

УДК 622.684

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СКОРОСТНОГО ПРОФИЛЯ МАРШРУТА С УЧЕТОМ КОЛИЧЕСТВА ОДНОВРЕМЕННО РАБО- ТАЮЩИХ НА НЕМ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КАРЬЕРНЫХ АВТО- САМОСВАЛОВ

Дадонов М.В., к.т.н., доцент

Дадонов В.М., студент гр. ATc-221, 3 курс

Кузьмич Д.П., студент гр. ATc-221, 3 курс

Петров Е.В., студент гр. ATc-221, 3 курс

Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева г. Кемерово

Современная горнодобывающая промышленность требует инновационных производственных решений. Одним из таких решений является применение беспилотных роботизированных систем при транспортировке горной массы. В составе такой системы могут быть, например, роботизированные автосамосвалы БелАЗ-7558, работающие в комплексе с роботизированным фронтальным погрузчиком БелАЗ-7825D на погрузке и роботизированным бульдозером тяжелого класса ЧЕТРА Т35 или Т40 на отвале.

Одним из преимуществ работы роботов является ритмичность их движения и следование заложенной в них программе на всех этапах транспортного цикла. Это значительно упрощает планирование транспортного процесса в карьере, однако все равно приходится планировать грузооборот по каждому маршруту и принимать решение по количеству одновременно работающих на одном маршруте автосамосвалов.

Как правило, скоростной профиль маршрута для конкретного автосамосвала строится из условий его тяговых возможностей при движении в гору в груженом состоянии и безопасного движения на спусках и поворотах. Кроме того, скорость движения может быть ограничена по условию эксплуатации крупногабаритных и сверхкрупногабаритных шин.

Время движения автосамосвала по маршруту, а также на погрузочных и разгрузочных площадках с учетом времени непосредственно погрузки и разгрузки образует время многократно повторяемого транспортного цикла.

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{дв}} + t_{\text{дв}}^{\text{погр}} + t_{\text{дв}}^{\text{разг}} + t_{\text{погр}} + t_{\text{разг}}, \quad (1)$$

где $T_{\text{ц}}$ – время транспортного цикла карьерного автосамосвала, с; $t_{\text{дв}}$ – время движения по маршруту, с; $t_{\text{дв}}^{\text{погр}}$ – время движения на погрузочной площадке, с; $t_{\text{дв}}^{\text{разг}}$ – время движения на разгрузочной площадке, с; $t_{\text{погр}}$ – время непосредственно погрузки, с; $t_{\text{разг}}$ – время непосредственно разгрузки, с.

Заданный скоростной профиль маршрута и времена транспортного цикла определяют максимально возможное число одновременно работающих автосамосвалов $n_{\text{авт}}^{\text{пред}}$ из условия максимальной эффективности их использования и отсутствия простоев в ожидании погрузки.

$$n_{\text{авт}}^{\text{пред}} = \frac{T_{\text{ц}} - t_{\text{погр}}}{t_{\text{дв}}^{\text{погр}} + t_{\text{погр}}}. \quad (2)$$

В том случае, когда число одновременно работающих автосамосвалов на маршруте больше предельного для заданных условий необходимо для сохранения ритмичности и безопасности работы роботизированного комплекса:

- либо уменьшить время нахождения автосамосвала на погрузочной площадке, например за счет оптимизации процессов погрузки и маневрирования под погрузку;
- либо увеличить продолжительность транспортного цикла, за счет равномерного снижения скоростей движения автосамосвалов по маршруту.

Тогда минимальное время движения по маршруту

$$t_{\text{дв}}^{\text{мин}} = n_{\text{авт}}(t_{\text{дв}}^{\text{погр}} + t_{\text{погр}}) - t_{\text{дв}}^{\text{погр}} - t_{\text{дв}}^{\text{разг}} - t_{\text{разг}}, \quad (3)$$

где $n_{\text{авт}}$ – число одновременно работающих на маршруте автосамосвалов.

