

УДК 622.23.05

Васильев Владимир Владимирович, аспирант
(ФГАОУ ВПО «СФУ», г. Красноярск)
Vasilev Vladimir Vladimirovich, Postgraduate student
(FGAOU VPO "SFU", Krasnoyarsk)

Зеньков Игорь Владимирович, проф., д.т.н.
(СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН, г. Красноярск)
Zenkov Igor Vladimirovich, prof., doctor of engineering sciences.
(SKTB "Nauka" KNC SO RAN, Krasnoyarsk)

**О ВЛИЯНИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ЗАПОЛЯРЬЯ НА
НАДЕЖНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ КОЛТЮБИНГОВОЙ УСТАНОВКИ**
**THE INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS ON THE RELIABILITY OF
THE COILED TUBING UNIT IN THE ARCTIC AREAS**

Аннотация:

В статье представлено обоснование необходимости совершенствования применяемых технологий ремонта скважин и конструирования колтюбинговых установок для эксплуатации в регионах Крайнего Севера при температурах до - 55°C. Сформулированы предпосылки к разработке методики по оценке качества колтюбинговых установок для эксплуатации в суровых климатических условиях, на основе анализа надежности их работы.

Annotation:

This article explains the need to improve the technologies used for well workover and coiled tubing unit design which are used in regions of the Far North at temperatures below - 55 ° C. Prerequisites are formulated for developing methodology on assessing the quality of coiled tubing units, which are used in harsh environments, on the basis of the reliability analysis of their work.

В настоящее время, работы по освоению новых мест для добычи нефти и газа в Красноярском крае постепенно смещаются на территории за северным полярным кругом, где специалисты сталкиваются с новыми трудностями, связанными, в том числе, с ремонтом газовых и газоконденсатных скважин. Сложности, возникающие при освоении регионов Крайнего Севера, зачастую приводят к резкому увеличению трудоемкости большинства ремонтных операций, а также способствуют повышению вероятности возникновения риска аварийных ситуаций, что, в первую очередь, связано с воздействием отрицательных температур, наличием в скважинах мерзлых пород и возможным гидратообразованием [1]. В условиях Заполярья возрастает влияние человеческого фактора во всех

областях трудовой деятельности. Как следствие, возникает необходимость в совершенствовании существующих технологий ремонта скважин и решении сопутствующих задач, связанных с сокращением сроков проведения ремонтных работ, увеличением надежности эксплуатируемого оборудования, автоматизацией процессов монтажа/демонтажа и контроля над оборудованием. Одним из возможных способов решения, изложенных выше проблем может стать использование колтюбинговых технологий.

На сегодняшний день, колтюбинг относится к числу наиболее перспективных и стремительно развивающихся направлений в нефтегазовой отрасли, находящих свое применение и при ремонте скважин. Согласно сведениям, приводимым ассоциацией специалистов по колтюбинговым технологиям и внутрискважинным работам (ICoTA) [2], общее число эксплуатируемых колтюбинговых установок в мире демонстрирует неуклонный рост практически повсеместно и по состоянию на март 2016 года составляет 1951 единиц.

Согласно этой статистике, количество действующих колтюбинговых установок в России и странах СНГ в течение последних 10 лет увеличилось примерно в 3,4 раза, что свидетельствует о быстрорастущем спросе на колтюбинговые технологии в отечественных нефтегазодобывающих компаниях. Это связано с широким спектром осуществляемых операций, его постоянным расширением и существенными преимуществами перед традиционными технологиями по ремонту скважин. Среди основных достоинств колтюбинговых технологий можно выделить:

- работу без подъема глубинно-насосного оборудования;
- возможность проведения неограниченного количества обработок призабойной зоны за одну спуско-подъемную операцию;
- возможность проведения работ по капитальному ремонту скважины без глушения;
- значительное снижение продолжительности ремонта и его стоимости;
- высокую экологичность [3].

Одним из возможных способов решения, изложенных выше проблем может стать использование колтюбинговых технологий. В условиях Крайнего Севера колтюбинг и преимущества колтюбинговых технологий в большей степени отвечают современным требованиям, предъявляемым нефтегазовой отраслью. Тем не менее, наряду с безусловными достоинствами колтюбинговых технологий существует ряд проблем, связанных непосредственно с их эксплуатацией в экстремальных условиях Крайнего Севера, где температура часто опускается до отметки -55 C , в то время как максимально допустимая температура эксплуатируемых сегодня установок находится в диапазоне от -40 C до $+40\text{ C}$. Работа оборудования при предельных отрицательных температурах приводит к значительному снижению его надежности и возрастающей вероятности возникновения отказов. Несмотря на то, что зачастую отказы носят случайный характер, возникает необходимость их прогнозирования посредством различного рода

методик для дальнейшей оценки вероятности выхода из строя той или иной группы узлов и агрегатов.

