

Эволюция качества мобильных установок, применяемых для подземного ремонта скважин

Нефть и газ

Бабаев С.Г., Габибов И.А., Фейзиев И.А.

*НИИ Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности
E-mail:h.ibo@mail.ru*

Изложены результаты исследований эволюции конструкторско-технологических усовершенствований мобильных подъемных установок, предназначенных для бурения скважин, а также для зарезки и бурения второго ствола при капитальном ремонте скважин. С учетом литературных данных и проведенных исследований эволюции подъемных установок выявлены наиболее значимые из выделенных факторов. Показана необходимость дальнейших разработок по повышению надежности установок, а также их эксплуатационных показателей.

Ключевые слова: надежность, эволюция, мобильные установки, бурение скважин, ремонт скважин, модернизация, ресурс, гипоциклоидальная модель.

Введение

Известно, что развитие технических систем (ТС) подчиняется закону прогрессивной эволюции [1], который отражает произведенные в ТС изменения, направленные на устранение недостатков в них, выявленных в процессе эксплуатации. Установлено, что несмотря на индивидуальные особенности, присущие различным техническим системам, закон прогрессивной эволюции, как правило, увязывается с анализом «жизненного цикла» ТС [2], представляющим собой последовательность трех периодов ее развития:

- периода относительно медленного развития созданной ТС, обусловленного ее освоением;
- периода интенсивного развития системы при высоких темпах роста критериев эффективности за счет устранения недостатков, выявленных в процессе ее эксплуатации, и использования новых прогрессивных конструкторско-технологических решений;
- периода замедленного развития ТС вследствие приближения критерия эффективности к своему предельному значению.

Далее данная ТС либо деградирует, сменяясь принципиально новой системой, либо продолжается ее эксплуатация при сохранении достигнутого системой значения критерия эффективности [2].

Постановка задачи

Эволюция техники в широком смысле – представление об изменениях в конструкциях, технологии изготовления, их направленности и закономерности [1]. При этом определенное состояние какого-либо класса ТС рассматривается как результат длительных изменений ее предшествующего состояния; перехода от существующих и применяемых на

практике ТС, к значительно отличающимся от предшествующих конструкций. Эти переходы, как правило, связаны с улучшением каких-либо критериев эффективности или качественных показателей ТС и носят прогрессивный характер.

Указанные закономерности имеют большое значение для выяснения возможностей дальнейшего развития ТС и определения целесообразности совершенствования применяемой системы либо создания принципиально новой системы. Поэтому дальнейшее развитие и совершенствование любой ТС основывается на всей истории ее конструктивно-технологической эволюции. К тому же изучение эволюции ТС позволяет выявить основные устойчивые факторы, влияющие на характер ее развития, а также технические и технологические возможности перехода на следующую стадию.

Решение задачи

Очень часто ТС – детали, сборочные единицы, агрегаты машин, связанные некой общностью (прежде всего у которых с данной ТС одинаковые функции), в процессе эволюции проходят аналогичные стадии развития. Эти случаи относят к «параллельным линиям эволюции» [3], так как, зная на данный момент этап развития одной, как правило, более прогрессирующей из систем, можно с достаточной уверенностью прогнозировать эволюцию второй системы.

При анализе эволюции ТС целесообразно одновременно решать и другие задачи: во-первых, унификации – рационального сокращения числа объектов одинакового функционального назначения путем приведения близких по конструкции и типоразмерам изделий, их составных частей и деталей к единой оптимальной конструкции; во-вторых, симплификации – формы стандартизации, заключающейся в уменьшении количества типоразмеров рассматриваемых изделий до числа, достаточного для удовлетворения существующей в данное время потребности.

Многочисленными исследованиями и разработками накоплен определенный опыт проектирования и изготовления нефтепромыслового оборудования. В то же время анализ причин недостаточной безотказности и долговечности ряда деталей и сборочных единиц показывает, что в большинстве случаев преждевременные их отказы обусловлены конструктивными недоработками и реже – нарушениями правил эксплуатации. И лишь в отдельных случаях причинами отказов являются отступления от требований чертежей и технических условий. Это означает, что чаще всего имеет место недостаточная изученность специфики эксплуатации оборудования и вследствие этого недоработка конструкторских проектов.

