

А.В. Журавлев, А.Л. Портнягин

РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА В ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Приводится описание характерных управляемых и неуправляемых параметров, влияющих на процессы технического обслуживания оборудования предприятий нефтегазовой отрасли. Предложен оригинальный способ качественной оценки функционирования вспомогательных подразделений, выполняющих функции технического обслуживания и эксплуатации основных производственных фондов, с использованием имитационного моделирования.

Модель, обслуживание, нефтегазовая отрасль, вспомогательные подразделения.

Вспомогательные подразделения, выполняющие функции технического обслуживания (ТО) и эксплуатации основных производственных фондов, являются важными звеньями производственной цепочки предприятия, требующими существенного финансирования. Эффективная организация ТО зависит от множества параметров: численности персонала и его квалификации, количества запасного оборудования и периодичности его закупки и т.д. Как правило, указанные параметры взаимосвязаны. Для определения количественных значений вышеперечисленных факторов на практике руководствуются справочной литературой и соответствующими регламентами, в которых недостаточно учитывается взаимное влияние параметров друг на друга. В качестве характерного примера можно привести методику расчета численности персонала, описанную в нашей статье [1]. Необходимая численность персонала в данном случае рассчитывается на основании справочника [4], а объем затрат и квалификация персонала — по [3] и [5].

В сложившейся ситуации возникает вопрос комплексного исследования эффективности функционирования вспомогательных подразделений, в том числе с использованием метода имитационного моделирования.

1. Описание схемы процесса ТО оборудования объектов нефтегазового предприятия

Рассмотрим структурную схему ТО оборудования объектов нефтегазового предприятия (рис. 1).

Схематически ТО представляет собой следующий процесс. При появлении неисправности (необходимости проведения ТО) на одном из обслуживаемых объектов заявка поступает в очередь на обслуживание (1). При наличии свободных сервисных ресурсов заявка направляется на обработку в структурное подразделение (2). Если не требуется складского запасного оборудования (3), то при отсутствии ограничений заявка выполняется на соответствующем объекте в полном объеме (6). Под ограничениями понимаются плохие погодные условия, не позволяющие выехать на объект, запрет на проведение отдельных видов работ в связи с выходными или отсутствием лиц, ответственных за проведение этих работ, и т.п. В случае если заявка связана с заменой

вышедшей из строя единицы оборудования (4), она будет выполнена при наличии на складе соответствующего запаса (5).

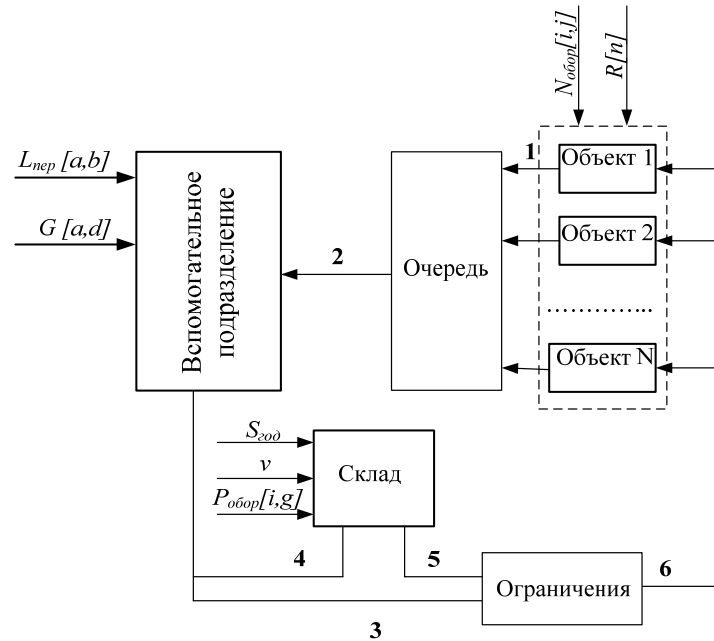


Рис. 1. Структурная схема процесса ТО оборудования объектов нефтегазового предприятия

Для исследования процессов ТО оборудования объектов нефтегазового предприятия предлагается построить имитационную модель с использованием следующих входных данных:

$N_{обор}[i, j]$ — двумерный массив, содержащий информацию об оборудовании, где i — тип оборудования; j — характеристики оборудования (количество на объекте, период безотказной работы, трудоемкость ремонта или замены и т.п.);

$R[n]$ — перечень расстояний от объектов до ремонтной базы;

$P_{обор}[i, g]$ — двумерный массив, содержащий информацию о запасном оборудовании, где i — тип оборудования; g — характеристики оборудования (количество запасного оборудования, его стоимость, стоимость хранения и т.п.);

$L_{пер}[a, b]$ — двумерный массив данных, содержащий информацию о персонале рабочих бригад, где a — уникальный для каждого работника табельный номер; b — параметры, характеризующие работника (оклад, квалификация и т.п.);

$G[a, d]$ — двумерный массив данных о графиках вахтования рабочих, d — даты рабочих дней;

$S_{год}$ — объем годового финансирования на закупку запасных частей и оборудования;

v — график поставок материально-технических ресурсов.

