

Абу-Абед Ф.Н. Методика обоснования требований к системе запасов элементов для обеспечения текущего ремонта буровых установок. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XVII Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2017. – С. 150-155.

УДК 622.242.2:658.7

## МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ ЗАПАСОВ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА БУРОВЫХ УСТАНОВОК

Ф.Н. Абу-Абед

## METHODOLOGY OF JUSTIFICATION OF REQUIREMENTS TO THE SYSTEM OF ELEMENTS RESERVES FOR PROVIDING THE CURRENT REPAIR OF DRILLING EQUIPMENT

F.N. Abu-Abed

**Аннотация.** В настоящее время методы решения прикладных задач с использованием многоуровневых систем снабжения позволяют в значительной мере упростить задачу текущего обслуживания и процедуры ремонта, восстановления и модернизацию сложных технически территориально рассредоточенных систем. На основе эксплуатационных требований сформированы экономические показатели, связанные с необходимостью обеспечения минимальных производственных и эксплуатационных расходов, определяющих эффективность работы буровой установки. Для достижения поставленной цели детально излагается методика обоснования требований к системе запасов элементов для обеспечения текущего ремонта буровой установки.

**Ключевые слова:** математические методы, оптимальное эшелонирование запасных элементов, система методов распознавания, буровые установки, запасы элементов и принадлежностей.

**Abstract.** At the present time, methods for solving applied problems using multilevel supply systems allow a substantial simplification of the problems of routine maintenance and repair, restoration and updating in technically complicated and territorially spread systems. On the basis of operational requirements, economic indices (to provide minimum production and operation expenditures making drilling rig operation effective) have been formed. To achieve the above goal, components and accessories stock system requirements validation procedure to provide drilling rig routine repair have been detailed.

**Keywords:** mathematical methods, optimal separation of spare elements, a system of recognition methods, drilling rigs, stocks of elements and accessories.

Скважина представляет собой сложное инженерное сооружение, работающее в сложных геолого-физических и постоянно изменяющихся термобарических условиях [1-3], поэтому обеспечение ее работоспособности требует регулярного проведения ремонтно-профилактических мероприятий и капитального ремонта. Цель ремонтно-профилактических мероприятий – устранение различных нарушений в режиме эксплуатации скважин и подземного оборудования, очистка от песка, различных отложений и продуктов коррозии, восстановление и повышение добычных возможностей скважины. От качества своевременного проведения профилактических мероприятий при бурении и эксплуатации во многом зависит продолжительность эксплуатации скважин на запланированном технологическом режиме и межремонтного периода работы скважин.

В сложных условиях эксплуатации применяется агрегатный метод ремонта буровых (методом замены агрегатов, узлов, и т.д.). Такой метод ремонта предполагает создание эшелонированной системы запасов элементов (агрегатов, узлов...), что может значительно увеличить стоимость эксплуатации буровой. С другой стороны, возможно значительное сокращение убытков от простоев из-за отказов буровой.

Рассмотрение осложнений при бурении и эксплуатации скважин в комплексе представляется целесообразным, вследствие того, что рациональные решения при бурении (максимальные скорости проходки, временная изоляция пластов и др.) - часто не лучший вариант для безаварийной эксплуатации скважины. В то же время существует немало ситуаций и типовых случаев, одинаково характерных для бурения и эксплуатации скважины и требующих подробного технологического описания для их распознавания и исправления.

Требования, предъявляемые к буровым установкам, определяются условиями бурения. Из факторов, определяющих условия бурения, в первую очередь следует учитывать: природно-климатические и геологические; отдаленность от ремонтных баз и источников энергии; частоту перемещения на новые точки бурения; загазованность окружающей среды, загрязненность рабочих мест буровым промысловым раствором; необходимость обеспечения бесперебойного процесса бурения для устранения возможных осложнений в стволе скважины; высокую абразивность и коррозионную активность бурового промыслового раствора; стесненность рабочих мест и др. [2, 4].

Требования к буровым установкам разделяются на технические, эксплуатационные, технологические, экономические, социальные и специальные. Технические требования заключаются в том, чтобы конструкция буровой установки отвечала новейшим достижениям науки и техники, а ее параметры соответствовали мировым стандартам, машины и оборудование имели бы высокий коэффициент полезного действия (КПД), достаточную прочность, надежность и долговечность.

