

УДК 620.1:[531+534]/[622.3+622.6]

С.Ю. Трутаев¹, e-mail: st@hm.irk.ru; К.А. Кузнецов¹, e-mail: k.kuznetsov@hm.irk.ru¹ АО «ИркутскНИИхиммаш» (Иркутск, Россия).

О необходимости совершенствования подходов к оценке технического состояния оборудования опасных производственных объектов, работающего при непроектных нагрузках

В статье рассмотрены проблемы оценки технического состояния промышленного оборудования опасных производственных объектов нефтегазовой отрасли РФ, эксплуатируемого при нагрузках и повреждающих факторах, не предусмотренных на этапе проектирования. Отмечен существенный рост аварий и инцидентов на производствах, связанных с действием на оборудование непроектных повреждающих факторов. Проведена обобщенная декомпозиция непроектных нагрузок по характеру их действия и причинам появления. Отмечена неэффективность применения стандартизированных подходов к оценке технического состояния оборудования, не позволяющих в полной мере учесть весь спектр повреждающих факторов и нагрузок. Приведен типовой пример, демонстрирующий важность изменения устоявшихся подходов к экспертизе промышленной безопасности оборудования опасных производственных объектов по стандартизированным программам технической диагностики. Рассмотрены организационно-технические аспекты оценки технического состояния оборудования опасных производственных объектов с акцентом на анализе причинно-следственных связей изменения технического состояния оборудования, в течение всего жизненного цикла, а также на своевременной идентификации фактически действующих на него повреждающих факторов. Представлены элементы технологии оценки технического состояния оборудования, эксплуатируемого в условиях непроектных динамических нагрузок, включающей в себя процедуру ранжирования оборудования по группам критичности в зависимости от вклада непроектного динамического нагружения в общее напряженно-деформированное состояние объекта с последующим применением для каждой выделенной группы оборудования различных стратегий контроля состояния в ходе эксплуатации, а также объема внедрения средств повышения динамической стойкости.

Ключевые слова: экспертиза промышленной безопасности, техническое диагностирование, техническое состояние, напряженно-деформированное состояние, опасный производственный объект, расчетно-экспериментальные методы исследования.

S.Yu. Trutaev¹, e-mail: st@hm.irk.ru; K.A. Kuznetsov¹, e-mail: k.kuznetsov@hm.irk.ru

¹ IrkutskNIИhim mash JSC (Irkutsk, Russia).

On the Need for Improvement in Approaches to Technical State Evaluation of Hazardous Industrial Facility Equipment Working under Beyond-Design Load

The problems of technical state evaluation of hazardous industrial facility equipment in the oil and gas industry of the Russian Federation operated under loads and damaging factors unspecified at the design stage, are discussed. Substantial growth in accidents and incidents at industries related to non-design damaging factors affecting the equipment is recorded. A generalized decomposing of non-design loads by the nature of their actions and appearance causes has been carried out. The ineffectiveness of standard approaches application to the technical state evaluation of the equipment, which do not allow to take into account the full range of damaging factors and loads, is noted. A typical example is presented that demonstrates the importance of changing existing established approaches to the industrial safety examination of equipment at hazardous industrial facilities according to standard technical diagnosis programs. The organizational and technical aspects of evaluating the technical state of hazardous production facilities equipment are considered with emphasis on cause-effect analysis of changes in the equipment technical state during the life cycle, as well as on-time identification of actual damaging factors. The components of technology for the technical state evaluation of equipment operated under non-design dynamic loads are presented. It includes a procedure for ranking

equipment according to criticality groups depending on the contribution of non-design dynamic loading to the overall stress-strain state of the object, followed by applying different strategies for equipment monitoring during operation for each selected group of equipment, as well as level of adoption of dynamic ability improvement means.

Keywords: industrial safety expert review, technical diagnosis, technical state, stress-strain state, hazardous industrial facility, computational-experimental research design.

ПРОБЛЕМА ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ НЕПРОЕКТНЫХ НАГРУЗОК

В соответствии с требованиями действующего законодательства в области промышленной безопасности [1–3] оценка технического состояния оборудования опасных производственных объектов (ОПО) в РФ на сегодняшний день проводится в рамках процедур технического освидетельствования, технического диагностирования и экспертизы промышленной безопасности. Наиболее полную информацию о техническом состоянии оборудования ОПО сегодня позволяет получить процедура экспертизы промышленной безопасности, целью которой является определение степени соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности, содержащимся в соответствующей технической документации на объект и отраслевых федеральных нормах и правилах РФ.

В общем случае экспертиза промышленной безопасности [2] оборудования ОПО объединяет процедуры, связанные с анализом эксплуатационной, проектной, конструкторской документации на объект экспертизы, результатов предшествующих освидетельствований и экспертиз, актов расследований аварий, проведением визуального осмотра оборудования, а также с оценкой и прогнозированием технического состояния оборудования по результатам технического диагностирования. Процедура технического диагностирования включает в себя целый ряд специализированных мероприятий

и в общем случае должна основываться на совокупном применении набора различных методов неразрушающего и разрушающего контроля, расчетных и экспериментальных методов исследования прочности элементов оборудования и т. п. Между тем, несмотря на существующее многообразие методов технической диагностики, методов и средств дефектоскопии, методов экспериментальной механики, совокупное применение которых должно и может обеспечить корректную оценку фактического технического состояния оборудования, на сегодняшний день техническое диагностирование на многих предприятиях, как правило, проводится некорректно.

