УДК 622.684: 629.114

А.А.БЕЛИКОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА ГОРНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Изложены основные принципы моделирования системы технического сервиса методом имитации процессов отказов и восстановлений работоспособности фиксированного парка горно-транспортного оборудования на базе показателей надежности. Показана структура моделирования основных процессов и даны оценки сформированным алгоритмам и блокам.

In article main principles of modelling of technical service system to a method of imitation of processes of refusals and restoration serviceability of the fixed park of mining transport equipment are stated on the basis of parameters of reliability. The structure of modelling of the basic processes is shown and estimations are given to the generated algorithms and blocks.

Эксплуатация горно-транспортного оборудования предполагает комплекс мероприятий, направленных на поддержание машин в работоспособном состоянии и восстановления их работоспособности. Заявленные мероприятия выполняются системой технического сервиса (СТС). При этом независимо от того, является ли СТС интегрированной в производство или выведена из состава предприятия посредством аутсорсинга, важнейшим показателем ее деятельности является эффективность работы горно-транспортной техники.

В качестве оценки эффективности могут рассматриваться различные критерии, например коэффициенты готовности и использования оборудования, стоимость предоставляемых услуг, время использования оборудования по назначению за отчетный период и т.д. Независимо от выбранного критерия, характеризующего эффективность системы, в качестве целевой функции обычно принимают минимум удельных затрат на эксплуатацию горно-транспортного оборудования.

В ряде случаев целевую функцию при профилактическом обслуживании машин с заблаговременной заменой отдельных узлов машины можно представить в виде соотношения* для определения удельных затрат:

$$\overline{C}(\tau) = \sum_{i=1}^{K(\tau)} \frac{C_0}{t_i} + \frac{[n - K(\tau)]C_{\text{ï}}}{\tau} \to \min, \quad (1)$$

где $K(\tau)$ – число отказавших узлов до момента времени τ; t_i – время наработки на отказ i-го отказавшего узла; n – общее число рассматриваемых узлов (деталей); C_0 – удельные затраты связанные с восстановле-

* *Каменский Л.Е.* Эффективность основных фондов в горной промышленности. М.: Недра, 1981.

нием элементов при аварийных отказах; $C_п$ – удельные затраты, связанные с плановой заменой элементов; τ – назначенный момент замены узла.

Как видно из выражения (1), минимума величины удельных затрат можно достичь за счет сокращения величины C_0, что в свою очередь достигается снижением времени нахождения горно-транспортной техники в ожидании ремонта при возникновении отказа.

Анализ работы ремонтных подразделений на горных предприятиях свидетельствует о необходимости повышения надежности работы парка машин в целом, для чего необходимо повышать уровень организации их ремонта. Таким образом, становится актуальной задача оптимизации численности ремонтников фиксированной квалификации, решение которой позволит оперативно управлять процессами организации аварийных ремонтов с целью снижения затрат на непроизводительные простои как оборудования, так и ремонтных бригад. Задача может быть решена методом имитационного моделирования процесса отказ – восстановление.

Любая сервисная служба включает в себя ремонтные мастерские, предназначенные для обслуживания известного количества горных транспортных машин.

Для обслуживания парка содержится фиксированное количество ремонтных бригад, в каждой из которых имеется по несколько слесарей-механиков. Время вызова ремонтных бригад $t^{*}_{i\text{â}}$, время обслуживания $t^{**}_{i\text{îá}}$, время ожидания в очереди $t_{i\text{оч}}$ и время простоя бригад $t_{i\text{пр}}$ – случайные величины. В этих условиях ставится задача определения оптимального количества обслуживающих постов (бригад), при котором машины не будут простаивать в очереди в ожидании ремонта, а обслуживающий персонал не будет простаивать без работы в ожидании вызова. Указанная задача является одной из задач теории массового обслуживания.

Суммарная стоимость продукции будет выражаться графиком (рис.1.).

Абсцисса минимума кривой 1 определяет собой оптимальный вариант.

