

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МОРСКИХ СТАЦИОНАРНЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА

Богданов Я.А.¹

¹ОАО «Газпром автоматизация» (119435, РФ, г. Москва, а/я 641, Саввинская набережная, д. 25, e-mail: y.bogdanov@gazauto.gazprom.ru)

Проведен анализ состояния морских стационарных платформ для добычи нефти и газа на морских месторождениях. Показано, что в процессе эксплуатации имеющиеся дефекты конструктивных элементов морских стационарных платформ под влиянием нагрузок и воздействий могут развиваться до критического состояния и привести к разрушению всей платформы, причем наиболее интенсивно процессы износа идут в зоне периодического смачивания. Предотвратить аварийную ситуацию возможно путем своевременного проведения комплексного диагностического обследования и выявления дефектов. В статье формулируются требования к современным методам неразрушающего контроля при проведении комплексного диагностического обследования в условиях морского месторождения, и проводится их детальный анализ. На основе проведенных исследований автором установлено, что наиболее эффективным методом при проведении комплексного диагностического обследования является перспективный метод теплового контроля.

Ключевые слова: морские, стационарные, платформы, нефть, газ, диагностика, тепловой, контроль.

PROBLEMS OF RELIABILITY FIXED OFFSHORE OIL AND GAS PLATFORMS

Bogdanov Y.A.¹

¹OAO "Gazprom Automation" (119435, Moscow, p/o 641, Savvinskaya embankment, 25, e-mail: y.bogdanov@gazauto.gazprom.ru)

The analysis of fixed offshore platforms for oil and gas offshore. It is shown that in-service defects existing structural elements of fixed offshore platforms under the influence of loads and actions can develop into critical condition and lead to the destruction of the entire platform, with the most intense processes of wear are in the area periodically wetting. Prevent an emergency situation is possible by timely comprehensive diagnostic and identification of defects. We formulate the requirements to modern methods of non-destructive testing in integrated diagnostic work in the offshore field and a detailed analysis is conducted. Based on these studies the author found that the most effective method for carrying out a comprehensive diagnostic evaluation is a promising method for thermal control.

Key words: marine, stationary platforms, oil, gas, maintenance, heat, control.

РФ обладает значительными запасами нефти и газа, расположенными в морских акваториях. Добыча нефти и газа в этих условиях ведется с использованием морских платформ различного типа, наиболее распространенной из которых является морская стационарная платформа гравитационного типа [1]. К настоящему моменту большинство этих платформ эксплуатируются уже более 30 лет, что не может не ставить вопрос о безопасности и надежности эксплуатации данных сооружений. Решение этого вопроса, по мнению автора, заключается в принятии своевременных мер по выявлению и устранению конструктивных элементов МСП, выработавших свой ресурс и отрицательно влияющих на возможность дальнейшей безопасной эксплуатации морской платформы. В течение всего срока эксплуатации МСП ее конструктивные элементы (КЭ) подвергаются влиянию различных нагрузок и воздействий, что приводит к образованию и развитию различных дефектов, способствующих разрушению КЭ МСП [1-9]. Дефекты конструктивных элементов морских

стационарных платформ имеют различную природу происхождения и классифицируются также по своему расположению (сварной шов либо основной металл) и отличны по степени своей опасности. Это могут быть дефекты промышленного производства основного металла, такие как раковины, волосовины, термические трещины; дефекты сварных соединений, такие как поры, непровары, подрезы; дефекты, полученные в процессе эксплуатации, такие как вмятины, усталостные трещины, забоины и др. [1; 5-9]. Безусловно, все эти дефекты под влиянием переменных нагрузок и воздействий могут получить свое дальнейшее развитие и превратить КЭ МСП в потенциально опасный элемент. Однако наибольшим действием ввиду специфики морского месторождения обладают коррозионные дефекты. На рис. 1-4 представлены фотографии различных МСП, подверженных коррозионному воздействию, иллюстрирующие их фактическое состояние.



Рис. 1. Опорный блок, производственный модуль.