Результатом моделирования является расчет значений элементов двух массивов. Массив $n[i, c]$ отражает количественные результаты моделирования, а массив $m[i, c]$ — временные, где i — тип оборудования; c — состояние оборудования (работает, не работает, в ожидании ремонта, на складе и т.д.).

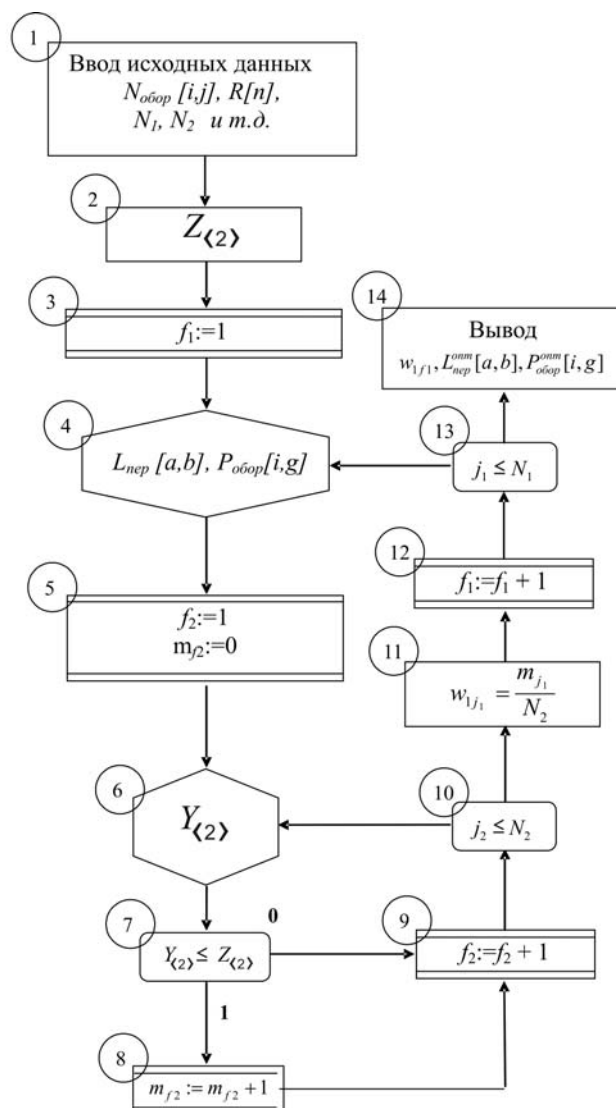


Рис. 2. Алгоритм построения имитационной модели процесса ТО

2. Алгоритм исследования процессов ТО оборудования объектов нефтегазового предприятия

Традиционно для решения задач исследования систем (в рамках теории массового обслуживания) применялся метод построения графов состояний. Задачу можно решить аналитическим методом, составив систему уравнений. Однако при многочисленности параметров: около 10 видов оборудования, 4 разные рабочие специальности, несколько удаленных объектов, запасное оборудование и несколько неуправляемых параметров — уже при построении до третьего шага графов состояний их количество превысит 500, что делает классическое решение очень трудоемким и сложно реализуемым.

Для комплексного анализа эффективности функционирования вспомогательного подразделения нефтегазового предприятия предлагается использо-

вать способ имитационного моделирования. Построение модели процесса ТО проводится на базе основных принципов теории массового обслуживания. Рассмотрим алгоритм решения вышеобозначенной задачи (рис. 2).

В основе алгоритма лежат два цикла: внешний и внутренний. Во внешнем цикле происходит перебор возможных вариантов значений массивов $L_{\text{пер}}[a, b]$ и $P_{\text{обор}}[i, g]$ в рамках финансирования, которое определено на исследуемый период. После формирования очередного варианта начинается внутренний цикл, в котором происходит моделирование процесса ТО. В процессе моделирования формируется вектор результатов функционирования вспомогательного подразделения $Y_{(2)}$. Затем во внутреннем цикле сравниваются требуемые $Z_{(2)}$ и полученные $Y_{(2)}$ значения результатов операции и подсчитывается количество «успешных» (в которых была достигнута цель) результатов. После окончания внутреннего цикла рассчитывается вероятность положительного исхода операций ТО, осуществляется перебор возможных значений элементов массивов $L_{\text{пер}}[a, b]$, $P_{\text{обор}}[i, g]$ и выводится вариант с наибольшей вероятностью W_{1f_1} достижения цели для заданных начальных условий.

