АГЕНТСТВО МЕЖДУНАРОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ

**Сборник статей
по итогам
Международной научно-практической конференции
13 мая 2019 г.**

Стерлитамак, Российская Федерация
Агентство международных исследований
Agency of international research
2019

выполненными на базе микропроцессоров. По мнению специалистов предприятия, эти станции управления найдут широкое применение на промыслах.

Из изложенного следует, что добычу нефти на Красноленинском месторождении следует проводить теплостойким оборудованием повышенной надежности. Если к настоящему времени удалось добиться определенных положительных результатов в повышении надежности кабельных линий, то вопросы обеспечения надежности таких узлов, как гидрозащита и ПЭД, остаются нерешенными. Не решена и проблема надежной и эффективной газосепарации. Давно назрела необходимость оснащения УЭЦН системами типа "АСН", разработанными фирмой КЕОА. Такая система обеспечивает измельчение свободного газа и растворение его в перекачиваемой жидкости, вследствие чего свободный газ не влияет на работоспособность насоса.

Для решения насущных проблем нефтедобычи необходима разработка и освоение производства принципиально новых видов электропогружного оборудования, способного обеспечить эффективную добычу нефти в условиях, аналогичных Красноленинскому месторождению.

Список литературы

1. Афанасьев и др. Повышение эксплуатационной надежности электропогружных центробежных насосных установок на месторождениях Западной Сибири // Проблемы нефти и газа Тюмени. - 1978. - N 39. - С. 54 - 56.
2. Ткаченко В.И., Тарасов А.А. Катодная защита УЭЦН от коррозии // Нефтяное хозяйство. - 1990. - N 8. - С. 55 - 57.
3. Тоник А.А. Коррозия нефтепромыслового оборудования и меры ее предупреждения. - М.: Недра, 1976. - 200 с.
4. Нейматов Г.А., Хайкчн И.Е. Анализ эксплуатационной надежности электронасосных установок на нефтепромыслах Азербайджана // Тр. ин - та / АзИН - нефтехим. - 1979. - Вып. 3. - С. 25 - 27.
5. Каплан Л. С. Эксплуатация осложненных скважин установками элекроцентробежных насосов. - Уфа: Уфимский нефтяной институт, 1992. - 78 с.
6. Богданов А.А. К вопросу о подборе электронасосного агрегата по диаметру обсадной колонны // Добыча нефти. - 1992. - N 4. - С. 9 - 12.
7. Алтубей М., Калра С. К. Оценка возможности эрозионной коррозии эксплуатационной колонны // Нефть, газ и нефтехимия за рубежом. - 1988. - N 3. - С. 18 - 20.54

Вавилов В.А.
канд. физ. - мат. наук, доцент, НИ ТГУ
г. Томск, Российская Федерация

АСИМПТОТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ С ОТКАЗАМИ И ПОВТОРНЫМИ ОБРАЩЕНИЯМИ В СЛУЧАЙНОЙ СРЕДЕ

Аннотация

В работе предлагается модель системы массового обслуживания с простейшим входящим потоком заявок, отказами новым заявкам вследствие занятости прибора, возможностью повторных обращений обслуженных заявок на прибор, функционированием

в случайной среде. Методом асимптотического анализа проводится исследование распределения вероятностей состояний прибора, асимптотическое среднее нормированного количества заявок в системе, величины отклонения от среднего.

Ключевые слова

Система массового обслуживания, простейший поток заявок, отказ в обслуживании, повторное обслуживание, случайная среда, цепь Маркова, система дифференциальных уравнений Колмогорова, асимптотический анализ, диффузионная аппроксимация.

Введение

Системы обслуживания с отказами и повторными обращениями являются достаточно распространённым типом систем массового обслуживания в технике и экономической сфере [1 - 2]. Например, модели таких систем достаточно адекватно описывают деятельность банковских организаций, где некоторые клиенты могут получать отказ в кредитовании по различным причинам, а клиенты, имеющие хорошую кредитную историю, могут обращаться в банк повторно за новыми банковскими продуктами или услугами. Эффективность работы банковских организаций зависит и от ряда случайных факторов, обобщённо называемых случайной средой [3 - 4]. Влияние среды непосредственно отражается на параметрах обслуживания, входящего и выходящего потока заявок. В данной работе рассмотрим влияние случайной среды, моделируемой однородной цепью Маркова с непрерывным временем [5], на интенсивность обслуживания заявок на приборе.