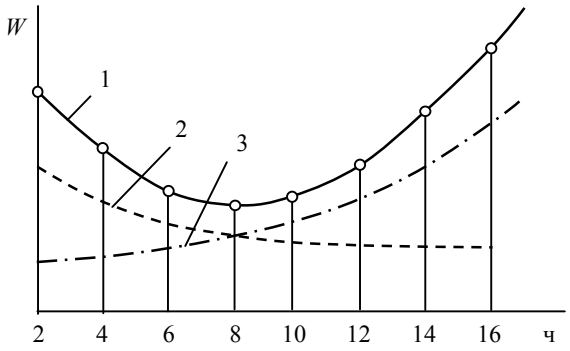


Рис.1. Графический метод определения оптимального количества ремонтных бригад Ч, при котором себестоимость единицы продукции будет наименьшей



Рис.2. Операторная блок-схема решения задачи по оптимальной организации процесса обслуживания закрытых парков горных машин

Очевидно, что по мере увеличения числа обслуживающих ремонтных бригад время простоя парка машин в ожидании ремонта будет уменьшаться (рис.1, кривая 2) и, значит, будет уменьшаться убыток от простоя. С другой стороны, при увеличении числа ремонтных бригад стоимость их содержания будет возрастать (рис.1, кривая 3).

