

УДК 622.684:629.114

А.Г. Журавлев

**ОЦЕНКА ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ КАРЬЕРНОГО АВТОСАМОСВАЛА
С КОМБИНИРОВАННОЙ ЭНЕРГОСИЛОВОЙ
УСТАНОВКОЙ**

Семинар № 20

По мере неизбежного увеличения глубины карьеров ужесточаются требования к техническим характеристикам карьерных автосамосвалов. К основным направлениям их совершенствования с точки зрения технологии горного производства, в частности, можно отнести следующие:

- повышение преодолеваемого уклона, при обеспечении достаточного уровня безопасности;
- повышение скорости движения в грузовом направлении;
- снижение выброса вредных веществ с отработавшими газами;
- повышение грузоподъемности и др.;

Перечисленным выше требованиям отвечают карьерные автосамосвалы с комбинированной энергосиловой установкой (КЭУ) [1]. Такой самосвал в качестве силовой установки имеет комбинацию: газотурбинный двигатель (ГТД) – аккумулятор энергии (АЭ). Особенность работы КЭУ заключается в остановке двигателя внутреннего сгорания при спуске автосамосвала в карьер и привод электротрансмиссии от тягового аккумулятора энергии, заряжаемого энергией, рекуперированной на спуске [2].

Одним из основных вопросов при обосновании эффективности применения автосамосвалов с КЭУ является оценка расхода топлива и определение

области работы по предложенному алгоритму в зависимости от горно-технических условий.

С этой целью были проведены исследования и установлены зависимости расхода топлива от горно-технических факторов: высоты подъема горной массы и плеча откатки.

Расход топлива автосамосвалом с КЭУ зависит от режима работы КЭУ: заряжается ли АЭ при спуске в карьер полностью или необходима его подзарядка от ГТД, либо горно-технические условия не обеспечивают возможность движения автосамосвала без привода от ГТД (табл. 1).

При выводе условий ограничения горно-технических условий исходим из условия условиям равенства рекуперированной на спуске энергии и потребляемой на спуске энергии, в том числе вспомогательным оборудованием, а также затрачиваемой при маневрировании, ожидании погрузки и погрузке. При этом данная граница определяет переход от работы КЭУ по задаваемому циклу с полной рекуперацией энергии к частичному подзаряду АЭ от ГТД в процессе движения с грузом.

Оценку выделяемой при спуске энергии можно провести по экспериментальным данным, полученным специалистами ИГД УрО РАН для карьерных автосамосвалов БелАЗ-7519 [3]. На

Таблица 1

Основные возможные режимы работы КЭУ

№ п/п	Наименование	АЭ	ГТД
1	С полной рекуперацией	Полностью заряжается на спуске за счет рекуперации энергии	Работает только в грузовом направлении. Нагрузкой является только трансмиссия и вспомогательное оборудование автосамосвала
2	С частичной рекуперацией	Не полностью заряжается на спуске. Дополнительная подзарядка производится от ГТД.	Работает только в грузовом направлении. Нагрузкой являются, электротрансмиссия, вспомогательное оборудование и тяговый аккумулятор энергии
3	Безрекуперативный	Частично незначительно подзаряжается при торможении и на спуске	Работает на протяжении всего транспортного цикла

основании имеющихся значений можно вывести уравнение зависимости количества выделяемой при спуске энергии от длины участка и уклона автодороги.

Устанавливаем графическим путем, что зависимость мощности электродинамического торможения от скорости автосамосвала (v) при постоянном уклоне (i) так же, как и от уклона (i) при постоянной скорости (v) имеет линейный характер. При этом на графике прямая мощности $N(v)$ пересекает оси координат в точке 0, а прямая зависимости $N(i)$ имеет смещение в область меньших значений мощности N , что объясняется наличием сопротивления движению (в данном случае, сопротивление качению) и КПД механизмов и машин автосамосвала.

На основе вышеуказанного можем записать уравнения зависимостей:

$$N^v = K^v \cdot v \quad (1)$$

$$N^i = K^i \cdot i + B^i \quad (2)$$

где N^v - зависимость мощности, выделяемой на тормозных резисторах в режиме динамического торможения автосамосвала, от скорости при постоянном значении уклона автодороги; N^i - зависимость мощности, выделяемой на тормозных резисторах в режиме динамиче-

ского торможения автосамосвала от уклона дороги при постоянном значении скорости движения автосамосвала; K^v , K^i - коэффициенты влияния соответственно скорости и уклона.