Математическая модель

Пусть на вход однолинейной системы обслуживания поступает простейший с параметром λ поток заявок. Если прибор занят, то поступившая заявка получает отказ в обслуживании и теряется. Если прибор свободен, то поступившая заявка начинает немедленно обслуживаться. Продолжительность обслуживания имеет экспоненциальное распределение с параметром μ_1. По завершении обслуживания заявка покидает систему с вероятностью $1-\beta$ или с вероятностью β переходит на орбиту. Повторное обращение заявок к прибору из орбиты происходит после случайной задержки, продолжительность которой имеет экспоненциальное распределение с параметром γ . Количество заявок на орбите обозначим i . Длительность обслуживания заявки, обратившейся из орбиты, имеет экспоненциальное распределение с параметром μ_2 . В случае занятости прибора обратившаяся из орбиты заявка возвращается обратно на орбиту. Таким образом, прибор системы может находиться в одном из трёх состояний: $k=0$, если он свободен; $k=1$, если он занят обслуживанием новой заявки; $k=2$, если на приборе обслуживается заявка из орбиты.

Прибор функционирует в случайной среде, моделируемой однородной цепью Маркова $s(t)$ с состояниями $s=1,2,\ldots,S$, непрерывным временем t и инфинитезимальными характеристиками $q_{s_1 s_2}$. Влияние случайной среды на функционирование системы обслуживания определяется зависимостями: $\mu_1=\mu_1(s)$, $\mu_2=\mu_2(s)$. Вероятности окончания обслуживания новой заявки и повторно обратившейся заявки за бесконечно малый промежуток времени Δt соответственно равны: $\mu_1(s)\Delta t+o(\Delta t)$, $\mu_2(s)\Delta t+o(\Delta t)$.

Из описания модели следует, что трёхмерный случайный процесс $\{k(t),i(t),s(t)\}$ является цепью Маркова с непрерывным временем [5]. Для распределения вероятностей

$P_k(i,s,t)=P(k(t)=k,i(t)=i,s(t)=s)$ можно составить систему дифференциальных уравнений Колмогорова:

$$\frac{\partial P_0(i,s,t)}{\partial t}+(\lambda+i\gamma)P_0(i,s,t)=(1-\beta)\mu_1(s)P_1(i,s,t)+\beta\mu_1(s)P_1(i-1,s,t)+$$
$$+(1-\beta)\mu_2(s)P_2(i,s,t)+\beta\mu_2(s)P_2(i-1,s,t)+\sum_{s_1=1}^{S}q_{s_1s}P_0(i,s_1,t),$$
$$\frac{\partial P_1(i,s,t)}{\partial t}+\mu_1(s)P_1(i,s,t)=\lambda P_0(i,s,t)+\sum_{s_1=1}^{S}q_{s_1s}P_1(i,s_1,t),$$
$$\frac{\partial P_2(i,s,t)}{\partial t}+\mu_2(s)P_2(i,s,t)=(i+1)\gamma P_0(i+1,s,t)+\sum_{s_1=1}^{S}q_{s_1s}P_2(i,s_1,t).\ (1)$$

В любой момент времени для распределения $P_k(i,s,t)$ должно выполняться условие нормировки $\sum_{k=0}^{2}\sum_{i=0}^{\infty}\sum_{s=1}^{S}P_k(i,s,t)=1$.

Асимптотический анализ

По причине того, что точных аналитических методов решения систем уравнений типа (1) не существует [6], в теории массового обслуживания применяются асимптотические методы [7 - 8].

Систему (1) будем исследовать методом асимптотического анализа [8] в условиях большой задержки $\gamma\to 0$ заявок на орбите. Для этого рассмотрим предельный процесс $x(\tau)=\lim\limits_{\varepsilon\to 0}\left(\varepsilon^2 i(\tau/\varepsilon^2)\right)$, имеющий смысл асимптотического среднего нормированного числа заявок в системе, покажем, что он является детерминированной функцией. Также рассмотрим процесс $y(\tau)=\lim\limits_{\varepsilon\to 0}\left(\left(\varepsilon^2 i(\tau/\varepsilon^2)-x(\tau)\right)/\varepsilon\right)$, характеризующий изменение величин отклонения нормированного количества заявок в системе от их среднего и покажем, что он является диффузионным процессом авторегрессии [5].

