

УДК 622.23.05

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ РАЗРЕЗОВ КУЗБАССА ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА БЕСПИЛОТНЫЙ АВТОТРАНСПОРТ

Воронов А. Ю., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ЭА
Воронов Ю. Е., д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры ЭА
Наумов С. Е., студент гр. АПб-201, IV курс
Фомина М. А., студент гр. АПб-201, IV курс
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово

Замена автотранспортных парков ЭАК разрезов Кузбасса на беспилотные автомобили, как ожидается, будет сопровождаться изменением показателей их работы. Оценка изменений производится по отчетам о работе действующих ЭАК разрезов УК «Кузбассразрезуголь».

При оценке показателей работы роботизированных ЭАК учитываются следующие данные по результатам работы роботизированных ЭАК [1]: беспилотные самосвалы до 20% производительнее, чем обычные [2]; так как беспилотные самосвалы при работе практически не простаивают и работают в среднем на 2,5 часа дольше обычных вплоть до работы без остановок в течение рабочей смены (суток) [3], коэффициент их использования составляет не менее 0,9.

Отчеты о работе ЭАК с применением беспилотных самосвалов вместо обычных получены путем пересчета приведенных факторов для фактических данных о работе действующих ЭАК разрезов УК «Кузбассразрезуголь».

Сравнительный отчет о работе действующих и потенциальных роботизированных ЭАК разрезов УК «Кузбассразрезуголь» в целом приведен в таблице в работе [4].

В этой таблице коэффициент эксплуатационной производительности $k_{\text{ЭАК}}$ и функциональный критерий λ определены зависимостями:

$$k_{\text{ЭАК}} = 1 - \frac{t_{\text{пр}}^{\text{э}} + t_{\text{пр}}^{\text{с}}}{T_{\text{см}}(N_{\text{э}} + N_{\text{с}})};$$
$$\lambda = \frac{N_{\text{с}}}{\frac{N_{\text{э}}}{t_{\text{п}}^{\text{э}}} \cdot t_{\text{р}} \cdot k_{\text{ЭАК}}},$$

где $N_{\text{э}}, N_{\text{с}}$ – число экскаваторов и самосвалов в ЭАК; $t_{\text{пр}}^{\text{э}}, t_{\text{пр}}^{\text{с}}$ – суммарные простои парков экскаваторов и самосвалов в ЭАК в течение смены (суток), мин; $t_{\text{п}}^{\text{э}}$ – время, затрачиваемое экскаваторами для погрузки всех самосвалов в

течение смены (суток), мин; t_p – средневзвешенная продолжительность рейса самосвала, мин; $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены (суток), мин.

Общие внутрисменные простои техники определены как сумма общих простоев экскаваторов и самосвалов (мин), то есть

$$t_{пр}^T = t_{пр}^э + t_{пр}^с.$$

Продолжительность рабочей смены (суток), $T_{см}$, определяется как время рейса каждого самосвала с учетом простоев техники, $(t_p + t_{пр}^T)$, выраженное в часах.

Исходя из приведенных выше последствий автоматизации самосвалов, продолжительность рабочей смены (суток) $T_{см}$ увеличивалась до максимально возможной, но не более чем на 2,5 часа превышающей фактическую. В результате продолжительность рабочей смены (суток) $T_{см}$ может быть увеличена: разрез «Кедровский» – 0,6 часа (с 20,2 до 20,8 часов; на 3%); разрез «Моховский» – 1,9 часа (с 20,1 до 22,0 часов; на 9,5%); разрез «Бачатский» – 1,9 часа (с 20,0 до 21,9 часов; на 9,5%); разрез «Краснобродский» – 2,3 часа (с 20,9 до 23,2 часа; на 11,0%); разрез «Талдинский» – 2,5 часа (с 18,6 до 21,1 часов; на 13,4%); разрез «Калтанский» – 2,5 часа (с 19,7 до 22,2 часа; на 12,7%); в целом по УК «Кузбассразрезуголь» – 2,3 часа (с 19,7 до 22,0 часов; на **11,7%**).