В этих уравнениях $K^v = f(i)$ и $K^i = f(v)$.

Поскольку N пропорциональна v , а следовательно и зависимость $N(i)$ в любой точке также будет пропорциональна v , и учитывая, что $N(v=0) = 0$, можно коэффициенты в уравнении (2) записать пропорциональными скорости (v) и уравнение примет вид:

$$N(i, v) = [(k^v \cdot v)k^i] + (k^v \cdot v)b^i \quad (3)$$

где $k^v \cdot v \cdot k^i = K^i$ и $k^v \cdot v \cdot b^i = B^i$

Принимая

$$k^v k^i = k \text{ и } k^v b^i = b \quad (4)$$

получим

$$N(i, v) = k \cdot v \cdot i + b \quad (5)$$

Найдем коэффициенты в уравнении (4), используя значения табл. 2. Для этого, используя линейность зависимостей $N(i)$ и $N(v)$, будем искать коэффициенты K^i и B^i для конкретной скорости, а затем из выражений (4) определять k и b . Выразим коэффициенты K^i и B^i в общем виде:

Таблица 2
Мощность тягового электродвигателя в тормозном режиме при движении под уклон порожнего автомобиля

Продольный уклон автодороги, %	Скорость автосамосвала, км/ч									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
4	11	22	33	44	55	67	77	89	100	111
6	22	45	67	89	111	135	156	178	201	227
8	33	66	99	133	166	201	232	265	298	332
10	45	89	133	179	223	270	312	356	401	446
12	56	111	166	223	278	336	389	444	505	557

$$\begin{cases} N_1 = K^i \cdot i_1 + B^i \\ N_2 = K^i \cdot i_2 + B^i \end{cases}$$

Вычитая из первого уравнения системы второе получим:

$$N_1 - N_2 = K^i (i_1 - i_2)$$

Далее можно записать

$$\begin{cases} K^i = \frac{N_1 - N_2}{i_1 - i_2} \\ B^i = N_2 - K^i \cdot i_2 \end{cases}$$

Проведем расчет для всех возможных сочетаний точек табл. 2 и найдем математическое ожидание коэффициентов k и b , принимая их случайными величинами, подчиняющимися нормальному закону распределения.

В итоге получена зависимость вида

$$N_e = 1,116 \cdot i \cdot v - 2,258 \cdot v, \text{ кВт}, \quad (6)$$

где i – уклон, %; v – скорость, км/ч.

Проверка показала сходимость расчетных данных с экспериментальными 99 %.

Энергию, выделяемую при непрерывном движении автосамосвала с постоянной скоростью по участку с постоянным уклоном, определим следующим образом

$$\begin{aligned} W &= N \cdot t = (1,116 \cdot i \cdot v - 2,258 \cdot v) \cdot t = \\ &= (1,116 \cdot i \cdot \frac{L}{t} - 2,258 \cdot \frac{L}{t}) \cdot t = \\ &= 1,116 \cdot i \cdot L - 2,258 \cdot L \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \end{aligned} \quad (7)$$

где L – длина участка, км; t – время прохождения участка, ч.

Приводя полученное выражение к МДж получим

$$W_{\text{зар}} = 4,018 \cdot i \cdot L - 8,129 \cdot L, \text{ МДж}. \quad (8)$$

Энергия, необходимая при движении на спуск, ожидание погрузки, маневрирование, погрузку можно оценить по следующему выражению:

$$\begin{aligned} W_{\text{треб}} &= A_{\text{гор}} / (\eta_{\text{АЭ}} \eta_{\text{ТД}} \eta_{\text{Р}}) + A_{\text{в.о.}} / (\eta_{\text{АЭ}} v_{\text{гор}}) = \\ &= \sum \frac{F_k L_{\text{гор}}}{\eta_{\text{АЭ}} \eta_{\text{ТД}} \eta_{\text{Р}}} + \sum \frac{3,6 N_{\text{в.о.}} L_{\text{гор}}}{\eta_{\text{АЭ}} v_{\text{гор}}}, \text{ МДж} \end{aligned} \quad (9)$$

где $A_{\text{гор}}$, $A_{\text{в.о.}}$ – работа соответственно по передвижению автосамосвала на горизонтальных участках и по приводу вспомогательного оборудования автосамосвала; F_k – сила тяги на колесах автосамосвала, кН; L , $L_{\text{гор}}$ – длина соответственного общая спуска и горизонтальных участков трассы на спуске, км; $N_{\text{в.о.}}$ – средняя суммарная мощность вспомогательного оборудования, работающего при движении автосамосвала, кВт; $v_{\text{гор}}$ – скорость автосамосвала на горизонтальных участках, км/ч; $\eta_{\text{АЭ}}$, $\eta_{\text{ТД}}$, $\eta_{\text{Р}}$ – коэффициенты полезного действия соответственно аккумулятора энергии, тягового электродвигателя, редуктора мотор-колеса.