Критерий эффективности (или целевая функция) в рассматриваемой задаче пред-

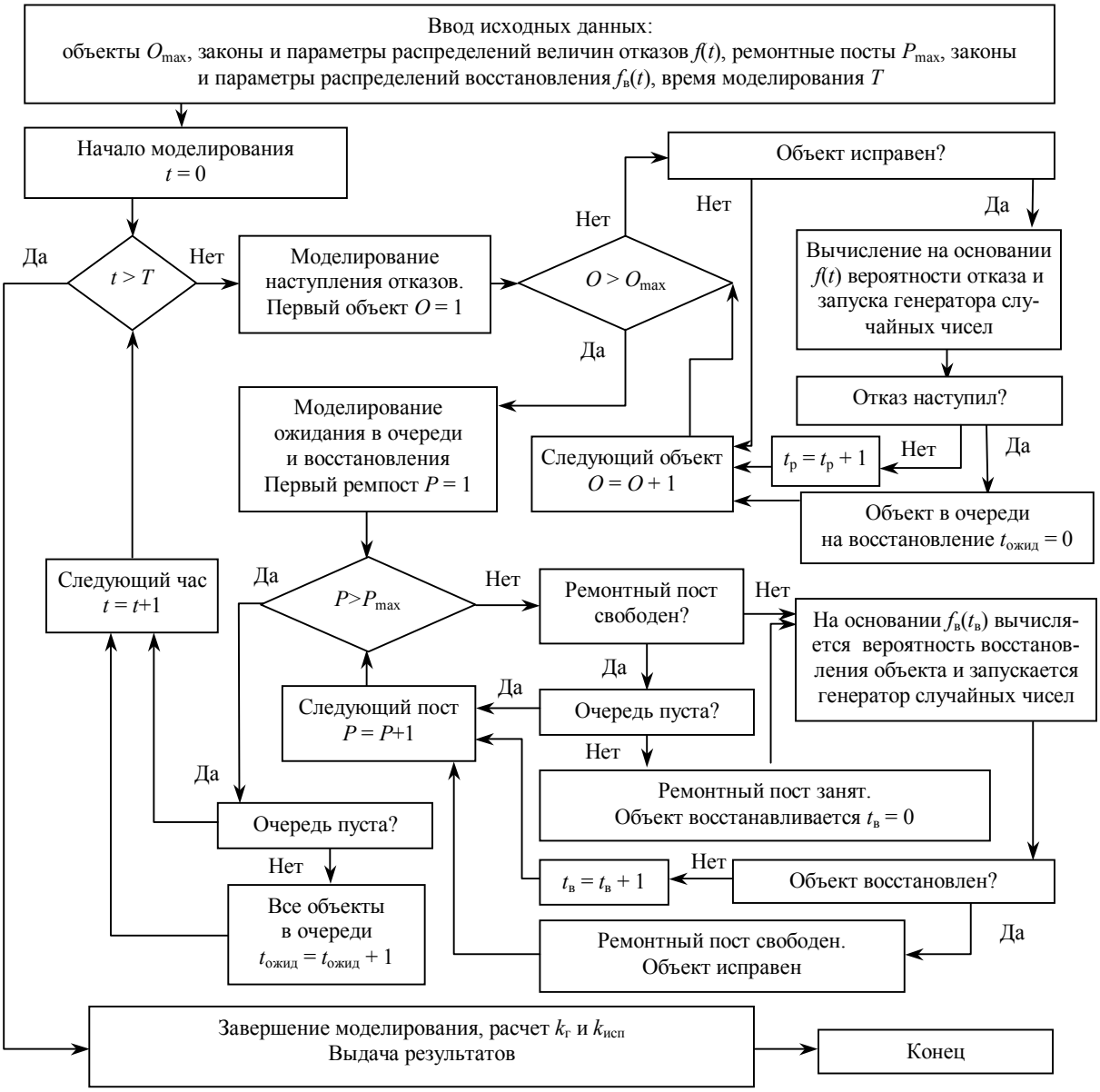


Рис.3. Алгоритм моделирования для определения прогнозного $k_г$ и $k_{исп}$

ставляет собой себестоимость единицы продукции и является интегральной функцией многих случайных аргументов:

$$W = \int_{\alpha}^{\beta} \varphi_z(t_ç, t_{îá}, t_{î\div}, t_{ïð}, r, \omega, \psi)dz,$$

где ω – заработная плата одной бригады; W – количество ремонтников бригаде.

Аналитический вид функции W, т.е. математическая модель явления неизвестна, а процесс не является марковским, а следовательно может решаться с использованием имитационного моделирования.

В рамках проводимых исследований нами предложен программный продукт, операторная блок-схема которого представлена на рис.2.

Из рис.2 видно, что схема состоит из одного моделирующего блока 3, блока-счетчика 5 и блока для запоминания промежуточных результатов 4. Выходными параметрами блока моделирования являются коэффициент готовности парка автосамосва-

лов $k_г$ и коэффициент использования рем-постов $k_{исп}$.

Основным способом получения информации о надежности транспортных машин является способ, основанный на результатах работы автосамосвалов в конкретных условиях эксплуатации. Характерной чертой данного способа получения информации является возможность проведения наблюдений в течение всего срока службы автосамосвалов по заранее определенному парку, при этом не требуется никакой имитации работы агрегатов автомобиля, а последующий анализ показателей надежности агрегатов дает возможность оценить влияние горно-технических условий эксплуатации на их безотказность. Закономерности восстановления работоспособности устанавливаются посредством хронометражных наблюдений в целом по ремонтному подразделению.

На рис.3 представлен алгоритм проведения моделирования для определения прогнозного коэффициента готовности парка транспортных машин $k_г$ и коэффициента использования ремонтных бригад $k_{исп}$. При моделировании примем за единицу времени 1 ч. Такой подход значительно упрощает реализацию программы.

Как видно из рис.3, для проведения моделирования необходимо располагать фактическими показателями надежности по эксплуатирующемуся транспортному парку, к ним относим закономерности формирования отказов и восстановлений работоспособности транспортных машин.

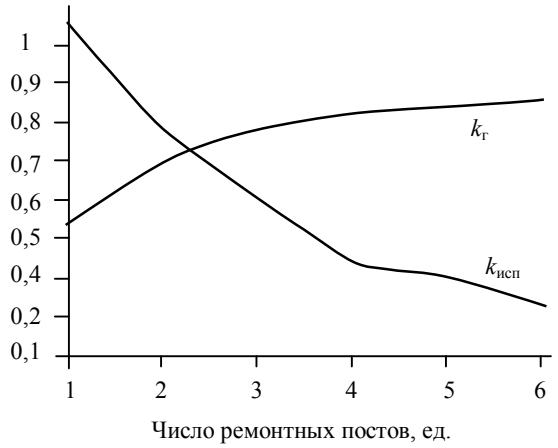


Рис.4. Графики изменения коэффициентов готовности парка и использования ремпостов.
Число автосамосвалов 6; интенсивность отказов 0,045; интенсивность восстановления 0,130

В результате выполненной работы имеем возможность построения графика, моделирующего изменения коэффициентов готовности парка и использования ремонтных постов в зависимости от фактических показателей потоков отказов и восстановлений (рис.4).

Проведенные исследования показали, что метод имитационного моделирования целесообразен для формирования систем технического сервиса горно-транспортного оборудования, и его использование на практике может дать значительный экономический эффект.