцикловой коррозионной усталости металла магистральных нефтепроводов // Трубопроводный транспорт нефти. – 1999. – № 6. – С. 31-34.

Ұнғымаға газды кері айдау әдісі көмірсутекті шикізаттарды өндіру дәрежесін арттыруға мүмкіндік береді.

RESUME

Reinjection of gas allows intensifying the current production of hydrocarbon and increases extraction extent of hydrocarbons by maintaining reservoir pressure.