

Надежность

мобильных комплексов ранней добычи



Александр Сергеевич ГОЛДОБИН –
эксперт ТООП, asgoldobin@yandex.ru

Будущее нефтегазовой отрасли Российской Федерации связано с реализацией крупных проектов по добыче и транспортировке топливно-энергетических ресурсов. Все эти проекты затрагивают разработку новых месторождений, расположенных в отдаленных регионах с недостаточно развитой инфраструктурой. Решить непростые задачи с освоением новых территорий помогают мобильные установки подготовки нефти и газа, которые способны подготавливать углеводороды на месте добычи и сокращать затраты на строительство стационарных установок и трубопроводных систем. Особенностью жизненного цикла такого оборудования является периодическое перемещение на новое место эксплуатации, при этом требуется сохранять высокую надежность¹ и обеспечивать непрерывную работу комплекса и его составных частей. Любая авария или сбой в работе таких комплексов может привести к серьезным последствиям в сфере безопасности, утечки углеводородов, загрязнению окружающей среды и значительным финансовым потерям.



Максим Сергеевич ЛУШКИН – инженер-механик
ООО «ИЦ ГазИнформ-Пласт», lushkinms@tomsk.oilteam.ru

¹ Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции в заданных режимах, условиях применения, стратегиях технического обслуживания, хранения и транспортирования [2].

В данной статье рассмотрены основные принципы повышения надежности мобильных установок на примере группы компаний ОЙЛТИМ.



Рис. 1. Этапы жизненного цикла оборудования компании ОЙЛТИМ

Подходы

Эксплуатация мобильных установок по подготовке нефти и газа сопряжена с повышенными рисками по причине работы оборудования под давлением и наличия опасных веществ. Жизненные циклы работы такого оборудования отличаются от классических, с учетом использования блоков на разных объектах, фазы – «транспортировка, монтаж, эксплуатация, демонтаж» могут повторяться множество раз (рис. 1) и значительно повлиять на целостность.

Еще в самом начале развития компания обратила внимание на значимость подходов к управлению надежностью оборудования и для каждого цикла выделила свою организацию с зоной ответственности и единым центром управления в ИЦ ГазИнформПласт.

Проектирование

На ранних стадиях жизненного цикла, начиная с определения требований и постановки задачи на проектирование, указываются параметры надежности. Ошибки на этих стадиях могут привести к серьезным последствиям, а основная возможность повысить надежность и безопасность открывается именно при проектировании и изготовлении.

В табл. 1 приведены параметры, которые Ойлтим Инжиниринг указывает в проектной документации на мобильные установки [1].

Критериями предельных состояний мобильных установок служат – выработанный ресурс, указанный в паспорте, и нарушение герметичности в разъемных, сварных соединениях и в основном металле труб трубопроводной обвязки [1].

С учетом анализа возможных рисков, связанных с особенностями эксплуатации мобильных установок, основные единицы оборудования спроектированы в блочном исполнении, учтены потенциальные проблемы и уязвимые места. Так, например, для защиты от повреждений при транспортировке предусмотрен усиленный каркас (рис. 2).

Таблица 1. Параметры проектной надежности компании ОЙЛТИМ

Параметр		Значение
Средняя наработка до отказа ² , час, не менее		10000
Назначенный ресурс ³ для капитального ремонта, час, не менее		25000
Срок службы ⁴ , не менее	при скорости коррозии 0,1 мм/год	15
	при скорости коррозии 0,2 мм/год	10



Рис. 2. Фото блока двухфазного сепаратора 12,5 м³ ОЙЛТИМ

² Нарботка до отказа – наработка объекта от начала его эксплуатации или от момента его восстановления до отказа [2].

³ Ресурс – суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до момента достижения объектом предельного состояния [2].

⁴ Срок службы – календарная продолжительность эксплуатации объекта от начала эксплуатации или ее возобновления после капитального ремонта до момента достижения объектом предельного состояния [2].



Изготовление

Оборудование может не достичь заложенных в проекте параметров надежности по причине низкого качества изготовления деталей и сборки блоков. Для исключения использования дефектных комплектующих ОЙЛТИММАШ проводит входной контроль материалов, поступающих на производственную площадку.

