

**NEFTQAZ MƏDƏN AVADANLIQLARI**

**УДК 665.6**

**ОСНОВНЫЕ ИСХОДНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К ДАЛЬНЕЙШЕЙ ЭВОЛЮЦИИ  
МОБИЛЬНЫХ ПОДЪЕМНЫХ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ УСТАНОВОК**

**<sup>1</sup>БАБАЕВ С.Г., <sup>2</sup>ГАБИБОВ И.А., <sup>3</sup>ФЕЙЗИЕВ И.А.**

<sup>1</sup>НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия»

<sup>2</sup>Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

<sup>3</sup>ОАО «Баку, нефтегазопромысловое оборудование»

E-mail: h.ibo@mail.ru

**SƏYYAR NEFTMƏDƏN QURĞULARININ TƏKAMÜL PROSESİNİN ƏSAS ŞƏRTLƏRİ**

**BABAYEV S.H., HƏBİBOV İ.Ə., FEYZİYEV İ.A.**

<sup>1</sup>“Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya” ETİ

<sup>2</sup>Azərbaycan dövlət neft və sənaye universiteti

<sup>3</sup>“Bakı, neftqazmədən avadanlıqları” ASC

**BASIC INITIAL PRECONDITIONS FOR FURTHER EVOLUTION MOBILE RISING OIL  
FIELD UNITS**

**<sup>1</sup>BABAEV S.H., <sup>2</sup>HABIBOV I.A., <sup>3</sup>FEYZIEV I.A.**

<sup>1</sup>SRİ “Geotechnological problems of oil, gas and chemistry”

<sup>2</sup>Azerbaijan State University of Oil and Industry

<sup>3</sup>OJSC “Baku oil and gas field equipment”

**Аннотация.** Статья посвящена разработке основных требований, предъявляемых к современным мобильным подъемным установкам в соответствии с отраслевым стандартом. Приведен анализ состояния эволюции установок в увязке с характеристикой «жизненного цикла» данных технических систем и законом прогрессивной эволюции. По результатам экспертной оценки определены наиболее значимые приоритетные задачи, связанные с дальнейшим повышением качества установок, с охватом установленного отраслевым стандартом ряда грузоподъемностей.

**Ключевые слова.** мобильные подъемные установки, эволюция, жизненный цикл, экспертная оценка.

**Xülasə.** Məqalə mövcud sahə standartlarına uyğun olaraq səyyar qaldırıcı qurğular üçün əsas tələblərin işlənməsinə həsr edilmişdir. Texniki sistemlərin “həyat tsiklinə” və progressiv təkamül qanunlarına əsaslanaraq səyyar qaldırıcı qurğuların istismar funksiyalarının müasir vəziyyətinin təhlili verilmişdir. Ekspert qiymətləndirilməsinə istinad edərək səyyar qaldırıcı qurğuların keyfiyyətinin artırılması üçün istismar parametrlərinin önəmlik dərəcəsi müəyyən edilmişdir.

**Açar sözlər.** səyyar qaldırıcı qurğular, təkamül prosesi, həyat tsikli, ekspert qiymətləndirməsi.

**Abstract.** The article is devoted to the development of basic requirements for modern mobile lifting installations in accordance with the industry standard. An analysis of the state of the evolution of installations in conjunction with the characteristic of the “life cycle” of these technical systems and the law of progressive evolution is given. Based on the results of the expert assessment, the most significant priority tasks were identified, related to the further improvement of the quality of facilities, with coverage of a number of capacities established by the industry standard.

**Keywords.** mobile lifting systems, evolution, life cycle, expert assessment.

**Актуальность исследования.** Известно, что под конкурентоспособностью предприятия, в том числе производящего и нефтепромысловое оборудование, подразумевается [1] возможность проектировать, изготавливать и реализовывать продукцию в условиях рынка, оставаясь длительное время функционирующим при наличии потенциальных конкурентов. При этом основными составляющими конкурентоспособности для большинства конкретных условий рынка являются следующие факторы: качество оборудования, его стоимость и затраты на эксплуатацию, а также качественное сервисное обслуживание. То есть «конкурентоспособность» является более емким и динамичным понятием, чем качество продукции.

В то же время бесспорно, что качество продукции является важнейшим показателем ее конкурентоспособности.