Соответственно может быть увеличено количество рейсов, выполняемых беспилотными автосамосвалами в течение рабочей смены (суток). Увеличение числа рейсов составило соответственно: разрез «Кедровский» – на 213 рейсов, разрез «Моховский» – на 326 рейсов, разрез «Бачатский» – на 367 рейсов, разрез «Талдинский» – на 674 рейса (все на 16,7%); разрез «Калтанский» – на 186 рейсов (на 13,0%); разрез «Краснобродский» – на 457 рейсов (на 11,5%); в целом по УК «Кузбассразрезуголь» – на 2223 рейса (на **15,0%**).

Такие показатели как расстояние транспортирования $L_{тр}$, время погрузки самосвалов экскаваторами $t_{п}^э$, время груженого $t_{гр}$ и порожнего $t_{пор}$ пробега самосвалов и время разгрузки $t_{разгр}$ в расчете на один рейс при автоматизации остаются без изменений.

Поскольку предполагается, что простои самосвалов у экскаваторов в ожидании погрузки отсутствуют, частично уменьшится продолжительность рейса самосвала t_p : на разрезе «Кедровский» – с 30,8 до 27,5 мин (на 10,7%); на разрезе «Моховский» – с 17,7 до 17,5 мин (на 1,1%); на разрезе «Бачатский» – с 39,9 до 38,6 мин (на 3,3%); на разрезе «Красногорский» – с 31,9 до 31,7 мин (на 0,6%); на разрезе «Талдинский» – с 28,2 до 27,2 мин (на 3,7%); на разрезе «Калтанский» – не изменяется (0%); в целом для УК «Кузбассразрезуголь» – с 29,5 до 28,8 мин (на **2,4%**).

Практически не изменяются простои экскаваторов $t_{пр}^э$. Исключение составил разрез «Моховский», для которого эти простои уменьшились заметно (на 46%) из-за существенного сокращения простоев самосвалов, и потребности экскаваторам работать больше в пределах рабочей смены (суток) заданной продолжительности.

Значительно сокращаются простои самосвалов $t_{\text{пр}}^c$ и, за счет этого, общие внутрисменные простои техники $t_{\text{пр}}^T$: разрез «Кедровский» – соответственно с 1,1 до 1,0 часа и с 2,6 до 2,5 часа на один самосвал (на 9,1 и 3,8%); разрез «Моховский» – с 0,6 до 0,33 часа и с 2,9 до 1,6 часа (на 46,0 и 44,8%); разрез «Бачатский» – с 1,4 до 0,5 часа и с 1,8 до 0,7 часа (на 64,3 и 61,1%); разрез «Краснобродский» – с 0,35 до 0,2 часа и на 0,75 до 0,65 часа (на 35,7 и 16,4%); разрез «Талдинский» – с 0,5 до 0,3 часа и на 1,2 до 0,9 часа (на 40,0 и 25,0%); разрез «Калтанский» – с 0,25 до 0,2 часа и на 1,0 до 0,9 часа (на 22,5 и 4,4%); УК «Кузбассразрезуголь» – с 0,7 до 0,35 часа и с 1,4 до 1,0 часа (на **50,0** и **28,6%**).

В результате увеличился коэффициент эксплуатационной производительности $k_{\text{ЭАК}}$: для разреза «Кедровский» – с 0,888 до 0,905 (на 1,0%); для разреза «Моховский» – с 0,894 до 0,947 (на 5,6%); для разреза «Бачатский» – с 0,922 до 0,970 (на 4,9%); для разреза «Краснобродский» – с 0,968 до 0,976 (на 0,1%); для разреза «Талдинский» – с 0,946 до 0,962 (на 1,7%); для разреза «Калтанский» – с 0,964 до 0,967 (на 0,3%); в целом по УК «Кузбассразрезуголь» – с 0,939 до 0,961 (на **2,3%**).