Стоит отметить, что в мобильных блоках, также используются сборные единицы оборудования, поставляемые в готовом виде. Которые не всегда удавалось контролировать на этапах производства иностранных заводов. Например, в 2017 году в насосную перекачку нефти в магистральный нефтепровод устанавливали трехвинтовые насосные агрегаты, которые вышли из строя за несколько дней работы (рис. 3). Уже после проведения металловедческой экспертизы определили, что в этих устройствах была нарушена технология при изготовлении на заводе в Бразилии. Малая глубина азотированного слоя винтов привела к выкрашиванию и износу при контакте с рабочими поверхностями (рис. 4).

Сегодня ОЙЛТИММАШ устанавливает в блоки элементы и комплектные устройства только с подтвержденными характеристиками и собственным контролем качества, для этого представители компании фиксируют этапы производства и делают проверку неразрушающими методами. Перед отгрузкой с производства все блоки проходят контрольные испытания в зависимости от типа оборудования.

Транспортировка

Размеры блоков мобильных установок позволяют доставлять их на объекты эксплуатации любыми видами транспорта. Надежность оборудования при транспортировке может снижаться по многим причинам, включая вибрации, удары, износ крепежных систем и неправильную технологию погрузки и разгрузки. Все эти факторы приводят к повреждению компонентов, что может увеличивать риск возникновения отказов и снижает общую надежность оборудования.



Рис. 3. Фото внешнего вида винтов неисправного насоса NETZSCH

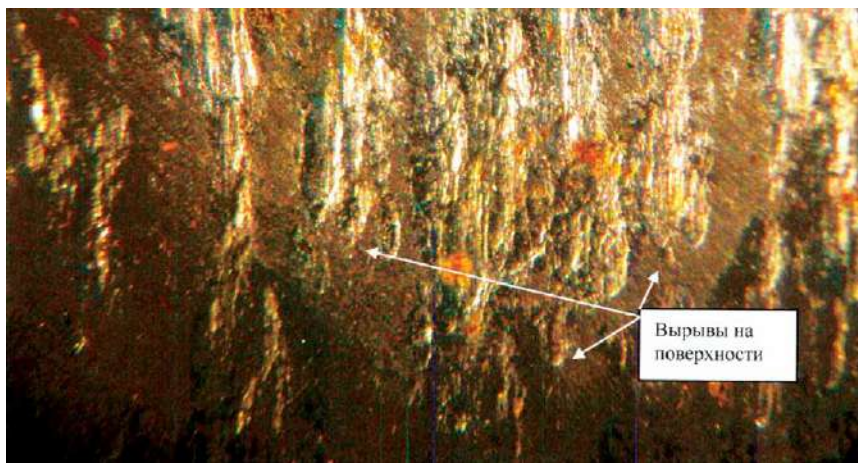


Рис. 4. Фото разрушения рабочей поверхности винта



Рис. 5. Фото крепления блока на прицепе для транспортировки на объект

Для перевозки блоков используются крепежные системы для контейнеров и усиливающие растяжки (рис. 5). Блоки ОЙЛТИММАШ не выступают за пределы стандартных грузовых полуприцепов, поэтому груз считается габаритным. С помощью этого минимизируется время и сложность грузовых операций.

Доставка готовых блоков до места назначения осуществляется тягачами собственного транспорта ИЦ ГазИнформПласт, предназначенных специально для этих целей. Особое внимание в компании уделено обучению персонала правильной технике загрузки и разгрузки готовых блоков и наличию подробных операционных инструкций.

Такой подход позволил за последние три года избежать повреждений оборудования при транспортировке.

Монтаж и ПНР

Стабильная работа всего мобильного комплекса достигается соблюдением правил монтажа и наладки. Надежность оборудования будет снижена, если при монтаже игнорировать требования сопроводительной документации на блоки, в которой указана необходимость правильного подбора и установки крепежных элементов, соблюдение последовательности крепления и затяжки крепежных болтов с учетом крутящего момента. Также при монтаже необходимо проводить регулировку соосности валов и шкивов с учетом температурных расширений, балансировку фаз в трехфазной сети питания. В противном случае надежность оборудования будет снижена.

