

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ГОТОВНОСТИ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ГЛУБИННО-НАСОСНЫХ ШТАНГОВЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ

© Хашиханов<sup>1)</sup> И.Г., © Иванышин<sup>2)</sup> В.П., 2007

<sup>1)</sup>Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

<sup>2)</sup>Долинское линейное производственное управление магистральных газопроводов, г. Долина

*Розглянуто процедуру визначення показника готовності системи діагностування глибинно-насосних штангових установок, технічний стан штангової колони якої знаходиться під дією комплексу силових факторів і оцінюється за допомогою розробленого методу контролю. Отримані графіки залежності показників готовності глибинно-насосних штангових установок від періоду діагностування при використанні традиційного і запропонованого методу, який на 5 % дозволяє підвищити вірогідність діагностування стану цих установок*

Особенностью диагностирования глубинно-насосных штанговых установок (ГНШУ) по динамограмме является несоответствие ее формы реальному техническому состоянию штанговой колонны, обусловленному пространственным положением ствола скважины, что отмечалось в [1÷4]. Указанное обстоятельство приводит к искажению диагноза при интерпретации результатов диагностирования. Разработанный метод контроля состояния штанговой колонны, учитывающий влияние пространственного положения ствола скважины, позволяет получить динамограмму, которая более точно отображает реальное состояние ГНШУ и тем самым повысить достоверность диагностирования [5].

Для оценки влияния разработанного метода на повышение достоверности диагностирования ГНШУ рассмотрим модель взаимодействия технических средств диагностирования (ТСД) с объектом диагностирования (ОД) - ГНШУ с учетом возникновения ошибок при постановке диагноза.

Построение модели взаимодействия элементов СД необходимо начинать с изучения условий использования и эксплуатации ОД и ТСД и особенностей процесса взаимодействия ОД, ТСД и человека-оператора (ЧО) в системе диагностирования [6].

Взаимодействие элементов системы диагностирования в данном случае можно представить следующей схемой (рис. 1).

По результатам анализа взаимодействия элементов системы диагностирования (СД) необходимо обнаружить множественное число возможных состояний СД. Данная СД может

находится в одном из двух возможных начальных состояний:

- 1) ОД работоспособный,
- 2) ОД неработоспособный.

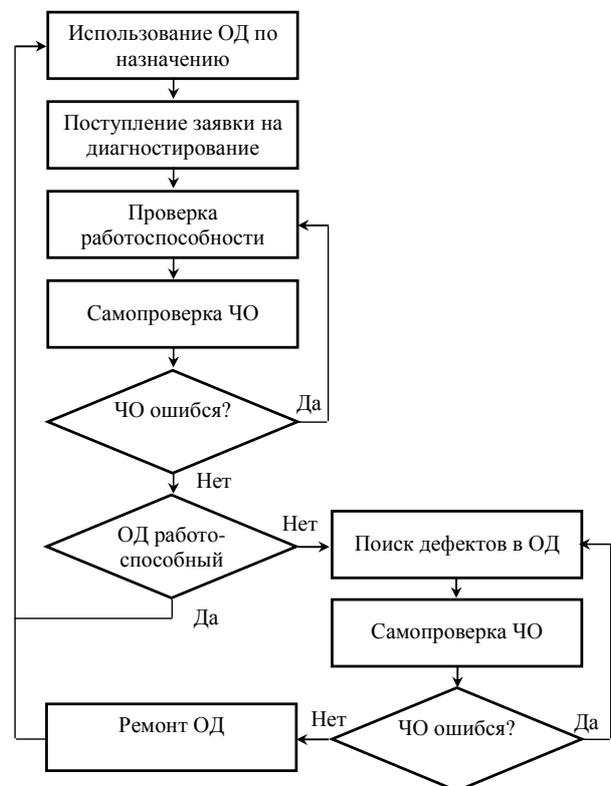


Рис. 1. Схема взаимодействия элементов системы диагностирования

При определении начальных состояний влиянием ЧО можно пренебречь, поскольку его основные свойства – безошибочность и быстродействие, не влияют на число начальных состояний СД, а проявляются уже в процессе диагностирования.

Для каждого из начальных состояний построим циклограмму взаимодействия элементов СД во времени (рис. 2).