Из [2] следует, что необходимость и целесообразность применения тех или иных методов контроля, а также объем проведения контроля и его локализация определяются экспертом, осуществляющим экспертизу промышленной безопасности оборудования. При этом данная процедура напрямую зависит от правильной идентификации экспертом действующих на оборудовании повреждающих факторов, имеющих место механизмов повреждения, а также чувствительности к ним отдельных узлов и деталей и оборудования в целом. И как показывает практика, именно на данном этапе допускаются достаточно грубые ошибки, причиной которых является не только низкая квалификация экспертов, но и существенные пробелы в действующем законодательстве. Это приводит к тому, что программы технического диагностирования оборудования составляются по унифицированным шаблонам и носят стандартизированный харак-

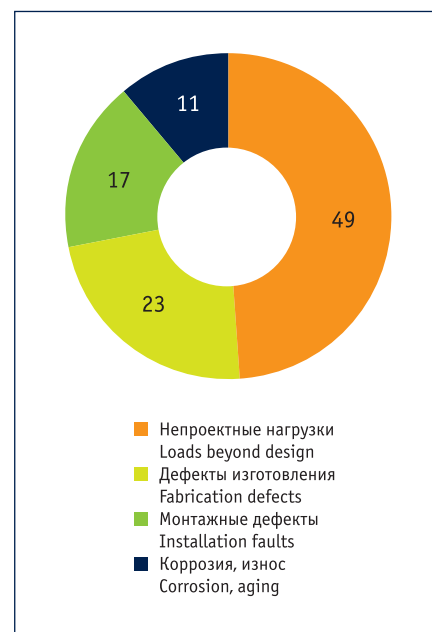


Рис. 1. Причины аварийных отказов и инцидентов на предприятиях топливно-энергетического комплекса [5], %
Fig. 1. Causes of emergency failures and incidents at FEC enterprises [5], %

тер [4]. В результате при оценке состояния целых групп промышленного оборудования упускаются из виду повреждающие факторы, которые в ходе эксплуатации оборудования вносят существенный, а в ряде случаев определяющий вклад в техническое состояние объекта. При этом многие из этих факторов не только не рассматриваются при экспертизе оборудования – их учет не предусматривался и на этапе его проектирования.

Так, анализ статистических данных аварий и инцидентов на объектах топливно-энергетического комплекса (ТЭК) РФ за последние 20 лет [5] свидетельствует о том, что одной из основных причин

Ссылка для цитирования (for citation):

Трутаев С. Ю., Кузнецов К. А. О необходимости совершенствования подходов к оценке технического состояния оборудования опасных производственных объектов, работающего при непроектных нагрузках // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2019. № 7–8. С. 56–64.

Trutaev S.Yu., Kuznetsov K.A. On the Need for Improvement in Approaches to Technical State Evaluation of Hazardous Industrial Facility Equipment Working under Beyond-Design Load. Territorija "NEFTEGAS" [Oil and Gas Territory]. 2019;(7–8):56–64. (In Russ.)

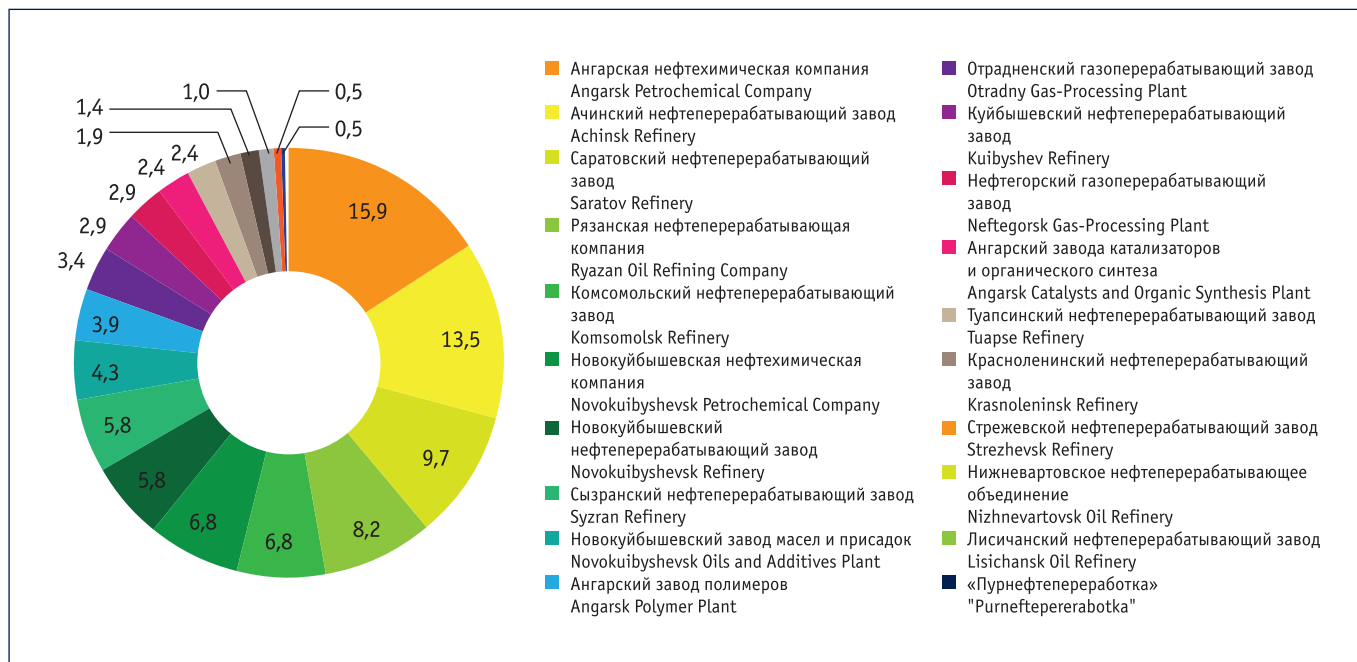


Рис. 2. Распределение количества отказов оборудования по заводам и предприятиям ПАО «НК «Роснефть» за 2015 г., %