Для обеспечения высокого качества промышленной продукции на отдельных этапах ее эволюции использовались различные системы управления, для которых характерным было обеспечение качества на всех стадиях создания изделия – от проектирования и изготовления до обслуживания в эксплуатации. Для наглядности системы управления качеством изображались в виде графических моделей: например, в виде «треугольника комплексного контроля качества»; «спирали развития качества»

и др. [2]. Достаточно наглядной графической моделью, отражающей причинно-следственные связи отказов, являлась модель «рыбий скелет» [3].

Применительно к нефтепромысловому оборудованию разработана графическая модель, отображающая развитие качества по гипоциклоиде, образующей характерные петли [4]. В соответствии с данной моделью совокупность комплекса работ, замкнутых в одну петлю гипоциклоиды, составляла определенный этап, осуществление которого представляло собой законченное и обязательное звено в общем цикле работ.

**Постановка задачи.** Дальнейшее повышение качества, следовательно, и конкурентоспособности нефтепромыслового оборудования, тесно связано с законом прогрессивной эволюции технических систем (ТС). Данный закон [5] отражает изменения, произведенные в ТС за период конкретной стадии ее развития и связанные с устранением определенных недостатков, выявленных в процессе эксплуатации. Применение закона прогрессивной эволюции ТС обеспечивает устойчивую тенденцию улучшения технико-экономических показателей и критериев эффективности. Например, за счет совокупности исследований разработок, направленных на повышение уровня безотказности или ресурса применяемых ТС.

Таким образом, дальнейшее развитие и совершенствование любой ТС основывается на всей истории его конструктивно-технологической эволюции. Изучение эволюции ТС позволяет выявить основные устойчивые факторы, влияющие на ее развитие, а также технические и технологические возможности перехода на следующую стадию.

**Решение задачи.** Очень часто ТС – сборочные единицы, агрегаты, 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» [6], так как, зная на данный момент этап развития одной, как правило, более прогрессирующей из систем, можно с достаточной уверенностью прогнозировать эволюцию второй системы.

Так, с применением метода «параллельных линий эволюции» существующих, связанных функциональной общностью ТС: деталей гидравлической части нефтепромысловых и буровых насосов высокого давления, достигнуто устранение имеющихся конструктивных недостатков клапанов насосов [7].

Несмотря на индивидуальные особенности, присущие различным техническим системам, закон прогрессивной эволюции, как правило, увязывается с анализом «жизненного цикла» ТС [8], представляющим собой последовательность трех периодов ее развития:

- периода относительно медленного развития созданной ТС, обусловленного ее освоением;
- периода интенсивного развития системы при высоких темпах роста критерия 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.

Эта закономерность достаточно исследована в работах [5, 9], в которых в частности отмечается, что основное направление практического использования закона прогрессивной эволюции ТС связано с созданием конкретных классов ТС с обеспечением конкурентоспособных решений и технологического обеспечения.

В свою очередь для конкурентоспособных решений необходима структуризация технической и патентной информации с использованием «Дерева эволюции», представляющего собой организованную совокупность линий развития ТС [10].

Наряду с отмеченным выражается также связь с законом прогрессивной эволюции техники, гипоциклоидальной модели [4], так как в обоих случаях переход к новым поколениям рассматриваемой ТС вызывается необходимостью устранения выявленных ее недостатков. Следовательно, при рассмотрении эволюции ТС в динамике [7] 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.

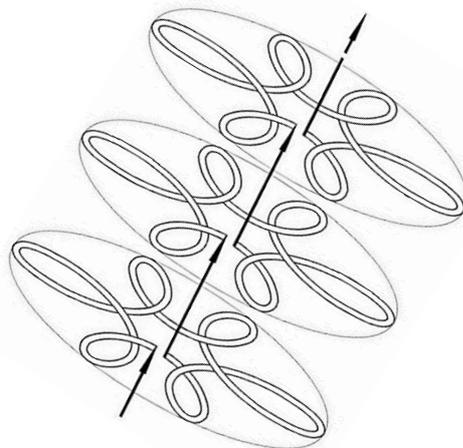


Рис.1. Эволюция качества объекта техники в динамике

Одним из основных требований, предъявляемых к объектам исследований – нефтепромысловым подъемным установкам, является необходимость обеспечения высокой мобильности, монтажеспособности и безотказности в период выполнения основных функций по назначению: спуско-подъемных операций, разбуривания песчаных пробок, ловильных и других работ.

Первоначальный период «жизненного цикла» данных технических систем, связанный с зарождением и развитием техники и технологии подземного ремонта нефтяных скважин, рассмотрен в работе [11]. Отмечается, что в этот период, наряду с применением импортного оборудования, при подземных ремонтах скважин использовались отечественные тракторы-подъемники, обеспечивающие, однако, лишь ремонт относительно неглубоких скважин.

