

дельности, а от их соотношения  $f_c / i$  ( $i / f_c$ ).

Из выражения (26) следует также, что при нулевом уклоне ( $i = 0$ ) функциональный критерий становится равным

$$\lambda = \frac{0,056 N_{\partial\sigma}}{2k_m + 1}, \quad (28)$$

и, следовательно, зависит только от мощности двигателя ав-

томобиля  $N_{\partial\sigma}$  и коэффициента тары  $k_m$  и не зависит от дорожных условий  $f_c$ .

Функциональный критерий в виде (26) или (27) позволяет количественно оценить выполнение автосамосвалом своей функции и может быть использован при комплексной оценке технического уровня карьерных

автосамосвалов. Функциональный критерий в виде (28), поскольку он не учитывает уклонов трассы, характерных для работы карьерного автотранспорта, может быть использован для оценки технического уровня грузового автотранспорта общего пользования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солод Г.И. О квалиметрии. – М.: МГИ, 1991. – 94 с.
2. Казарез А.Н., Кулешов А.А. Эксплуатация карьерных автосамосвалов с электромеханической трансмиссией. – М.: Недра, 1988. – 264 с.
3. Литвинов А.С., Фаробин Н.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.

**УДК 622.23.055.52**

**Ю.Е. Воронов, А.В. Буянкин**

## ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

В последние годы для оценки качества горных машин широкое распространение получила методика безэкспертной оценки на основе функционального критерия [1]. Эта методика использована для оценки качества экскаваторов, шахтных транспортных и выемочных машин, гидравлических крепей, бурowego оборудования для подземных и открытых работ. Интерпретации методики на карьерные автосамосвалы до настоящего времени не произведено.

Одним из важнейших этапов методики является обоснование необходимой и достаточной номенклатуры показателей качества. Именно в этом вопросе наблюдается наибольший разнобой в подходах, эмпиризм, что приводит, в конечном счете, к искаженным оценкам.

Номенклатура показателей, характеризующих качество эксплуатации карьерных автосамосвалов, должна устанавливаться, прежде всего, в зависимости от выбранного критерия.

Функциональный критерий,

в соответствии с [1], характеризует эффективность выполнения автосамосвалами своих функций в конкретных условиях эксплуатации. Система технико-эксплуатационных показателей, рекомендуемая для оценки уровня использования автосамосвалов и результатов их работы, а также для целей планирования, включает количественные (интенсивного использования) и качественные (экстенсивного использования) показатели [2].

К показателям интенсивного использования, характеризующими транспортную работу по перемещению горной массы, относят следующие.

1. Инвентарное (среднесписочное) число автомобилей  $A_{cn}$ . Среднесписочное число автомобилей составляют технически исправные автомобили, готовые к эксплуатации, автомобили, находящиеся в техническом обслуживании и ремонте, и автомобили, предназначенные к списанию.

Среднесписочное количество автомобилей в конкретном

автохозяйстве определяется за определенный период (месяц, год) с учетом поступления в течение этого периода новых автомобилей и исключения из списочного парка автомобилей по разным причинам.

2. Количество автомобиле-дней пребывания в автохозяйстве  $AD_k$  за определенный период определяется среднесписочным числом автомобилей (показатель 1) и продолжительностью рассматриваемого периода.

3. Количество автомобиле-дней пребывания в работе  $AD_3$  представляет собой количество автомобиле-дней пребывания в автохозяйстве (показатель 2) за вычетом автомобиле-дней простоя (выходные и праздничные дни, периоды бездорожья во время снежных заносов и осенне-весенней распутицы и др.).

4. Количество автомобиле-тонно-дней пребывания в автохозяйстве  $ATD_k$  зависит от количества автомобиле-дней пребывания в автохозяйстве (показатель 2) и средней грузоподъемности среднесписочного

автомобиля, которая, в свою очередь, определяется грузоподъемностью каждой модели автосамосвалов и их среднесписочного количества.

5. Количество автомобиле-тонно-дней пребывания в работе  $A\Delta\vartheta$  зависит от тех же факторов, что и предыдущий показатель.

6. Число ездок с грузом  $n_{e.c}$  определяется временем пребывания подвижного состава на линии (показатель 20), эксплуатационной скоростью (показатель 19) и коэффициентом использования пробега (показатель 15).

