

УДК 629.54.02:620.162

А.С. Бегунов, Л.С. Баева

Техническая безопасность оборудования на морских и речных судах

A.S. Begunov, L.S. Baeva

Technical safety of equipment on sea and river vessels

Аннотация. Оборудование, применяемое на опасных производственных объектах или предприятиях, нуждается в обслуживании и оценке технического состояния с документальным подтверждением возможности дальнейшей безопасной эксплуатации. В статье рассматривается комплекс необходимых операций, основных положений и порядок составления заключения экспертизы технической безопасности, что позволяет в краткой и точной форме показать дефекты и дать рекомендации по обслуживанию контролируемого оборудования и его элементов.

Abstract. The equipment used at hazardous production facilities or plants requires maintenance and assessment of technical conditions with documentary evidence of the possibility of further safe operation. The paper considers the complex of necessary operations, basic provisions and the procedure for compiling a technical expert opinion of security; it allows in a concise form to indicate defects and make recommendations for maintenance of the controlled equipment and its components.

Ключевые слова: заключение, безопасность, экспертиза, оценка, методы контроля, качество, оборудование, дефекты, расчеты, испытания

Key words: conclusion, safety, expertise, assessment, control methods, quality, equipment, defects, calculations, tests

1. Введение

Любое оборудование или прибор изготавливается на предприятии по определенным стандартам и ГОСТам, в дальнейшем при продаже или передачи будущему владельцу к продукту прикладывается паспорт и сертификат качества. В приложенном паспорте указываются все характеристики, а также дата изготовления, срок службы и стандарты, по которым продукт был изготовлен. При выходе расчетного срока службы оборудования по истечению лет период эксплуатации может продлить российский или государственный технический надзор по результату заключения технической безопасности экспертной организации.

2. Комплекс операций по технической безопасности

Техническая безопасность – предупреждение потерь прочности, целостности и других материальных качеств систем или объекта, который проходит техническое обслуживание.

Техническое обслуживание – комплекс операций по контролю и поддержанию работоспособного и исправного состояния объекта контроля.

Целью комплекса операций по контролю является:

- оценка технического состояния и установление возможности дальнейшей эксплуатации в условиях исчерпания расчетного срока службы;
- обоснование возможности продления срока службы на установленный срок;
- разработка прогноза и рекомендаций в условиях эксплуатации оборудования сверх расчетного срока службы.

Помимо работ по контролю существует и работа по сбору информации и составлению заключения экспертизы технической безопасности. Заключение экспертизы технической безопасности является неотъемлемой частью документации объекта, проходящего экспертное обследование, без которого невозможна дальнейшая эксплуатация. При своевременной и полной информации об объекте проведение работ и составление заключения и актов происходит значительно быстрее и без дополнительных программ по оценке технического состояния, что позволяет уменьшить себестоимость работ.

Основанием для проведения экспертного обследования является заявка, которая заключается между исполнителем (экспертная организация) и заказчиком (владелец объекта).

После заключения договора и получения заявки на проведение экспертного обследования специалистами экспертной организации проводится работа с перечнем нормативно-технической

документации и с документами, предоставляемыми заказчиком объекта:

- паспорт объекта;
- журнал учета и освидетельствования объектов, зарегистрированных в Ростехнадзоре или Ростехнадзоре;
- журнал контрольных проверок манометров (для объектов, работающих под давлением);
- приказ "О допуске личного состава к самостоятельному исполнению своих обязанностей и обслуживанию своего заведования";
- предыдущее заключение технической безопасности (если проводилось экспертное обследование).

Заключение экспертизы технической безопасности составляется в соответствии с методикой по экспертному обследованию и продлению срока службы оборудования на морских и речных судах, утвержденной Ростехнадзором или Ростехнадзором, с использованием информации, собранной специалистами, заключений по каждому проводимому виду контроля, расчетов и испытаний с выводами о возможности дальнейшей эксплуатации.

В процессе заявленных работ специалистами экспертной промышленной группы собирается информация и заносится в таблицу основных данных объекта, которая присутствует в заключении.