Важными являются результаты исследований и разработок научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов республики и прежде всего института АЗИНМАШ. В том числе институтом АЗИНМАШ была разработана нормаль (Н688-64 «Оборудование для нефтедобывающей промышленности. Ряд грузоподъемностей для спуско-подъемного оборудования»), в соответствии с которой были рекомендованы грузоподъемности для мобильных подъемных установок: 16; 32; 50; 80 т. Позднее нормаль была заменена отраслевым стандартом [12]; при этом был уточнен и ряд грузоподъемностей установок: 12,5; 20; 32; 50; 80; 125 т.

С учетом отмеченного и исходя из рекомендаций нормального ряда грузоподъемностей было организовано производство мобильных подъемных установок на шасси автомашин: АЗИНМАШ-36 и АЗИНМАШ-37 [13].

Отмечается переход в период интенсивного развития данных ТС за счет устранения выявленных по результатам подконтрольной эксплуатации указанных и ряда других установок (АЗИНМАШ-43А, АЗИНМАШ-43П и др). На основе результатов исследований эксплуатационных показателей надежности и причин отказов [14] указанные выше подъемные установки (за исключением установки АЗИНМАШ-37А) были сняты с производства (1981-83 гг) и заменены установками УПТ-32 (УРТ-32) и ЛПТ-8 (ЛРТ-8).

В целом анализ «жизненного цикла» развития рассматриваемых ТС - мобильных подъемных установок, показал следующее.

Несмотря на отмеченное относительно медленное развитие данных объектов исследования **период их освоения** был завершен достаточно успешно: разработан отраслевой стандарт, определяющий ряд грузоподъемностей установок; созданы мобильные подъемные установки как на гусеничных тракторах, так и на колесных шасси. В то же время, требования по критериям эффективности ТС (диапазона грузоподъемностей на крюке, уровню безотказности и ремонтпригодности), на данном этапе в полной мере не были решены.

**Период интенсивного развития** ТС на первоначальном отрезке также протекал при достаточно высоких темпах роста критериев интенсивности. Отмечается устранение основных конструктивных

недостатков, выявленных в процессе испытаний и эксплуатации ТС. В особенности отмеченное касается применяемой по настоящее время подъемной установки АЗИНМАШ-37А (АЗИНМАШ-37ВФ).

Таким образом, имеется налаженное производство мобильных подъемных установок с применением стандартных шасси грузовых автомашин. Наряду с этим для предусмотренных ОСТом высоких значений грузоподъемностей мобильных подъемных установок требуются большие площади на транспортных средствах для эффективного размещения оборудования, чем это обеспечивается в настоящее время применением шасси серийных автомашин.

Значительный интерес в данном направлении представляют результаты исследований по мобильным нефтепромысловым подъемным установкам, выполненные АЗИНМАШЕМ [15]. В результате произведенного сравнительного анализа отечественных и зарубежных установок выявлено, что для грузоподъемностей до 200 кН технологическое оборудование установок, как правило, монтируется на шасси грузовых автомашин. При более высоких грузоподъемностях многими фирмами монтаж оборудования установок производится на специальных многоосных базах с необходимыми размерами «палуб» и достаточной проходимостью. Подобные установки компануются из отдельных серийных узлов и агрегатов грузовых автомашин (двигатели, коробки перемены, передач, раздаточные коробки, передние и задние мосты) с учетом особенностей технологического оборудования.

Однако, для грузоподъемностей, при которых возможно применение серийных автомашин, это естественно более предпочтительно (особенно с точки зрения обеспечения необходимой надежности), чем создание специальных многоосных баз.

Так как окончательное решение данной проблемы вызывает определенные затруднения, то интерес представляет также качественная характеристика влияющих факторов методом экспертной оценки (ранговой корреляции) [16].

Метод экспертной оценки состоит в том, что отобранной группе квалифицированных специалистов (экспертов) предлагается оценить сравнительную степень влияния каждого из группы выделенных наиболее значимых факторов на изучаемую проблему.

Процедура ранжирования факторов включает следующую последовательность работ. В первую очередь разрабатывается анкета, в которой формулируются основные вопросы к экспертам. Затем выбирается метод опроса и проводится оценка согласованности мнений экспертов, а также формирования правил отсева факторов.

Существуют несколько способов проведения опроса экспертов. Чаще всего применяется способ согласования, который заключается в том, что каждый из экспертов дает оценку независимо от других, а затем их объединяют в одну обобщенную оценку.