Отметим, что энергия, потребляемая вспомогательным оборудованием на участках спуска, не учитывается в вы-

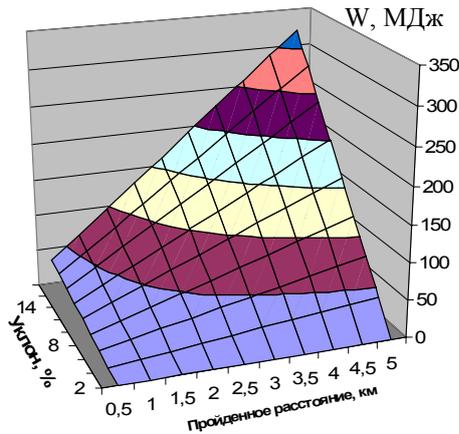


Рис. 1. Зависимость выделяемой автосамосвалом БелАЗ-7519 на спуске энергии от уклона и протяженности спуска

ражении (9), поскольку учтена в эмпирической зависимости (8).

Выразив силу тяги на колесах, пренебрегая сопротивлением воздушной среды, просуммировав энергию по участкам и введя в уравнения коэффициент горизонтальных участков, равный отношению суммарной длины горизонтальных участков в общей протяженности спуска получим выражение:

$$W_{\text{треб}} = \left[\frac{G_a g \omega_o}{\eta_{AЭ} \eta_{ТД} \eta_P} + \frac{3,6 N_{в.о.}}{\eta_{AЭ} V_{гор}} \right] L k_{гор}, \text{ МДж}, \quad (10)$$

где G_a – снаряженный вес автосамосвала, кН; g – ускорение свободного падения, $g=9,81 \text{ м/с}^2$; ω_o – сопротивление качению колес автосамосвала; $k_{гор}$ – коэффициент горизонтальных участков.

И, соответственно, для выделяемой на спуске энергии выражение при выведении из под знака суммы примет вид

$$\begin{aligned} W_{\text{зар}} &= \sum (4,018 i_{\text{уч}} L_{\text{сп}} - 8,129 L_{\text{сп}}) = \\ &= 0,4018 H_k - 8,129 L (1 - k_{гор}) = \\ &= 4,018 i_{\text{ср.в.}} L - 8,129 L (1 - k_{гор}), \text{ МДж} \end{aligned} \quad (11)$$

где H_k – высота подъема горной массы (в пределе – глубина карьера), м, $0,1 \cdot H_k [M] = i_{\text{ср.в.}} [\%] \cdot L [KM]$;

$i_{\text{уч}}$ – уклон на отдельных участках спуска, %; $i_{\text{ср.в.}}$ – средневзвешенный уклон автоторог, %.

Записываем выражение, определяющее превышение выделяемой и потребляемой энергии во время порожнего спуска

$$\begin{aligned} 0,402 H_k - 8,129 L (1 - k_{гор}) &\geq \\ &\geq \left[\frac{G_a g \omega_o}{\eta_{AЭ} \eta_{ТД} \eta_P} + \frac{3,6 N_{в.о.}}{\eta_{AЭ} V_{гор}} \right] L k_{гор} \end{aligned} \quad (12)$$

Преобразуя выражение и учитывая, что

$$\begin{aligned} H_k &\geq \left[(2,489 \frac{G_a g \omega_o}{\eta_{AЭ} \eta_{ТД} \eta_P} + \right. \\ &+ 8,96 \frac{N_{в.о.}}{\eta_{AЭ} V_{гор}} - 20,231) k_{гор} + \\ &+ 20,231 \left. \right] L, \text{ м} \end{aligned} \quad (13)$$

Аналогично, выражая средневзвешенный уклон, получим

$$\begin{aligned} i_{\text{ср.в.}} &\geq \left(0,249 \frac{G_a g \omega_o}{\eta_{AЭ} \eta_{ТД} \eta_P} + \right. \\ &+ 0,896 \frac{N_{в.о.}}{\eta_{AЭ} V_{гор}} - 2,023 \left. \right) k_{гор} + 2,023, \% \end{aligned} \quad (14)$$

Графики зависимостей (13) и (14) приведены на рис. 2.