Таблица. Основные данные объекта (на примере оборудования, работающего под давлением)

Наименование	Обозначение
Завод-изготовитель (страна)	
Дата изготовления	год
Заводской номер	№
Инвентарный (или регистрационный) номер	№
Дата установки	год
Дата ввода в эксплуатацию	год
Рабочая среда	
Давление расчетное	кг/см ² или МПа
Давление рабочее	кг/см ² или МПа
Емкость	л или см ³
Конструкция	сварная или цельнотянутая
Сведения об основных частях	
Диаметр наружный (ширина)	мм
Толщина обечайки построечная	мм
Построечная толщина днища (при наличии)	мм
Высота	мм
Марка материала	

Под информацией и данными, собранными в процессе заявленных работ, подразумевается ряд операций по оценке технического состояния в условиях соблюдения требований к режиму работы и безопасной эксплуатации в соответствии с государственными стандартами проведения контроля *ГОСТ 18353 (1979)* и правил проведения экспертизы промышленной безопасности *ПБ 03-246 (1998)*. В них входят:

- ознакомление с документацией об объекте;
- визуальный и измерительный контроль – ВИК, в соответствии с РД 03-606;
- ультразвуковая толщинометрия – УЗТ;
- измерение твердости – ТД;
- ультразвуковой контроль – УК, проводится в соответствии с РД 34.17.302;
- гидравлические испытания – ГИ, проводятся в соответствии с *ПБ 03-576 (2003)* или акустико-эмиссионный контроль (пневматические испытания) – АЭ, проводится в соответствии с *ПБ 03-593 (2003)*.

После получения информации об объекте и определения допустимых отклонений от данных, заявленных производителем, проводится визуальный контроль.

В результате наружного и внутреннего осмотра специалистами устанавливается:

- наличие или отсутствие деформаций, трещин, вмятин, отдулин, коррозионных поражений и т.п.;
- соответствие расположения штуцеров и опор, отклонение от геометрических форм, указанных в проектной документации;
- наличие видимых дефектов в сварных швах.

На основании произведенного осмотра делается вывод и отмечается в заключении на схеме карты контроля или формуляре.

При положительном выводе по ВИК объекта проводится ТД и УЗТ по методике в установленном порядке.

Данные измерений материала корпуса заносятся в заключение как:

– замеренной твердости (ТД) переносным твердомером не менее чем 5 точек с процентным соотношением минимального и максимального значения для каждой точки. Твердость основного материала объекта должна находиться в пределах норм для конструкционных материалов, данные о которых необходимо собрать перед началом обследования для правильной оценки технического состояния;

– замеренных значений ультразвуковой толщинометрии (УТ) в таблицу замеров с указанием построечной толщины (если имеются данные, позволяющие в дальнейшем произвести расчет) и минимально допустимого значения для каждого элемента. Если объект сварной и имеет днище, то в таблице прописываются не менее 5 измерений для каждого элемента при общем числе радиусовых направлений не менее 4-х, при цельнотянутой конструкции – не менее 10 измерений на цилиндрической части обечайки по 4-м образующим.

При обнаружении коррозионных повреждений или деформированных участков корпуса УЗТ применяется дополнительная схема замеренных данных с выявленной минимальной толщиной стенки и закономерности ее изменения в этих зонах;

– отдельный акт ультразвуковой дефектоскопии сварных швов (УЗД) с подробной картой замеров, схемой расположения дефектов и их размерами (если они имеются). Также указываются количество и тип швов (подвергаются испытанию 100 % продольных и не менее 25 % кольцевых сварных швов объекта с обязательным контролем участков кольцевых швов) с выводом о результатах контроля (разрешается сокращенная буквенно-цифровая форма).

3. Расчет конструкции объекта на прочность

По результатам выполненных работ по экспертному обследованию проводится расчет на прочность обечайки и днищ объекта. Расчет на прочность проводится по *ГОСТ 14249* (1989).

Расчет производится на основании замеров толщин стенки объекта и заключается в определении минимально-допустимой толщины стенки:

– для цилиндрической части:

$$S_p = p \times D / (2 \times [\sigma] \times \varphi_p - p + c), \quad (1)$$

– для днища:

$$S_{1p} = p \times D_1 \times \beta_1 / 2 \times \varphi_p \times [\sigma], \quad (2)$$

где p – расчетное давление, кг/см²; D – наружный диаметр, см; φ_p – коэффициент прочности; β_1 – коэффициент формы, рассчитывается по графику в зависимости от конструкции; c – расчетная прибавка к толщине, выбирается в зависимости от конструкции, см (*ГОСТ 14249*, 1989); σ – допускаемое напряжение, кг/см².

Допускаемое напряжение σ принимается из расчета:

$$\sigma = \eta \times (R_m / n_B), \quad (3)$$

где η – поправочный коэффициент к допускаемым напряжениям; R_m – минимальное значение временного сопротивления (предела прочности) при расчетной температуре, кг/см² (принимается из паспортных характеристик для конкретного типа материала); n_B – коэффициент запаса прочности по временному сопротивлению (пределу прочности), принимается из табличных данных.