Рис. 2. Опорный блок, жилой модуль.



Рис. 3. Опорный блок, жилой модуль.



Рис. 4. Опорный блок, технологический модуль.

Исследования, приведенные в работе [1; 6], показали, что наибольший коррозионный износ конструктивных элементов МСП, равный приблизительно 12% от начальной толщины стенки, достигается в зоне переменного смачивания [1, 6]. В подводной зоне коррозионный износ более низкий и колеблется в диапазоне 5–8,8% (в зависимости от подводных течений).

В атмосферной зоне коррозионный износ в среднем составляет 7% [6]. Оценивая степень поражения металлоконструкций опорных блоков МСП, необходимо отметить, что все элементы платформ затронуты коррозией, однако для всех МСП можно отметить одну очень важную тенденцию: фактическое состояние металлоконструкций надводных частей производственных блоков в зоне переменного смачивания характеризуется наибольшим коррозионным износом. Средний износ элементов в этой зоне составляет от 25 до 40%. Максимальный износ отдельных элементов достигает 75–85% [6]. Эти данные также подтверждаются документом [10], в котором скорость коррозии в зоне переменного смачивания оценивается 0,16 мм/год, а в подводной и надводной зонах в 0,12 мм/год и 0,10 мм/год соответственно. Несмотря на то что значения скорости коррозии, показанные в документе [10], несколько отличны от имеющихся у автора фактических материалов обследования, приведенные данные говорят о том, что максимальный износ идет в зоне периодического смачивания. Опираясь на данное утверждение, можно сделать вывод о том, что наибольшее количество потенциально опасных дефектных элементов находится именно в зоне периодического смачивания. Выявление таких потенциально опасных дефектных элементов, по мнению автора, возможно лишь путем проведения комплексного диагностического обследования всей платформы современными методами неразрушающего контроля. В настоящее время разработаны и эффективно применяются различные методы неразрушающего контроля, однако специфика условий морского месторождения, масштабность конструкции МСП и многие другие факторы создают определенные требования к различным методам неразрушающего контроля. Сформулируем требования к методам НК применительно к МСП: 1) высокая скорость выполнения операций контроля; 2) точность выявления опасных дефектов; 3) коррозионный слой МСП не должен препятствовать проведению контроля; 4) полному контролю должны подвергаться 100% поверхности и сварных стыков конструктивных элементов МСП, а не отдельные их участки; 5) возможность проведения контроля в труднодоступных местах; 6) низкая стоимость операций контроля; 7) данным методом НК возможно провести диагностику крупногабаритного объекта, подобного МСП; 8) имеется успешный опыт применения данного метода в различных отраслях промышленности. Необходимо отметить тот факт, что ввиду особенностей окружающей среды КЭ подводной части, практически нет замены визуальному водолазному обследованию. Ни один из рассматриваемых далее методов неразрушающего контроля невозможно применить в подводных условиях, за исключением, может быть, ультразвуковой толщинометрии. Автору известно о таких успешно проведенных операциях контроля, однако проведение ультразвуковой подводной толщинометрии сопровождалось частыми поломками дорогостоящих (свыше 130 тысяч

рублей за один прибор) УЗ-толщиномеров, что объясняется попаданием влаги в электрические цепи прибора. Кроме того, достаточно сложно найти хорошо подготовленного УЗК-дефектоскописта и водолаза одновременно, технически сложно обеспечить зачистку контролируемой поверхности от коррозионного слоя и т.д.

