

УДК 620.1+62-2: [622.323+622.324]

В.Н. Протасов¹, e-mail: protasov1935@rambler.ru; **О.О. Штырев²**; **П.С. Арзуманян³**

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (Национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (Москва, Россия).

² ООО «НТЦ «Качество-Покрытие-Нефтегаз» (Москва, Россия).

³ ООО «Газпронефть-НТЦ» (Санкт-Петербург, Россия).

Системный подход к выбору материалов элементов технических систем для нефтегазодобычи

Разнообразные виды оборудования и сооружений нефтегазового комплекса представляют собой достаточно сложные технические системы, состоящие из разных структурных элементов. Техническую задачу для отдельных элементов системы следует рассматривать с учетом системы в целом. Творческий процесс конструирования должен сочетаться с нормами на результат этого конструирования, определяемый соответствующими показателями и нормами, содержащимися в технических требованиях к проектируемому объекту, его структурным элементам, связям между этими элементами и материалам неделимых структурных элементов – деталям. Технические требования к деталям определяют технические требования к материалу, из которых они должны быть произведены. При этом формулирование технических требований к материалу конкретной детали в соответствии с представленными в статье принципами является только первым этапом процесса выбора материала. Не менее сложной задачей является второй этап – выбор конкретного материала, характеристики которого должны соответствовать сформулированным в технических требованиях критериям его качества.

В целях обеспечения требуемого уровня качества материалов элементов технических систем для нефтегазодобычи, а также существенного снижения затрат на производство этих элементов авторы статьи предлагают создать в нефтегазовых компаниях корпоративные информационные базы, содержащие данные о требуемых критериях качества материалов технических систем для нефтегазодобычи, соответствии характеристик конкретных материалов критериям их качества в различных нормативных диапазонах интенсивности внешних воздействий, и в дальнейшем объединить эти базы.

Ключевые слова: нефтегазовый комплекс, техническая система, элемент системы, конструкционный материал, выбор материалов, методическая основа.

.....

V.N. Protasov¹, e-mail: protasov1935@rambler.ru; **O.O. Shtyrev²**; **P.S. Arzumanyan³**

¹ Federal State Autonomous Educational Institution for Higher Education «Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)» (Moscow, Russia).

² Science & Technology Centre "Kachestvo-Pokrytie-Neftegas" LLC (Moscow, Russia).

³ Gazpromneft Science & Technology Centre LLC (Saint-Petersburg, Russia).

System Approach to the Selection of Materials of Elements of Technical Systems for Oil and Gas Production

Various types of equipment and facilities of the oil and gas industry are quite complex technical systems consisting of different structural elements. The technical task for the individual elements of the system should be considered taking into account the system as a whole. The creative design process should be combined with standards for the result of this design, determined by the relevant indicators and standards contained in the technical requirements for the designed object, its structural elements, the relations between these elements and the materials of indivisible structural elements – details. Technical requirements for parts determine the technical requirements for the material from which they must be made. In this case, the formulation of technical requirements for the material of a particular detail in accordance with the principles presented in the article is only the first stage of the process of choosing a material. No less difficult is the second stage – the choice of a specific material, the characteristics of which must meet the quality criteria set forth in the technical requirements.

In order to ensure the required level of quality of materials of technical system elements for oil and gas production, as well as significantly reduce the production costs of these elements, the authors of the article suggest creating corporate

information bases in oil and gas companies containing data on the required material quality criteria of technical systems for oil and gas production, their quality in various regulatory ranges of the intensity of external influences, and further thread the base.

Keywords: oil and gas industry, technical system, element of a system, engineering structural material, selection of material, basic principle.



Известно, что требуемый потребителю уровень качества элементов технических систем для нефтегазодобычи определяет качество материалов этих элементов. От характеристик применяемых материалов в значительной мере зависят способность элементов технических систем выполнять свое назначение, их надежность, энергоэффективность, технологичность, а также затраты на их производство и применение [1]. Отечественные специалисты успешно разрабатывают и внедряют в промышленное производство конструкционные материалы разной химической природы, с разнообразными физико-химическими и механическими свойствами: металлы, неметаллические материалы органической и неорганической природы, композиционные материалы на их основе. Однако проблема обеспечения требуе-

мого уровня качества конструкционных материалов для элементов технических систем для нефтегазодобычи по-прежнему остается актуальной.