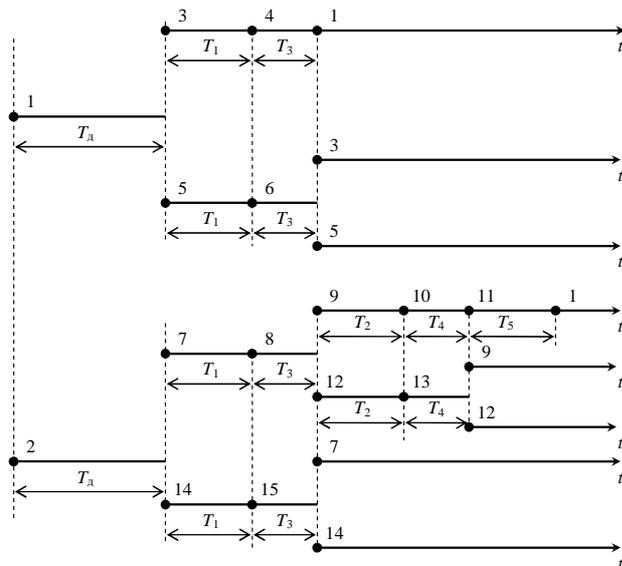


Рис. 2. Циклограмма взаимодействия элементов СД

На циклограмме (рис. 2) учитываются состояния системы, которые приведены в табл. 1, и приняты следующие обозначения:

$T_d$  – период диагностирования;

$T_1 = \tau_k$  – средняя длительность выполнения процедуры проверки работоспособности ОД;

$T_2 = \tau_d$  – средняя длительность выполнения оператором процедуры поиска дефектов в ОД;

$T_3 = \tau_{с.к.п}$  – средняя длительность самопроверки ЧО своих действий после проверки работоспособности ОД;

$T_4 = \tau_{с.к.д}$  – средняя длительность самопроверки ЧО своих действий после поиска дефектов в ОД;

$T_5 = \tau_p$  – средняя длительность ремонта ОД.

С целью построения модели взаимодействия элементов СД состояния 1 и 2 объединяем в состояние I – ОД, в котором возможен хотя бы один дефект и который находится в рабочем режиме, ТСД отключены, действия ЧО не связаны с процессом диагностирования.

Состояния 3 и 5 объединяем в состояние II, которое отвечает проверке работоспособности работоспособного ОД, ТСД в рабочем режиме, ЧО оператор выполняет алгоритм проверки работоспособности.

Таблица 1 – Состояния СД

№	Состояние объекта диагностирования
1	Работоспособный ОД находится в рабочем режиме
2	Неработоспособный ОД находится в рабочем режиме
3	Проверяется работоспособность работоспособного ОД
4	Работоспособный ОД в специальном режиме ожидает перевода в рабочий режим во время самопроверки ЧО свои действий
5	Проверяется работоспособность работоспособного ОД (возможна ошибка ЧО при интерпретации динамограммы)
6	Работоспособный ОД в специальном режиме ожидает перевода в рабочий режим во время самопроверки ЧО свои действий (возможна ошибка ЧО))
7	Проверяется работоспособность неработоспособного ОД
8	Неработоспособный ОД в специальном режиме ожидает восстановления во время самопроверки ЧО своих действий
9	Поиск дефектов в неработоспособном ОД
10	Неработоспособный ОД в специальном режиме ожидает устранения дефектов во время самопроверки ЧО своих действий
11	Восстановление ОД
12	Поиск дефектов в неработоспособном ОД (возможна ошибка ЧО)
13	Неработоспособный ОД в специальном режиме ожидает устранения дефектов во время самопроверки ЧО свои действий (возможна ошибка ЧО)
14	Проверка работоспособности неработоспособного ОД (возможна ошибка ЧО)
15	Неработоспособный ОД в специальном режиме ожидает восстановления во время самопроверки ЧО свои действий (возможна ошибка ЧО)

Состояние 7 и 14 объединяем в состояние III – проверка работоспособности неработоспособного ОД, ТСД в рабочем режиме, ЧО оператор выполняет алгоритм проверки работоспособности.

Состояниям 4, 6, 8 и 15 присваиваем номера IV, V, VI, VII соответственно.

Состояния 9 и 12 объединяем в состояние VIII, что отвечает поиску дефектов в неработоспособном ОД с учетом возможности возникновения ошибок при выполнении алгоритма поиска дефектов.

Состояниям 10, 13 и 11 присваиваем соответственно номера IX, X, XI.

Таким образом, число несовместимых состояний СД ровно одиннадцати. Процесс перехода состояния СД из состояния в состояние представим в виде графа (рис. 3), вершинами которого являются обобщенные состояния СД, а операторами веток – вероятности перехода из состояния в состояние  $p_{ij}$  и время пребывания СД в соответствующем состоянии до перехода в следующее состояние  $M(\tau_{ij})$ .