На объекте блоки устанавливаются на плитное основание (рис. 6), которое позволяет значительно сократить стоимость и время монтажа оборудования. Такая особенность обязывает проводить в переходные периоды «зима-весна», «осень-зима», геодезические измерения для контроля стабильности положения блоков и оборудования.

Динамическое оборудование особенно чувствительно к перепадам и напряжениям, в результате которых возникают повышенные вибрации и ускорение процесса износа узлов и деталей. Поэтому в случае повышения вибрации насосного оборудования проводится внеочередная проверка положения агрегата.

Эксплуатация

Логический треугольник надежности выглядит так – проектировщик закладывает надежность оборудования, изготовитель реализует заложенную в проекте надежность, а эксплуатирующая организация поддерживает врожденную надежность оборудования. Основная и самая затратная фаза из всех циклов – это эксплуатация.

Техническое обслуживание и ремонты оборудования играют ключевую роль в надежной работе и долговечности при эксплуатации.



Рис. 6. Фото плитного основания на объекте

Особое внимание требуют насосы, компрессоры, а также установки, подвергающиеся высоким нагрузкам и агрессивным средам, поэтому их обслуживание является критически важным.

Особенностью эксплуатации мобильных комплексов является изменение рабочей среды, это может быть связано с подключением новых скважин, обводнением нефтегазоносных пластов, изменением минерализации, температуры жидкости, скорости потока и других. Например, повышение количества пластовой воды в рабочей среде способствует увеличению скорости коррозионных процессов (рис. 7).

Центром компетенций ТООИР выделен ИЦ ГазИнформПласт, который использует инструменты управления надежностью и собирает статистику износа и отказов. Его основная цель – надежная и безопасная работа оборудования, в том числе и увеличение средней наработки на отказ, снижая при этом, затраты на ТООИР⁵ в жизненном цикле.

Для борьбы с деградационными механизмами используются инструменты RBI⁶, позволяющие уменьшить неопределенность в состоянии оборудования и в случае повышения обводненности рабочей среды применить набор эффективных мер, таких как адаптивное антикоррозийное ингибирование.

Благодаря использованию RCA-анализа⁷ дефектов оборудования удается найти первопричину и ее устранить, так, например, при эксплуатации мобильного комплекса выявлена очаговая и точечная коррозия металла технологической емкости (рис. 8).

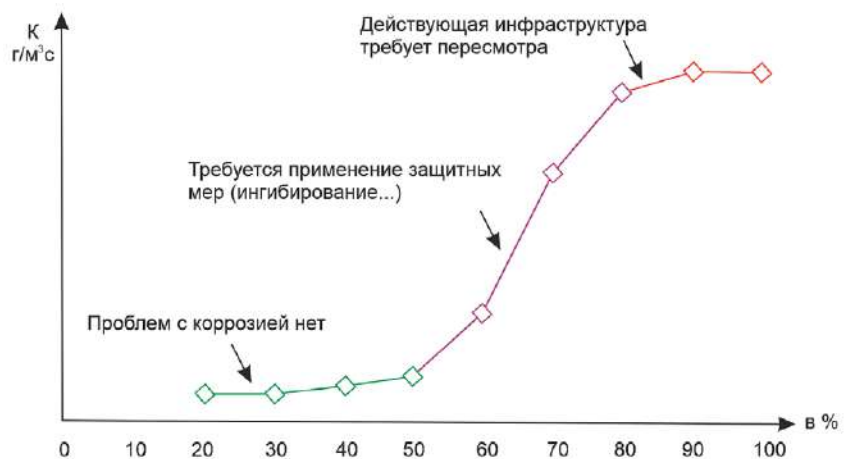


Рис. 7. Зависимость скорости коррозии от степени обводненности добываемого флюида [4]

⁵ ТООИР (техническое обслуживание и ремонт) – комплекс технологических операций и организационных действий по поддержанию работоспособности или исправности объекта при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании (техническое обслуживание), а также по восстановлению работоспособности, исправности и ресурса объекта и/или его составных частей (ремонт).

⁶ RBI (Risk Based Inspection, техническое освидетельствование с учетом факторов риска) – это метод планирования, внедрения и оценки проверок с использованием оценки риска [3].

⁷ RCA (Root Cause Analysis, анализ коренных причин) – это пошаговый процесс для определения коренной причины проблемы или события и плана действий по реагированию на них.



