

# Инспекция сосудов, работающих под давлением, и технологических трубопроводов как составляющая системы управления промышленной безопасностью

Крылов Д. И.<sup>1</sup>, Макеев М. В.<sup>2</sup>, Мищенко И. Г.<sup>3</sup>, Рамзин А. Б.<sup>4</sup>, Тарасов П. А.<sup>5</sup>, Яшников Д. В.<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Крылов Денис Иванович / Krylov Denis Ivanovich – заместитель заведующего отделом оценки соответствия;

<sup>2</sup>Макеев Максим Владимирович / Makeev Maxim Vladimirovich – заведующий отделом оценки соответствия;

<sup>3</sup>Мищенко Игорь Григорьевич / Mishchenko Igor Grigorevich – кандидат технических наук, заместитель технического директора;

<sup>4</sup>Рамзин Алексей Борисович / Ramzin Aleksey Borisovich – заместитель заведующего лабораторией;

<sup>5</sup>Тарасов Павел Андреевич / Tarasov Pavel Andreevich – инженер 1 категории отдела оценки соответствия;

<sup>6</sup>Яшников Даниил Валерьевич / Jchnikov Daniil Valerevich – инженер 2 категории, лаборатория неразрушающего контроля, технического диагностирования и металловедения, Акционерное общество «Центральное конструкторское бюро нефтеаппаратуры», г. Подольск

**Аннотация:** в данной статье описывается риск ориентированный подход по проведению инспекций сосудов, работающих под давлением, и технологических трубопроводов в рамках обеспечения системы управления промышленной безопасностью.

**Abstract:** this article describes a risk based approach for the inspection of pressure vessels and process piping as part of a control system of industrial safety.

**Ключевые слова:** инспекция сосудов и трубопроводов, система управления промышленной безопасностью.

**Keywords:** inspection vessels and piping, the system of industrial safety.

В соответствии с изменениями к Федеральному закону [1], вступившими в силу с 01.01.2014, организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты (ОПО) I или II класса опасности, обязаны создать систему управления промышленной безопасностью (СУПБ) и обеспечить ее функционирование.

СУПБ должна обеспечивать:

1. Идентификацию, анализ и прогнозирование риска аварий на ОПО и связанных с такими авариями угроз.
2. Планирование и реализацию мер по снижению риска аварий на ОПО.
3. Своевременную корректировку мер по снижению риска аварий на ОПО.
4. Участие работников организаций, эксплуатирующих ОПО, в разработке и реализации мер по снижению риска аварий на ОПО.

На сегодняшний день большинство предприятий проводят инспекции сосудов, работающих под давлением, и технологических трубопроводов в соответствии с требованиями Федеральных норм и правил [2] и ГОСТ 32569-2013 [3].

При этом периодичность проведения освидетельствований и ревизий определена в виде ряда чисел в зависимости от класса опасности и скорости коррозии объекта. Текущее техническое состояние объекта, остаточная толщина стенки, степень его изношенности при назначении срока следующего освидетельствования и ревизии во внимание не принимаются. Также следует отметить, что из числа вероятных видов деградации принимаются во внимание только процессы, приводящие к утонению стенки. Кроме того, подразумевается, что эти процессы имеют достаточно стабильный характер, а скорость коррозии/эрозии определена с достаточной точностью.

Реальная картина эксплуатационного поведения оборудования нефтегазодобывающих производств является значительно более сложной. Ряд возможных и весьма опасных видов деградации не являются прогнозируемыми, могут проявиться на любой стадии эксплуатации (например, коррозия под теплоизоляцией и обшивкой, коррозионное растрескивание под напряжением и др.). Коррозия и эрозия имеют, как правило, неравномерный, локальный характер. Во многих случаях скорость коррозии нарастает со временем, в том числе в связи с постепенным изменением обводненности и фазового состава добываемого флюида и нефтепромысловых сред.

Это приводит к тому, что большинство отказов оборудования непредсказуемо, а те, которые можно предсказать, редко учитываются при планировании работ. Система инспекций, установленная в нормативных документах [2, 3], не позволяет в полной мере реализовать требования Федерального закона [1] по созданию СУПБ.

В процессе разработки СУПБ, помимо уже сложившихся практик организации работ по обеспечению промышленной безопасности, необходимо определить и сформировать:

- концепцию, позволяющую выполнить идентификацию опасностей и оценку риска возникновения аварий, исходя из вероятности отказа трубопроводов и оборудования, работающего под давлением, и величины последствий аварии, определить критичность данного оборудования (уровень приемлемого риска);
- порядок планирования работ, осуществляемых в рамках СУПБ, и перечень документов планирования мероприятий по снижению риска аварий на ОПО;
- методики, позволяющие осуществлять инспекцию трубопроводов и оборудования, работающего под давлением, с учетом фактора риска.

Данный подход позволит проводить идентификацию, анализ и прогнозирование риска аварий на ОПО и связанных с такими авариями угроз и, соответственно, осуществлять менеджмент рисков аварий.

Для реализации вышеуказанного подхода в качестве базовых моделей предлагается применить уже зарекомендовавшую себя в мировой практике систему – RBI (Risk Based Inspection) – инспектирование с учетом факторов риска.

Вышеуказанный подход широко используется в нефтегазовой отрасли зарубежных компаний, а также описан в стандартах API-580 «Risk-based Inspection» [4] и API-581 «Risk-Based Inspection Technology» [5].

