

Абу-Абед Ф.Н. Математическое моделирование комплексов диагностики и ремонта скважинных систем нефтепромысла. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XVII Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2017. – С. 5-10.

УДК 004

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСОВ ДИАГНОСТИКИ И РЕМОНТА СКВАЖИННЫХ СИСТЕМ НЕФТЕПРОМЫСЛА

Ф.Н. Абу-Абед

MATHEMATICAL MODELING OF COMPLEXES OF DIAGNOSTICS AND REPAIR OF WELL SYSTEMS OF OILFIELD

F.N. Abu-Abed

Аннотация. Перспективным направлением совершенствования ремонта скважинных систем нефтепромысла является создание ремонтно-диагностического комплекса, включающего в свой состав участок контроля работоспособности, диагностирования составных элементов (СЭ), применяемых в комплектах с системами непрерывного снабжения, а также участки, укомплектованные необходимым технологическим оборудованием, измерительными средствами, инструментами и оснасткой для проведения текущего ремонта сменных элементов. Для обеспечения ремонта системы оснащаются средствами электроснабжения, комплектами запасного имущества и принадлежностей (ЗИП) и эксплуатационной документации. Предполагается, что личный состав, осуществляющий ремонт, обладает соответствующей квалификацией.

Ремонтно-диагностический комплекс (РДК) представлен трёхфазной многоканальной системой массового обслуживания (СМО). Исследование такой системы при функциях распределения времени обслуживания заявок, отличного от экспоненциального, затрудняет использование аналитических моделей, поэтому в работе были использованы методы имитационного моделирования и общецелевая система имитационного моделирования GPSS.

Разработанная модель позволяет оценить характеристики функционирования системы, наиболее важной из которых является среднее время обслуживания заявки в системе, а также определить необходимое количество каналов на каждом из участков.

Ключевые слова: ремонтно-диагностический комплекс, имитационное моделирование, система массового обслуживания, системы нефтепромысла, сменные элементы.

Abstract. A promising way to improve the oilfield work over systems is to provide repair and diagnostic facility includes in its membership site performance monitoring, diagnosing the constituent elements (CE) used with the system of continuous supply, as well as areas equipped with the necessary technological equipment, measuring tools, instruments and tooling for maintenance of replacement parts. To ensure the repair systems are equipped with electric power tools, spare equipment and accessories (SEA) and operational documentation. It is assumed that personnel carrying out repairs with the appropriate expertise.

Repair and diagnostic system (RDS) is represented by a three-phase multi-channel queuing system (QS). The study of such a system at the service time distribution functions of applications other than exponential complicates the use of analytical models, so the work we used simulation methods, and general-purpose simulation system GPSS.

The developed model allows to estimate the characteristics of the system, the most important of which is the average time to process applications in the system, and determine the number of channels on each of the sites.

Keywords: repair and diagnostic equipment, simulation, queuing system, oilfield system, interchangeable elements.

Процесс устранения отказов и неисправностей систем нефтепромысла включает в себя выявление факта неисправности (отказа) – контроль, локализации места неисправности – диагностика и устранение отказа – ремонт. Поступающие в ремонт СЭ (заявки) проходят последовательно контроль исправности, диагностику с целью локализации неисправности и непосредственно ремонт с использованием соответствующей оснастки, и ЗИП [1]. Прошедшие ремонт СЭ повторно проходят контроль исправности, и при выявлении неисправности процесс повторяется. Если ремонт проведён успешно, СЭ возвращаются для пополнения израсходованных комплектов эксплуатационных ЗИП [1].

Таким образом, РДК может быть представлен как многофазная, многоканальная СМО (рисунок).