Fig. 2. Equipment failures distributed thorough plants and enterprises of Rosneft PJSC in 2015, %

их появления являются именно нагрузками, не предусмотренные на этапе проектирования. На долю непроектных нагрузок приходится около 49 % всех отказов оборудования во время эксплуатации (рис. 1).

При этом отмечается, что непроектные нагрузки могут иметь как статический, так и динамический характер [5]. К примеру, известно [6–11], что при эксплуатации насосно-компрессорного оборудования предприятий нефтепереработки, химии и нефтехимии, нефти и газодобычи часто возникают проблемы с высоким уровнем динамических нагрузок на оборудование. Особенно это характерно для технологических установок, оснащенных поршневыми компрессорами, а также технологического оборудования, работающего совместно с центробежными нагнетателями, перекачивающими высоковязкие или высокотемпературные среды. При проектировании подобных объектов, как правило, внимание уделяется технологическим вопросам, тогда как вопросы размещения и закрепления оборудования решаются без расчета спектра частот собственных колебаний и проверки оборудования на резонансные колебания. В результате во время эксплуатации оборудование подвер-

гается действию не предусмотренных проектом динамических нагрузок (пульсации рабочих сред, вибрации), длительное действие которых в сочетании с другими повреждающими факторами становится причиной развития аварий и инцидентов на ОПО.

Возникновение непроектных статических нагрузок может быть обусловлено целым рядом факторов, в числе которых можно отметить, например, сезонные знакопеременные нагрузки, связанные с замерзанием-оттаиванием грунтов оснований [5], ошибками монтажа оборудования, деградацией и разрушением опорных конструкций [4] и т. д.

Естественно, сложившаяся ситуация не может не сказываться на качестве оценки технического состояния оборудования ОПО РФ во время проведения обязательных освидетельствований и экспертиз и, соответственно, на уровне промышленной и экологической безопасности ОПО в целом. Как правило, допущенные при экспертизе оборудования упущения в части оценки фактически действующих на него повреждающих факторов приводят к тому, что даже только что диагностированное и допущенное к эксплуатации на длительный срок оборудование быстро выходит из строя. По статистике ПАО «НК «Рос-

нефть» [12], только за 2015 г. на заводах компании имело место более 200 инцидентов, связанных с разгерметизацией оборудования (рис. 2). При этом почти 50 % происшествий непосредственно связано с оборудованием, прошедшим экспертизу промышленной безопасности с получением соответствующего заключения о пригодности к дальнейшей эксплуатации.

ПРИМЕР НЕЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТАНДАРТИЗИРОВАННЫХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Рассмотрим типовой пример, демонстрирующий важность изменения существующих подходов к экспертизе оборудования ОПО по стандартизированным программам технической диагностики.

В 2013 и 2017 гг. экспертная организация А проводила экспертизу промышленной безопасности (ЭПБ) в отношении ректификационной колонны, эксплуатируемой в составе блока каталитического крекинга одного из крупнейших нефтеперерабатывающих заводов РФ.

При техническом диагностировании колонны в каждом из отмеченных пе-

GasSuf

17-я Международная выставка
газобаллонного, газозаправочного
оборудования и техники
на газомоторном топливе

22–24 октября 2019

Россия, Москва, КВЦ «Сокольники»



Получите бесплатный
электронный билет,
указав промокод:
M92-GA-3096



газобаллонное
оборудование



газозаправочное
оборудование



техника на газо-
моторном топливе

Организатор



Международная
Выставочная
Компания

+7 (495) 252-11-07
gassuf@mvk.ru

www.gassuf.ru

риодов (ЭПБ 2013 и 2017 гг.) в зоне сопряжения штуцера ввода сырья DN 1200 с колонной выявлялись трещины различной протяженности (рис. 3). Анализ причинно-следственных связей регулярного появления отмеченных дефектов указывал на нарушения технологии сварочных работ при ремонтно-восстановительных операциях отмеченной зоны. При этом иные причины трещинообразования во внимание не принимались. В частности, было исключено из рассмотрения возможное негативное влияние на штуцерный узел со стороны примыкающего к нему сырьевого трубопровода DN 1000. Такое решение было принято на основе рассмотрения положительного заключения ЭПБ на данный трубопровод, выполненной экспертной организацией Б, свидетельствующего о штатном техническом состоянии объекта.

Между тем в феврале 2019 г. уже в пределах назначенного срока безопасной эксплуатации, определенно по результатам ЭПБ 2017 г., в зоне сопряжения штуцера ввода сырья DN 1200 с колонной имел место пропуск среды через контрольное отверстие укрепляющего кольца. После останова объекта и проведения неразрушающего контроля по линии сплавления шва приварки патрубка штуцера DN 1200 с укрепляющим кольцом была диагностирована трещина протяженностью 300 ÷ 350 мм (рис. 4).