Разработанный алгоритм состоит из следующих блоков.

Блок 1: осуществляется ввод исходных данных (N_1 , N_2 — количество итераций внешнего и внутреннего циклов соответственно).

Блок 2: осуществляется ввод требуемых значений $Z_{(2)}$ результатов операции $Y_{(2)}$.

Блок 3: организует начало внешнего цикла (f_1 — счетчик внешнего цикла).

Блок 4 (стохастический): моделирует возможные комбинации значений параметров $L_{\text{пер}}[a, b]$ и $P_{\text{обор}}[i, g]$.

Блок 5: организует начало внутреннего цикла, записывая в счетчик циклов (f_2) единицу и очищая счетчик числа m «успешных» испытаний внутреннего цикла.

Блок 6 (стохастический): моделирует вектор $Y_{(2)}$ виртуальных результатов операции.

Блок 7 (логический): реализует критерий пригодности результатов операции. Выполнение проверяемых этим блоком условий означает достижение цели.

Блок 8: подсчитывает число m «успешных» результатов операции.

Блок 9: подсчитывает число f_2 пройденных испытаний внутреннего цикла.

Блок 10 (логический): устанавливает факт окончания внутреннего цикла.

Блок 11: рассчитывает значение вероятности W_{1f_1} достижения цели операции в f_1 -м испытании внешнего цикла.

Блок 12: подсчитывает число f_1 пройденных испытаний внешнего цикла.

Блок 13 (логический): устанавливает факт окончания внешнего цикла.

Блок 14: осуществляет вычисление и вывод полученных в ходе имитационного моделирования показателей эффективности операции ($L_{\text{пер}}^{\text{опт}}[a, b]$ и $P_{\text{обор}}^{\text{опт}}[i, g]$ — оптимальные значения соответствующих параметров).

Вариант вычисления оптимальных значений параметров представлен в следующем разделе.

3. Оценка качества результатов операций ТО оборудования объектов нефтегазового предприятия

На предприятиях нефтегазовой отрасли основной доход от производственной деятельности составляет прибыль от продажи добытого сырья. В приближенной форме критерий экономической эффективности таких предприятий можно описать формулой

$$Q = S - K_1 - K_2 - \dots - K_n,$$

где Q — суммарный доход предприятия; S — прибыль от добытого сырья; $K_i, i \in [1..n]$ — затраты на содержание подразделений.

Очевидно, что оптимизация любого структурного подразделения, входящего в состав предприятия, заключается в уменьшении затрат на его содержание. При этом необходимо выполнять основные производственные задачи, стоящие перед этим подразделением.

Опираясь на методологию исследования целенаправленных процессов [2], в общем виде результат операции ТО $Y_{\langle 2 \rangle}$ можно представить как вектор:

$$Y_{\langle 2 \rangle} = \langle y, x \rangle,$$

где y — суммарный расход операционных ресурсов различных видов за период моделирования; x — целевой эффект.

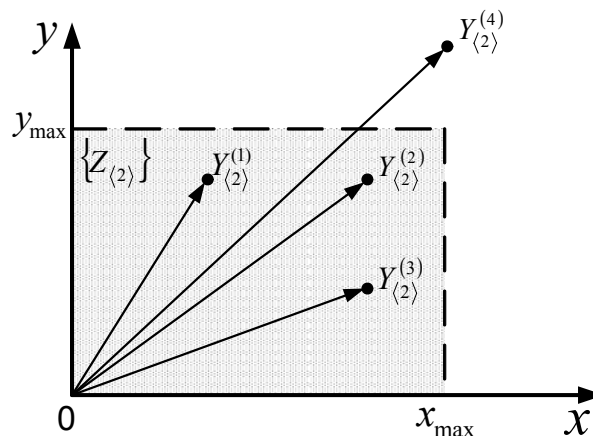


Рис. 3. Вариант распределения вектора $Y_{\langle 2 \rangle}$

Возможные реализации вектора $Y_{\langle 2 \rangle}$ показаны на рис. 3, где $\{Z_{\langle 2 \rangle}\}$ — множество допустимых значений результатов операции. Из рис. 3 следует, что при одном и том же целевом эффекте могут быть затрачены разные денежные ресурсы ($Y_{\langle 2 \rangle}^{(2)}, Y_{\langle 2 \rangle}^{(3)}$). Либо можно добиться наилучшего целевого эффекта от функционирования системы ТО увеличением финансирования ($Y_{\langle 2 \rangle}^{(4)}$) выше допустимого уровня $y_{\max}$. В рассматриваемом случае, наилучшей реализацией процесса ТО будет являться вектор $Y_{\langle 2 \rangle}^{(3)}$.

