

## НАДЕЖНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

**А.В. Степанов, доцент, к.т.н., ХНАДУ**

*Аннотация.* Рассматриваются способы увеличения эксплуатационной надёжности автосамосвалов с целью повышения эффективности функционирования транспортных систем породных отвалов на угольных шахтах.

*Ключевые слова:* автосамосвал, система, модель, надёжность, транспорт.

## НАДІЙНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ

**О.В. Степанов, доцент, к.т.н., ХНАДУ**

*Анотація.* Розглядаються способи збільшення експлуатаційної надійності автосамоскидів з метою підвищення ефективності експлуатації транспортних систем породних відвалів на вугільних шахтах.

*Ключові слова:* автосамоскид, система, модель, надійність, транспорт.

## RELIABILITY OF TRANSPORTATION SYSTEMS OF ROCK HAPS

**A. Stepanov, associate professor, cand. eng. sc., KhNAHU**

*Abstract.* The ways of increasing of exploitation reliability of dump trucks with the aim of increasing of effectiveness of exploitation of transportation systems of rock heaps at coal mines.

*Key words:* tilt-up lorry, system, model, reliability, transport.

### Введение

Разнообразие эксплуатационных и технологических условий на породных отвалах угольных шахт выдвигает специфические требования к транспортной системе и корректировку нормативов надёжности автосамосвалов. Рост стоимости погрузочного и автотранспортного оборудования требует существенного увеличения эффективности их эксплуатации, установления рационального уровня эксплуатационной надёжности автосамосвалов и в целом транспортной системы породных отвалов угольных шахт.

### Анализ публикаций

Надёжность транспортной системы целесообразно оценивать коэффициентом готовности, при этом учитывается число элементов каждого звена, число звеньев, структура

взаимосвязей погрузочного и транспортного оборудования, транспортных коммуникаций и разгрузочных пунктов [1-3]. Все это определяет надёжность функционирования транспортной системы и вероятность выполнения производственной программы предприятия.

### Цель и постановка задачи

Необходимо определить математическую модель надёжности транспортной системы, в которой учитывалась бы структурная взаимосвязь элементов погрузочного звена транспортной коммуникации и разгрузки.

### Состояние надёжности транспортных систем породных отвалов

Транспортные системы породных отвалов на угольных шахтах состоят из погрузочно-

разгрузочных транспортных комплексов с жестким креплением автосамосвалов к базовому элементу – погрузочному бункеру шахты. Кроме того, транспортные системы могут быть с погрузкой горной породы непосредственно с отката или с центральной обогатительной фабрики [4].

Те и другие образуют монотранспортную систему или входят в состав комбинированной транспортной системы. Для описания их надежности предлагается использовать биномиальный закон распределения, который основан на том, что каждый элемент любого звена может иметь два состояния: нормальное функционирование и состояние отказа, т.е. подчиняется распределению Бернулли. Следовательно, состояние всего звена, состоящего из нескольких работающих независимых элементов, можно описать биномиальным законом распределения.

В результате перемножения вероятностей состояния каждого звена получена вероятность общего состояния системы, которая при определенных условиях подчиняется биномиальному закону распределения

$$P = C_{Na}^{n'} P_K^{n'} (1 - P_K)^{Na - n'}, \quad (1)$$

где  $N_a$  – общее число автосамосвалов в транспортной системе;  $n$  – число рабочих автосамосвалов;  $P_K$  – вероятность того, что случайно выбранный автосамосвал исправлен и находится в работающей системе.

Параметр распределения  $P_K$  учитывает надежность элементов каждого звена, а также структурную схему транспортной системы. Для простой транспортной системы

$$P_K = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{1}{K_i} - (n-1) \right]^{-1} K_{z.a.}, \quad (2)$$

где  $K_i$  – коэффициент готовности  $i$ -го последовательного элемента простого погрузочно-автомобильного комплекса, входящего в состав простой транспортной системы;  $n$  – число последовательных элементов;  $K_{z.a.}$  – коэффициент готовности автосамосвала.

В производственных объединениях по добыче угля в Украине имеется несколько породных отвалов и откаточных автодорог, которые объединяют грузопотоки. В результате

устанавливается смешанная технологическая связь пунктов погрузки с пунктами разгрузки горной породы, что должно учитываться диспетчерской службой транспортного предприятия, обслуживающего данное производственное объединение.

В этом случае при определении производительности простого комплекса используется выражение, учитывающее резерв автосамосвалов

$$M\{Q_c\} = K_c Q_a \left[ \sum_{n'=0}^{n_H} P(n') n' + n_H \sum_{n'=n_H+1}^{Na} P(n') \right], \quad (3)$$

где  $K_c$  – коэффициент готовности последовательных элементов простого погрузочно-автомобильного комплекса;  $P(n')$  – вероятность того, что из общего числа автосамосвалов  $Na$  в транспортном звене будет исправно ровно  $n'$ ;  $Q_a$  – производительность одного автосамосвала;  $n_H$  – число автосамосвалов, насыщающих погрузочно-автомобильный комплекс.