Для обоснования продления срока дальнейшей эксплуатации (остаточного срока службы) проводится расчет оборудования с учетом реальных скоростей коррозии. Циклический ресурс рассчитывается по *ГОСТ 25859* (1983) с учетом всех возможных параметров циклического нагружения:

$$T_k = (S_\phi - S_p) / a, \quad (4)$$

где S_ϕ – фактическая минимальная толщина стенки элемента, мм; S_p – расчетная толщина стенки элемента, мм; a – скорость равномерной коррозии, мм/год, определяется по формуле:

$$a = (S_{II} + C - S_\phi) / t_1, \quad (5)$$

где S_{II} – построечная толщина стенки элемента, мм; t_1 – время от момента начала эксплуатации до момента проведения замеров; C – плюсовой допуск на толщину стенки, мм (*ГОСТ 14249*, 1989).

4. Испытательные процессы оборудования

Завершающей операцией экспертного обследования и завершающей частью заключения экспертизы технической безопасности являются испытания оборудования пробным давлением. Испытания пробным давлением проводятся только при удовлетворительных результатах обследования по всем видам неразрушающего контроля и расчета на прочность. Основным видом испытаний пробным давлением являются гидравлические испытания.

Гидравлические испытания пробным давлением должны проводиться в соответствии с требованиями ПБ 03-576 (2003). Величина пробного давления может определяться исходя из разрешенного давления либо из расчетных данных завода-производителя.

Гидравлические испытания допускается заменять пневматическим испытанием при условии его контроля методом акустической эмиссии.

Проведение пневматических испытаний оборудования с акустико-эмиссионным контролем осуществляется в соответствии с ПБ 03-593 (РД 03-421, 2001; ПБ 03-593, 2003). Схема нагружения должна быть рассчитана как для величины испытательного давления, так и для времени самого испытания, а также предварительного и промежуточных величин давления, и составлена как график нагружения объекта (см. рис.).

Испытания объекта и схема нагружения оформляются как "Акт пневматических (гидравлических) испытаний", который прикладывается к заключению. Испытания подразделяют на предварительные и рабочие. Предварительные испытания проводят при циклическом нагружении в диапазоне $0 \div 0,25P_{\text{раб}}$. Цель предварительных испытаний:

- проверка работоспособности всей аппаратуры;
- уточнение уровня шумов и корректировка порога аппаратуры;
- опрессовка заглушек и сальниковых уплотнений;

– выявление источников акустического излучения, связанных с трением в точках крепления объектов, опор, конструкционных элементов жесткости и пр.

Рекомендуется производить нагружение при рабочем испытании ступенями, с выдержками давления, предварительно рассчитанными по уровням: $0,5P_{\text{раб}}$; $0,75P_{\text{раб}}$; $1,0P_{\text{раб}}$ и $P_{\text{исп}} = 1,05 \div 1,1 \cdot P_{\text{раб}}$ (РД 03-421, 2001). При несоблюдении данных рекомендаций есть вероятность нарушения работоспособности испытываемого оборудования. Время выдержки на промежуточных ступенях должно, как правило, составлять 10 мин. Пример типового графика нагружения приведен на рисунке.

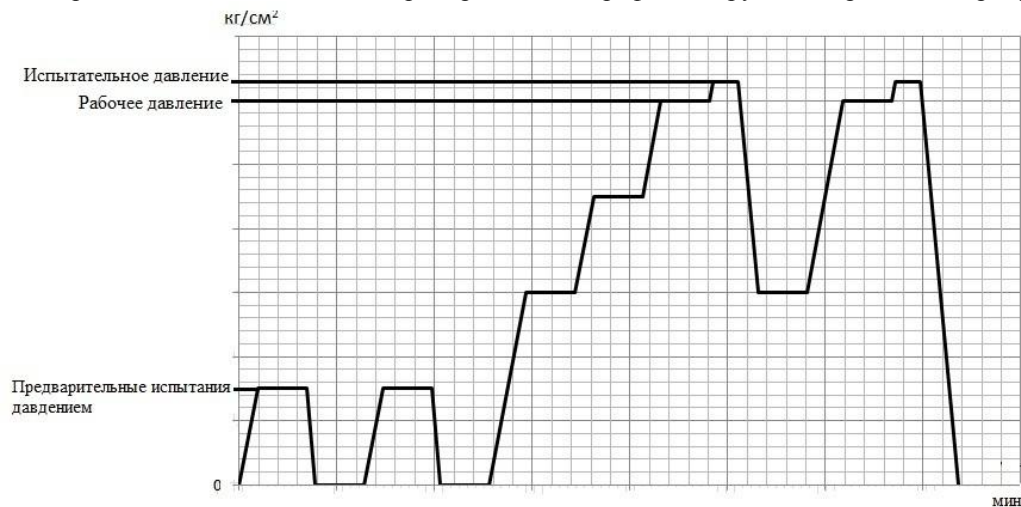


Рис. График нагружения объекта

Экспертное заключение подписывается ответственными исполнителями, проводившими экспертизу, руководителем работ, утверждается техническим руководителем организации, проводившей техническое диагностирование и экспертное обследование, и заверяется печатью организации.