Деградационные процессы, протекающие в технологических трубопроводах и сосудах, работающих под давлением, с течением времени могут привести к их отказу с потерей технической целостности оборудования, что может привести к аварии на ОПО. Соответственно, проведением идентификации, анализа и прогнозирования видов и скорости деградации в оборудовании обеспечивается контроль и снижение риска аварий на ОПО.

Оценка вероятности отказа при развитии деградационных процессов должна учитывать все возможные факторы, вызывающие деградацию, как зависящие, так и не зависящие от времени эксплуатации. Выделяются прогнозируемые (определяются в процессе проектирования технического устройства) и непрогнозируемые (определяются в ходе регламентных обследований технических устройств) виды деградации.

Для каждого установленного вида деградации определяются значения вероятности отказа при развитии деградации, которые разбиваются по категориям, например, от А до D следующим образом:

- категория вероятности А (высокая) - возможны отдельные отказы оборудования в течение всего периода эксплуатации;
- категория вероятности В (средняя) - возможны в принципе отказы оборудования в течение всего периода эксплуатации;
- категория вероятности С (низкая) - отказы оборудования вряд ли возможны;
- категория D (незначительная) - отказы оборудования практически невозможны.

Развитие деградации приводит к определенным сценариям последствий. Программа инспектирования технических устройств, применяемых на ОПО, должна разрабатываться на основе установленных механизмов деградаций и вероятных сценариев последствий (рассматриваются только правдоподобные сценарии, научнообоснованные и опирающиеся на накопленный опыт).

Последствия, возникающие при наступлении отказа, подразделяются по относительным категориям, начиная от I (наиболее серьезные, например, пожар, взрыв) до V (самые незначительные, например, небольшая утечка без экологических последствий или без воздействия на безопасность).

Вероятность отказа	A					
	B					
	C					
	D					
		V	IV	III	II	I
		Последствия отказа				

Рис. 1. Матрица уровней риска (критичности оборудования)  
*(A{III-II-I}-B{II-I}-C{I})* - зона высокого риска;  
*(A{V-IV}-B{V-IV-III}-C{IV-III-II}-D{III-II-I})* - зона умеренного (среднего) риска;  
*(C{V}-D{V-IV})* - зона низкого риска

Сочетание вероятности отказа при развитии деградации и последствий, возникающих при наступлении отказа, является **критичностью оборудования**. Критичность оборудования показана на рисунке 1 в виде матрицы уровней риска и определяется как пересечение значений осей «Вероятность отказа» и «Последствия отказа».

В соответствии с критичностью оборудования проводится категорирование трубопроводов и сосудов, работающих под давлением.

При оценке критичности оборудования также необходимо принимать во внимание классы опасности технологических сред и категории технических устройств по степени их опасности, установленные нормативными документами [2, 3], данные соответствующих разделов деклараций промышленной безопасности и планов ликвидации аварий на ОПО.

Использование программы RBI в большей степени снижает риск возникновения отказов, связанных с нарушением целостности оборудования, чем при тех же затратах использования программы инспекции, принятой в нормативном порядке.

В основе инспектирования лежит обстоятельство, что вероятность наступления отказа, связанного с нарушением целостности оборудования, для различных трубопроводов и сосудов, входящих в состав

технологического процесса, не одинакова. RBI концентрирует усилия по инспектированию и обслуживанию в тех секторах, где риск и возможные последствия наиболее велики.

Главные задачи инспектирования:

- концентрация усилий на определение и снижение реальных рисков и угроз безопасности;
- повышение коэффициента готовности за счет остановки оборудования на проведение только самых необходимых инспекций;
- снижение затрат на обслуживание за счет исключения излишних подготовительных операций;
- повышение безопасности за счет исключения угроз, связанных с подготовкой к инспекции.

Данный подход полностью соответствует требованиям Федерального закона [1] в части реализации СУПБ и позволяет:

– перераспределить силы и средства, выделенные на проведение технического диагностирования таким образом, чтобы:

а) обеспечить работу технических устройств в течение срока службы в зоне умеренного (среднего) риска согласно матрице, приведенной на рисунке 1;

б) обоснованно уменьшать межинспекционный интервал при уменьшении остаточного ресурса технического устройства;

в) обоснованно изменять объем работ по техническому диагностированию, входящих в программу инспекции технического устройства, по результатам предыдущих инспекций и уменьшении остаточного ресурса технического устройства;

– в ряде случаев проводить диагностирование оборудования без вывода его из эксплуатации и проведения, впоследствии, гидравлических (пневматических) испытаний.

Соответственно, экономический эффект от внедрения данных технологий достигается за счет снижения затрат на подготовку к проведению диагностирования, проведение ряда работ по диагностике, уменьшения простоя комплексов при проведении работ по диагностированию, а также за счет выделения средств только на необходимый ремонт и техническое обслуживание оборудования.

### *Литература*

1. Закон Российской Федерации № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 г.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» (утверждены приказом Ростехнадзора от 25.03.2014 № 116).
3. ГОСТ 32569-2013 «Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывоопасных и химически опасных производствах».
4. API RP 580 – Risk Based Inspection.
5. API PUBL 581 - Risk Based Inspection Base Resource Document.
6. Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» (утверждены приказом Ростехнадзора от 13.05.2012 № 188).
7. Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов» (утверждена приказом Ростехнадзора от 17.09.2015 № 365).
8. Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей» (утверждена приказом Ростехнадзора от 17.09.2015 № 366).
9. Руководство по безопасности «Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» (утверждены приказом Ростехнадзора от 27.12.2012 № 784).