7. Количество автомобиле-часов простоя под погрузкой-разгрузкой  $A\chi_{n-p}$  характеризуется временем, затрачиваемым на проведение погрузочно-разгрузочных операций, и зависит от типа подвижного состава, характеристики погружного оборудования и подвижного состава, а также от соответствия этих характеристик.

8. Общее количество автомобиле-часов работы  $A\chi_{\vartheta}$  складывается из автомобиле-часов движения ( $A\chi_{\partial\vartheta}$ ) и автомобиле-часовостоя под погрузкой-разгрузкой (показатель 7). Зависит от количества автомобиле-часов в работе (показатель 3) и средней продолжительности пребывания подвижного состава на линии (показатель 20).

9. Пробег с грузом (производительный пробег)  $L_{ep}$  зависит от тех же факторов, что и число ездок с грузом (показатель 6), а также от длины ездки с грузом (пробега груженого автосамосвала между пунктами погрузки и разгрузки).

10. Общий пробег  $L_{общ}$  включает пробег с грузом (показатель 9), порожний пробег (пробег без груза) и нулевой пробег, который составляет в сумме пробег от автохозяйства до пункта первой загрузки и от пункта последней разгрузки до автохозяйства.

11. Объем перевозки горной массы  $Q_m$  можно определить как произведение среднесписочного количества автомобилей (показатель 1), их средней грузоподъемности и производительности одной среднесписочной авто-тонны (показатель 25).

12. Грузооборот (транспортная работа)  $P_{m\cdot km}$  определяется как произведение среднесписочного количества автомобилей (показатель 1), их средней грузоподъемности и производительности одной среднесписочной авто-тонны (показатель 26).

К качественным показателям, характеризующим уровень использования и условия работы автомобилей, относят:

13. Коэффициент технической готовности  $\alpha_m$  определяется как отношение автомобиле-дней нахождения подвижного состава в технически исправном состоянии к общему числу дней пребывания автомобилей в автохозяйстве (показатель 2):

$$\alpha_m = \frac{A\Delta_k + A\Delta_p}{A\Delta_k}, \quad (1)$$

где  $A\Delta_p$  – количество автомобиле-днейостоя в обслуживании и ремонте.

При этом количество автомобиле-дней пребывания в автохозяйстве (показатель 2) определяют как:

$$A\Delta_k = A_{cp} \Delta_k, \quad (2)$$

где  $\Delta_k$  – число календарных дней в рассматриваемом периоде.

14. Коэффициент выпуска на линию (использования парка)  $\alpha_e$  определяется отношением числа автомобиле-дней нахождения подвижного состава в работе (показатель 3) к общему числу автомобиле-дней пребывания его в автохозяйстве (показатель 2):

$$\alpha_e = \frac{A\Delta_3}{A\Delta_k}. \quad (3)$$

15. Коэффициент использования пробега  $\beta$  определяется

отношением производительного пробега автомобилей (показатель 9) к их общему пробегу (показатель 10):

$$\beta = \frac{L_{ep}}{L_{общ}}. \quad (4)$$

16. Статический коэффициент использования грузоподъемности  $\gamma_{cm}$  определяется отношением фактически перевозимой массы груза к номинальной грузоподъемности автосамосвала (по технической характеристике):

$$\gamma_{cm} = \frac{q_f}{q_n}. \quad (5)$$

Этот показатель зависит от габаритных размеров кузова автосамосвала, вида, объемного веса и других свойств груза.

17. Динамический коэффициент использования грузоподъемности  $\gamma_{дин}$  определяется делением грузооборота в тонно-километрах (показатель 12) на возможный грузооборот при условии полного использования грузоподъемности в процессе пробега с грузом:

$$\gamma_{дин} = \frac{P_{m\cdot km}}{L_c q_n}. \quad (6)$$

18. Техническая скорость движения  $V_m$  определяется отношением общего пробега автомобилей (показатель 10) на суммарное время их движения:

$$V_m = \frac{L_{общ}}{A\chi_{\partial\vartheta}}. \quad (7)$$

19. Эксплуатационная скорость движения  $V_3$  – это условная скорость за время пребывания подвижного состава в наряде с учетом всех простоев на линии. При расчете эксплуатационной скорости учитывается все время нахождения автомобилей в наряде (показатель 20), то есть время движения ( $A\chi_{\partial\vartheta}$ ) и время простоев ( $A\chi_{n-p}$ ):

$$V_3 = \frac{L_{общ}}{A\chi_{\partial\vartheta} + A\chi_{n-p}}. \quad (8)$$

20. Продолжительность ра-

боты подвижного состава на линии (среднее время в наряде)  $T_n$  исчисляется с момента выхода из автохозяйства до возвращения в него за вычетом времени, предоставляемого водителям в соответствии с трудовым законодательством для обеда и отдыха, и определяется по формуле:

$$T_n = \frac{A\chi_{\vartheta}}{A\Delta_{\vartheta}}. \quad (9)$$

Время в наряде зависит от принятого режима работы разреза и автотранспорта, подготовленности горной массы к перевозке, организации работы технических и эксплуатационных служб автохозяйства, укомплектованности водителями.