Причиной этого является отсутствие процессного подхода к выбору критериев качества конструкционных материалов для элементов технических систем, т. е. норм на показатели их требуемых свойств.

МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ТРЕБОВАНИЙ В СООТВЕТСТВИИ С ПРИНЦИПОМ ИЕРАРХИИ

Техническая система, ее элементы и материалы, из которых данные элементы произведены, взаимосвязаны согласно принципу иерархии [2]. Поэтому любую техническую задачу для отдельных элементов следует рассматривать с учетом технической системы в целом. Это об-

условливает определенную последовательность разработки технических требований к ним.

Технические требования к элементам технической системы определяют технические требования к материалам, из которых элементы произведены.

В действующих стандартизованных и корпоративных технических требованиях, определяющих критерии качества элементов технических систем для нефтегазодобычи и материалов этих элементов, отсутствует взаимосвязь между этими критериями по принципу иерархии. Вследствие этого элементы технических систем, изготовленные из материалов, соответствующих действующим требованиям, не выполняют свое назначение в заданных условиях применения в течение регламентированной наработки.

Ссылка для цитирования (for citation):

Протасов В.Н., Штырев О.О., Арзуманян П.С. Системный подход к выбору материалов элементов технических систем для нефтегазодобычи // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2019. № 6. С. 42–46.

Protasov V.N., Shtyrev O.O., Arzumanyan P.S. System Approach to the Selection of Materials of Elements of Technical Systems for Oil and Gas Production. Territorija «NEFTEGAS» [Oil and Gas Territory]. 2019;6:42–46. (In Russ.)



Поэтому разработка методических основ выбора критериев качества материалов элементов технических систем для нефтегазодобычи согласно принципу иерархии является актуальной задачей для инжиниринговых подразделений нефтегазовых компаний, планирующих качество технических систем для нефтегазодобычи и разрабатывающих технические требования к ним и к их отдельным элементам.

К числу основных свойств элементов технических систем для нефтегазодобычи, определяющих критерии их качества и в значительной мере зависящих от характеристик используемых материалов, относятся:

- способность выполнять свое назначение (требуемые функции в заданных условиях применения);
- надежность;
- энергоэффективность;
- технологичность при изготовлении.

Способность элемента технической системы выполнять свое назначение является сложным свойством, состоящим из ряда простых свойств. Одним из них является несущая способность, в значительной мере зависящая от физико-механических свойств материала, из которого изготовлен данный элемент. Функциональная зависимость несущей способности элемента технической системы с заданными геометрическими параметрами от физико-механических

свойств материала, из которого элемент изготовлен, устанавливается известными формулами [3].

Надежность элемента технической системы также является сложным свойством [4]. Одним из показателей надежности в заданных условиях применения является наработка до отказа для невосстанавливаемых элементов и наработка между отказами для восстанавливаемых элементов.

Требуемая наработка конкретного элемента технической системы в заданных условиях применения определяет допустимую скорость изменения во времени параметра его технического состояния. Величина допустимой скорости изменения этого параметра при заданной наработке зависит от его значения перед использованием элемента и регламентированного предельно допустимого значения, определяющего предотказовое состояние элемента.

Функциональная зависимость скорости изменения во времени параметра технического состояния элемента технической системы существенно зависит от механических и физико-химических характеристик материала, из которого произведен элемент, и устанавливается экспериментально в лабораторных условиях при воздействиях, моделирующих реальные, или на испытательных полигонах нефтегазовой компании. На основании экспериментальных ис-

следований устанавливают критерии качества – нормы на показатели требуемых свойств материала элемента технической системы, обеспечивающие требуемую наработку данного элемента [5].

Энергоэффективность элемента технической системы, поверхности которого образуют канал для транспортирования эксплуатационных и технологических сред, в значительной мере зависит от физико-химических свойств материала этого элемента. Физико-химические свойства материала элемента определяют интенсивность образования на его поверхностях, контактирующих с транспортируемыми средами, твердых отложений веществ, выпадающих из этих сред. Это вызывает значительное сужение канала, образуемого поверхностями элемента технической системы, и, соответственно, возрастание его гидравлического сопротивления, результатом чего становится существенное повышение энергетических затрат на транспортирование эксплуатационных и технологических сред. На основании испытаний, проведенных в лабораторных условиях или на испытательных полигонах, устанавливают критерии качества – нормы на показатели требуемых свойств материала элемента технической системы, обеспечивающие предотвращение образования недопустимой толщины твердых отложений на поверхностях этого элемента в заданных режимах и условиях использования по назначению и технического обслуживания. Технологичность конкретного элемента технической системы при его изготовлении существенно зависит от физико-механических свойств материала этого элемента. Физико-механические свойства материала элемента технической системы определяют техническую возможность и экономическую целесообразность использования при изготовлении данного элемента конкретных технологий (литье, штамповка, обработка резанием и др.), выбор которых в значительной мере определяется объемом выпуска элемента. Следовательно, выбор критериев качества материалов элементов технических систем в значительной мере определяется тех-