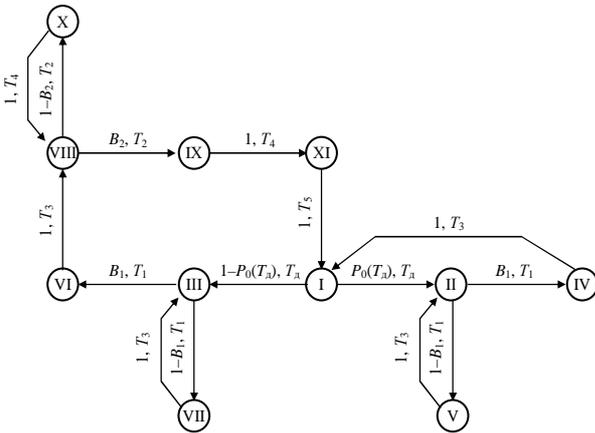


Рис. 3. Граф состояний СД

$$P_z = \frac{1/\lambda_0(1 - \exp(-\lambda_0 t))}{T_\delta + \frac{1}{B_1}(\tau_k + \tau_{c.k.n}) + \frac{[1 - P_0(T_\delta)][1 - B_1]}{B_1 B_2}(\tau_\delta + \tau_{c.k.\delta}) + \frac{[1 - P_0(T_\delta)][1 - B_1]}{B_1} \tau_p} \quad (4)$$

Учет профиля скважины при расчетах динамограмм позволяет достичь более четкого распознавания состояния штанговой колонны и, тем самым, повысить точность диагноза, а также снизить количество ошибок ЧО при диагностировании. Проведенные экспериментальные исследования на нефтепромыслах НГДУ «Надворнанефтегаз» показали, что с применением разработанного метода диагностирования можно обеспечить вероятность безошибочного выполнения алгоритмов контроля работоспособности на уровне  $B_1 = 0,9$ ; а алгоритмов поиска дефектов  $B_2 = 0,9$  за счет повышения достоверности информации и увеличения разрешающей способности классов дефектов.

На основе построенного графа состояний СД записываем систему уравнений согласно [7]:

$$\begin{cases} \pi_1 = \pi_{11} + \pi_4, \\ \pi_2 = P_0(T_\delta)\pi_1 + \pi_5, \\ \pi_3 = [1 - P_0(T_\delta)]\pi_1 + \pi_7, \\ \pi_4 = B_1 \pi_2, \\ \pi_5 = [1 - B_1] \pi_2, \\ \pi_6 = B_1 \pi_3, \\ \pi_7 = [1 - B_1] \pi_3, \\ \pi_8 = \pi_7 + \pi_{10}, \\ \pi_9 = B_2 \pi_8, \\ \pi_{10} = [1 - B_2] \pi_8, \\ \pi_{11} = \pi_9. \end{cases} \quad (1)$$

Решаем систему (1) относительно  $\pi_1$  и определяем для каждой из проверок отношения  $A_i = \pi_i/\pi_j$  [7].

Из совокупности состояний, в которых может находиться СД, выбираем состояния, в которых ОД выполняет свои функции – состояние I. Таким образом, показатель готовности можно определить так

$$P_z = A_1 T_{01} / \sum_{i=1}^{11} A_i T_i, \quad (2)$$

где  $T_{01}$  – среднее значение безусловной длительности бездефектной работы ОД во время пребывания в состоянии I;  $T_i$  – безусловная длительность пребывания СД в  $i$ -м состоянии, которая определяется, так

$$T_i = \sum_{j=1}^k p_{ij} M(\tau_{ij}), \quad (3)$$

где  $k$  – количество состояний, из которых возможен переход из  $i$ -го состояния.

Определив согласно графу (рис. 3) значение  $A_j$ ,  $T_i$ ,  $T_{01}$ , выражение для показателя готовности можно представить в следующем виде:

Согласно результатам проведенных исследований разработанного метода диагностирования среднее время контроля работоспособности ГНШУ составляет 0,2 часа, среднее время поиска дефектов – 0,5 часа. В среднем ЧО необходимо 0,05 часа для проверки правильности выполнения алгоритмов контроля работоспособности и поиска дефектов.

Согласно данным по НГДУ «Надворнанефтегаз» за 2005/06 году средняя длительность ремонта одной ГНШУ составляла 600 часов.