Анализ существующих методов повышения надежности сложных технических систем, к которым относятся колтюбинговые установки, показал, что условно все методы можно разделить на две группы, в зависимости от причин возникновения отказов:

- В первом случае причины возникновения отказов носят случайный характер, а их возникновение является событием неизбежным (вероятность возникновения отказа $F(t)$ объекта возрастает с увеличением срока эксплуатации или наработки t). Они вызваны непредусмотренными нагрузками, скрытыми дефектами материалов, погрешностями изготовления, ошибками обслуживающего персонала. В этом случае надежность сложных систем обеспечивается через применение математических и статистических методов теории надежности. Основой теоретической базы служат элементы математической статистики, теория случайных процессов, теория вероятностей, математическое моделирование и прочие разделы математики [4];

- Во втором случае причины возникновения отказов носят физический характер, а сам отказ обусловлен определенными/детерминированными событиями и вызван постепенным накоплением повреждений, связанных с влиянием среды, времени, температуры, облучения и т.д.

Гарантировать требуемый уровень надежности технических объектов возможно, основываясь на физических предпосылках отказов и изучении возможного поведения таких технических систем в будущем, применительно к планируемым условиям их эксплуатации, использовании вероятностно-статистического подхода для достижения предъявляемых показателей качества, проведении соответствующих испытаний и регламентации условий эксплуатации.

В основе теоретической базы для таких методов повышения надежности сложных технических систем лежат естественные науки, рассматривающие проблемы разрушения, старения и изменения свойств материалов, в том числе: теория упругости, пластичности и ползучести, теория усталостной прочности, механика разрушения, трибология, физико-химическая механика материалов и др. [4].

Методы достижения и обеспечения устанавливаемого уровня надежности можно классифицировать в зависимости от фазы жизненного цикла изделий, на которой они применяются: методы повышения конструкционной (проектной) надежности оборудования; методы повышения надежности на этапе изготовления; методы, направленные на обеспечение и поддержание требуемого уровня надежности во время эксплуатации; методы повышения надежности систем на всех отрезках жизненного цикла [4].

Среди методов, обеспечивающих надежность на этапе эксплуатации, наиболее востребованы и распространены те, которые, в первую очередь, направлены на устранение проблем посредством улучшения физико-механических и физико-химических свойств отдельных узлов и агрегатов,

подвергающихся наибольшему воздействию и износу, что позволяет, в определенной степени, поддерживать работоспособность техники. В их основе лежит принцип локального решения проблем, к достоинствам которого можно отнести возможность быстрого устранения возникающих отказов отдельных узлов и агрегатов оборудования, а к недостаткам - преимущественную ориентированность на повышение эксплуатационной надежности уже существующего оборудования

Исходя из общих понятий о качестве и надежности машин, можно сделать заключение, что подобный подход позволяет устранять последствия проблем, но не причины их возникновения, т.к. основа надежности любого устройства закладывается еще на самых ранних этапах проектирования [5, 6].

Проблема несовершенства существующих методов повышения надежности особо остро встает при эксплуатации оборудования в условиях Крайнего Севера, где к нефтегазодобывающему оборудованию предъявляются особо жесткие требования. Имеет большое значение и экономическая эффективность оборудования, которая, наряду с общей надежностью машины, закладывается еще на стадии проектирования. С этой точки зрения, компенсирующий характер современных методов повышения эксплуатационной надежности приводит к неудовлетворительным результатам.

Принимая во внимание вышесказанное, становится очевидно, что надежность колтюбинговой установки необходимо задавать непосредственно на этапах проектирования, путем разработки методики анализа, оценки и обеспечения безотказной работы установки с учетом:

- рассмотрения конструкций и принципа действия современных установок с использованием безмуфтовых длинномерных труб, направленного на определение общности и составления принципиальной конструктивной схемы колтюбинговой установки;
- детального изучения узлов и агрегатов установки, объединения их в группы по общему признаку, позволяющего упростить задачу по определению надежности установки в целом;
- выявления факторов, способных повлиять на функционирование установки при эксплуатации в заданных условиях;
- необходимости выявления и составления классификации отказов для каждой группы узлов и агрегатов по ключевым признакам (тип отказа, характер возникновения, причина возникновения и т.д.);
- необходимости формулирования понятия «общей надежности колтюбинговой установки», которое включало бы: установление свойств надежности; определение показателей для выбора характеристик надежности; установление требований по надежности; ввод математических зависимостей для оценки надежности;
- анализа существующего оборудования на предмет несоответствия установленным требованиям по надежности;
- осуществления комплекса мер для достижения требуемого уровня по надежности;

- сравнения требуемых и полученных показателей надежности, проведения оценки надежности разработанной конструкции.

На рисунке 1 показана последовательность осуществления оценки качества колтюбинговой установки при эксплуатации в суровых климатических условиях, с целью отображения зависимостей между основными положениями методики.

Применительно к условиям Крайнего Севера, предложенные методы обеспечения работоспособности колтюбинговых установок позволяют значительно увеличить надежность машин в течении всего жизненного цикла посредством критического анализа особенностей конструкции, установления требований по надежности, их достижению и итоговой оценки качества разработанного оборудования.