нологией их изготовления, которая, в свою очередь, обуславливается типом их производства (единичное, мелкосерийное, серийное, крупносерийное, массовое).

Установленные критерии качества материала элемента технической системы определяют согласно принципу иерархии требуемый химический состав и структуру этого материала. Выбор в соответствии с вышерассмотренными принципами требуемых критериев качества материалов элементов технических систем – норм на показатели их требуемых свойств – является лишь первым этапом процесса выбора материалов для производства этих элементов. Вторым, не менее важным этапом является выбор конкретных материалов, характеристики которых соответствуют требуемым критериям качества. В существующих справочниках отсутствуют требуемые критерии качества материалов элементов технических систем для нефтегазодобычи при различных внешних воздействиях на них.

Отсутствие подобной информации обуславливает во многих случаях несоответствие характеристик выбранных материалов требуемым критериям их качества.

НЕОБХОДИМОСТЬ СОЗДАНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ О ТРЕБУЕМЫХ КРИТЕРИЯХ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

Для устранения подобной ситуации необходимо создать в нефтегазовых компаниях информационные базы данных, включающие:

- требуемые потребительские свойства конструкционных материалов, используемых для производства элементов технических систем для нефтегазодобычи, показатели этих свойств в исходном состоянии и нормы на них;
- виды внешних воздействий на конструкционные материалы различных элементов технических систем нефтегазового комплекса на разных стадиях жизненного цикла, способные существенно изменить требуемые характеристики, моделирующие их воздействия при испытаниях материалов в лабораторных условиях, показатели потребительских свойств материалов при каждом виде воздействия и нормы на эти показатели – критерии качества;
- методики испытаний конструкционных материалов в лабораторных условиях или на испытательных полигонах при контроле соответствия их характеристик требуемым критериям качества при разных видах внешних воздействий.

В действующей стандартизированной и корпоративной нормативной документации, определяющей критерии качества элементов технических систем для нефтегазодобычи, приводятся стандартизированные методы контроля фактических характеристик этих элементов. В то же время стандартизированные или корпоративные методики испытаний отсутствуют, что недопустимо. Методы контроля определяют только физическую сущность измерения контролируемых характеристик элемента технической системы, необходимые метрологические средства и точность измерений. Они не привязаны к конкретным элементам технических систем, не учитывают конструкционные особенности этих элементов,

INDEX

ИНДУСТРИЯ

**Официальный представитель
ООО «Гагаринский светотехнический завод»
и ООО Фирма «Индустрия»**



«ИНДУСТРИЯ» предлагает широкий ассортимент российского светотехнического оборудования:

- для освещения взрывоопасных зон на предприятиях нефтегазовой и химической промышленности;
- для освещения объектов общепромышленного назначения;
- транспортного освещения для нужд Ж/Д;
- для освещения объектов военно-промышленного комплекса.



☎ **8 (800) 350-75-20**

✉ **project@industriya-m.ru**

🌐 **www.industriya-m.ru**

на правах рекламы

ООО Фирма «Индустрия»



ООО «Гагаринский светотехнический завод»

не определяют, на каких участках элемента следует проводить контроль его требуемых характеристик, после каких внешних воздействий и т. п.

Согласно [6], методика испытаний – это организационно-методический документ, обязательный к выполнению, включающий метод контроля, средства и условия контроля, отбор проб (образцов), алгоритмы выполнения операций по определению одной или нескольких взаимосвязанных характеристик свойств объекта, формы представления данных и оценки точности, достоверности результатов.

В процессе эксплуатации элементы технических систем для нефтегазодобычи подвергаются одновременно нескольким видам внешних воздействий (тепловым, силовым, фрикционным, физико-химическим).

