

INTERNATIONAL SEMINAR ON SHAFT HOISTING TECHNOLOGY

В.В.Ройзен, канд.техн.наук, гл. специалист.

Институт "Кривбасспроект"

Министерство металлургии СССР, г.Кривой Рог

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ШАХТНОГО
СКИПОВОГО ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Резюме: Разработана имитационная модель функционирования шахтного скипового подъемно-транспортного комплекса (СПК), основанная на использовании метода статистического моделирования (метод Монте-Карло) с реализацией моделирующего алгоритма на персональных компьютерах IBM PC AT, XT, "Практика" и других, совместимых с ними. Программа "Модель" позволяет с большой степенью адекватности имитировать работу СПК, являющегося звеном входящего грузопотока, оборудование подъемного дробильно-бункерного комплекса, энергомеханическое оборудование подъема и дробильно-сортировочной фабрики.

Скиповой подъемно-транспортный комплекс (СПК) - сложная техническая система, отличающаяся многообразием технологических взаимосвязей, влияющих факторов и параметров. Структурная схема СПК представлена на рис. 1.

Основными технологическими параметрами СПК являются: резервы производительности основных транспортных звеньев K_{ii} , K_{ij} и K_{mi} , величины вместимостей бункеров V_1 и V_2 , относительная пропускная способность системы S .

Основной показатель эффективности работы СПК - относительная пропускная способность

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N K_{gi}}{\sum_{i=1}^N K_{pi}}$$

где Kg_i и Kp_i - случайные значения производительности на выходе системы и коэффициента неравномерности поступления руды на вход СПК.

Пропускная способность СПК является функцией основных влияющих факторов и параметров:

$$S = f(Kn, Kp, Kg, Kopr, V_1, V_2, \Lambda n, \Lambda b, \Lambda g, \Lambda n, \Lambda b, \Lambda g),$$

где кроме вышеуказанного - $\Lambda n, \Lambda b, \Lambda g$ - интенсивности отказов подъемной установки, оборудования подземного бункера и ДСТ;
 $\Lambda n, \Lambda b, \Lambda g$ - интенсивность восстановления тех же объектов;

Kp - математическое ожидание коэффициента неравномерности поступления руды в скиповый подземный бункер.

Разработке математико-статистической модели СПК предшествовал системный анализ эксплуатационных режимов работы скиповых подъемно-транспортных комплексов мощных железорудных шахт Кривбасса. На основе использования методов математической статистики были найдены статистические закономерности неравномерности шахтных грузопотоков, поступающих на вход СПК и показатели эксплуатационной надежности основных его транспортных звеньев.

Анализ эксплуатационной надежности основных транспортных звеньев СПК показал, что случайные величины продолжительности безотказной работы t_{pi} распределены по экспоненциальному закону с плотностью вероятности

$$f(t_{pi}) = \lambda \exp(-\lambda t),$$

а случайные величины вынужденных простоев T_i подчинены логарифмически-нормальному закону

$$f(T_i) = \frac{m}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\lg T_i - \lg T_p)^2}{2\sigma^2}\right],$$

где T и σ - соответственно, математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение случайной величины T_i -го объекта СПК.

На основе установленных статистических закономерностей неравномерности шахтных грузопотоков и эксплуатационной надежности транспортных звеньев разработана имитационная математико-статистическая модель функционирования СПК (программа "Модель"), реализуемая на ЭЦВМ и ПЭВМ. Применение метода статистического моделирования (метод Монте-Карло) и при реализации моделирующего алгоритма на ЭВМ позволяет максимально приблизить математическую модель к работе реальной системы. Имитация всевозможных состояний и ситуаций, возникающих при функционировании СПК, осуществляется с помощью совокупности основных вспомогательных и служебных операторов, составляющих основной моделирующий алгоритм блок-схема которого представлена на рис. 2.

Проверка показала высокую степень адекватности разработанной математической модели реальной системе СПК.

