

ИЗМЕНЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ ОБОРУДОВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Топоров А.А., Боровлев В.Н.
(ДонНТУ, Донецк, Украина)

Рассмотрены факторы, действующие на химическое оборудование в процессе эксплуатации, их влияние на изменение состояния элементов оборудования, а также соответствующее изменение расчетных схем.

Техногенная безопасность химического оборудования зависит от человеческих и технических факторов [1]. Человеческий фактор - ошибки при принятии решений в проектировании, эксплуатации, проведении ремонтно-восстановительных работ. Технические факторы представляют собой результат взаимодействия рабочей, окружающей среды и оборудования. Как правило, рабочая среда химических производств обладает следующими характеристиками: высокие температура и давление, агрессивность, токсичность, пожаро-, взрывоопасность. На химических производствах окружающая среда зачастую агрессивна из-за наличия выбросов. Под действием рабочей и окружающей среды на оборудование возникает ряд негативных процессов: коррозия стенок, старение материала, образование трещин и т.д. Все это влияет на состояние оборудования в процессе эксплуатации и определяют необходимость разработки мероприятий по техногенной безопасности и надежности.

Определяющим в обеспечении надежности и техногенной безопасности химического оборудования является прогнозирование его технического состояния на этапе проектирования [2]. Все химико-технологическое оборудование проектируется в соответствии с техническим заданием, при этом составляются расчетные схемы для напряженно-деформированного состояния, схемы движения рабочих сред, тепло- и массопереноса, и т.д. Соответственно его начальное состояние рассчитывается под определенные, заданные в проекте условия: температура, давление, свойства перерабатываемого вещества, прогнозируемый период эксплуатации.

В тоже время, воздействие вышеперечисленных факторов в химико-технологическом оборудовании приводит к тому, что в процессе эксплуатации возможны изменения параметров оборудования [3].

Для примера рассмотрим типовой элемент химического оборудования – цилиндрические обечайки (рисунок 1), которые достаточно широко распространены – это корпуса аппаратов, магистральные и технологические трубопроводы, трубчатка в теплообменных аппаратах, емкости для хранения и т.п.

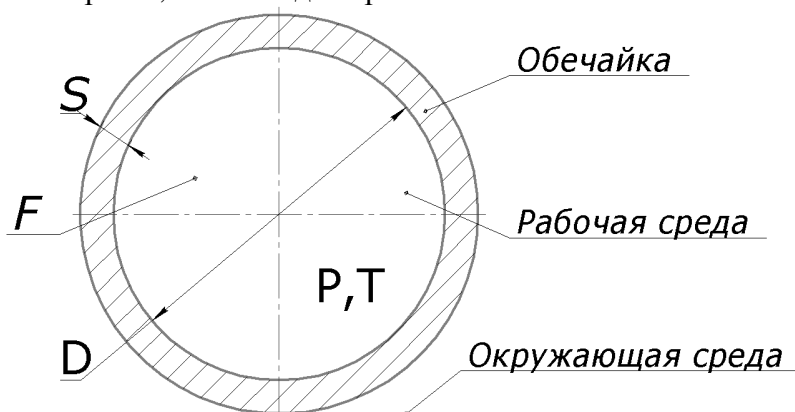
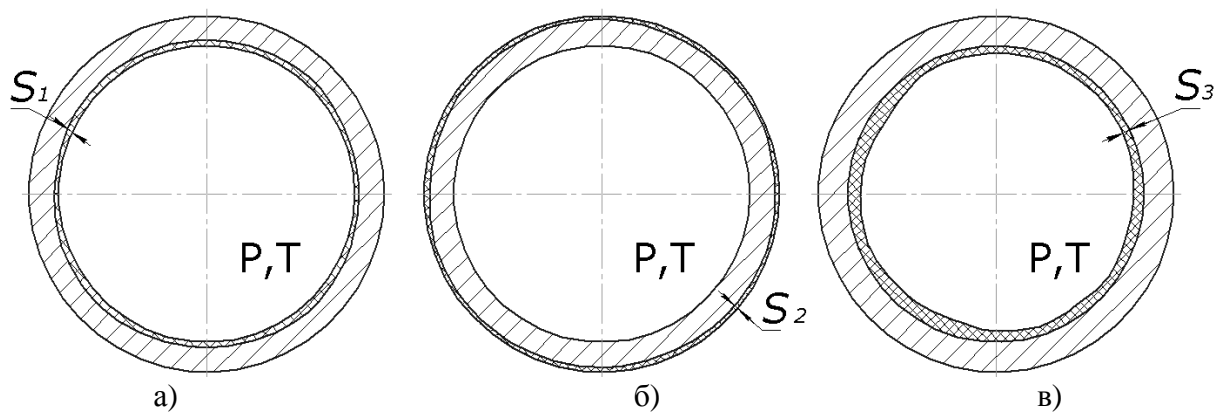