Изменяется также значение функционального критерия λ , причем как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. Он уменьшился у разрезов «Кедровский» – с 0,597 до 0,580 (на 2,9%), «Моховский» – с 0,653 до 0,624 (на 4,6%), «Бачатский» – с 0,500 до 0,497 (на 0,6%), «Краснобродский» – с 0,682 до 0,676 (на 0,8%); увеличился – у разрезов «Талдинский» – с 0,704 до 0,718 (на 2,0%) и «Калтанский» – с 0,410 до 0,417 (на 1,7%). Для УК «Кузбассразрезуголь» в целом функциональный критерий λ уменьшается с 0,591 до 0,587 (на **0,7%**).

Производительность ЭАК определяется по следующей формуле (тыс. м³/смену):

$$P_{\text{ЭАК}} = P^3 \cdot N_{\text{э}} \cdot T_{\text{см}} \cdot k_{\text{ЭАК}},$$

где P^3 – показатель производительности экскаваторного парка ЭАК, м³/мин. Показатель P^3 определен в работе [5], и его величина при переходе к роботизированным ЭАК не изменяется.

Результаты расчета $P_{\text{ЭАК}}$ приведены в таблице.

Таблица – Результаты расчета производительности ЭАК

Разрезы	P^3	$N_{\text{э}}$	$T_{\text{см}}$, мин	$k_{\text{ЭАК}}$	$P_{\text{ЭАК}}$	$\pm, \%$
Кедровский	40,32	8	1213/1248	0,888/0,905	347,4/364,3	+4,9
Моховский	21,14	10	1208/1320	0,894/0,947	228,3/264,3	+15,8
Бачатский	64,19	9	1198/1314	0,922/0,970	638,1/736,3	+15,4
Краснобродский	45,24	12	1253/1392	0,968/0,976	658,5/737,6	+12,0
Талдинский	50,18	14	1115/1266	0,946/0,962	741,0/855,6	+15,5
Калтанский	29,20	10	1182/1332	0,964/0,967	332,7/376,1	+13,0
УК «Кузбассразрезуголь»	44,21	63	1181/1318	0,939/0,961	3088,7/3527,8	+14,2

В таблице: в числителе – показатели действующих, в знаменателе – роботизированных ЭАК.

Таким образом, применение роботизированных ЭАК вместо обычных приводит к повышению их производительности от 4,9% для разреза «Кедровский» до 15,8% – для разреза «Моховский», составляя в среднем для УК «Кузбассразрезуголь» **14,2%**, что в целом соответствует данным, полученным другими авторами, например, [2].

Таким образом, произведенные расчеты показывают, что указанные изменения технико-эксплуатационных показателей работы при использовании в составе автотранспортных парков ЭАК разрезов Кузбасса беспилотных автосамосвалов однозначно приведут к повышению качества их функционирования, главным образом, за счет существенного сокращения простоев самосвалов, увеличения продолжительности рабочей смены (суток), количества выполненных рейсов, и, как следствие, повышения производительности ЭАК.

Список литературы

1. Воронов, А. Ю. Современное состояние и перспективы развития роботизированных грузоперевозок на карьерах / А. Ю. Воронов, Ю. Е. Воронов // Горное оборудование и электромеханика. – 2019. – № 6(146). – С. 16-24.
2. Соколов, И. А. Цифровая экономика Западной Австралии – умные горнорудные и нефтегазовые предприятия, железные дороги, морские порты и формализованные онтологии / И. А. Соколов, А. С. Мишарин, В. П. Куприяновский, О. Н. Покусаев, О. Н. Ларин // International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Vol. 6, № 6. – С. 44-62.
3. Кучумова А. Без человека в кабине // Добывающая промышленность. – 2019. – № 2(14). – С. 92-98.
4. Воронов, Ю. Е. Сравнительная оценка качества функционирования действующих и роботизированных экскаваторно-автомобильных комплексов разрезов / Ю. Е. Воронов, А. Ю. Воронов, Д. М. Дубинкин, О. С. Максимова // Уголь. – 2023. – № 11(1173). – С. 65-71.
5. Воронов, Ан. Ю. Оценка качества работы экскаваторно-автомобильных комплексов разрезов Кузбасса / Ан. Ю. Воронов, А. А. Хорешок, Ю. Е. Воронов, А. В. Буянкин, Ар. Ю. Воронов // Горное оборудование и электромеханика. – 2020. – № 2(148). – С. 19-26.