Поскольку разгерметизация аппарата произошла «на режиме», было проведено комиссионное расследование происшествия с привлечением широкого круга специалистов, в т. ч. из АО «ИркутскНИИхиммаш». Наряду с внеплавным техническим диагностированием самой колонны был проведен исчерпывающий анализ технического состояния примыкающего к штуцеру DN 1200 сырьевого трубопровода, включавший в себя расчетно-экспериментальное исследование состояния его опорно-подвесной системы, а также оценку напряженно-деформированного состояния самого штуцерного узла.

В результате проведенных натурных работ комиссией установлено, что все без исключения опоры сырьевого трубопровода находились в неудовле-

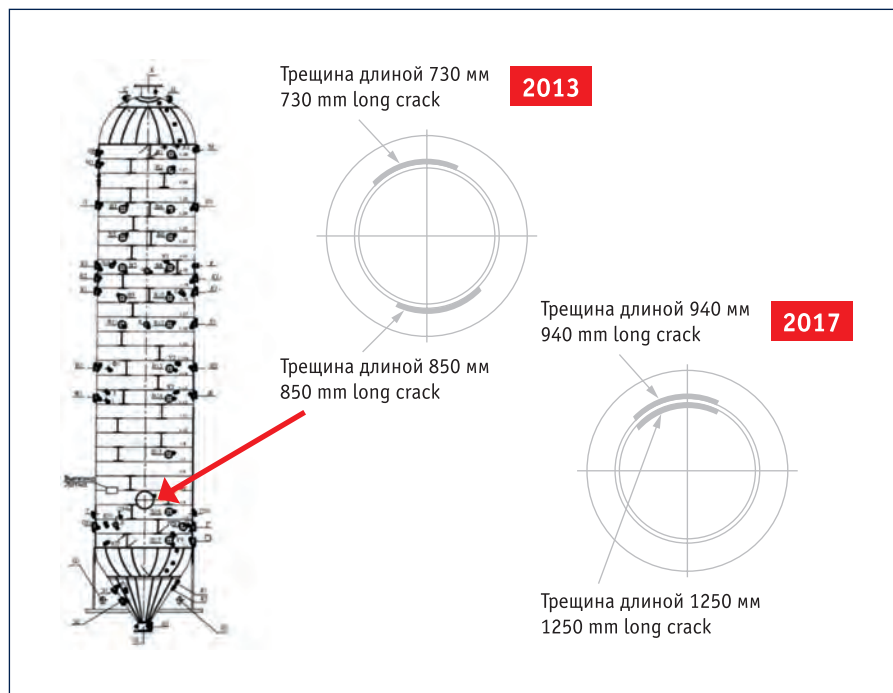


Рис. 3. Дефекты штуцера DN 1200 ректификационной колонны К-8, выявленные в рамках экспертизы промышленной безопасности в 2013 и 2017 гг.

Fig. 3. Defects of DN 1200 choke of K-8 fractionating column, identified within the framework of industrial safety assessment in 2013 and 2017

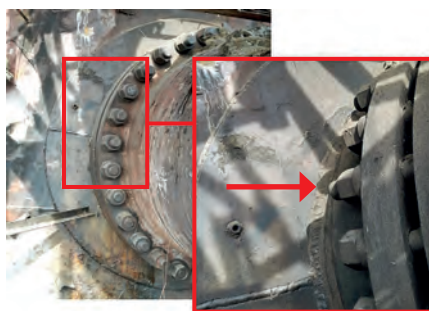


Рис. 4. Трещина (300 ÷ 350 мм) по линии сплавления шва приварки патрубка штуцера DN 1200 с укрепляющим кольцом (выявлена в феврале 2019 г.)

Fig. 4. 300 ÷ 350 mm crack along the weld-fusion line of DN 1200 choke with reinforcing pad (identified in February, 2019)

творительном техническом состоянии (рис. 5а), препятствующем нормальной его эксплуатации. Часть опор не имела контакта либо с опорными плитами, либо с трубопроводом. На ряде опор имелись следы пластической деформации, свидетельствующие о превышении допустимых нагрузок со стороны трубопровода. Элементы всех линзовых компенсаторов трубопровода также имели следы пластической деформа-

ции (рис. 5б), что свидетельствовало об их нештатной работе, а на некоторых компенсаторах в рамках натурального обследования были диагностированы трещины и заломы линз.

Выполненные на основе результатов натурального обследования поверочные расчеты с применением метода конечных элементов [13, 14] позволили установить, что при отмеченном техническом состоянии сырьевого трубопровода в узле врезки штуцера DN 1200 возникали напряжения, превышающие 500 МПа (при линейно-упругом расчете), что и стало причиной появления трещин и пропуска продукта в феврале 2019 г. При этом основной вклад в напряженно-деформированное состояние рассматриваемого узла вносила не предусмотренная проектом осевая нагрузка со стороны трубопровода, обусловленная его температурным расширением в сочетании с реакцией не функционирующих в штатном режиме опорных конструкций и недостаточной компенсирующей способностью линзовых компенсаторов.