Для комбинированных транспортных систем с использованием автомобильного транспорта требуется установление закона распределения производительности смежного вида транспорта, а также ёмкости погрузочных пунктов (бункеров).

Если в качестве смежного транспорта применяется дискретный транспорт с производительностью каждой единицы  $Q_o$ , то производительность всей системы определяется по формуле

$$M\{Q_{ком}\} = Q_a \sum_{n'=1}^{N_a} \left[ n' p(n') \sum_{n_g=n'm}^{N_g} p(n_g) \right] + Q_g \sum_{n_g=1}^{N_g} \left[ n_g p(n_g) \sum_{n'=n_g/m}^{N_a} P(n') \right], \quad (4)$$

где  $N_g$ ,  $n_g$  – списочное и рабочее число дискретных единиц смежного транспорта;  $P(n_g)$  – вероятность того, что в смежной транспортной системе будет исправно  $n_g$  дискретных единиц;  $m$  – количественное отношение производительности транспортных единиц комбинированной транспортной системы с учетом аккумулирующей емкости  $V$ .

На основании полученных зависимостей разрабатывается математическая модель расчёта

надёжности транспортных систем различных структур. В качестве показателя надёжности принята вероятность того, что случайно выбранный автосамосвал исправен и находится в работающей системе.

Изменение надёжности автосамосвалов имеет решающее значение в повышении эффективности эксплуатации транспортных систем. На рис. 1 показано изменение вероятности  $P_K$  для четырёх систем, имеющих различный коэффициент готовности автосамосвалов.

При увеличении  $K_{г.а.}$  зависимость надёжности системы от коэффициента готовности погрузочного комплекса становится линейной.

Для действующих предприятий увеличение надёжности транспортной системы можно получить за счёт увеличения резерва парка автосамосвалов.

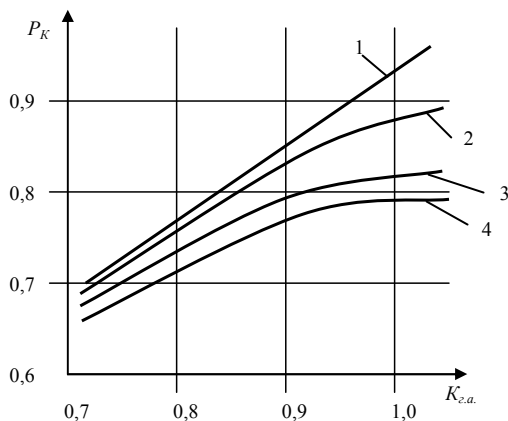


Рис. 1. Изменение надёжности сложных систем в зависимости от коэффициента готовности погрузочного комплекса: 1 –  $K_{г.а.} = 1,0$ ; 2 –  $K_{г.а.} = 0,9$ ; 3 –  $K_{г.а.} = 0,85$ ; 4 –  $K_{г.а.} = 0,8$

Так, на породных отвалах угольных шахт в Донецкой области максимальное увеличение надёжности системы достигается при коэффициенте резерва, равном  $2 \div 3$  [5]. Дальнейшее увеличение парка машин не приводит к существенным изменениям надёжности, так как в этом случае вероятность  $P_K$  изменяется менее чем на 3 %.

Расчёты, выполненные при изменении коэффициента готовности автосамосвалов от 0,7 до 0,95 для различных горно-технических производительностей угольной шахты, показали, что увеличение эксплуатационной на-

дёжности автосамосвалов соответствует максимальному значению надёжности транспортных систем породных отвалов.

## Выводы

Разработанная математическая модель надёжности транспортной системы основана на применении биномиального закона распределения числа рабочих элементов каждого звена. Параметром этого распределения является коэффициент готовности одного элемента.

В модели учтена структурная взаимосвязь элементов погрузочного звена транспортной коммуникации и разгрузки.

Надёжность транспортных систем породных отвалов находится в прямой зависимости от эксплуатационной надёжности каждого звена комбинированной транспортной системы.

Увеличение эксплуатационной надёжности автосамосвалов имеет решающее значение в повышении эффективности эксплуатации транспортных систем породных отвалов на угольных шахтах.

## Литература

1. Роттенберг Р.В. Основы надёжности системы водитель–автомобиль–дорога–среда. – М.: Машиностроение. – 1986. – 216 с.
2. Грунтов П.С. Эксплуатационная надёжность станций. – М.: Транспорт, 1986. – 247 с.
3. Венцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Машиностроение, 1960. – 450 с.
4. Степанов А.В. Факторы, влияющие на надёжность грузового автомобиля при работе на породных отвалах // Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. – Харьков: ХНАДУ. – 2003. – Вып. 13. – С. 140 – 142.
5. Степанов А.В., Полянский А.С. Сезонное рассеивание показателей надёжности автомобилей, работающих на породных отвалах шахт // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Харьков: ХНАДУ. – 2004. – Вып. 15.

Рецензент: А.С. Полянский, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 30 сентября 2009 г.