21. Среднее время простоя под погрузкой-разгрузкой в расчете на одну езду  $t_{n-p}$  включает продолжительность собственно погрузочно-разгрузочных работ, а также время, необходимое на выполнение сопутствующих и вспомогательных работ (например, маневрирование автомобилей в местах погрузки-разгрузки). Определяется как отношение общего по автомобильному парку количества автомобиле-часов простоя под погрузкой-разгрузкой (показатель 8) на общее число ездок автомобилей с грузом (показатель 6):

$$\bar{t}_{n-p} = \frac{A\chi_{n-p}}{n_{e.g.}}. \quad (10)$$

22. Среднее расстояние перевозки  $L_c$  определяется отношением общего по автохозяйству грузооборота в тоннокилометрах (показатель 12) на общий объем перевозок в тоннах (показатель 11):

$$L_c = \frac{P_{m \cdot km}}{Q_m}. \quad (11)$$

23. Среднее число ездок с грузом на один автомобиле-день работы :

$$\bar{n}_{e.g.} = \frac{T_n}{t_e}. \quad (12)$$

При этом время одной ездки складывается из времени пробега автомобиля с грузом от пункта погрузки до пункта разгрузки, времени пробега без груза до пункта погрузки и времени простоя в пунктах погрузки и разгрузки.

24. Среднесуточный пробег автомобиля  $\bar{L}_{cym}$  определяется делением общего пробега всего подвижного состава (показатель 10) на количество автомобиле-дней работы (показатель 3):

$$\bar{L}_{cym} = \frac{L_{общ}}{A\Delta_{\vartheta}}. \quad (13)$$

25. Производительность подвижного состава на одну среднесписочную авто-тонну или автомобиль  $W_m$  зависит от числа автомобиле-дней пребывания в работе (показатель 3), времени пребывания автомобилей в наряде (показатель 20), эксплуатационной скорости движения (показатель 19), коэффициента использования пробега (показатель 15), динамического коэффициента использования грузоподъемности (показатель 17) и может определяться их произведением:

$$W_m = \Delta_k \alpha_{\vartheta} T_n V_{\vartheta} \beta \gamma_{дин} \quad (14)$$

26. Производительность подвижного состава на одну среднесписочную авто-тонну или автомобиль:

$$W_{m \cdot km} = W_m L_c. \quad (15)$$

Для того чтобы наиболее полно охватить весь комплекс показателей, необходимо подробно проанализировать процесс эксплуатации автосамосвалов, что позволит выявить максимально возможное число показателей, характеризующих этот процесс. Такой формальный путь анализа всего комплекса показателей позволит избежать возможных ошибок, связанных с субъективностью их назначения.

Стадия эксплуатации карьерных автосамосвалов включает в себя процесс использования самосвалов по назначению, а также процессы технического

обслуживания и ремонтов (плановых и неплановых). Эти процессы должны учитываться выбранными показателями.

При выборе показателей необходимо также иметь в виду следующие принципы квалиметрии:

- показатели, использовавшиеся при подсчете функционального критерия, не могут использоваться повторно в качестве единичных показателей;
- из большого числа показателей необходимо выбирать только самые необходимые, причем для сокращения их числа возможно применение относительных показателей, объединяющих в себе несколько абсолютных;
- выбранные показатели должны быть представительными, что обеспечит достоверность полученных результатов. Одно из положений системотехники гласит, что представительный критерий (показатель) характеризует выполнение простого и четкого правила: большему значению критерия соответствует лучшая (худшая) система.

При выборе показателей для комплексной оценки качества необходимо также помнить, что в этот комплекс не должны входить показатели, которые прямо определяют друг друга. Это обстоятельство вытекает из того, что линейно зависимые и взаимно определяющие друг друга показатели несут одинаковую информацию, характеризуя процесс эксплуатации только с одной стороны, и, следовательно, не способствуют всесторонней оценке качества эксплуатации рассматриваемых машин.