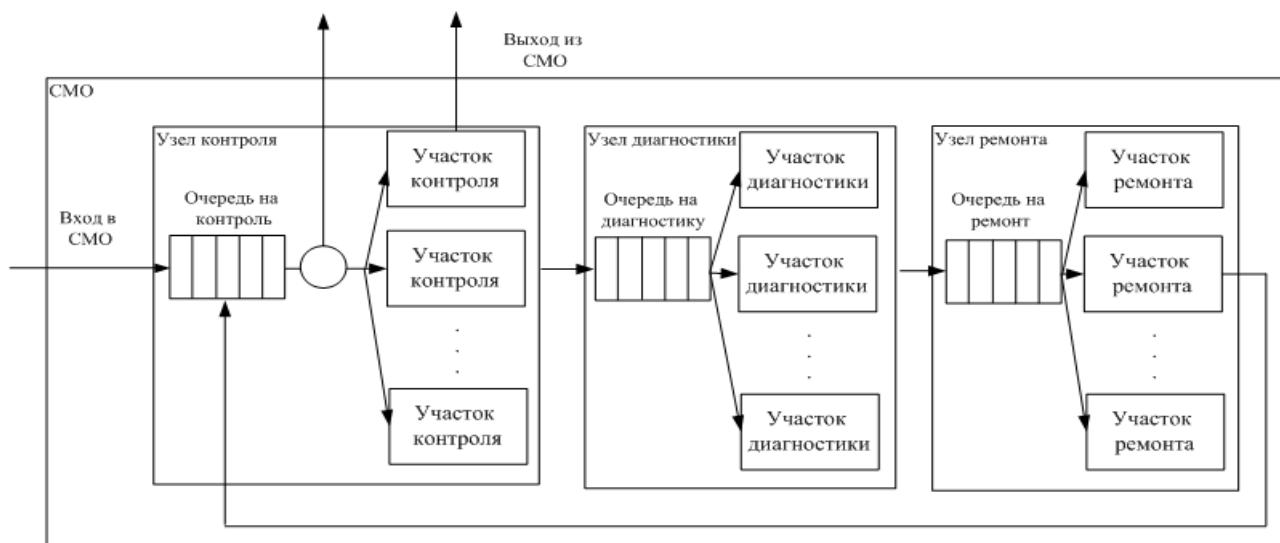
Поступающие из ТРТС СЭ представляют собой входной поток для РДК. Исправные СЭ, попавшие на входной поток РДК по ложной регистрации отказа (вероятность P_l), после контроля попадают на выходной поток. Остальные проходят диагностику и ремонт на последующих участках – участке диагностики и ремонта.

Каждый из участков состоит из нескольких линий. Прошедшие ремонт СЭ с вероятностью $P_{рем}$ на входе после повторного контроля уходят на выходной поток, а с вероятностью $P_{рем} = 1 - \overline{P_{рем}}$ – на участок диагностики и в последующем на участок ремонта и т.д.

Многофазные СМО состоят из нескольких типовых узлов, расположенных последовательно, т.е. представляют собой совокупность нескольких СМО [2].

Все заявки, обслуженные в одном узле, направляются в следующий узел. Другими словами, выходной поток одного узла многофазной СМО является входным потоком для следующего [2].

Точный расчёт характеристик таких СМО возможен только в случае, если все потоки заявок являются пуассоновскими, а все времена обслуживания – экспоненциальными случайными величинами. В других случаях возможен лишь приближенный расчёт характеристик СМО.



Представление РДК трёхфазной СМО

При расчёте характеристик многофазных СМО необходимо учитывать следующее [3]:

- если на вход СМО поступает несколько потоков заявок, то интенсивность полного потока заявок в этой СМО равна сумме интенсивностей отдельных потоков;

- если на вход СМО поступает часть заявок из некоторого потока, интенсивность которого равна λ , то интенсивность входного потока заявок в СМО можно определить по формуле: $\lambda_{\text{вх}}(t) = P\lambda(t)$, где P – вероятность попадания заявки во входной поток;

- интенсивность выходного потока в СМО (т.е. потока обслуженных заявок) равна интенсивности входного потока.

Заявки, поступающие на обслуживание в СМО, образуют поток заявок. Элементы СМО, обслуживающие заявки, создают каналы обслуживания.

В большинстве случаев интервалы времени между моментами поступления заявок и/или времена обслуживания заявок в СМО представляют собой случайные величины, т.е. в большинстве случаев заранее точно неизвестно, когда поступит очередная заявка и сколько времени займёт её обслуживание. Поэтому теория систем массового обслуживания основана на математическом аппарате теории вероятностей и математической статистики.

Наиболее точный расчёт характеристик возможен для СМО, в которых поток заявок является пуассоновским (простейшим). Пуассоновский поток заявок обладает свойствами стационарности, ординарности и отсутствия последействия.

Если при этих условиях время обслуживания заявок на каждом участке подчиняется экспоненциальному закону, то в этом случае модель СМО легко описывается системой дифференциальных уравнений.

Однако на практике время обслуживания более адекватно может быть представлено с помощью *бета-распределения* [2].