Обозначим $\gamma=\varepsilon^2$, $\varepsilon^2 t=\tau$ и выполним замены $\varepsilon^2 i=x+\varepsilon y$, $P_k(i,s,t)/\varepsilon=H_k(y,s,\tau,\varepsilon)$ в системе (1), тогда получим систему вида:

$$\varepsilon^2\frac{\partial H_0(y,s,\tau,\varepsilon)}{\partial\tau}-\varepsilon x'(\tau)\frac{\partial H_0(y,s,\tau,\varepsilon)}{\partial y}+(\lambda+x+\varepsilon y)H_0(y,s,\tau,\varepsilon)=$$
$$=(1-\beta)\mu_1(s)H_1(y,s,\tau,\varepsilon)+\beta\mu_1(s)H_1(y-\varepsilon,s,\tau,\varepsilon)+(1-\beta)\mu_2(s)H_2(y,s,\tau,\varepsilon)+$$
$$+\beta\mu_2(s)H_2(y-\varepsilon,s,\tau,\varepsilon)+\sum_{s_1=1}^{S}q_{s_1s}H_0(y,s_1,\tau,\varepsilon),$$
$$\varepsilon^2\frac{\partial H_1(y,s,\tau,\varepsilon)}{\partial\tau}-\varepsilon x'(\tau)\frac{\partial H_1(y,s,\tau,\varepsilon)}{\partial y}+\mu_1(s)H_1(y,s,\tau,\varepsilon)=$$
$$=\lambda H_0(y,s,\tau,\varepsilon)+\sum_{s_1=1}^{S}q_{s_1s}H_1(y,s_1,\tau,\varepsilon),$$
$$\varepsilon^2\frac{\partial H_2(y,s,\tau,\varepsilon)}{\partial\tau}-\varepsilon x'(\tau)\frac{\partial H_2(y,s,\tau,\varepsilon)}{\partial y}+\mu_2(s)H_2(y,s,\tau,\varepsilon)=$$
$$=(x+\varepsilon(y+\varepsilon))H_2(y+\varepsilon,s,\tau,\varepsilon)+\sum_{s_1=1}^{S}q_{s_1s}H_2(y,s_1,\tau,\varepsilon).\ (2)$$

На первом этапе исследования системы (2) согласно асимптотического метода [8] при $\gamma \to 0$ можно показать, что распределение вероятностей $R_k(x)$ состояний k канала имеет вид:

$R_0(x) = \psi\varphi / G(x)$, $R_1(x) = \lambda\varphi / G(x)$, $R_2(x) = x\psi / G(x)$, (3)

где $G(x) = \psi\varphi + x\psi + \lambda\varphi$, $x = x(\tau)$ – детерминированная функция, определяемая обыкновенным дифференциальным уравнением вида:

$x'(\tau) = -xR_0(x) + \beta\psi R_1(x) + \beta\varphi R_2(x)$, (4)

здесь величины ψ и φ определяются равенствами:

$$\psi = \sum_{s=1}^{S} \mu_1(s) Q_1(x,s) \Big/ \sum_{s=1}^{S} Q_1(x,s), \quad \varphi = \sum_{s=1}^{S} \mu_2(s) Q_2(x,s) \Big/ \sum_{s=1}^{S} Q_2(x,s),$$

а функции $Q_k(x,s)$, $k = 0,1,2$ – решением системы уравнений:

$$(\lambda + x) Q_0(x,s) = \mu_1(s) Q_1(x,s) + \mu_2(s) Q_2(x,s) + \sum_{s_1=1}^{S} q_{s_1 s} Q_0(x,s_1),$$

$$\mu_1(s) Q_1(x,s) = \lambda Q_0(x,s) + \sum_{s_1=1}^{S} q_{s_1 s} Q_1(x,s_1),$$

$$\mu_2(s) Q_2(x,s) = x Q_0(x,s) + \sum_{s_1=1}^{S} q_{s_1 s} Q_2(x,s_1)$$

и условием нормировки: $\sum_{k=0}^{2} \sum_{s=1}^{S} Q_k(x,s) = 1$.