Путем многократной реализации моделирующего алгоритма на ЭВМ при различных заданных параметрах и условиях с последующей обработкой результатов моделирования методом корреляционного анализа выявлены общие закономерности функционирования СПК.

Получено уравнение регрессии (линейная математическая модель), связывающее пропускную способность СПК, основные его параметры и влияющие факторы

$$S' = 0,665 + 0,089 V_1 + 0,132 K_{II} + 0,0235 V_2 + 0,024 K_g - \\ - 0,156 K_p - 0,023 J_q - 0,049 J_c - 0,112 J_{II}.$$

Принимая $S' \rightarrow 1,0$, $K_p = \bar{K}_p = 1,0$ и учитывая среднестатистические значения J_i , получим

$$V_1 = 5,74 - 1,49 K_{II} - 0,27 (K_g + V_2).$$

На рис. представлена номограмма, связывающая основные параметры СПК при вероятности выполнения планового задания, приближающейся к 1,0.

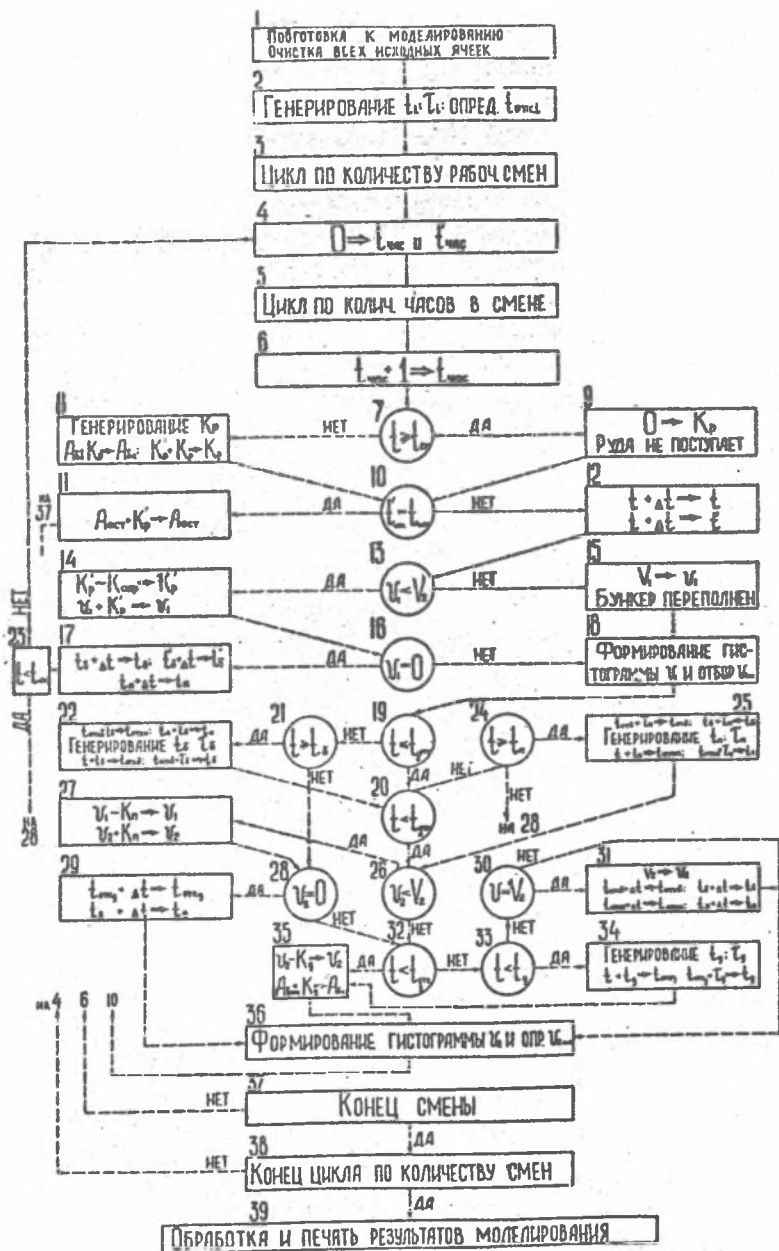


Рис 2. Блок-схема основного моделирующего алгоритма

Для оптимизации основных параметров СПК использован критерий оптимальности

$$\Sigma C = c_y \sum_{i=1}^{N_s} A_i L + \frac{N_s}{N_r} [\alpha_{эм} (C_{оп} + C_{ог}) + \alpha_{ар} (C_{ен} + C_{ег} + C_{ед_2}) + \alpha_r C_r H + \frac{1}{t_0} (c V_1 + A_{ч.з} V_1 \cdot c V_1)] \rightarrow \min,$$

где C_y - условно-постоянные расходы в себестоимости 1 т руды;

A_i - остатки добычи (по результатам моделирования не пропущенные на выход СПК из-за отказов отдельных объектов за L -тую смену;

N_s и N_r - соответственно количество моделируемых смен и рабочих смен в году;

$C_{оп}, C_{ог}$ - затраты на оборудование подъема и ДСЭ;

$C_{ен}, C_{ег}$ - то же по строительной части;

α_i - нормы амортизационных отчислений по соответствующему виду оборудования;

C_r - стоимость 1 м шахтного ствола;

H - глубина шахты;

t_0 - срок службы подземного бункерного комплекса;

$A_{ч.з}$ - заданная часовая производительность шахты.

В результате использования имитационной модели и итерационной программы условно-оптимальных решений на основе применения вышеуказанного критерия оптимальности установлено, что наиболее значимые параметры СПК в зависимости от высоты подъема и заданной производительности шахты находятся в пределах