На основании выражения (13) ограничиваем область горно-технических условий, в которых автосамосвал

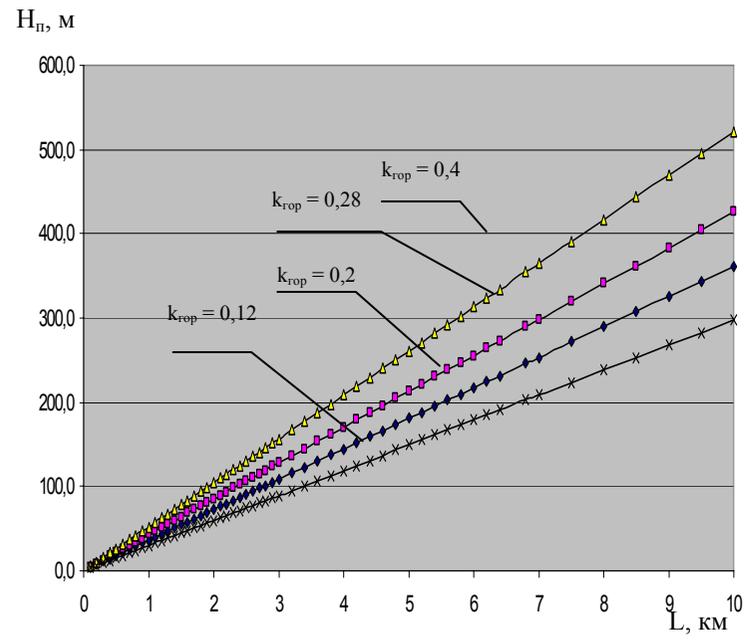
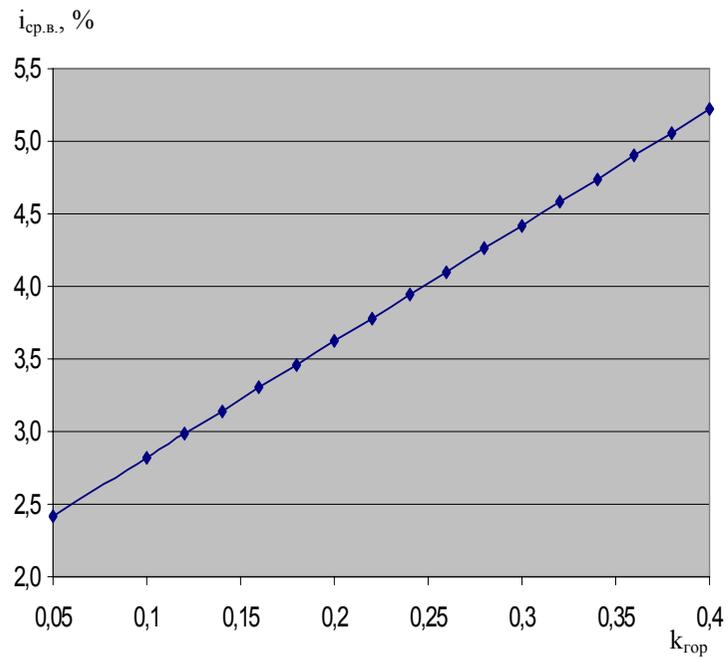


Рис. 2. График зависимости предельного минимального средневзвешенного уклона автодорог и минимальной высоты подъема горной массы карьерным автосамосвалом с КЭУ от доли горизонтальных участков в общем расстоянии транспортирования и плеча откатки

с КЭУ работает по наиболее экономичному циклу (количество энергии, выделяемой при спуске автосамосвала достаточно для тягового режима в порожнем направлении и привода вспомогательного оборудования).

В этих условиях расход топлива за транспортный цикл можно оценить по следующему выражению

$$Q_{\text{ц}} = Q_{\text{подъем}} + Q_{\text{гор}} + Q_{\text{ман.}} + Q_{\text{разгр}} \quad (15)$$

где $Q_{\text{подъем}}$ – расход топлива автосамосвалом при движении на участках подъема, л; $Q_{\text{гор}}$ – расход топлива на горизонтальных участках в грузовом направлении, л; $Q_{\text{ман.}}$ – расход топлива при маневрировании на участке разгрузки, м; $Q_{\text{разгр}}$ – расход топлива при разгрузке.