Расход операционных ресурсов определяется как

$$y = S_{\text{пер}} + S_{\text{МТР}},$$

где $S_{\text{пер}} = \sum_{i=1}^A L_{\text{пер}}[a_i, b_j]$ — затраты, связанные с оплатой труда персонала цеха, где A — количество работников в подразделении; j — номер столбца, содержащего информацию о размере должностного оклада i -го работника;

$$S_{\text{МТР}} = \sum_{k=1}^I (P_{\text{обор}}[i_k, g_{z1}] \cdot P_{\text{обор}}[i_k, g_{c1}] + P_{\text{обор}}[i_k, g_{z2}] \cdot P_{\text{обор}}[i_k, g_{c2}]) —$$

затраты, связанные с хранением и закупкой материально-технических ресурсов, где I — количество типов оборудования; z_1 — номер столбца, содержащего информацию о количестве запасного оборудования k -го типа; c_1 — номер столбца, содержащего информацию о стоимости хранения единицы оборудования k -го типа; z_2 — номер столбца, содержащего информацию о количестве закупаемого оборудования k -го типа; c_2 — номер столбца, содержащего информацию о стоимости единицы оборудования k -го типа.

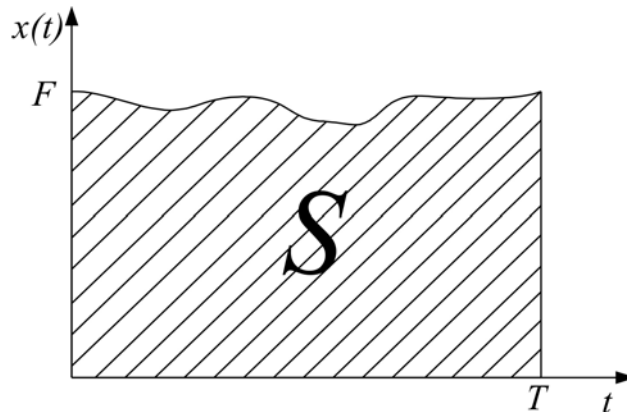


Рис. 4. Изменение функции $f(t)$

Определение целевого эффекта $\mathcal{X}$ зависит от специфики выполняемых работ. В качестве примера рассмотрим цех, выполняющий ТО внутридомовых сетей. Допустим, требуется провести оценку качества обслуживания сетей электроснабжения по количественному значению площади объектов, на которых данная система функционирует.

Пусть $f(t)$ — функция, численно равная площади помещений, в которых исправно работают осветительные и силовые сети, в момент времени t .

Значение функции изменяется и зависит от количества и длительности отключений (восстановлений) электроснабжения в помещениях (рис. 4).

Целевой эффект в таком случае можно рассчитать как отношение суммарной площади помещений, в которых исправно работали осветительные и

силовые сети за период T ($S = \int_0^T f(t)dt$), к произведению общей площади помещений ($S_{\text{общ}}$) и периода времени T :

$$x = \int_0^T f(t)dt / S_{\text{общ}} \cdot T.$$

Таким образом, значение целевого эффекта x лежит в диапазоне $[0,1]$. Максимальное значение x будет 1, если за весь период исследования значение функции $f(t)$ оставалось максимальным ($f(t) = F$).

Вывод

Рассмотренный подход к исследованию процессов ТО оборудования предприятий нефтегазовой отрасли, основой которого является метод имитационного моделирования, позволяет оценить эффективность функционирования вспомогательных подразделений и предложить варианты оптимизации численности персонала и складских запасов в рамках существующих ограничений.

Предложен оригинальный вариант оценки качества результатов операций ТО с использованием методологии исследования целенаправленных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлев А.В., Портнягин А.Л. Вопросы расчета численности обслуживающего персонала на предприятиях нефтегазового комплекса // Вестн. кибернетики. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2011. № 8. С. 35–40 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.ipdn.ru/rics/vk/_private/index10.htm.
2. Петухов Г.Б., Якунин В.И. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем. 2006. 504 с.
3. Рекомендации по нормированию труда работников, занятых содержанием и ремонтом жилищного фонда. ЦНИИС в ЖКХ, 1999.
4. ЦНИСГазпром. Нормативы численности рабочих управлений (служб) по эксплуатации вахтовых поселков. 2006. 42 с.
5. Яцура А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования: Справ. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005. 504 с.

A.V. Zhuravlev, A.L. Portnyagin

REALIZATION OF AN INTEGRATED APPROACH IN THE RESEARCH OF EQUIPMENT SERVICING AT ENTERPRISES OF OIL-AND-GAS INDUSTRY

The article gives a description of typical controlled and uncontrolled parameters influencing equipment servicing at enterprises of oil-and-gas industry. Using imitation modeling, the authors suggest an original method of quality rating as applied to operation of service departments performing servicing and operating of the basic production facilities.

Model, servicing, oil-and-gas industry, service departments.