При экспертной оценке предусматривается определенное расположение экспертами факторов по ожидаемой степени их влияния. Первое место отводится наиболее сильно влияющему из  $k$  факторов; последнее место самому слабому из факторов. Остальным факторам присваиваются ранги от 2 до  $k - 1$ . Таким образом, в получаемой в результате ранжирования порядковой шкале число рангов должно быть равно числу ранжируемых факторов  $k$ .

Если эксперт не может оценить различие в степени влияния двух или более факторов, то он должен присвоить этим факторам один и тот же ранг и приписать каждому из них стандартизованный ранг, значение которого представляет собой среднее значение суммы мест, поделенных между факторами с одинаковыми рангами.

Полученные данные обрабатываются в следующей последовательности. Вычисляется сумма рангов  $\sum_{i=1}^k a_i$  для каждого фактора. Производится проверка правильности ранжирования исходя из следующего равенства:

$$\frac{k(k+1)}{2} = \sum_{i=1}^k a_{ij}, \quad (1)$$

где  $a_{ij}$  – ранг  $i$ -го фактора в  $j$ -ом ряду.

Затем, по известным зависимостям определяются: среднее значение суммы рангов  $\bar{L}$  по всем  $k$  факторам и для всех  $m$  экспертов и сумма квадратов отклонений  $S$ .

$$\bar{L} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^k a_{ij}; \quad (2)$$

$$S = \sum_{j=1}^m (\Delta)^2 = \sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^k a_{ij} - \bar{L} \right)^2, \quad (3)$$

где  $\Delta$  - отклонение суммы рангов каждого фактора от общего среднего ранга;

$$\Delta = \sum_{i=1}^k (a_i - \bar{L}).$$

Степень согласованности мнений экспертов относительно степени влияния факторов проверяется с помощью коэффициента конкордации  $W$ . Для расчета значения коэффициента  $W$  используется одна из следующих формул:

$$W = \frac{12S}{m^2(k^3 - k)} \quad (4)$$

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} m^2(k^3 - k) - m \sum_{i=1}^k T_i} \quad (5)$$

где  $T_i$  - коэффициент, зависящий от компетентности специалистов;

$$T_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (t_{ij}^3 - t_{ij});$$

$t_{ij}$  - число показателей, которым  $i$ -й эксперт присвоил одинаковый ранг.

Формула (5) используется в случае, когда отдельные эксперты не могут установить ранговые различия между несколькими смежными факторами и присваивают им одинаковые ранги.

Коэффициент конкордации изменяется от 0 до 1. Равенство  $W$  единице означает, что все эксперты дали одинаковые оценки соответствующим факторам, а равенство  $W$  нулю означает, что связь между оценками, полученными от разных экспертов не существует. Поэтому необходима оценка значимости полученного значения коэффициента конкордации.

Для оценки значимости коэффициента конкордации используется распределение  $\chi^2$  при  $f = k - 1$  степенях свободы [17]:

$$\chi^2 = W \cdot m(k - 1). \quad (6)$$

Гипотеза о наличии согласованности мнений специалистов-экспертов принимается, если выполняется условие:

$$m(k - 1)W > \chi^2(k - 1), \quad (7)$$

где  $\chi^2_\alpha(k - 1)$  - квантиль  $\chi^2$ -распределения, соответствующий уровню значимости  $\alpha$  и числу степеней свободы  $(k - 1)$ ; обычно принимается  $\alpha = 0,05$ . Табличные значения  $\chi^2_\alpha(k - 1)$  приведены, например, в работе [18]. Для наглядности результатов ранжирования строится диаграмма рангов. На диаграмме рангов по оси абсцисс откладываются факторы в последовательности по степени их влияния на исследуемый параметр, а по оси ординат – суммы рангов.

Как следует из выше отмеченного, а также из результатов выполненного анализа, в целом разрешение поставленной проблемы связано с оценкой влияния достаточно большого числа факторов.

На основе литературных данных и результатов выполненных исследований, в том числе АЗИНМАШем [15], была разработана анкета, которая содержала восемь следующих факторов – направлений решения проблемы создания мобильных подъемных установок для высоких значений грузоподъемностей.