Таким образом, проектирование или модернизация любой сложной технической системы, в том числе и нефтепромыслового оборудования, является основным этапом, на котором закладывается определенный уровень его безотказности и долговечности.

Как при модернизации существующих ТС, обеспечивающих повышение их ресурса, так и при создании ТС на основе новых решений необходима и оценка следующих критериев развития ТС [4]: функциональных критериев, связанных с назначением и технической характеристикой ТС; технологических критериев, связанных с возможностью и простотой изготовления ТС; экономических критериев, определяющих экономическую целесообразность развития ТС.

Функциональные критерии развития каждой отдельно взятой ТС, как правило, представляющие собой количественные характеристики различных показателей, связаны с предназначением данной ТС. В большинстве случаев для нефтепромыслового оборудования применение находят три группы основных показателей: производительность, точность и надежность. Необходимая производительность, как правило, оговаривается техническим заданием на проектирование объекта. Критерий точности элементов ТС включает следующие частные показатели: требуемые точность и качество обработки. Критерий надежности – комплексное свойство объекта, включает частные свойства: безотказность, долговечность, ремонтпригодность (реже – монтажепригодность и сохраняемость).

Технологические критерии связаны, прежде всего, с возможностью и простотой изготовления или восстановления ТС. К ним в первую очередь относятся: трудоемкость изготовления и технологическая наследственность.

Экономические критерии связаны с сравнительной оценкой (за фиксированный отрезок времени) затрат на устранение отказов и убытков из-за простоев оборудования во время текущих ремонтов, производимых с целью ликвидации этих отказов.

При исследовании функциональной надежности и эксплуатационной технологичности сложных систем чаще всего применяется структурный анализ. В том числе для наглядности структуры представляются в виде графов и различных технико-экономических моделей. В ряде работ [5, 6] предпочтение отдается графическим моделям, наглядно отображающим причинно-следственные связи всех факторов, влияющих на результат работ, организуемых и выполняемых с целью обеспечения необходимого качества изделия и, в первую очередь, требуемого уровня его безотказности. Так, в работе [7] приведена гипоциклоидальная модель формирования надежности изделий машиностроения, предусматривающая поэтапный принцип обеспечения, развития и сохранения безотказности, долговечности и ремонтпригодности объекта.

Следовательно, при рассмотрении эволюции ОТ в динамике [7, 8] модель можно представить в виде изображенной на рис.1 цепочки гипоциклоид, у которых каждый цикл из шести этапов повторяясь на новом, более высоком уровне, определяет и новое содержание, соответствующее требованиям данного периода времени.

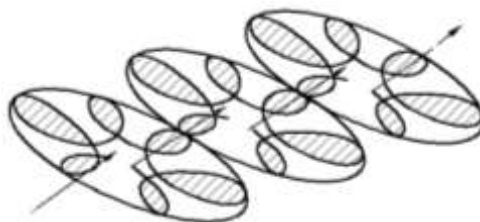


Рис.1. Эволюция объекта техники в динамике

В соответствии с законом прогрессивной эволюции техники, при наступлении периода замедления развития, ОТ либо заменяется принципиально новой системой, либо же продолжается его эксплуатация при сохранении достигнутого уровня эффективности. В этом и выражается динамика развития ОТ (рис.1), отображающая не только однократный цикл формирования его надежности, но и диалектическое развитие и совершенствование методов, а также характера разработок по повышению надежности данного оборудования.

Таким образом, разработанные методические основы применения гипоциклоидальной модели формирования надежности нефтегазовой техники [6,7] позволяют в увязке с законом прогрессивной эволюции технических систем непрерывно планировать и выполнять работы по повышению надежности от изделия-аналога к новому изделию, от этапа к этапу.

Отмеченное в частности относится к широко применяемым на практике мобильным буровым и нефтепромысловым установкам различного назначения. Этот выбор обусловлен: во-первых, тем, что наряду с постепенными отказами для деталей и сборочных единиц мобильных установок характерны и внезапные отказы, что определяет необходимость выполнения и неплановых текущих ремонтов; во-вторых, наработки до отказа ряда сборочных единиц и агрегатов установок все еще низкие [6].