$$K_{ш} = 1,25 \dots 1,7; K_g = 1,7 \dots 2,0; V_1 = 2,5 \dots 3,5; V_2 = 0,3 \dots 0,6.$$

Оптимальные соотношения наиболее важных параметров СПК приведены в табл. 1

Таблица 1

Емкость подземного бункера в долях часовой производительности шахты $V_1, \text{ч}$	1,0	1,0...1,5	1,5...2,0	2,0...2,5	2,5-3,0
Коэффициент резерва производительности скипового подъема (расчетный коэффициент неравномерности) K_H	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3

Предпочтительными являются значения

$$V_1 = 2,54; \quad K_H = 1,3.$$

С использованием программы "Модель" на стадии проектирования могут решаться задачи определения пропускной способности СПК при различных соотношениях производительности его звеньев, емкости аккумулирующих бункеров, показателей надежности и др.

При реализации программы "Модель" на ПЭВМ кроме основного расчетного возможен демонстрационный режим. При этом режиме на экране монитора можно проследить процесс работы подъемного комплекса в динамике: заполнение бункеров, выход из строя и восстановление транспортных звеньев и т.п.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование и эксплуатация подъемных комплексов железорудных шахт. "Недра", Москва, 1982.

Recenzent: Prof.sw.dr hab.inż. Jerzy Antoniak

Wpłynęło do Redakcji w październiku 1990 r

MODEL IMITACYJNY FUNKCJONOWANIA KOPALNIANEGO,
SKIPOWO-TRANSPORTOWEGO

S t r e s z c z e n i e

W pracy przedstawiono model funkcjonowania kopalnianego skipowego urządzenia wyciągowego przy wykorzystaniu metody modelowania statystycznego (metodą Monte Carlo). Stworzono programy dla komputerów osobistych wykorzystujące algorytm modelujący.

A SIMULATION MODEL OF SKIP HOIST OPERATION

S u m m a r y

The paper presents model of skip hoist operation based on Monte Carlo method - statistic simulation. Programs for personal computers have been developed using algorithm modelling skip hoist operation.