Коэффициент корректировки скоростей движения одновременно работающих на маршруте автосамосвалов из условия отсутствия времени ожидания погрузки

$$K_V = \frac{t_{\text{дв}}}{t_{\text{дв}}^{\text{мин}}}. \quad (4)$$

Скорректированные скорости движения по характерным участкам маршрута определяются как произведение данного коэффициента на значения принятых ранее скоростей.

$$V_i^{\text{скор}} = K_V V_i^{\text{прин}}. \quad (5)$$

В соответствии с полученным скоростным профилем и в зависимости от количества работающих на маршруте автосамосвалов можно определить общее количество рейсов $N_{\text{рейс}}^{\text{общ}}$ за заданный период времени $T_{\text{зад}}$, например за смену или сутки непрерывной работы.

$$N_{\text{рейс}}^{\text{общ}} = \frac{T_{\text{зад}} n_{\text{авт}} - (t_{\text{дв}}^{\text{погр}} + t_{\text{погр}})(n_{\text{авт}} - 1)}{T_{\text{ц}}}. \quad (6)$$

В этом случае, общее время ожидания погрузки $T_{ож}^{общ}$ формируется в начале рабочего периода, и зависит, в большей степени, от количества работающих на маршруте автосамосвалов (форм. 7, рис. 1).

$$T_{ож}^{общ} = (t_{дв}^{\text{погр}} + t_{погр})(n_{авт} - 1). \quad (7)$$

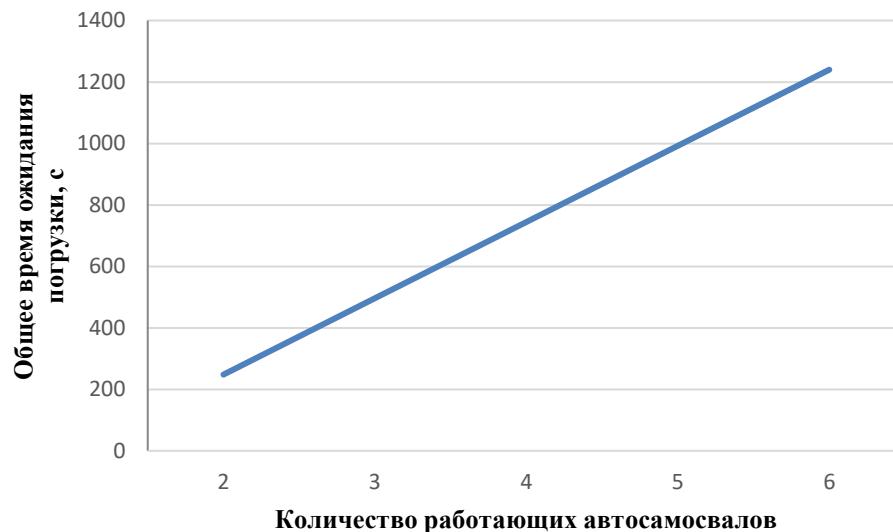


Рис. 1 Зависимость общего времени ожидания погрузки за 24 часа работы от количества одновременно работающих автосамосвалов

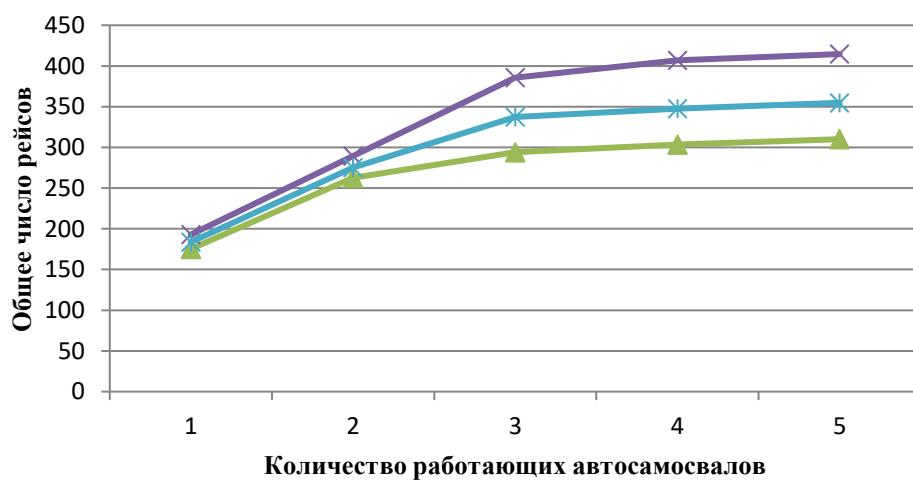


Рис. 2 Зависимость общего числа рейсов за 24 часа работы от количества одновременно работающих автосамосвалов при разном времени простоя под погрузкой и разгрузкой