Таким образом, очевидно, что в рассмотренном случае оценка техниче-

ского состояния колонны в рамках ЭПБ 2017 г. выполнялась экспертной организацией А в объеме, определенном на основе недостоверных исходных данных (положительное заключение ЭПБ на сырьевой трубопровод, выполненное организацией Б), что повлекло за собой упущение из виду непроектных нагрузок, оказавших ключевое влияние на безопасную эксплуатацию объекта, и стало причиной инцидента на колонне в 2019 г.

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ
ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ОЦЕНКИ
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО
ПРИ НЕПРОЕКТНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ
НАГРУЗКАХ**

Сложившаяся сегодня в нефтегазовой отрасли РФ ситуация, связанная с существенным ростом доли оборудования, работающего при действии непроектных нагрузок, без сомнения, требует совершенствования подходов к оценке его технического состояния. В первую очередь следует уделять повышенное внимание анализу причинно-следственных связей изменения технического состояния оборудования в течение всего жизненного цикла, а также своевременной идентификации фактически действующих на него повреждающих факторов. Последнее является достаточно сложной научно-технической задачей и требует, как правило, проведения специальных расчетно-экспериментальных исследований оборудования «на режиме». Очевидно, что такие процедуры в большинстве своем выходят за рамки классической ЭПБ и должны проводиться заранее, то есть до вывода оборудования в ремонт, например в рамках реализации превентивных мероприятий при внедрении стратегии проактивного технического обслуживания и ремонта [15].

Оптимальным вариантом является периодическое проведение в рамках каждого отдельно взятого предприятия нефтегазовой отрасли целевых аудитов технического состояния оборудования, направленных прежде всего на анализ фактически действующих на него повреждающих факторов и ранжирование оборудования по группам критичности

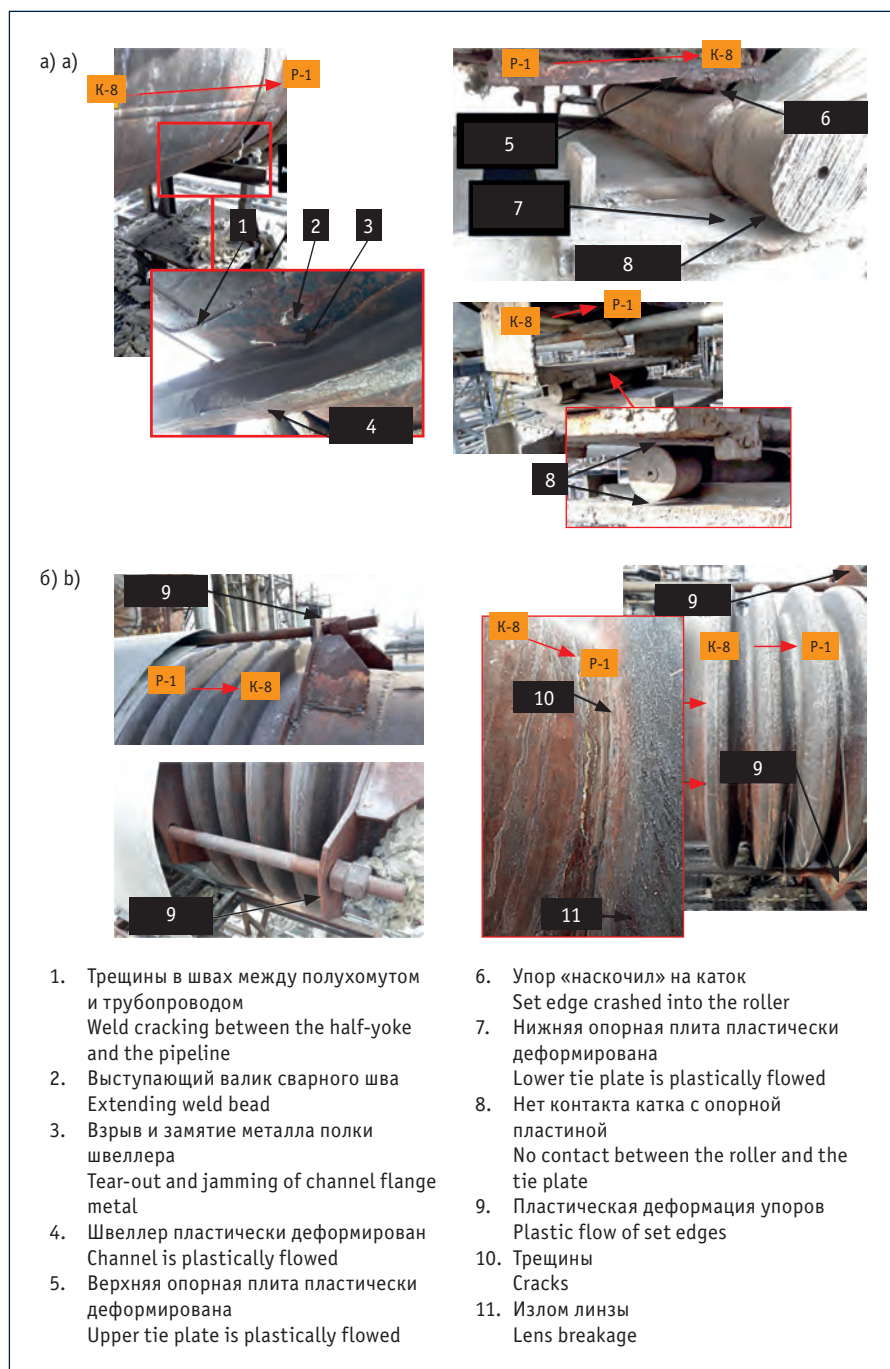


Рис. 5. Результаты оценки технического состояния сырьевой трубопровода ректификационной колонны: а) опорно-подвесной системы; б) линзовых компенсаторов
Fig. 5. Technical condition assessment results for the fractionating column feed line: a) hanger-support system, b) lens compensators