Учитывая полученные данные, можно определить оптимальный период диагностирования ГНШУ, который обеспечивает максимум показателя готовности  $P_z$  (рис. 4).

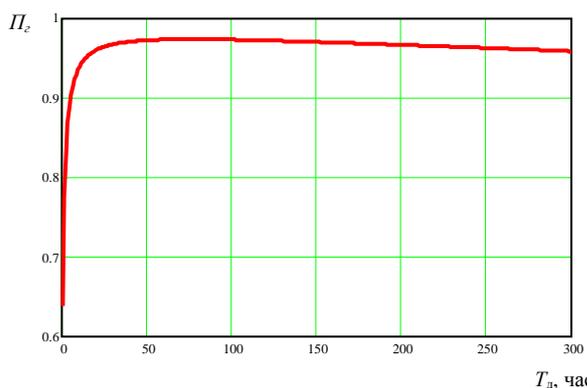
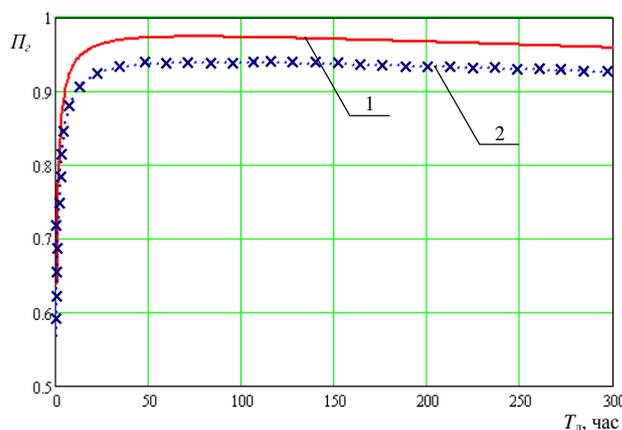


Рис. 4. График зависимости показателя готовности  $P_r$  ГНШУ от периода диагностирования

Полученный график (рис. 4) позволяет определить оптимальный период диагностирования ГНШУ, значение которого находится в границах от 70 до 100 часов (3-4 суток).



1 - при использовании разработанного метода диагностирования ГНШУ, 2 - при использовании традиционного метода

Рис. 5. Графики зависимости показателей готовности ГНШУ от периода диагностирования

Кроме того, повышение достоверности распознавания состояния ГНШУ за счет получения более точной динамограммы позволяет в целом

повысить показатель готовности установки, т.е. увеличивает вероятность пребывания установки в работоспособном состоянии. Так, на рис. 5 показаны для сравнения два графика зависимости  $P_r = f(t)$ , полученные при использовании разработанного метода контроля состояния штанговой колонны с учетом ее спиралевидности и с использованием традиционного динамометрического метода. Как видно из графиков, использование разработанного метода позволяет повысить достоверность диагностирования состояния ГНШУ с 0,93 до 0,973, т.е. на 5,0 %.

1. Якимов С.Б. Изучение влияния угла наклона скважины на нагрузки в штангах по результатам динамометрирования скважинных штанговых насосов. // Нефтепромысловое дело. Отечественный опыт: ЭИ ВНИИОЭНГ. – 1986. – №12. – С. 8-10. 2. Багиров Ф.Ш. Распознавание состояния станка-качалки на основе экспертной диагностики // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 1987. – №2. – С. 53-55. 3. Ижмурзин А.А., Хоанг Тхинь Нян. Методика расчета крутящих моментов в трубах и штангах, возникающих при спуске в скважину с пространственным искривлением ствола Нефтепромысловое дело. – 2006. – [http://www.ogbus.ru/authors/Ishmurzin/Ishmurzin\\_1.gdj](http://www.ogbus.ru/authors/Ishmurzin/Ishmurzin_1.gdj). 4. Ковшов В.Д., Сидоров М.Е., Светлакова С.В. Моделирование динамограммы станка-качалки. Нормальная работа насоса // Нефтегазовое дело. – 2004. – №2. – С. 40-43. 5. Хашиханов И.Г., Замиховський Л.М Математичне моделювання нестационарної деформації ГНШУ. – „ Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ” № 38 (т. 38), 2001 – С. 25-27. 6. Калявін В.П., Мальшиев А.М., Мозгалеvский А.В. Организация систем диагностирования судового оборудования. – Л.: Судостроение, 1991. – 168 с. 7. Замиховський Л.М., Калявін В.П. Проектування систем діагностування: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ: Вид-во «Полум'я». – 2003. – 248 с.