В настоящее время мобильные подъемные и буровые установки получили широкое распространение во многих странах. Подобные установки предназначаются для бурения разведочных скважин на нефть и газ, для зарезки и бурения второго ствола при капитальном ремонте скважин, а также для текущего ремонта скважин.

Впервые в Республике подобные мобильные установки были разработаны и изготовлены в 1936 году [9]. Первоначально эти установки серии «агрегаты вращательного бурения» (АВБ) обеспечивали бурение скважин в основном глубиной до 100м. Первой из этой серии мобильных установок АВБ была изготовлена установка АВБ1-100 (рис.2) на базе автомашины ЗИС-6.

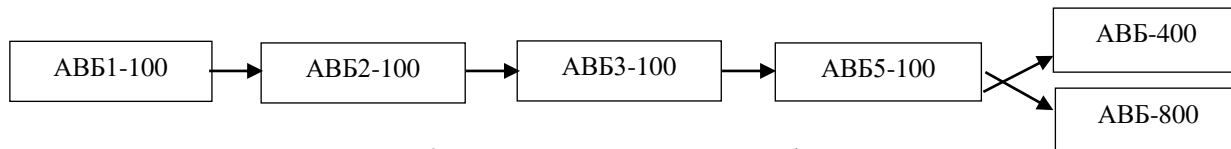


Рис.2. Эволюция отечественных мобильных буровых установок

После незначительных изменений (по результатам испытаний) установка серийно выпускалась под шифром АВБ2-100. Затем с 1946 года установка была усовершенствована, монтировалась на шасси автомашины ЗИС-5 (в последующем на ЗИЛ-150) и получила шифр АВБ3-100 (рис.2). После определенной модернизации, с монтажом оборудования на автомашине ЗИЛ-151, установка выпускалась под шифром АВБ5-100.

Для разведочного бурения скважин глубиной до 400м была спроектирована и длительное время выпускалась установка АВБ-400, которая монтировалась на шасси автомашины МАЗ-200. Необходимо отметить, что впервые на данной установке, кроме основного двигателя (автомашины), был предусмотрен дополнительный двигатель мощностью 95л.с. для привода основных механизмов.

Кроме того, была создана мобильная установка АВБ-800, предназначенная для роторного бурения нефтяных разведочных и эксплуатационных скважин глубиной до 800м, составные части которой были смонтированы на двух тракторах С-80 (Челябинского тракторного завода).

Практически на данной стадии период «жизненного цикла» мобильных установок типа АВБ завершился. В целом же эволюция установок серии АВБ сыграла свою положительную роль в решении основных проблем подземного ремонта скважин (по данным работы [9] всего было изготовлено около 2500 установок АВБ). Так, на промыслах Республики началось применение метода зарезки и бурения второго ствола скважин [10]. Применение этого высокоэффективного и экономичного метода восстановления бездействующих скважин стало возможным в том числе благодаря использованию мобильных установок АВБ, созданных отклонителей и режущих инструментов.

Дальнейшая эволюция мобильных подъемных установок в значительной мере связана с разработками «Азербайджанского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института нефтяного машиностроения» (АЗИНМАШ).

Обобщение результатов выполненных работ и статистическая обработка данных о видах и количестве подземных ремонтов скважин, позволило АЗИНМАШу разработать стандарт (ОСТ 26-16-1513-77), регламентирующий следующий ряд грузоподъемностей установок: 100, 200, 320, 500, 800, 1250кН.

На основе данного стандарта, для обеспечения подземного ремонта скважин как оборудованных, так и не оборудованных стационарными вышками или мачтами, АЗИНМАШем были разработаны и заводами Республики осуществлено производство мобильных подъемных лебедок и установок (в основном грузоподъемностью 320 и 500кН), предназначенных для текущего и капитального ремонта скважин (таблица) [6, 11].

Созданы были также подъемные установки QQ-50 и QQ-50Т максимальной грузоподъемностью соответственно 620 и 800кН. Эти установки предназначались для капитального ремонта скважин, в том числе и для проведения буровых работ. Данные подъемные установки монтировались на шасси автомашин КраЗ (таблица).