Эксплуатационные требования состоят в том, что в процессе эксплуатации работоспособность буровой установки будет поддерживаться проведением технического обслуживания и ремонтов. С этой целью необходимо обеспечить высокую ремонтпригодность буровой установки, т.е. доступность ее агрегатов для технического обслуживания и ремонта, возможность контроля технического состояния и замены быстроизнашивающихся узлов и деталей из созданных запасов элементов и принадлежностей (ЗИП) [5].

Экономические требования связаны с необходимостью обеспечения минимальных производственных и эксплуатационных расходов, определяющих эффективность буровой установки. В сфере производства экономические требования удовлетворяются технологичностью конструкций, позволяющей при заданном объеме выпуска и конкретных производственных возможностях изготовить машину при наибольшей производительности труда и наименьшей себестоимости. Важное экономическое требование – экономия металла и других материалов путем снижения материалоемкости машин и оборудования. К эксплуатационным экономическим показателям относятся производительность механического бурения и спускоподъемных операций, время, затрачиваемое на подготовительно-заключительные, вспомогательные и ремонтные работы.

Для обеспечения ремонта буровых установок необходимо обосновать состав и структуру системы запасов элементов. В формализованном виде научную задачу можно представить в виде:

$$\gamma(f, z)C^1 + C(z) \rightarrow_z \min, \quad (1)$$

где  $\gamma$  – относительная доля времени пребывания буровой установки в отказном состоянии;  $f$  – система методов распознавания;  $C(z)$  – стоимость системы запасов элементов  $z$ ;  $C^1$  – удельные убытки от простоя буровой.

Согласно [1]  $\gamma$  является стационарным коэффициентом готовности буровой установки.

$$\gamma = \frac{T_0}{T_0 + T_B(f, z)}, \quad (2)$$

где  $T_0$  – наработка на отказ буровой установки;  $T_B$  – среднее время восстановления буровой установки,

где  $T_B(L, V, \gamma, \pi(P)) = T_p + T_D^0 \times K_{ЗИП-0} + T_D^\Gamma(V) \times K_{ЗИП-\Gamma} + T_D^\Pi \times (1 - K_{ЗИП-0} - K_{ЗИП-\Gamma})$ ,

$T_p = T_H[S(\Pi)] + T_z$  – время ремонта буровой установки;

$T_D^0(\Gamma, \Pi)$  – время доставки элементов из ЗИП-О ( $\Gamma, \Pi$ );

$K_{ЗИП-0}, K_{ЗИП-\Gamma}$  – коэффициенты, характеризующие относительное число отказов, устраняемых с использованием одиночных или групповых ЗИП соответственно;

$T_H[S(\Pi)]$  – время поиска неисправности буровой установки с системой диагностики  $S$  глубины  $\Pi$ ;

$T_z$  – время замены неисправного элемента.

Коэффициенты  $K_{ЗИП-0}, K_{ЗИП-\Gamma}$  могут быть выбраны в качестве характеристик обеспеченности образцов буровой ЗИП-О и ЗИП-Г.

### Методика расчета системы запасов для обеспечения ремонта буровых установок

Математическое ожидание числа отказов элементов на каждой буровой за период пополнения одиночных ЗИП определяется соотношением

$$\Lambda^0 = T_{\Pi}^0 \times \sum_{i=1}^K m_i \times \lambda_i, \quad (3)$$

где  $K$  – число номенклатур (типов) элементов замены.

За период пополнения групповых ЗИП  $T_{\Pi}^\Gamma$  с учетом количества буровых установок  $V$ , на которые рассчитывается групповой ЗИП, математическое ожидание количества отказов вычисляется по формуле

$$\Lambda^\Gamma = V \times T_{\Pi}^\Gamma \times \sum_{i=1}^K m_i \times \lambda_i. \quad (4)$$

Математическое ожидание количества отказов, которые могут быть устранены с использованием одиночных ЗИП, определяется по формуле

$$M^0 = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{L_i^0} j \times a_i^0 / j! \times \exp(-a_i^0), \quad (5)$$

где  $a_i^0 = [\lambda_i - \lambda_{pi}] \times m_i \times T_{\Pi}^\Gamma$  – поток отказов элементов  $i$ -го типа за период пополнения одиночного комплекта ЗИП;

$\lambda_{pi}$  – интенсивность ремонта элементов;

$L_i^0$  – количество элементов  $i$ -го типа в одиночном ЗИП.