Разработка модели СМО в GPSS

Для оценки качества разработанного программного средства было произведено моделирование СМО средствами общецелевой системы моделирования GPSS [3,4].

Simulate

INITIAL X\$c,0

INITIAL X\$t,0

Repair STORAGE 1

GENERATE (EXPONENTIAL(1,0,1))

ASSIGN 1,0

Input QUEUE WaitServiceInControl

SEIZE DeviceControl

DEPART WaitServiceInControl

ADVANCE (GAMMA(2,0,4,0.1))

TEST E P1,0,Check; Инкремент СЧ циклов обслуживания

TRANSFER 0.01, Diagn, LeaveCeMO; С заданной Pr выход из СМО

Check TRANSFER 0.03, LeaveCeMO, Diagn; С заданной Pr продолжение обслуживания

Diagn RELEASE DeviceControl

QUEUE WaitServiceInDiagnostic

SEIZE DeviceDiagnostic

DEPART WaitServiceInDiagnostic

ADVANCE (BETA(2,0.5,3,0.1,0.9))
 RELEASE DeviceDiagnostic
 QUEUE WaitServiceInRepair
 ENTER Repair
 DEPART WaitServiceInRepair
 ADVANCE (UNIFORM(2,0,1.8))
 ASSIGN 1+,1; Увеличение СЧ циклов обслуживания транзакта
 LEAVE Repair
 TRANSFER, Input
 LeaveCeMO RELEASE DeviceControl
 SAVEVALUE t+,M1; Инкремент времени обслуживания транзакта
 SAVEVALUE c+,1; Инкремент СЧ обслуженных транзактов
 SAVEVALUE aveT,(X\$t/X\$c); Вычисление среднего времени пребывания в
 СМО
 TERMINATE
 GENERATE 1000000
 TERMINATE 1

Для технической реализации данной особенности необходимо вначале установить, на каком цикле обслуживания находится активный транзакт, и только потом разыгрывать СВ и направлять его по дальнейшему маршруту в соответствии с заданной вероятностью.

Анализ полученной модели СМО

Наиболее важной искомой характеристикой функционирования заданной СМО является среднее время нахождения заявки в системе. Процесс моделирования показал следующие результаты: среднее время обслуживания в СМО в среде GPSS World составило 22,4 секунды.

Относительно продолжительности моделирования, т.е. машинного времени имитации, отражающего затраты ресурса времени компьютера, измерения: машинное время моделирования не превысило 23 секунды.

Выводы

Подводя итоги результатов, можно сказать о таких преимуществах модели, как:

- наглядность представления моделируемой СМО;
- прозрачность и доступность;
- простота использования;
- отсутствие необходимости выполнения предварительных расчётов при инициализации параметров;

Модель, написанная в GPSS, обладает высокой точностью и быстродействием.

Библиографический список

1. Абу-Абед Ф.Н. Имитационная модель системы технического обслуживания и ремонта нефтегазового оборудования // Тверской государственный технический университет – опорный региональный ВУЗ в подготовке инженерных кадров: сборник тезисов докладов внутривузовской научно-практической конференции преподавателей и сотрудников Тверского государственного технического университета. 2015. С. 3-6.

2. Абу-Абед Ф.Н., Глодева Е.А., Иванова А.В., Допира Р.В. Имитационная модель эксплуатации территориально распределенных сложных технических систем // Тверской государственный технический университет – опорный региональный ВУЗ в подготовке инженерных кадров: сборник тезисов докладов внутривузовской научно-практической конференции преподавателей и сотрудников Тверского государственного технического университета. 2015. С. 6-9.

3. Абу-Абед Ф.Н., Глодева Е.А., Иванова А.В., Допира Р.В. Моделирование диагностическо-ремонтного комплекса средствами GPSS // Информационные ресурсы и системы в экономике, науке и образовании: сборник статей V Международной научно-практической конференции. 2015. С. 3-9.

4. Допира Р.В., Абу-Абед Ф.Н., Кордюков Р.Ю., Щербинко А.В., Щербинко Т.А. Модель оценки производительности ремонтно-диагностического комплекса для сложных технических систем. Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2015. № 12. С. 16-22.

Абу-Абед Фарес Надимович
Тверской государственный
технический университет,
г. Тверь, Россия
E-mail: aafares@mail.ru

Abu-Abed F.N.
Tver State Technical University,
Tver, Russia