Перейдем к рассмотрению современных методов НК. Первым по популярности среди современных методов является ультразвуковой контроль. Этот метод показал хорошие результаты при выявлении дефектов в авиации, контроле качества сварных соединений газопроводов и других областях промышленности, однако в реальности вся поверхность МСП покрыта слоем коррозии толщиной 3-4 мм, что препятствует распространению ультразвуковых колебаний и надежному выявлению дефектов. Кроме того, наличие значительного числа коррозионных каверн будет выдавать множество ложных дефектов. Удаление же коррозионного слоя на труднодоступных и крупноразмерных элементах МСП технологически неосуществимо. Вторым по популярности среди методов НК является рентгеновский метод контроля (РК), который не столь чувствителен к коррозионным повреждениям. Однако сложность размещения оборудования РК контроля на труднодоступных конструктивных элементах МСП, крайне длительное время на подготовку к проведению операций контроля и удаление персонала платформы на безопасное расстояние в соответствии с требованиями безопасности при проведении РК делают данный метод практически неприменимым. Следующими по популярности применения следуют вихретоковый (ВК), магнитный (МК) и капиллярный (ПК) методы контроля. Сразу отметим, что данные методы позволяют выявлять только определенные дефекты. Так, например, ВК-метод выявляет только поверхностные дефекты, расположенные на глубине не более 3 мм от поверхности конструктивного элемента, ПК-метод возможно применять только при обязательном выходе дефекта на поверхность и отношении глубины дефекта к его ширине не менее 10 и т.д. В целом все эти методы имеют жесткие требования к качеству зачистки конструктивных элементов МСП, шероховатости исследуемой поверхности и пр., что не позволяет эффективно их применять при проведении комплексной диагностики. Кроме того, стоимость подобных операций контроля и расходных материалов будет значительно превышать стоимость самой МСП. В последние годы значительную популярность приобретает так называемый тепловой контроль (ТК) [3]. Данный метод контроля основан на том, что функционирование многих объектов сопряжено как с действием ветровых, гидродинамических и др. нагрузок, так и с действием переменных и стационарных тепловых (температурных) полей [1-3]. При этом их внутренняя структура оказывает заметное воздействие на характер излучаемого теплового поля, что позволяет по анализу его аномалий судить об изменении структуры металла в целом либо его отдельных зон. Тепловое поле

поверхности исследуемого объекта является источником информации об особенностях процесса теплопередачи, который в свою очередь зависит от конструкции и формы объекта и наличия в нем дефекта. К настоящему моменту в различных отраслях промышленности имеется успешный опыт выявления при помощи теплового метода трещин, пустот, расслоений, пор, непровара, раковин и др. дефектов, характерных также и для МСП. Опыт использования теплового метода контроля в авиастроении, судостроении, энергетике и других отраслях позволил разработать методику и последовательность его проведения [3]. Однако для диагностики МСП методика теплового контроля в настоящее время отсутствует. В связи с этим автором ставится задача разработки такой методики, что потребует изучения процессов нагрева и охлаждения МСП под действием солнечного излучения, исследования влияния коррозионного слоя на процессы теплопередачи, а самое главное, исследования искажений теплового поля при различных параметрах дефекта. С точки зрения теплового контроля все дефекты можно разделить на пассивные, т.е. не выделяющие тепла, и активные, являющиеся источником тепловыделения. Обнаружение пассивных дефектов, характерных для МСП, наилучшим образом возможно при применении активного метода. Активный метод контроля подразумевает нагрев контролируемого объекта. Совершенно очевидно, что как-либо искусственно подогреть МСП, установленную на месторождении, практически невозможно, однако такой нагрев реализуется при помощи солнечного излучения. С учетом этого обстоятельства на первый план выходят вопросы изучения влияния солнечного излучения и различных факторов окружающей среды на формирование температуры конструктивных элементов морских стационарных платформ. При нагреве контролируемого объекта дефект оказывает сопротивление тепловому потоку, т.к. его теплопроводность отличается от теплопроводности металла конструктивного элемента МСП [3]. Распространяясь в глубь КЭ МСП, тепловой поток обтекает дефект по окружающим слоям основного металла. При этом имеет место накопление теплоты в слое до дефекта и ее недостаток в слое за ним, что проявляется в локальном изменении температуры на поверхностях контролируемого объекта [3]. Описанное явление также справедливо и для процесса охлаждения. Так как ввиду конструктивной специфики МСП контроль со стороны внутренней поверхности невозможен, то автором предлагается исследовать обратносимметричный нагреву процесс, а именно остывание (охлаждение) МСП после достижения максимума нагрева за счет солнечного излучения. При этом в отличие от существующих методик теплового контроля автором предлагается исследовать не единовременную термограмму МСП, а несколько последовательно выполненных через равные промежутки времени термограмм, что позволит охарактеризовать скорость изменения температурного состояния, что позволит лучшим образом интерпретировать