Рисунок 1.- Расчетная схема первоначального состояния сечения цилиндрической обечайки

Начальное состояние обечайки характеризуется следующими параметрами:

1. геометрические параметры обечайки - толщина стенки S , диаметр D , гидравлический радиус F и т. п.;
2. физические параметры материала обечайки - прочность, свариваемость, теплопроводность, чистота обработки поверхностей, трещиностойкость и т.п.;
3. свойства рабочей среды - давление P , температура T коррозионная активность и т.п.

В результате образуется слой прокорродировавшего материала соответствующей толщиной S_1 , S_2 , S_3 . Образуется слой материала с физическими, механическими, тепловыми свойствами, отличающимися от свойств материала обечайки. Коррозия, которая протекает в обечайке, может быть различного вида (от равномерной химической до межкристаллитной и фреттинг-коррозии). Как правило, коррозия, которая протекает в химическом оборудовании - неравномерна. Неравномерная коррозия приводит к тому, что толщина прокорродировавшего слоя в различных местах отличается. В этом случае форма сечения отличается, что при постоянном давлении приводит к несимметричной схеме нагружения. Данный фактор опасен так, как в местах с наименьшей толщиной образуются концентраторы напряжений, что является одной из причин преждевременного выхода из строя химического оборудования или образованию утечек рабочей среды в окружающую среду с последующим ее загрязнением.



а) коррозия внутренних стенок, б) коррозия внешних стенок,
в) образование отложений.

Рисунок 2.- Виды деградационных процессов в обечайке.

Теплопередача от рабочей среды через стенки объекта будет проходить через дополнительный слой, т.е. образуется многослойная стенка, соответственно теплопередача будет ухудшаться.

Кроме ухудшения теплопередачи также происходит изменение таких свойств поверхностей как шероховатость, твердость. В этом случае создаются условия для отложений (рисунок 2в), из-за проявления адгезионных свойств между поверхностью трубопровода и рабочим веществом. Возникает дополнительный слой материала S_3 со свойствами, отличающимися от свойств материала стенок обечайки. Отложения образующиеся на стенках являются дополнительным фактором ухудшающим теплопередачу. Так как отложения имеют еще и определенную массу, то возникают дополнительные механические нагрузки на конструкцию объекта.

Наиболее неблагоприятным является сочетание вышеперечисленных процессов (рисунок 3).

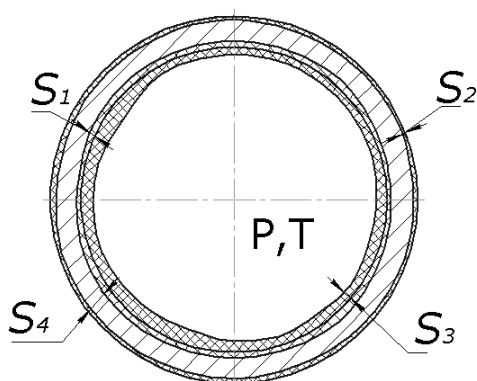


Рисунок 3.- Сечение цилиндрической обечайки с учетом коррозионных процессов и образования отложений

Совокупность этих процессов приводит не только к изменению параметров состояния объекта (геометрические размеры, шероховатость внутренних стенок), но и к изменению расчетных схем. Теплопередача вместо однослойной стенки изменяется на многослойную стенку, соответственно приводит к ухудшению теплообменных процессов в рассматриваемом объекте. Уменьшается коэффициент теплопередачи из-за дополнительных тепловых потерь через слои стенок обечайки с различными свойствами теплопередачи. Вместо равномерно распределенной нагрузки схема нагружения изменяется на несимметричную, что влияет на прочность стенки. Изменение проходного сечения обечайки может существенно повлиять на гидравлический режим течения рабочих сред. При изменении гидравлического режима возможен переход из ламинарного в турбулентный режим течения рабочей среды.