5. Заключение

Подписанное и заверенное экспертное заключение со всеми рекомендациями прикладывается к документам на объект и хранится до следующего технического диагностирования. Оно является неотъемлемой частью документации объекта и необходимо как разрешающий документ на дальнейшую эксплуатацию.

Литература

- ГОСТ 14249. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Введ. 1990-08-10. М., Изд-во стандартов, 1989. 36 с.
- ГОСТ 18353. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. Введ. 1980-07-01. М., Изд-во стандартов, 1979. 21 с.
- ГОСТ 25859. Сосуды и аппараты стальные. Нормы и методы расчета на прочность при малоцикловых нагрузках. Введ. 1984-07-01. М., Изд-во стандартов, 1983. 17 с.
- ПБ 03-246. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности. Введ. 1998-11-06. М., Изд-во Госгортехнадзор России, 1998. 7 с.
- ПБ 03-576. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Введ. 2003-06-11. М., Изд-во Госгортехнадзор России, 2003. 187 с.
- ПБ 03-593. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов. Введ. 2003-06-09. М., Изд-во Госгортехнадзор России, 2003. 55 с.
- РД 03-421. Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов. Введ. 2001-09-06. М., Изд-во Госгортехнадзор России, 2001. 65 с.

References

- GOST 14249. Sosudy i apparaty. Normy i metody rascheta na prochnost' [Vessels and apparatus. Norms and methods of strength calculation]. Vved. 1990-08-10. M., Izd-vo standartov, 1989. 36 p.
- GOST 18353. Kontrol nerazrushayushchii. Klassifikatsiya vidov i metodov [Non-destructive testing. The classification of types and methods] Vved. 1980-07-01. M., Izd-vo standartov, 1979. 21 p.
- GOST 25859. Sosudy i apparaty stalnye. Normy i metody raschyota na prochnost pri malotsiklovykh nagruzkakh [Steel vessels and apparatus. Norms and methods of strength calculation with low-cycle loads]. Vved. 1984-07-01. M., Izd-vo standartov, 1983. 17 p.
- PB 03-246. Pravila provedeniya ekspertizy promyshlennoi bezopasnosti [Rules of industrial safety expertise]. Vved. 1998-11-06. M., Izd-vo Gosgortekhnadzor Rossii, 1998. 7 p.
- PB 03-576. Pravila ustroistva i bezopasnoi ekspluatatsii sosudov, robotayushchikh pod davleniem [Installation and safe operation of vessels working under pressure]. Vved. 2003-06-11. M., Izd-vo Gosgortekhnadzor Rossii, 2003. 187 p.
- PB 03-593. Pravila organizatsii i provedeniya akustiko-emissionnogo kontrolya sosudov, apparatov, kotlov i tekhnologicheskikh truboprovodov [Terms of organizing and conducting acoustic emission monitoring of vessels, vehicles, boilers and process piping]. Vved. 2003-06-09. M., Izd-vo Gosgortekhnadzor Rossii, 2003. 55 p.
- RD 03-421. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu diagnostirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya i opredeleniyu ostatochnogo sroka sluzhby sosudov i apparatov [Methodological guidelines for the diagnosis of technical condition and residual life of vessels and apparatuses]. Vved. 2001-09-06. M., Izd-vo Gosgortekhnadzor Rossii, 2001. 65 p.

Информация об авторах

Бегунов Андрей Сергеевич – Морская академия МГТУ, кафедра технологии металлов и судоремонта, аспирант, e-mail: Bas-D@mail.ru

Begunov A.S. – MSTU Marine Academy, Department of Process Metallurgy and Ship Repair, Ph.D. Student, e-mail: Bas-D@mail.ru

Баева Людмила Сандуовна – Морская академия МГТУ, зав. кафедрой технологии металлов и судоремонта, канд. техн. наук, профессор, e-mail: bevals@mstu.edu.ru

Baeva L.S. – MSTU Marine Academy, Head of Department of Process Metallurgy and Ship Repair, Cand. of Tech. Sci., Professor, e-mail: bevals@mstu.edu.ru