размеры дефекта. Помимо этого, требуется также установить влияние коррозионного слоя на процессы теплопередачи в КЭ МСП. В настоящее время подобные методики отсутствуют, и автором ставится задача их разработать. В заключение приведем сравнительную таблицу методов НК применительно к выполнению диагностических работ на МСП (таблица 1).

Таблица 1

Сравнительная таблица методов неразрушающего контроля применительно к выполнению диагностических работ на МСП

Параметр	Наименование метода контроля					
	УЗК	РК	ВК	МК	ПК	ТК
Скорость выполнения операций контроля	Низкая	Низкая	Средняя	Низкая	Низкая	Высокая
Точность выявления дефектов	Средняя	Высокая	Средняя	Низкая	Средняя	Средняя
Чувствительность метода НК к коррозионному слою	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Низкая
Возможность 100%-ного контроля основного металла и сварных швов	Слабая	Слабая	Слабая	Слабая	Слабая	Высокая
Возможность проведения контроля в труднодоступных местах	Средняя	Низкая	Средняя	Средняя	Средняя	Высокая
Стоимость проведения контроля	Средняя	Высокая	Средняя	Средняя	Высокая	Низкая
Возможность контроля масштабных объектов	Слабая	Слабая	Слабая	Слабая	Слабая	Высокая
Опыт применения метода НК	Длительный	Длительный	Длительный	Длительный	Длительный	Средний

Таким образом, по мнению автора, обеспечение безопасности МСП возможно путем проведения комплексной диагностики с применением современных методов неразрушающего контроля, наилучшим из которых является тепловой контроль. В настоящее время автором продолжаются исследования в данном направлении, результаты которых будут опубликованы позднее.

Список литературы

1. Бородавкин П.П. Морские нефтегазовые сооружения : учебник для вузов. Ч. 1. Конструирование. – М. : Недра-Бизнесцентр, 2006. – 555 с.
2. Бородавкин П.П. Подземные магистральные трубопроводы. – М. : Энерджи Пресс, 2011. – 480 с.
3. Будадин О.Н., Вавилов В.П., Абрамова Е.В. Тепловой контроль. – М. : Спектр, 2011. - 172 с.

4. Коваленко А.Д. Основы термоупругости : учебник для вузов. – Киев : Наукова думка, 1970. – 308 с.
5. Колгушкин А.В., Беляев Н.Д. Влияние природных факторов на скорость коррозии морских ГТС // Предотвращение аварий зданий и сооружений. – 2009. – URL: <http://www.pamag.ru/src/prensa/137.pdf>.
6. Староконь И.В. О влиянии коррозионного воздействия на развитие усталостных трещин на морских нефтегазовых сооружениях (МНГС) // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11 (ч. 5). – С. 1214-1219.
7. Староконь И.В. Основы теории и практики образования усталостных трещин на морских нефтегазовых сооружениях // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4.
8. Староконь И.В. Анализ отечественной нормативной документации по безопасности эксплуатации морских нефтегазовых сооружений (МНГС) // Естественные и технические науки. – 2009. – № 6. – С. 346-347.
9. Староконь И.В. О результатах численно-аналитического моделирования воздействия переменных и условно стационарных температурных полей на развитие усталостных трещин морских нефтегазовых сооружений (МНГС) // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1 (ч. 1). – С. 153-158.
10. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. – СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2008. - 483 с.

Рецензенты:

Безкорвайный В.П., доктор технических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой АПС РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, г. Москва.

Литвин И.Е., доктор технических наук, генеральный директор ООО «СТД», г. Москва.