Как следует из вышеизложенного, а также учитывая налаженное производство мобильных установок различного назначения на заводах Российской Федерации (РФ) и также различными зарубежными фирмами, следует отметить следующее.

Имеется налаженное производство мобильных подъемных установок, в качестве транспортных баз которых применяются стандартные шасси грузовых автомашин. В то же время для предусмотренных ОСТом высоких значений грузоподъемностей мобильных установок, предназначенных для бурения и капитального ремонта скважин, требуются большие площади на транспортных средствах для эффективного размещения оборудования, чем это обеспечивается в настоящее время применением шасси серийных автомашин.

Таблица. Мобильные подъемные установки, производства отечественных заводов нефтяного машиностроения

Марка установки (годы производства)	Монтажная база	Максимальная грузоподъемность, кН	Марка двигателя	Глубина бурения, м (диаметр бурильных труб, мм)	Глубина ремонта скважин, м
АЗИНМАШ-60BF (2004-2011гг)	КрАЗ-6508	750	ЯМЗ 23802	1200(φ73)	4000
АЗИНМАШ-80BF (2006-2011гг)	МЗКТ-7004	1000	Caterpillar C-15	1600(φ114) 2100(φ73)	4600
АЗИНМАШ-100BF (2008-2011гг)	МЗКТ-7004	1250	Caterpillar C-15	2000(φ114) 2600(φ73)	5800
АЗИНМАШ-125 BF (проект, 2008г)	МЗКТ-7003	1560	Caterpillar C-15	2500(φ114) 3200(φ73)	5800
QQ-50 (1970-1988гг)	КрАЗ-65101	620	ЛМЗ 238М2	1000(φ73)	3500
QQ-60Т (1970-1988гг)	КрАЗ-65053	800	ЛМЗ 238 ДЕ2	1200(φ73)	4000

Что касается зарубежных фирм, то ими технологическое оборудование на установках высокой грузоподъемности монтируется на специальных самоходных монтажных базах с использованием стандартных агрегатов серийного автотранспорта (двигателей, коробок перемены передач, коробок отбора мощности, передних и задних мостов и т.п.)

Значительный интерес в данном направлении представляют результаты исследований по мобильным нефтепромысловым подъемным установкам, выполненные АЗИНМАШем [12]. В результате произведенного сравнительного анализа отечественных и зарубежных установок выявлено, что для грузоподъемностей до 200кН технологическое оборудование установок, как правило, монтируется на шасси грузовых автомашин. При более высоких грузоподъемностях монтаж оборудования установок производится на специальных многоосных базах с необходимыми размерами «палуб» и достаточной проходимостью. Подобные установки komponуются из отдельных серийных узлов и агрегатов грузовых автомашин (двигатели, коробки перемены передач, раздаточные коробки, передние и задние мосты) с учетом особенностей технологического оборудования.

Эти решения упрощают также общую кинематику установок, обеспечивают более благоприятные условия эксплуатации как по доступу к механизмам установок, так и по их ремонтпригодности.

Заключение

Приведенные выше результаты исследования эволюции отечественных мобильных подъемных установок показали, что их «жизненный цикл» охватывает все три периода развития данных технических систем (ТС): период относительно медленного развития создаваемых ТС; период их интенсивного развития; период замедленного развития данных ТС.

Период относительно медленного развития ТС связан с освоением и производством установок типа АВБ на шасси маломощных автомашин и типа АВБ-Т на базе тракторов. Причинами замедленного темпа развития являлись: отсутствие отраслевого стандарта, и ведущей проектной организации, а также возможности выбора транспортной базы необходимой грузоподъемности (мощности двигателя).

Период начала интенсивного развития данных ТС связан как с разработками АЗИНМАШа, так и наращиванием производства автомашин и тракторов повышенной мощности и проходимости.

К настоящему времени период интенсивного развития установок средней грузоподъемности продолжается при высоких темпах роста критериев эффективности. К этой группе относятся те установки, для монтажа которых в шасси применяемых транспортных средств вносятся определенные, допустимые изменения.

Для технологического оборудования установок большой грузоподъемности, учитывая зарубежный опыт, требуются специальные монтажные базы.