Проанализировав указанные показатели можно отметить следующее.

Среднее расстояние перевозки  $L_c$  (показатель 22) и среднее время в наряде  $T_n$  (показатель 20) входят в функциональный критерий, и, значит, должны быть исключены из даль-

нейшего рассмотрения.

Объем перевозок  $Q_m$  (показатель 11) и грузооборот  $P_{m.km}$  (показатель 12) за рассматриваемый период фактически являются производительностями  $W_m$ ,  $W_{m.km}$  (показатели 25 и 26), поэтому их можно исключить из дальнейшего рассмотрения, тем более, что производительность также входит в формулу для определения функционального критерия.

Из дальнейшего рассмотрения можно исключить и все абсолютные показатели, поскольку они учтены в относительных (формулы (1) – (15)).

В связи с тем, что функциональный критерий в данном случае является эксплуатационным, определяемым по среднегодовой производительности, а средние показатели 21, 23, 24 определяются в расчете на одну езду или на один автомобиль-день работы, то они здесь являются малоинформационными и также могут быть исключены из дальнейшего рассмотрения.

Таким образом, из общей номенклатуры показателей из дальнейшего рассмотрения исключаются показатели 11, 12, 20, 22, 25, 26 как входящие в формулу для определения функционального критерия; абсолютные показатели 1- 3, 6-10 – как поглощенные относительными показателями 13-19. В результате, из общей номенклатуры показателей для дальнейшего анализа остаются:

- коэффициенты технической готовности и выпуска –  $\alpha_m$ ,  $\alpha_e$  (показатели 13 и 14);

- статический и динамический коэффициенты использования грузоподъемности –  $\gamma_{st}$ ,

- $\gamma_{din}$  (показатели 16 и 17);

- коэффициент использования пробега  $\beta$  (показатель 15);

- техническая и эксплуатационная скорости движения автомобилей –  $V_m$ ,  $V_s$  (показатели 18, 19).

Коэффициент технической

готовности  $\alpha_m$  характеризуется количеством технически исправных автомобилей, годных к эксплуатации, которые, однако, могут простоять по различным организационно-техническим причинам (отсутствие водителей, горюче-смазочных материалов, шин, по вине разрезов, из-за климатических условий). Степень использования технически исправного автопарка характеризуется коэффициентом выпуска  $\alpha_e$ .

Следовательно, в отличие от коэффициента технической готовности  $\alpha_m$  (характеризующего в основном сложившуюся систему технической эксплуатации – методы и качество проведения технического обслуживания и ремонта), коэффициент выпуска  $\alpha_e$  более полно характеризует работу автохозяйства и именно он должен быть принят в качестве первого показателя качества эксплуатации карьерных автосамосвалов.

Статический коэффициент использования грузоподъемности  $\gamma_{st}$  характеризует степень использования номинальной грузоподъемности  $q_n$  автомобиля и зависит от плотности перевозимой горной массы  $\rho_{e.m}$ , геометрической емкости кузова автосамосвала  $E_k$ , соответствия характеристик погружного оборудования и подвижного состава. Использования только статического коэффициента недостаточно для характеристики степени использования грузоподъемности в процессе пробега с грузом, поэтому дополнительно используется динамический коэффициент использования грузоподъемности  $\gamma_{din}$ .

Карьерные автосамосвалы работают на маятниковых маршрутах, причем пробег с грузом, как правило, равен порожнему пробегу, поэтому для них коэффициенты использования грузоподъемности приблизительно равны. С учетом того, что величина коэффициента

использования пробега меньше 0,5, так как учитывает и нулевые пробеги, в качестве второго показателя целесообразно принять динамический коэффициент использования грузоподъемности  $\gamma_{din}$ .

Коэффициент использования пробега  $\beta$  определяет степень использования производительного пробега (пробега с грузом) и его величина определяется, в основном, удаленностью автохозяйства от карьера, поэтому основное влияние на нее оказывают только такие факторы, как сходы автосамосвалов с линии по технической неисправности и их перегоны (по организационно-техническим причинам – смена водителей, заправка горюче-смазочными материалами, техническое обслуживание и ремонт и др.). Важен учет всех этих факторов, поэтому коэффициент  $\beta$  должен быть принят третьим показателем качества эксплуатации.