Следует заметить, что физико-механические свойства (прочность, твердость), теплофизические, химические свойства слоев отложений и прокорродировавших слоев практически малоизучены и отсутствуют данные в технической литературе. Причем свойства отложений зависят от рабочей среды, ее температуры и скорости, а также от вида образования осадка и продукта коррозии. Определение этих свойств проводится экспериментальным путем.

Коррозия, вследствие своей неравномерности, приводит к уменьшению толщины стенок цилиндрических оболочек и возникновению концентраторов напряжений в конструкции, что приводит к недопустимым пластическим деформациям и коррозионному растрескиванию. В случае изменения скорости прохождения рабочей среды через оболочку будет изменяться протекание коррозионных процессов в объекте. При увеличении скорости перемещения рабочей среды скорость протекания коррозионных процессов увеличится.

В случае образования отложений для внутренних поверхностей цилиндрических оболочек, что является наиболее часто встречающимся случаем; вместе с изменением режимов течения рабочей среды возможно появление дополнительных нагрузок и воздействий, появление которых вызвано функционированием технического объекта при режимах, в которых параметры рассматриваемого объекта выходят из области допустимого интервала. Например, такими факторами являются резонанс с последующим динамическим или усталостным разрушением или потеря устойчивости цилиндрической обечайки.

Таким образом, необходимо различать работу оборудования, параметры, которого находятся в проектном диапазоне значений, и функционирование оборудования,

которое проработало некоторое время. На него действует комплекс факторов, вследствие чего параметры оборудования выходят за допустимые нормы. В первом случае для расчета параметров реализуют базовую процедуру исследования состояния обечайки. Для второго случая должна быть применена расширенная процедура анализа нагрузок и воздействий на обечайку и расчета напряженно-деформированного, теплового состояний, схем течений рабочей жидкости. Учитывая длительность сроков эксплуатации химического оборудования и изменчивость нагрузок и воздействий, исходная информация о нагрузках и воздействиях подготовлена с учетом факторов времени и вероятности. Для более точного описания объекта (в предложенном примере – обечайки), необходимо определить: процессы, которые протекают в объекте, их скорость и влияние на основные параметры оборудования. Практически каждый параметр, входящий в расчетные формулы является вероятностной величиной и каждое состояние и соответственно расчетная схема тоже будет вероятностной величиной [4]. Выполнить пересчет состояния по исходным расчетным схемам с учетом изменения состояния оборудования. Составить корректные расчетные схемы, по которым провести уточнение состояния объекта.

Приведенные рассуждения применимы не только к случаям, когда изменения в объекте происходят за длительный промежуток времени (от дня до года), но и для быстропротекающих и необратимых изменений, которые зачастую являются аварийными, где скорость и время изменения параметров и расчетных схем измеряется долями секунд. Методику генерирования и расчета схем стало возможно реализовать благодаря развитию вычислительной техники и программного обеспечения в области расчета технологических и прочностных параметров оборудования.

Таким образом, в процессе эксплуатации химического оборудования изменяется его состояние, вследствие этого изменяются его расчетные схемы. Реализация методики генерирования расчетных схем позволит провести оценку работоспособности оборудования, прогнозирование срока эксплуатации, что позволит принять решение по проведению дальнейших действий, которые необходимо применить к объекту: остановка объекта и проведение ремонтно-восстановительных работ или вывод из эксплуатации и дальнейшая утилизация объекта.

Список литературы:

1. Белов П.Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности – М.: ГНТБ «Безопасность» МИБ СТС. – 1996, 428 с.
2. Топоров А.А., Парфенюк А.С., Власов Г.А. Оценка техногенной безопасности технологических комплексов / Экологические проблемы индустриальных мегаполисов: Материалы международной научной конференции. В 2-х томах. Донецк, 2006. Т.1. С.220-224.
3. Топоров А.А. Новый подход к анализу техногенно опасных ситуаций на технологических производствах / Наукові праці ДонНТУ. Серія: Хімія і хімічна технологія. Випуск 95/ Донецьк:ТОВ «Лебідь», 2005. С. 126-130.
4. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем – М.: Издательство «Мир» перевод с английского под редакцией Ушакова И.А. – 1980, 605 с.