Первопричиной оказалось низкое качество антикоррозийного покрытия, для предотвращения подобных случаев в ОИЛТИММАШ поменяли поставщика защитных смесей, организовали дополнительный входной и операционный контроль на производстве.

Создавать эффективную систему ТОиР позволяет обратная связь с объектов эксплуатации, а отказы оборудования помогают выявить и решить наиболее важные проблемы.

Снабжение

Одно из условий надежной эксплуатации – наличие и качество запасных частей и материалов, необходимых для ТОиР.

Ответственным за этот процесс назначен централизованный отдел закупок ИЦ ГазИнформПласт. Удаленность объектов ремонта требует постоянного наличия запасов, для этого на мобильных установках созданы склады (рис. 9) с использованием анализа ABC/XYZ⁸. И определен неснижаемый аварийный запас (рис. 10) по собственной методике.

В то же время проводится постоянный анализ неликвидов и запасных частей к неиспользуемому оборудованию, для перераспределения между мобильными комплексами или реализации.

На основании статистики отказов и входного контроля в компании создан перечень проверенных поставщиков не нарушающих договорных обязательств.



Рис. 8. Фото поверхности металла технологической емкости 100 м³ до ремонтного воздействия



Рис. 9. Фото стеллажей склада на мобильном комплексе подготовки нефти



Рис. 10. Алгоритм формирования аварийного запаса запасных частей и материалов на объектах

⁸ ABC/XYZ – анализ номенклатуры и концентрация в соответствии с законом Парето на управлении именно теми категориями запасов, которые имеют для предприятия наибольшее значение.



Рис. 11. Фрагмент обучающего тренажера Академии ОЙЛТИМ

Персонал

Надежность зависит не только от ТОиР, повторяющиеся нарушения технологического процесса могут привести к отказам оборудования, особенно если они вызваны ошибками операторов из-за их недостаточной квалификации.

Человеческий фактор, при котором принимаются ошибочные решения, можно исключить, если устранять недостатки системы. Одним из таких решений и восполнения дефицита навыков у персонала стали периодические очные обучения, организованные Академией инжиниринга нефтяных и газовых месторождений. Созданы виртуальные модели оборудования, позволяющие подробно изучить конструкцию оборудования и после выполнения его правильную эксплуатацию (рис. 11).

Утилизация

Завершением жизненного цикла является утилизация, это важная фаза, при которой можно разобрать оборудование и при детальном изучении понять, какие узлы исчерпали свой ресурс и, наоборот, обнаружить места с избыточной надежностью. Это очень ценно для будущего проектирования и создания оптимальных параметров надежности.

Одним из вариантов для определения остаточного срока службы, ресурса и возможной модернизации или утилизации ОЙЛТИМ предлагает направлять блоки на производственную площадку ОЙЛТИММАШ в г. Кумертау, где для этого есть все технические возможности.

Заключение

Обеспечение надежности мобильных комплексов непростая задача, зависящая от множества факторов, влияющих на работу оборудования. Для повышения надежности необходимо внедрение общих показателей и ценностей, для всех задействованных в этом процессе лиц. Группа компаний ОЙЛТИМ достигает этого за счет использования подконтрольных организаций и единых показателей надежности на всех стадиях жизненного цикла оборудования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ПНША.611388.011 ОБ. Обоснование безопасности. Модульная (передвижная) технологическая установка МПТУ. // ООО «Ойлтим Инжиниринг». 2022. 28 с.
2. ГОСТ Р 27.102-2021. Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения. Режим доступа: <https://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=6&page=0&month=12&year=2023&search=%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2%20%D0%A0%2027.102-2021&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=231131> (дата обращения 25.12.2023г.)
3. ГОСТ Р 55234.3-2013. Практические аспекты менеджмента риска. Процедуры проверки и технического обслуживания оборудования на основе риска. Режим доступа: <https://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=6&page=0&month=12&year=2023&search=%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2%20%D0%A0%2055234.3-2013&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=178565> (дата обращения 25.12.2023г.)
4. Насыров В. А., Шляпников Ю. В., Насыров А. М. Обводненность продукции скважин и влияние ее на осложняющие факторы в добыче нефти. // Экспозиция Нефть Газ. 2011. – С. 14–17.