согласно степени вклада этих факторов в общее техническое состояние. Именно с учетом такого ранжирования оборудование должно готовиться к будущей ЭПБ и выводиться из эксплуатации для проведения технического диагностирования. При этом важной является передача оборудования для проведе-

ния ЭПБ не отдельными техническими устройствами (ТУ), а группами, сформированными по критерию степени взаимного влияния на техническое состояние каждого ТУ группы. И привлекать для технического диагностирования и ЭПБ всех ТУ группы следует одну и ту же экспертную организацию.

Такой подход позволит избежать ситуаций, рассмотренных в примере, когда экспертиза колонного аппарата осуществлялась в отрыве от примыкающих трубопроводов, что привело к неверной интерпретации результатов диагностирования и завышению сроков безопасной эксплуатации аппарата.

В рамках реализации отмеченных подходов уже сейчас в АО «ИркутскНИИхиммаш» разработана и успешно реализуется технология, обеспечивающая эффективную оценку технического состояния оборудования, работающего при непроектных нагрузках динамического характера [16].

На первом этапе реализации технологии промышленное оборудование предприятия подвергается предварительному экспертному обследованию, по результатам которого определяется вклад, вносимый фактором непроектных динамических нагрузок в общее напряженно-деформированное состояние каждого ТУ. Это дает основание разделить динамически нагруженное оборудование предприятия на две группы критичности, для каждой из которых в дальнейшем используются различные стратегии контроля состояния ТУ во время эксплуатации, а также объем внедрения средств повышения динамической устойчивости оборудования. В качестве научно-методической основы для определения текущего и про-

гнозного технического состояния каждого ТУ на всех этапах внедрения технологии используются разработанные в институте расчетно-экспериментальные методы, изложенные в патенте [17] и в национальном стандарте [18]. С использованием положений данной технологии сегодня осуществляется эксплуатация такого объекта, как трансферные трубопроводы вакуумной колонны К-11 установки ЭЛОУ+АВТ-6 НПП АО «Ангарская нефтехимическая компания», проблемными зонами которых являются штуцерные узлы примыкания трубопроводов к колонне, работающие в условиях сложного напряженно-деформированного состояния.

С одной стороны, в рабочем режиме установки, когда температура трубопроводов в зоне примыкания к колонне составляет 350 °С, напряженно-деформированное состояние штуцерных узлов обусловлено температурными удлинениями трубопроводов. В сочетании с предварительным натяжением трубопроводов на фланцы штуцеров это приводит к возникновению в зоне сварки штуцеров в колонну статических напряжений, сопоставимых с пределом текучести материала штуцеров (≈ 300 МПа).

С другой стороны, на переходных режимах, т. е. при подъеме или снижении температуры в диапазоне 120 ÷ 200 °С, трубопроводы периодически подверга-

ются действию непроектных динамических нагрузок – вибрациям амплитудой до 250 мм, что также приводит к появлению в зоне сварки штуцеров в колонну напряжений, сопоставимых с пределом текучести материала, но уже динамического характера. Появление вибраций трансферных трубопроводов в ходе эксплуатации обуславливается особенностями истечения двухфазных газожидкостных потоков [19], а именно пробковым режимом течения, а также критическим режимом течения двухфазного потока в местных гидравлических сопротивлениях.

С учетом отмеченных обстоятельств согласно [16] указанный объект был отнесен к 1-й группе критичности по фактору динамического нагружения. В целях обеспечения его безопасной эксплуатации в АО «ИркутскНИИхиммаш» была разработана специализированная система мониторинга, обеспечивающая в режиме реального времени оценку распределенных показателей напряженно-деформированного состояния трансферных трубопроводов и колонного аппарата по ограниченному набору измеряемых параметров [20]. В качестве метода контроля напряженно-деформированного состояния объекта был использован расчетно-экспериментальный метод оценки [17, 18], в качестве экспертной системы контроля – программный пакет MStruct [21].

Литература:

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ [Электронный источник]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (дата обращения: 20.08.2019).
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности» (с изм. и доп. от 03.07.2015, 09.03.2016, 28.07.2016) [Электронный источник]. Режим доступа: https://base.garant.ru/70555210/e9ac2b123dcfb692d98010f8567be405/#block_1000 (дата обращения: 20.08.2019).
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25.03.2014 № 116) [Электронный источник]. Режим доступа: <http://www.gosnadzor.ru/industrial/equipment/acts/ФНП%20ОРПД%20рег%20Минюст%20релиз.pdf> (дата обращения: 20.08.2019).
4. Шайбаков Р.А., Давыдова Д.Г., Жуков А.В. и др. Основные аспекты оценки технического состояния технологических трубопроводов // Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. 2013. № 4. С. 258–270.
5. Завьялов А.П. Актуальные вопросы диагностического обслуживания технологических трубопроводов объектов ТЭК // Химическая техника. 2015. № 2. С. 40–43.
6. Погодин В.К., Безделев В.В., Трутаев С.Ю. и др. Методы оценки остаточного ресурса и создание нормативной базы межремонтного пробега технологического оборудования // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2005. № 6. С. 37–39.
7. Миркин А.З., Усильев В.В. Трубопроводные системы: Справочник. М.: Химия, 1991. 256 с.
8. Якубович В.А. Вибрационная диагностика технологического оборудования и трубопроводов компрессорных станций. В 2-х т. Т. 1. Вибрация трубопроводов центробежных нагнетателей в области низких частот. М.: ДАО «Оргэнергогаз» ИТЦ «Оргтехдиагностика», 1999. 152 с.
9. Оценка вибросостояния энергомеханического оборудования: Справочное пособие/Под ред. В.А. Якубовича. М.: ИТЦ «Оргтехдиагностика», 1997. 217 с.
10. Максимов О.П., Миркин А.З., Телков Ю.К. Нормирование допустимых уровней вибрации и шума машин, аппаратов и трубопроводов в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1974. 53 с.
11. Якубович В.А. Вибрационная диагностика технологического оборудования и трубопроводов компрессорных станций. В 2-х т. Т. 2. Повышение динамической устойчивости трубопроводов поршневых компрессоров. М.: ДАО «Оргэнергогаз» ИТЦ «Оргтехдиагностика», 2001. 170 с.



Неделя нефтепереработки, газа и нефтехимии в Москве 2019

Интерконтиненталь Москва Тверская
16-20 СЕНТЯБРЯ

ОРГАНИЗАТОР



Euro Petroleum Consultants



В состав
Недели входят:

GTCC

Газ и химия - 4-я технологическая конференция и выставка
России и стран СНГ
16-17 СЕНТЯБРЯ

RPTC

18-я Конференция и выставка по технологиям нефтехимии
России и стран СНГ
17-18 СЕНТЯБРЯ

RRTC

19-я Конференция и выставка по технологиям нефтепереработки
России и стран СНГ
19-20 СЕНТЯБРЯ

ПРИГЛАШАЕМ ВЫСТУПИТЬ С ДОКЛАДОМ

Приглашаем всех, кто заинтересован выступить с докладом или принять участие в любой из конференций в качестве спонсора, участника выставок, слушателя.

Зарегистрируйтесь на www.europetro.ru | +7 (495) 517 77 09 | moscow@europetro.com

12. Анализ отказов, связанных с разгерметизацией оборудования и трубопроводов, в обществах блока нефтепереработки и нефтехимии ОАО «НК «Роснефть» в 2015 г. М.: Управление целостностью объектов нефтепереработки и нефтехимии Департамента по промышленной безопасности, охране труда и окружающей среды в нефтепереработке и нефтехимии НК «Роснефть», 2016. 14 с.
13. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 543 с.
14. Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. М.: Стройиздат, 1982. 448 с.
15. Трутаев С.Ю. Создание нормативной базы для увеличения межремонтного пробега технологических установок предприятий химического и нефтегазового комплекса // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2014. № 10. С. 37–40.
16. СТО 00220227-044-2016. Оборудование опасных производственных объектов. Расчетно-экспериментальные методы исследований. Иркутск: АО «ИркутскНИИхиммаш», 2016. 52 с.
17. Способ мониторинга напряженно-деформированного состояния объектов повышенной опасности: пат. № 2626391 РФ; МПК G01M7/00 (2006.01)/К.А. Кузнецов, С.Ю. Трутаев; заявитель и патентообладатель – АО «Иркутский научно-исследовательский и конструкторский институт химического и нефтяного машиностроения» (АО «ИркутскНИИхиммаш»); № 2016135360; заявл. 30.08.2016; опубл. 26.07.2017, Бюл. № 21. 7 с.
18. ГОСТ Р 55431–2013. Системы трубопроводные. Расчетно-экспериментальный метод оценки динамического напряженно-деформированного состояния [Электронный источник]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200103372> (дата обращения: 20.08.2019).
19. Кузнецова Т.В., Краснокутский А.Н. Опыт расчета и проектирования трансферных трубопроводов // Технологии нефти и газа. 2012. № 3 (80). С. 54–55.
20. Трутаев С.Ю. Подходы к оценке технического состояния динамически нагруженного оборудования опасных производственных объектов // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2017. № 9. С. 14–19.
21. Программа структурного мониторинга технологического оборудования, зданий и сооружений (MStruct): свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2014619601 РФ/С.Ю. Трутаев, В.В. Трутаева; заявитель и патентообладатель – ОАО «Иркутский научно-исследовательский и конструкторский институт химического и нефтяного машиностроения» (ОАО «ИркутскНИИхиммаш»); № 2014617158; заявл. 22.07.2014; зарегистр. 18.09.2014; опубл. 20.10.2014. 1 с.