1. Использование шасси автомашин серийного производства для установок малой и средней грузоподъемностей и разработка специальных многоосных колесных шасси – для высоких значений грузоподъемности.
2. Создание конструкции подъемной установки с размещением оборудования на двух транспортных средствах с объединением их при монтаже непосредственно, у скважины.
3. Применение на установках «верхнего привода» для возможности их эффективного использования при необходимости резки второго ствола скважины.
4. Применение шасси автомашин заводского изготовления (по согласованию с заказчиком) с удлиненными и усиленными лонжеронами.
5. Применение шасси автомашин заводского изготовления (по согласованию с заказчиком) с дополнительными нестандартными коробками передач и отбора мощности.
6. Применение на установках современных систем механизации, автоматизации и компьютеризации трудоемких операций, гидромеханических трансмиссий для экономичного использования мощности двигателей.
7. Проработка вопроса возможности создания и использования, непосредственно на территории месторождений, специализированных установок повышенных габаритов.
8. Разработка и применение новой техники, в том числе установок, предназначенных для плавного спуско-подъема, закачки технологических жидкостей в скважину и др.

Были привлечены восемь специалистов-экспертов, которым предлагалось проранжировать восемь перечисленных факторов в соответствии с их степенью пригодности для дальнейшей эволюции мобильных подъемных нефтепромысловых установок. Матрица рангов, составленная по результатам анкетирования, приведена в табл.1.

Таблица 1.

Матрица рангов

Эксперты ( $m = 8$ )	Факторы ( $k = 8$ )							
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$
1	1	7,5	5	3	2	4	7,5	6
2	2	8	4	1	3	5	6	7
3	2	7,5	4	3	1	6	7,5	5
4	3	6	4	1	2	5	8	7
5	2	8	4	3	1	5	7	6
6	1	7,5	5	2	3	4	7,5	6
7	1	7,5	6	3	2	4	7,5	5
8	2	8	3	1	4	6	7	5
$\sum_{j=1}^m a_{ij}$	14	60	35	17	18	39	58	47
$\Delta_i$	-22	24	-1	-19	-18	3	22	11
$(\Delta_i)^2$	484	576	1	361	324	9	484	121

Математическая обработка результатов ранжирования производилась по вышеприведенной методике. Определив по формулам (2) и (3) соответственно значения  $\bar{L} = 36$  и  $S = 2360$ , вычислялось значение коэффициента конкордации по формуле (5);  $W = 0,931$ . Полученное высокое значение коэффициента конкордации указывает на то, что мнения экспертов согласуются.

Значимость коэффициента  $W$  оценивалась по критерию  $\chi^2$ , расчетное значение которого определялось по формуле (6):  $\chi^2 = 52,1$ .

При числе степеней свободы  $f = 8 - 1 = 7$  и уровне значимости  $\alpha = 0,05$  табличное критическое значение  $\chi^2_{\alpha} = 14,1$ . Так как  $\chi^2 < \chi^2_{\alpha}$  ( $14,1 < 52,1$ ), то можно с 95%-ой доверительной вероятностью утверждать, что коэффициент конкордации значим. То, есть его отличие от нуля существенно и поэтому мнения экспертов относительно степени влияния факторов согласуются.

По данным табл. 1 на рис.2 представлена диаграмма рангов. Как видно, распределение факторов соответствует убыванию с наиболее значимыми факторами 1; 4 и 5.

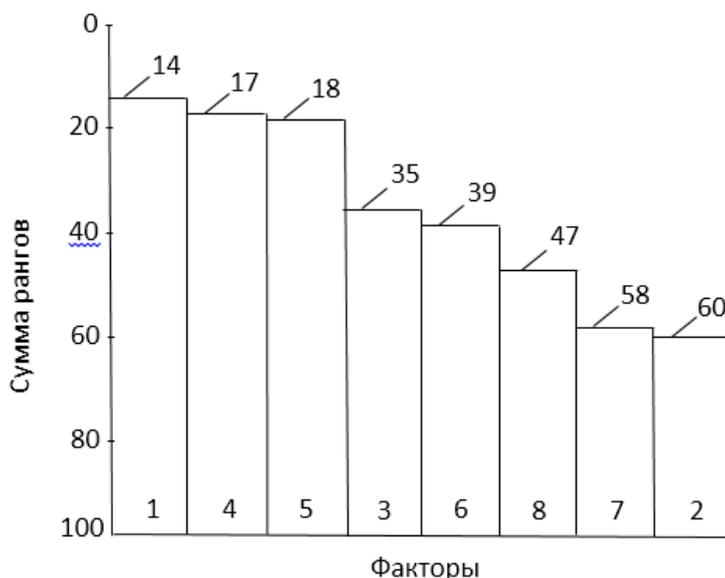


Рис. 2. Диаграмма рангов по распределению факторов.