Для расчета расхода топлива в зависимости от горно-технических факторов воспользуемся известным выражением [3, 4, 5]:

$$Q = \frac{g_e(N) \cdot N_{\text{уч}} \cdot t}{\gamma \eta_{\text{тр}}} = \frac{g_e(N) \cdot F_{\text{к}}}{3600 \gamma \eta_{\text{тр}}} \cdot L_{\text{уч}} = \frac{g_e(N) \cdot [(G_a + q)(\omega_0 + i_{\text{уч}})]}{3600 \gamma \eta_{\text{тр}}} L_{\text{уч}}, \text{ л} \quad (16)$$

где $g_e(N)$ – удельный эффективный расход топлива ГТД при мощности N , г/(кВт·ч); $N_{\text{уч}}$ – средняя мощность, развиваемая двигателем на участке пути, кВт; t – время прохождения участка (работы при мощности N), с; γ – удельная масса топлива, г/л, $\gamma=830$ г/л; $\eta_{\text{тр}}$ – коэффициент полезного действия трансмиссии; q – грузоподъемность автосамосвала, т.

Подставим выражение (16) в соответствующей форме в (15), преобразуем его, учитывая, что необходимо суммирование расхода топлива по участкам, в результате получим

$$Q_{\text{ц}} = \frac{g_{eN}(G_a + q)g\omega_0 L(1 - k_{\text{гор}})}{3,6\gamma\eta_{\text{тр}}} +$$

$$+ \frac{0,001 g_{eN}(G_a + q)gH_{\text{п}}(1 - k_{\text{гор}})}{3,6\gamma\eta_{\text{тр}}} + \frac{g_e(N)(G_a + q)g\omega_0 L k_{\text{гор}}}{3,6\gamma\eta_{\text{тр}}} + \frac{g_e(N)N_{\text{ман}} t_{\text{ман}}}{3600\gamma\eta_{\text{тр}}} + \frac{g_e(N)N_{\text{разгр}} t_{\text{разгр}}}{3600\gamma\eta_{\text{перед.разгр}}}, \text{ л}, \quad (17)$$

где g_{eN} – номинальный удельный эффективный расход топлива ГТД, г/(кВт·ч); $g_e(N)$ – удельный эффективный расход топлива ГТД при мощности N , г/(кВт·ч); $H_{\text{п}}$ – высота подъема горной массы автосамосвалом, м; $\eta_{\text{тр}}$, $\eta_{\text{перед.разгр}}$ – коэффициент полезного действия соответственно, трансмиссии и привода опрокидывающего механизма; $t_{\text{ман}}$, $t_{\text{разгр}}$ – время соответственно маневрирования при постановке на разгрузку и время разгрузки, с.

В условиях, когда средневзвешенный уклон ниже (), автосамосвал с КЭУ работает в режиме восполнения недостающей для порожнего направления энергии при движении в грузовом направлении от ГТД.

В этом случае полагаем, что ГТД работает в номинальном режиме во время движения на подъем, принимаем, что на горизонтальных участках используется 50 % мощности двигателя, расходуемой на движение и подзаряд АЭ, во время маневрирования на участке разгрузки и разгрузке ГТД развивает мощность, необходимую для этих операций. Тогда расход топлива за цикл

$$Q_{\text{ц}} = g_{eN} \left[\frac{(G_a + q)g\omega_0 L(1 - k_{\text{гор}})}{3,6\gamma\eta_{\text{тр}}} + \frac{0,001 (G_a + q)gH_{\text{п}}(1 - k_{\text{гор}})}{3,6\gamma\eta_{\text{тр}}} \right] + \frac{g_{e0,5} N_{e0,5} L \cdot k_{\text{гор}}}{V_{\text{гор.гр}} \gamma} + \frac{g_e(N)N_{\text{ман}} t_{\text{ман}}}{3600 \gamma \eta_{\text{тр}}} + \frac{g_e(N)N_{\text{разгр}} t_{\text{разгр}}}{3600 \gamma \eta_{\text{перед.разгр}}}, \text{ л}, \quad (18)$$

где $v_{гор,гр}$ – скорость на горизонтальных участках в грузовом направлении, км/ч; N_{eN} – номинальная мощность ГТД, кВт; $N_{e0,5}$ – 50-процентная мощность ГТД при движении по горизонтальным участкам в грузовом направлении, кВт; $g_{e0,5}$ – удельный эффективный расход топлива при 50-процентной мощности ГТД, кВт.