References:

1. Federal Law of 21.07.1997 No. 116-FZ "On Industrial Safety of Hazardous Production Facilities". Available from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ [Accessed 20th August 2019]. (In Russ.)
2. Regulations and Rules of Industrial Safety "Rules of Industrial Safety Expertise" (with rev. and exp. of 03.07.2015, 09.03.2016, 28.07.2016). Available from: https://base.garant.ru/70555210/e9ac2b123dcfb692d98010f8567be405/#block_1000 [Accessed 20th August 2019]. (In Russ.)
3. Regulations and Rules of Industrial Safety "Rules of Industrial Safety of Hazardous Production Facilities Where a High-Pressure Equipment Is Used" (approved by the order of the Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service of Russia of 25.03.2014 No. 116). Available from: <http://www.gosnadzor.ru/industrial/equipment/acts/ФНП%20ОРПД%20пер%20Минюст%20релиз.pdf> [Accessed 20th August 2019]. (In Russ.)
4. Shaybakov R.A., Davydova D.G., Zhukov A.V., et al. Principal Aspects of the Industrial Pipelines Evaluation. Neftegazovoe delo: elektronnyj nauchnyj zhurnal [The electronic scientific journal "Oil and Gas Business"]. 2013;(4):258–270. (In Russ.)
5. Zavyalov A.P. Current Issues in Diagnostic Assistance of Industrial Pipelines at FEC Facilities. Khimicheskaya tekhnika [Chemical Engineering Journal]. 2015;(2):40–43. (In Russ.)
6. Pogodin V.K., Bezdelev V.V., Trutayev S.Yu., et al. Methods for Remaining Life Estimation and Creation of Normative Base for Technological Equipment Inter-Repair Life Period. Himicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie [Chemical and Petroleum Engineering]. 2005;(6):37–39. (In Russ.)
7. Mirkin A.Z., Usinsh V.V. Pipeline Systems: Handbook Edition. Moscow: Khimiya; 1991. (In Russ.)
8. Yakubovich V.A. Vibration Diagnostics of Process Equipment and Compressor Station Piping. Vol. 1. Low-Frequency Vibration of Centrifugal Supercharger Piping. Moscow: Daughter Joint-Stock Company "Orgenergogaz", Engineering and Technical Center "Orgtekhdiagnostika"; 1999. (In Russ.)
9. Estimation of Vibrating Condition of Electromechanical Equipment: Handbook. Ed. by Yakubovich V.A. Moscow: Engineering and Technical Center "Orgtekhdiagnostika"; 1997. (In Russ.)
10. Maksimov O.P., Mirkin A.Z., Telkov Yu.K. Rationing of Allowable Vibration and Noise Levels from Machinery, Equipment, and Piping in Oil Refining and Petrochemical Industry. Moscow: TSNIITeneftkhim; 1974. (In Russ.)
11. Yakubovich V.A. Vibration Diagnostics of Process Equipment and Compressor Station Piping. Vol. 2. Enhancing Dynamic Stability of Reciprocating Compressor Piping. Moscow: Daughter Joint-Stock Company "Orgenergogaz", Engineering and Technical Center "Orgtekhdiagnostika"; 2001. (In Russ.)
12. Analysis of Failures Related to Loss of Integrity of Process Equipment and Piping at the Oil Refining and Petrochemistry Module of Rosneft JSC in 2015. Moscow: Oil refining and Petrochemical Asset Integrity Administration Office at Rosneft JSC, Department of Industrial Safety, Labor Safety and Environmental Protection in Oil Refining and Petrochemistry; 2016. (In Russ.)
13. Zenkevich O. Finite Element Method in Engineering. Moscow: Mir; 1975. (In Russ.)
14. Bathe K., Wilson E.L. Numerical Methods in Finite Element Analysis. Moscow: Stroyizdat; 1982. (In Russ.)
15. Trutaev S.Yu. Development of Regulatory System for Increasing the Distance Run Between Overhauls of Technological Units of Chemical and Oil-and-Gas Facilities. Himicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie [Chemical and Petroleum Engineering]. 2014;(10):37–40. (In Russ.)
16. Company Standard (СТО) 00220227-044-2016. Equipment of Hazardous Production Facilities. Calculating and Experimental Methods of Investigation. Irkutsk: IrkutskNIHimmash JSC; 2016. (In Russ.)
17. Kuznetsov K.A., Trutayev S.Yu. Method for Monitoring Stress-Strain State of Hazardous Facilities. Patent No. 2626391 RF; IPC G01M7/00 (2006.01). Applicant and assignee: Irkutsk Research and Design Institute of Chemical and Petrochemical Engineering JSC (IrkutskNIHimmash JSC); application No. 2016135360; appl. 30.08.2016; published 26.07.2017; Bull. No. 21. (In Russ.)
18. National Standard (ГОСТ) Р 55431-2013. Piping Systems. Calculated and Experimental Method for Estimating the Dynamic Stress-Strain State. Weblog. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/1200103372> [Accessed 20th August 2019]. (In Russ.)
19. Kuznetsova T.V., Krasnokutsky A.N. Experience of Transfer Line Analysis and Designs. Tekhnologii nefiti i gaza [Oil and Gas Technologies]. 2012;3(80):54–55. (In Russ.)
20. Trutaev S.Yu. Approaches to the Technical State Assessment of Dynamically Loaded Equipment of Hazardous Production Facilities. Territoriya "NEFTEGAS" [Oil and Gas Territory]. 2017;(9):40–45. (In Russ.)
21. Trutayev S.Yu., Trutayeva V.V. Program for structural monitoring of process equipment, buildings and constructions (MStruct): certificate for computer program. Patent No. 2014619601 RF. Applicant and assignee: Irkutsk Research and Design Institute of Chemical and Petrochemical Engineering JSC (IrkutskNIHimmash JSC); application No. 2014617158; 22.07.2014; registered 18.09.2014; publ. 20.10.2014. (In Russ.)