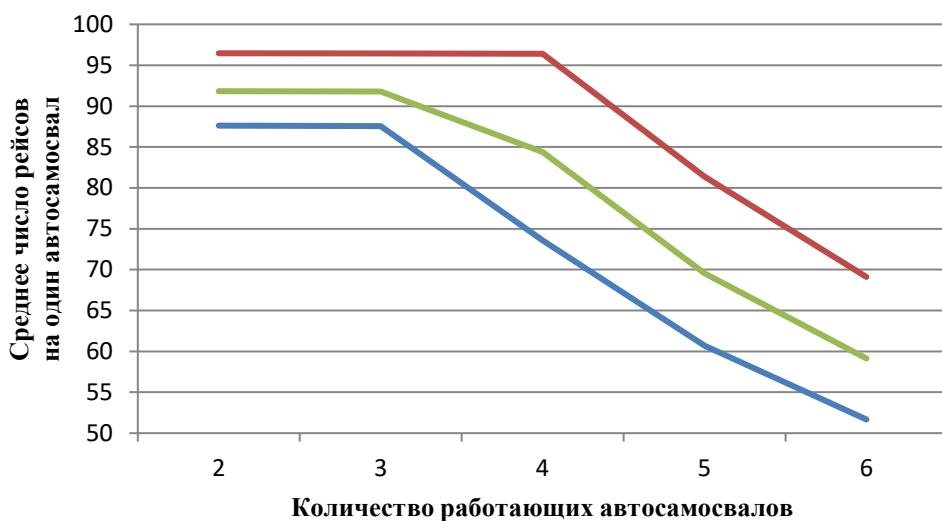


Рис. 3 Зависимость среднего числа рейсов на один автосамосвал за 24 часа работы от количества одновременно работающих автосамосвалов при разном времени простоев под погрузкой и разгрузкой

Анализ полученных зависимостей (см. рис. 2, 3) показывает, что введение в работу на маршруте автосамосвалов в количестве свыше $n_{авт}^{пред}$ позволяет повысить производительность маршрута, однако при этом происходит значительное снижение эффективности использования и производительности отдельных автосамосвалов.

Список литературы:

1. К вопросу применения принципов бережливого производства в процессе эксплуатации карьерных автосамосвалов на угольных разрезах / А. В. Кудреватых, М. В. Дадонов, А. С. Ащеулов, Н. В. Кудреватых // Уголь. – 2024. – № 1(1176). – С. 64-69. – DOI 10.18796/0041-5790-2024-1-64-69.
2. Внедрение принципов и методов бережливого производства в организации технического обслуживания автомобилей / А. В. Кудреватых, М. В. Дадонов, А. С. Ащеулов [и др.] // Производственные системы будущего: опыт внедрения Lean и экологических решений : Материалы II международной научно-практической конференции, Кемерово, 06–07 апреля 2023 года / Под редакцией Т.В. Галаниной, М.И. Баумгартэна. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2023. – С. 534.1-534.5.
3. Дадонов, М. В. Анализ условий обслуживания автосамосвалов БЕЛАЗ-7555 и БЕЛАЗ-75131, эксплуатируемых ООО "РАЗРЕЗ БЕРЕЗОВСКИЙ" Г.ПРОКОПЬЕВСК / М. В. Дадонов, С. А. Журавлев // Россия молодая : Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 20–23 апреля 2021 года / Редколлегия: К.С. Костиков (отв. ред.) [и др.]. –

Кемерово: Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, 2021. – С. 523141-523144.