В условиях, когда средневзвешенный уклон ниже 2 %, не обеспечивается должного заряда аккумулятора энергии и автосамосвал движется при постоянно работающем ГТД на всем протяжении транспортного цикла. В этом случае в расходе топлива необходимо учесть работу ГТД в порожнем направлении: на спуске – холостой ход, на горизонтальных участках – тяговый электропривод работает от ГТД. В этом случае

$$Q_{ц} = \frac{g_{eN}(G_a + q)g\omega_0 L(1 - k_{гор})}{3,6\gamma\eta_{тр}} + \frac{0,001 g_{eN}(G_a + q)gH_n(1 - k_{гор})}{3,6\gamma\eta_{тр}} + \frac{g_e(N)(G_a + q)g\omega_0 Lk_{гор}}{3,6\gamma\eta_{тр}} + \frac{g_e(N)N_{ман} t_{ман}}{3600 \gamma\eta_{тр}} + \frac{g_e(N)N_{разгр} t_{разгр}}{3600 \gamma\eta_{передразгр}} + \frac{Q_{ч,хх} L(1 - k_{гор})}{\gamma v_{пор}} + \frac{g_e(N)G_a g\omega_0 Lk_{гор}}{3,6\gamma\eta_{тр}}, \text{ л}, \quad (19)$$

где $Q_{ч,хх}$ – часовой расход топлива газотурбинным двигателем на холостом ходу, кг/ч; $v_{пор}$ – средняя скорость в порожнем направлении, км/ч.

Чаще всего для оценки топливно-энергетических показателей работы карьерных автосамосвалов используется не расход топлива за транспортный цикл, а путевой расход топлива в л/100 км и удельный расход то-

плива на транспортную работу в г/т-км.

Их можно оценить преобразовав полученные выражения в следующей форме:

$$Q_S = 50 \cdot Q_{ц} / L, \text{ л/100 км}; \quad (20)$$

$$Q_{уд} = 50 \cdot Q_{ц} \cdot \gamma / (L \cdot q), \text{ г/т-км}. \quad (21)$$

По полученным выражениям были определены путевой и удельный расход топлива автосамосвалом с КЭУ для некоторых горно-технических условий (табл. 3 и 4). В качестве силовой установки были приняты: газотурбинный двигатель ВК-2500 (мощность 1400 кВт, номинальный удельный эффективный расход топлива 315 г/кВт-ч), аккумулятор кинетической энергии емкостью 20 кВт-ч мощностью 200 кВт.

При сравнении полученных результатов с данными по расходу топлива дизель-электрическими автосамосвалами установлено, что топливная экономичность карьерных автосамосвалов выше, чем автосамосвалов с дизельным двигателем, даже несмотря на более высокий удельный расход топлива газотурбинного двигателя. Такое соотношение справедливо для режимов работы КЭУ с полной или частичной зарядкой аккумулятора за счет рекуперации энергии торможения при спуске в карьер. В условиях, когда средневзвешенный уклон ниже 2%, аккумулятор энергии практически не заряжается, и газотурбинный двигатель работает на протяжении всего транспортного цикла – расход топлива автосамосвалом с КЭУ выше расхода топлива автосамосвала с дизельным двигателем.

Относительный расход топлива автосамосвалом с КЭУ в режиме полной рекуперации (табл. 1) ниже, чем расход топлива в режиме частичной рекупера-

ции. В свою очередь в безрекуперативном режиме автосамосвал

334 Таблица 3
 Значения путевого расхода топлива в зависимости
 от горно-технических условий