Что касается эволюции отечественных установок большой грузоподъемности, то их «жизненный цикл» можно отнести к начальному периоду относительно медленного развития.

Литература

1. Саламатов Ю.П. Система законов развития техники (основы теории развития технических систем). – Красноярск РФ: Институт инновационных технологий, 1996. – 136с.
2. Фейгенсон Н.Б. S-кривая – некоторые особенности третьего этапа систем. // Журнал ТРИЗ. – 2005, №14. – С.55-59.
3. Litvin S., Gerchman M. Parallel Evolutionary Lines Application for Technology Forecast. // Методы прогнозирования на основе ТРИЗ. Сб. науч. тр. «Библиотека Саммита разработчиков ТРИЗ». – 2010. – Вып.3. – 280с.
4. Шпаковский Н.А. Деревья эволюции. Анализ технической информации и генерация новых идей. – М.: Триз-профи, 2006. – 245с.
5. Бабаев С.Г., Габибов И.А., Меликов Р.Х. Основы теории надежности оборудования. – Баку: АГНА, 2015. – 400 с.
6. Бабаев С.Г., Керимова Л.С. Повышение качества и надежности нефтепромыслового оборудования. – Баку: Элм, 1996. – 560 с.
7. Бабаев С.Г., Габибов И.А., Керимова С.В. Графическая модель формирования надежности изделий машиностроения. // Вестник ПНИПУ «Машиностроение, материаловедение». – Пермь РФ, 2017. – Т.19, №2. – С.36-47.
8. Бабаев С.Г., Кершенбаум В.Я., Габибов И.А. Эволюция качества трибосопряжений нефтегазовой техники. // Международное научное издание под общей ред. С.Г.Бабаева. – М.: Национальный институт нефти и газа, 2018. – 516 с.
9. Мамедзаде А.Г. Самоходные буровые агрегаты типа АВБ. – Баку: Красный Восток, 1971. – 210с.
10. Яшин А.С. Зарождение и развитие техники и технологии капитального ремонта скважин. // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 1978, №9. – С.71-76.
11. Аскеров М.М., Сулейманов А.Б. Ремонт скважин. // Справочное пособие. – М.: Недра, 1993. – 224с.
12. Отчет о НИР по теме № 065–88–17. Анализ отечественных и зарубежных конструкций транспортных средств, применяемых в нефтегазовой промышленности. Разработка исходных требований по созданию унифицированных шасси универсального назначения, для нефтепромыслового оборудования. / Фонд АЗИНМАШа. – Баку, 1988. – 83 с.

Xülasə

Babayev S.H., Həbibov İ.Ə., Feyziyev İ.A.

Yeraltı quyu təmirində istifadə edilən səyyar qurğularının keyfiyyətinin təkamül prosesi

Quyuların qazılmasında və kapital təmiri zamanı ikinci lülənin qazılmasında istifadə olunan səyyar qazma qurğularının konstruktiv-texnoloji təkamül prosesinin tədqiqi məsələlərinə baxılmışdır. Çoxsaylı ədəbiyyat məlumatlarına, eləcə də aparılmış tədqiqatların nəticəsinə əsaslanaraq səyyar qazma qurğularının intibah prosesinin əsas faktorları müəyyənləşdirilmişdir. Qurğuların etibarlılığı və istismar göstəricilərinin artırılması məqsədilə onların gələcəkdə işlənməsi zəruriyyəti göstərilmişdir.

Açar sözlər: etibarlıq, təkamül, səyyar qurğular, quyu qazılması, quyu təmiri, modernləşmə, ehtiyat, hipotsikloidal model.

Summary

Babayev S.H., Habibov I.A., Feyziyev I.A.

Evolution of the quality of mobile units, applied in underground well repair

The results of studies on the evolution of design-technological improvements of mobile lifting units, including for drilling wells, as well as for killing and drilling the second well in overhauling wells have been presented. Taking into account literature data and conducted researches on evolution lifting units, the most significant of the identified factors have been revealed. The need for further development to improve the reliability of the plants, as well as their performance indicators is shown.

Key words: reliability, evolution, mobile installations, well drilling, well repair, modernization, resource, hypocycloidal model.