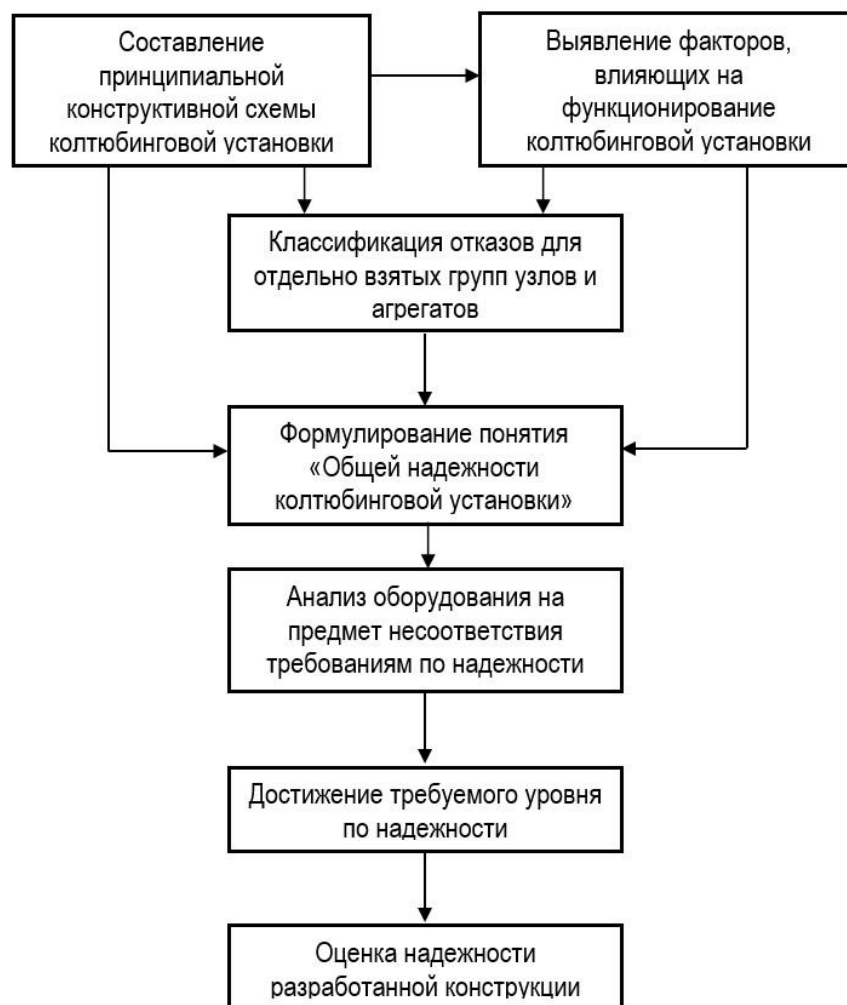


Рисунок 1 - Алгоритм анализа надежности колтюбинговой установки

Внедрение такого рода методики наиболее перспективно в отношении отечественного производства. Согласно данным исследования российского рынка, лидерами среди поставщиков колтюбингового оборудования являются NOV Fidmash (70 % рынка), NOV Hydra Rig (около 13 %), Stewart&Stevenson, JEREN. Незначительная часть эксплуатируемых

установок была произведена в России, а общая доля выполняемых ими работ составляет не более 5 %. Невысокий спрос на отечественное оборудование связан, прежде всего, с его низким уровнем надежности, увеличенной ресурсоемкостью и отступлением от требований эргономики. Рассмотренная методика может стать одним из путей решения существующих проблем, повысить конкурентоспособность отечественных образцов техники на внутреннем рынке и оказать влияние на дальнейшее развитие колтюбинговых технологий.

Список литературы

1. Земляной А.А., Зозуля Г.П., Долгушин В.А., Дмитрук В.В., Журавлев В.В. О перспективах совершенствования колтюбинговой техники и технологий для условий Крайнего Севера. // Десятая Международная конференция по мерзлотоведению (ТICOP): Ресурсы и риски регионов с вечной мерзлотой в меняющемся мире. Том5: Расширенные тезисы на русском языке. – Тюмень, Россия: Печатник, 2012. – 384 с.
2. Coiled Tubing Industry Statistics. // Intervention and coiled tubing association. Режим доступа: <http://www.icota.com/ctrigcount.htm>
3. Булатов А.И. Колтюбинговые технологии при бурении, закачивании и ремонте нефтяных и газовых скважин: справочное пособие. – Краснодар: Изд-во «Просвещение-Юг», 2008. – 370 с.
4. Труханов В.М. Новый подход к обеспечению надежности сложных систем. – М.: Издательский дом «Спектр», 2010. 247 с.: ил.
5. ГОСТ Р 27.001-2009. Надежность в технике. Система управления надежностью. Основные положения.
6. ГОСТ Р 27.301-2011. Надежность в технике. Управление надежностью. Техника анализа безотказности.