Механизм разрушения материала элемента в этих условиях существенно отличается от механизма его разрушения, вызываемого отдельными видами воздействий.

Конкретные сочетания внешних воздействий на элементы технических систем для нефтегазодобычи определяют соответствующие им процессы разрушения материалов элементов, что важно



учитывать при выборе требуемых характеристик этих материалов.

Поэтому при разработке методик периодических испытаний элементов технических систем в лабораторных условиях необходимо обеспечить соответствие моделируемых видов воздействий в этих условиях реальным воздействиям при эксплуатации в заданном нормативном диапазоне их интенсивности.

В действующей стандартизированной и корпоративной нормативной документации, определяющей методики периодических испытаний различных элементов технических систем для нефтегазодобычи, это требование не обеспечивается, что обуславливает неэффективность результатов периодических испытаний.

Во многих случаях достаточно сложно обеспечить в лабораторных условиях

моделирование реальных сочетаний внешних воздействий на элементы технических систем по виду и интенсивности проявления каждого из воздействий. Поэтому актуальной задачей является создание испытательных полигонов на месторождениях нефтегазовых компаний при требуемом их методическом и диагностическом обеспечении, позволяющем контролировать кинетику изменения параметров технического состояния испытываемых элементов из разных материалов.

Создание в нефтегазовых компаниях корпоративных информационных баз, содержащих данные о требуемых критериях качества материалов технических систем для нефтегазодобычи, соответствии характеристик конкретных материалов критериям их качества в различных нормативных диапазонах интенсивности внешних воздействий на них, и последующее объединение этих информационных баз позволит предприятиям нефтегазового сервиса обеспечить требуемый уровень качества материалов элементов технических систем для нефтегазодобычи, существенно снизить затраты на их производство и успешно осуществить импортозамещение.

Литература:

1. Протасов В.Н., Новиков О.А. Качество машиностроительной продукции на различных стадиях ее жизненного цикла. М.: ООО «Издательский дом Недра», 2012. 232 с.
2. Протасов В.Н., Шмаль Г.И., Кершенбаум В.Я., Штырев О.О. Новые подходы к управлению качеством и стандартизации сложных технических систем нефтегазового комплекса // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2018. № 6. С. 145–147.
3. Серенсен С.В., Когаев В.П., Шнейдерович Р.М. Несущая способность и расчет деталей машин на прочность: руководство и справочное пособие. 3-е изд. М.: Машиностроение, 1975. 500 с.
4. Протасов В.Н., Султанов Б.З., Кривенков С.В. Эксплуатация оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи: учебник. М.: Недра-Бизнес-центр, 2006. 691 с.
5. Протасов В.Н. Физико-химическая механика материалов оборудования и сооружений нефтегазовой отрасли: учебник. М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011. 204 с.
6. ГОСТ 16504–81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения [Электронный источник]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-16504-81> (дата обращения: 20.06.2019).

References:

1. Protasov V.N., Novikov O.A. Quality of Engineering Products at Different Stages of Its Life Cycle. Moscow: Publishing house Nedra; 2012. (In Russ.)
2. Shmal G.I., Kershenbaum V.Ya., Protasov V.N., Shtyrev O.O. Novel Approach to the Quality Management and Standardization of the Complex Technical Systems for Oil and Gas Industry. *Oborudovaniye i tekhnologii dlya neftegazovogo kompleksa* [Equipment and Technologies for Oil and Gas Industry]. 2018;6:145–147. (In Russ.)
3. Serensen S.V., Kogaev V.P., Shneiderovich R.M. The Bearing Capacity and the Calculation of Machine Parts for Strength. A guide and reference manual. 3rd edition. Moscow: Mashinostroenie; 1975. (In Russ.)
4. Protasov V.N., Sultanov B.Z., Krivenkov S.V. Operation of Equipment for Drilling and Oil and Gas Production. A textbook. Moscow: Nedra-Business Center; 2006. (In Russ.)
5. Protasov V.N. Physico-Chemical Mechanics of Materials of Equipment and Facilities of the Oil and Gas Industry. A textbook. Moscow: Publishing Center of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas; 2011. (In Russ.)
6. Interstate Standard (GOST) 16504–81. The State System of Testing Products. Product Test and Quality Inspection. General Terms and Definitions. Weblog. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/gost-16504-81> [Accessed 20th June 2019]. (In Russ.)