В целом ранжированием факторов подтверждается, что для решения проблемы создания мобильных подъемных установок в соответствии с отраслевым стандартом целесообразно:

1. Использование шасси автомашин серийного производства для установок малой и средней грузоподъемности и специальных многоосных шасси – для высоких значений грузоподъемности (факторы 1).

2. Применение (по согласованию) шасси автомашин заводского изготовления с удлиненными и усиленными лонжеронами, а также нестандартными коробками передач и отбора мощности (факторы 4 и 5).

Заслуживают также внимания рекомендации о целесообразности применения на подъемных установках «верхнего привода» для расширения комплекса производимых на скважинах работ (фактор 3), а также средств механизации, автоматизации и компьютеризации технологических операций (факторы 6 и 8).

**Выводы:** Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие заключения:

1. «Жизненный цикл» мобильных подъемных установок соответствует периоду интенсивного их развития. Это вытекает из выявленных технических возможностей дальнейшего их совершенствования.

2. В результате экспертной оценки факторов, влияющих на развитие мобильных подъемных установок выявлены основные из них и определены приоритетные направления перехода на следующую стадию развития подъемных установок.

3. Отдельные из выявленных направлений дальнейшего развития подъемных установок могут быть использованы также для эволюции мобильных насосных и других нефтепромысловых установок.

## Л и т е р а т у р а

1. Владимиров А.И., Кершенбаум В.Я. Конкурентоспособность и проблемы нефтегазового комплекса. – М.: «Национальный институт нефти и газа», 2004. – 640 с.

2. Бабаев С.Г., Керимова Л.С. Повышение качества и надежности нефтепромыслового оборудования. – Баку: Элм, 1996. – 562 с.

3. Кубарев А.И. Надежность в машиностроении. – М.: изд-во стандартов, 1989. – 224 с.
4. Бабаев С.Г., Райхель А.Я. Система поэтапного формирования качества нефтепромыслового оборудования. Обзорная информация. – М.: ЦИНТИ-химнефтемаш, 1975. – 64 с.
5. Саламатов Ю.П. Система законов развития техники (основы теории развития технических систем). – Красноярск РФ: Innovative Design, 1996. – 136 с.
6. S.Litvin, M.Gerchman. Parallel Evolutionary Lines Application for Technology Forecast // Методы прогнозирования на основе ТРИЗ. Сб.науч.тр. «Библиотека Саммита разработчиков ТРИЗ». Вып.3. – Спб.: 2010. – 280 с.
7. Бабаев С.Г., Кершенбаум В.Я., Габибов И.А. Эволюция качества трибосопряжений нефтегазовой техники. – Москва-Баку: НИИГ, 2018. – 516 с.
8. Фейгенсон Н.Б. S-кривая – некоторые особенности третьего этапа систем //Журнал ТРИЗ, 2005. – №1 (14). – С. 55–59.
9. Курги Э.Э. Закономерности развития технических систем ЗРТС-96. ТРИЗ. Саммит – Спб.: 2006. <http://www.metodolog.ru/0081300813.html>
10. Шпаковский Н.А. Деревья эволюции. Анализ технической информации и генерация новых идей. – М.: ТРИЗ – профи, 2006. – 245 с.
11. Яшин А.С. Зарождение и развитие техники и технологии капитального ремонта скважин. – Баку: Азербайджанское нефтяное хозяйство, 1978, №9. – С. 71–79.
12. ОСТ 26–16–1513–77. Установки подъемные нефтепромысловые. Типы и основные параметры. – М.: 1977. – 6 с.
13. Бабаев С.Г., Калантаров Р.Н. Повышение долговечности при нестационарной переменной нагруженности узлов и деталей подъемных агрегатов. Обзорная информация. Серия ХМ-3 «Нефтепромысловое машиностроение». – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1976. – 33 с.
14. Бабаев С.Г., Шахбазов Э.К. Исследование эксплуатационных показателей надежности подъемных установок для текущего и капитального ремонта скважин. Обзорная информация. Серия ХМ-3 «Нефтепромысловое машиностроение». – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1982–22 с.
15. Отчет о НИР по теме № 0651–88–17. «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.
16. Солдатов А.Г. Оценка методом ранжирования влияния отдельных факторов на ресурс насоса. – М.: Вестник машиностроения, 2016, №2. – С. 12–14.
17. Кремер Н.Ш. Теория вероятности и математическая статистика. – М.:ЮНИТИ-ДАНА, 2007.- 537 с
18. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний. / Справочник. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.