Обозначим правую часть дифференциального уравнения (4) как $A(x)$:

$A(x) = -xR_0(x) + \beta\psi R_1(x) + \beta\varphi R_2(x)$. (5)

На втором этапе исследования можно показать, что асимптотически при $\gamma \to 0$ случайный процесс $y(\tau)$ определяется стохастическим дифференциальным уравнением вида:

$dy(\tau) = A'_x(x) y(\tau) d\tau + B(x) dw(\tau)$, (6)

где $w(\tau)$ есть стандартный процесс Винера [6], функция $A(x)$ определяется обозначением (5), функция $B(x)$ определяется равенством:

$$B^2(x) = (1 + 2h^{(1)}(x))(-xR_0(x) + \beta\psi R_1(x) + \beta\varphi R_2(x)) +$$
$$+ 2x(R_0(x) + h_0^{(1)}(x)) - 2\beta(\eta_1 h_1^{(1)}(x) + \eta_2 h_2^{(1)}(x)),$$

где $h^{(1)}(x) = \sum_{k=0}^{2} h_k^{(1)}(x)$, $h_k^{(1)}(x) = \sum_{s=1}^{S} h_k^{(1)}(x,s)$ а функции $h_k^{(1)}(x,s)$ определяются решением системы:

$$-(\lambda + x) h_0^{(1)}(x,s) + \mu_1(s) h_1^{(1)}(x,s) + \mu_2(s) h_2^{(1)}(x,s) + \sum_{s_1=1}^{S} q_{s_1 s} h_0^{(1)}(x,s_1) =$$
$$= -x'(\tau) Q_0(x,s) + \beta\mu_1(s) Q_1(x,s) + \beta\mu_2(s) Q_2(x,s),$$

$$-\mu_1(s) h_1^{(1)}(x,s) + \lambda h_0^{(1)}(x,s) + \sum_{s_1=1}^{S} q_{s_1 s} h_1^{(1)}(x,s_1) = -x'(\tau) Q_1(x,s),$$

$$-\mu_2(s) h_2^{(1)}(x,s) + x h_0^{(1)}(x,s) + \sum_{s_1=1}^{S} q_{s_1 s} h_2^{(1)}(x,s_1) = -(x Q_0(x,s) + x'(\tau)) Q_2(x,s).$$

Заключение

В работе предложена модель системы обслуживания с отказами и повторными обращениями в случайной среде. Асимптотическим методом [8] получено дифференциальное уравнение (4), определяющее среднее $x = x(\tau)$ нормированного числа заявок в системе. Представлено распределение $R_k(x)$, $k = 0,1,2$ вероятностей состояний k прибора в виде (3). Показано, что процесс $y(\tau)$, характеризующий изменение величин отклонения от среднего, является диффузионным процессом авторегрессии и определяется стохастическим дифференциальным уравнением (6). Полученные результаты могут быть использованы при анализе работы реальных систем обслуживания с отказами и повторными обращениями, в том числе и в планировании деятельности банков и кредитных организаций.

Список использованной литературы

1. Artalejo J. R., Gomez - Corral A. Retrial Queuing Systems: A Computational Approach. Berlin: Springer, Heidelberg, 2008. 318 p.

2. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. М.: Наука, 1987. 336 с.

3. Vavilov V. A. Retrial Queue with Return of Applications in Random Environment // International Conference "Scientific research of the SCO countries: synergy and integration", 11 - 12 february 2019, Beijing. Part 3: Participant's reports in English. Beijing, 2019. P. 191 - 200.

4. Коротаев И. А. Системы массового обслуживания с переменными параметрами. Томск: Изд - во Том. ун - та, 1991. 167 с.

5. Карлин С. Основы теории случайных процессов. М.: Мир, 1971. 536 с.

6. Эльсгольц Л. Е. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. М.: Наука, 1969. 424 с.

7. Боровков А. А. Асимптотические методы в теории массового обслуживания. М.: Наука, 1980. 210 с.

8. Назаров А. А., Моисеева С. П. Метод асимптотического анализа в теории массового обслуживания. Томск: Изд - во НТЛ, 2006. 112 с.

Кокорева О.Г.
Кандидат технических наук, доцент кафедры ППТМиР
Московской академии водного транспорта
филиал федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова, г. Москва, РФ

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ЧЕРЕЗ ЗАДАННЫЕ ПАРАМЕТРЫ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ

Аннотация

Представлены результаты лабораторных исследований и производственных испытаний образцов из высокомарганцовистой стали (ВМС), упрочненной статико - импульсной обработкой. Выявлено влияние степени упрочнения на работоспособность деталей из