Техническая скорость  $V_m$  определяется тягово-скоростными и тормозными свойствами автосамосвала (зависящими от его конструктивных особенностей), дорожными условиями, квалификацией водителя, факторами внешней среды и интенсивностью движения на трассе. Эксплуатационная скорость  $V_s$  зависит от тех же факторов и, кроме того, учитывает простой автосамосвалов (под погрузкой-разгрузкой, по организационно-техническим и экономическим причинам), то есть является более информативным показателем, что дает право принять ее в качестве четвертого показателя качества эксплуатации карьерных автосамосвалов.

Таким образом, для оценки качества эксплуатации карьерных автосамосвалов предварительно выбраны:

- коэффициент выпуска  $\alpha_e$ ;
- динамический коэффициент использования грузоподъемности –  $\gamma_{din}$ ;
- коэффициент использования

пробега –  $\beta$ ;

- эксплуатационная скорость  $V_s$ .

Для исключения взаимно определяющих друг друга показателей, несущих одинаковую информацию, дополнительно необходимо провести проверку этих показателей на линейную зависимость. Проверка наличия

корреляции производилась с использованием непараметрических методов по коэффициенту ранговой корреляции Спирмэна [3], который дает достаточно точный результат при малом объеме выборки.

Расчеты показали незначительность связи между всеми предварительно выбранными

для оценки качества эксплуатации показателями, следовательно, все выбранные показатели характеризуют различные стороны эксплуатации карьерных автосамосвалов и могут быть использованы при оценке качества их эксплуатации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солод Г. И. Шахова К. И. Повышение долговечности горных машин. М.: Машиностроение, 1979. 184 с.
2. Инструкция по планированию производственно-хозяйственной деятельности управлений автотранспорта (автобаз) производственных объединений по добыче угля. М.: ЦНИЭИуголь, 1983. 67 с.
3. Гумран В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1998. 479 с.

□ Авторы статей:

Воронов

Юрий Евгеньевич

– докт. техн. наук, проф., зав. каф.  
"Автомобильные перевозки"

Буянкин

Алексей Владимирович

– аспирант каф. "Автомобильные  
перевозки"

**УДК 622.232.8.002.2.**

**Б.И. Коган, Т.А. Лукашенко**

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РОЛИКА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Одной из форм отображения физических свойств технического объекта является динамическая модель. В инженерной практике часто используют графические формы представления математических моделей. Графическое изображение элементов динамической модели отождествляется с их компонентными уравнениями, а соединения элементов соответствуют топологическим уравнениям. Поэтому, динамическую модель можно рассматривать в качестве математической модели технического объекта в графической форме. Структурирование динамической модели и идентификация ее элементов позволяют формализовать процесс составления математической модели технического объекта в инвариантной форме. Для этого удобно использовать графические формы моделей в виде графов и эквивалентных схем. Граф представляет структурную математическую модель системы и отображает ее топологию, а эквивалентная схема – функциональную модель, топологию и компонентный состав, так же как и динамическая модель.

На рис. 1 представлен ролик ленточного конвейера, на рис. 2, а его динамическая модель. Она отображает инерционные, упругие элементы и внешние воздействия. Элементы динамической модели обозначаются на схеме их параметрами с

цифровыми индексами, соответствующими порядковым номерам элементов. Сосредоточенные массы с моментами инерции  $J_i$  отображают инерционные свойства объекта,  $c_j$  – коэффициенты жесткости упругих элементов,  $\omega_i$  – угловые скорости сосредоточенных масс.

Внешние воздействия на систему представлены вращающими моментами  $M_{\text{вк}}$ , причем,  $M_{\text{в1}}$  отображает воздействие двигателя конвейера;  $M_{\text{в2}} \dots M_{\text{в6}}$  – воздействие нагрузок на элементы ролика от веса ролика, силы нормального давления груза и ленты, силы бокового давления груза (для боковых роликов), силы от вертикальных ко-

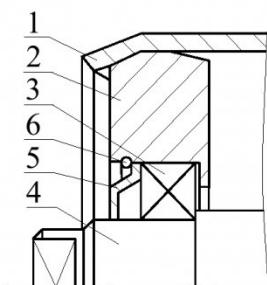


Рис. 1 Ролик ленточного конвейера  
1- обечайка; 2-стакан; 3-подшипник; 4- ось; 5- крышка; 6- стопорное кольцо