Относительное число отказов, устраняемых с использованием одиночных ЗИП с учетом выражения (3) и (5), определяется по формуле

$$\hat{E}_{ЗИП-0} = M^0 / \Lambda^0. \quad (6)$$

С учетом этого поток отказов  $i$ -го типа для устранения их с применением групповых ЗИП определяется по формуле

$$a_i^\Gamma = [\lambda_i - \lambda_{pi}] \times m_i \times T_{\Pi}^\Gamma \times V \times (1 - K_{ЗИП-0}). \quad (7)$$

Математическое ожидание количества отказов, которые могут быть устранены с использованием групповых ЗИП, определяется по формуле

$$M^{\Gamma} = 1/\Lambda^{\Gamma} \times \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{L_i^{\Gamma}} j \times a_i^{\Gamma} / j! \times \exp(-a_i^{\Gamma}), \quad (8)$$

где  $L_i^{\Gamma}$  - количество элементов  $i$ -го типа в групповом ЗИП.

Относительное число отказов, устраняемых с использованием групповых ЗИП с учетом выражения (4) и (8), определяется по формуле

$$\hat{E}_{\text{ЗИП-Г}} = M^{\Gamma} / \Lambda^0. \quad (9)$$

Для определения количества элементов  $L_i^0$ ,  $L_i^{\Gamma}$  используется метод покоординатного подъема.

Решение задачи оптимального эшелонирования запасных элементов методом покоординатного подъема представляет собой многошаговый процесс, при этом на начальном этапе процесса полагается, что во всех эшелонах отсутствуют запасные элементы. На каждом шаге процесса оптимального эшелонирования отыскивается такой эшелон и запас таких элементов, добавление к которому одного запасного элемента обеспечивает наибольшее сокращение среднего времени восстановления на одну единицу стоимости.

Для этого рассчитывается  $K \times 2$  значений удельных приращений вида:

$$G^{ij} = T_B (\{L^{O(\Gamma)}_j\} \cup \{L_j\}) / C_j$$

и увеличивается запас того типа элементов и в том эшелоне, для которых имеет место максимальное значение  $q_Z^{ij}$ .

Для повышения эффективности метода покоординатного подъема в процессе комплектования ЗИП предлагается процедура корректировки формируемых ЗИП. Сущность этой процедуры заключается в следующем. По окончании работы метода покоординатного подъема последовательно из комплектов ЗИП исключаются элементы в порядке убывания градиентов, значение которых стало ниже, чем добавленного в состав ЗИП последнего элемента. После отсеивания таких элементов возобновляется работа метода покоординатного подъема. Процедура повторяется до тех пор, пока множество исключаемых процедурой элементов не станет пустым.

Анализ полученных в результате моделирования данных показал, что:

1. Оптимальное распределение ассигнований на буровой и систему ЗИП составляют 0,8 к 0,2. Стоимость комплекта ЗИП-О составляет 8% от стоимости буровой.
2. Оптимальной является двухуровневая система ЗИП с периодическим пополнением с экстренными доставками и ремонтом неисправных элементов.
3. Оптимальный период пополнения ЗИП – 2 тыс.ч.
4. Одним комплектом ЗИП-Г целесообразно обслуживать 3–6 буровых. Стоимость комплекта ЗИП-Г составляет 9–16% от стоимости буровой установки в зависимости от коэффициента ветвления буровой.

#### Библиографический список

1. Абу-Абед Ф.Н. Методика расчета системы запасов элементов и принадлежностей для обеспечения ремонта буровых установок // Каротажник. 2015. № 9 (255). С. 73-78.
2. Абу-Абед Ф.Н., Быков П.В., Наумова Л.Г. Сокращение эксплуатационных затрат в системах оперативного контроля и управления объектами нефтегазодобывающей промышленности // Каротажник. 2016. № 5 (263). С. 100-106.
3. Абу-Абед Ф.Н. Надежность объектов нефтегазодобывающей промышленности // Газовая промышленность. 2015. № S720 (720). С. 107-111.
4. Абу-Абед Ф.Н. Снижение риска при строительстве газовых скважин на базе нейросетевой модели // Газовая промышленность. 2014. № S712 (712). С. 100-102.

5. Абу-Абед Ф.Н., Аверкин В.Н., Кордюков Р.Ю., Щербинко А.В. Имитационное моделирование системы ремонта и технического обслуживания буровых установок // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2011. № 4. С. 19-21.

**Абу-Абед Фарес Надимович**

Тверской государственный

технический университет,

г. Тверь, Россия

E-mail: aafaresh@mail.ru

**Abu-Abed F.N.**

Tver State Technical University,

Tver, Russia