		Расход топлива путевой, л/100км									
		Плечо откатки L, м									
		500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
Высота подъема H, м	10	895,8	662,8	585,2	546,4	523,1	507,5	496,5	488,1	481,7	476,5
	20	1054,0	778,7	662,4	604,3	569,4	546,2	529,5	517,1	507,4	499,7
	50	1633,6	937,4	925,5	812,4	708,4	662,0	628,8	604,0	584,6	569,1
	100		1516,5	1091,4	878,8	976,3	892,4	832,5	787,6	752,7	724,7
	150		2095,7	1477,5	1168,4	982,9	859,3	998,0	932,4	881,4	840,5
	200			1863,6	1458,0	1214,6	1052,4	936,5	849,5	781,9	989,6
	250			2249,7	1747,5	1446,3	1245,4	1101,9	994,3	910,6	843,7
	300				2037,1	1677,9	1438,5	1267,*4	1139,1	1039,3	959,5
	350					1909,6	1631,5	1432,9	1283,9	1168,0	1075,4
	400					2141,2	1824,5	1598,3	1428,7	1296,7	1191,2
	450						2017,6	1763,8	1573,5	1425,4	1307,0
	500							1929,3	1718,3	1554,1	1422,8
	550							2094,8	1863,1	1682,8	1538,7
600								2007,8	1811,5	1654,5	

Примечания: 662 КЭУ работает в 3-м режиме согласно табл. 1

662 - КЭУ работает во 2-м режиме согласно табл. 1

662 - КЭУ работает в 1-м режиме согласно табл. 1

Таблица 4
 Значения удельного расхода топлива в зависимости
 от горно-технических условий

Кгор = 0,2		Расход топлива удельный, г/т-км									
		Плечо откатки L, м									
		500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
Высота подъема Н п, м	10	59,5	44,0	38,9	36,3	34,7	33,7	33,0	32,4	32,0	31,6
	20	70,0	51,7	44,0	40,1	37,8	36,3	35,2	34,3	33,7	33,2
	50	108,5	62,2	56,1	48,6	47,0	44,0	41,8	40,1	38,8	37,8
	100		100,7	72,5	58,4	59,4	53,9	49,9	46,9	44,6	42,7
	150		139,2	98,1	77,6	65,3	57,1	60,9	56,5	53,1	50,4
	200			123,7	96,8	80,6	69,9	62,2	56,4	61,7	58,1
	250			149,4	116,0	96,0	82,7	73,2	66,0	60,5	56,0
	300				135,3	111,4	95,5	84,2	75,6	69,0	63,7
	350					126,8	108,3	95,1	85,3	77,6	71,4
	400					142,2	121,2	106,1	94,9	86,1	79,1
	450						134,0	117,1	104,5	94,6	86,8
	500							128,1	114,1	103,2	94,5
	550							139,1	123,7	111,7	102,2
	600								133,3	120,3	109,9

с КЭУ расходует больше топлива, чем в режиме частичной рекуперации. Это объясняется увеличением времени работы ГТД в течение транспортного цикла.

Следует отметить, что моделирование проводилось для карьеров глубинного типа и не отражает условий нагорных карьеров.

Результаты расчетов были использованы Институтом «Уралгипроруда» для подготовки технико-экономических предложений по применению карьерных автосамосвалов с комбинированной энергосиловой установкой на карьерах Уральского региона в рамках работы, выполненной для Министерства промышленности, энергетической и науки Свердловской области. Расчеты показали сокращение годовых затрат на транспортирование горной массы по сравнению с дизельными автосамосвалами порядка 25 %.

Выводы:

1. Полученные результаты могут быть использованы при обосновании эффективности использования автоса-

мосвалов с КЭУ на горнодобывающих предприятиях, оценке показателей эксплуатационных свойств.

2. Полученные результаты можно считать достаточно точными поскольку в расчетах приняты завышающие коэффициенты и заведомо более тяжелые условия работы энергосиловой установки.

3. Расход топлива снижается по сравнению с дизель-электрическими автосамосвалами соответствующей грузоподъемности при работе в 1-й и второй области горнотехнических условий. В третьей зоне расход топлива выше, чем у аналогичных дизель-электрических автосамосвалов.

4. Полученные результаты были использованы при разработке технико-экономических предложений по применению автосамосвалов с КЭУ Институтом Уралгипроруда. Расчеты показали снижение годовых затрат на транспортирование горной массы порядка 25 % в рациональных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлев В.Л., Тарасов П.И. О возможности создания карьерных автосамосвалов с комбинированной энергосиловой установкой. – Горный журнал. – 2004. – Специальный выпуск. – С. 78-80.

2. Тарасов П.И., Журавлев А.Г. О создании комбинированных энергосиловых установок для карьерных самосвалов // Проблемы карьерного транспорта. Материалы VIII Международной научно-практической конференции, 20-23 сентября 2005 г. – Екатеринбург: УрО РАН, 2005.

3. Тарасов П.И. Исследование влияния горнотехнических факторов на расход топлива карьерным автотранспортом: Дис. ... канд. техн. наук / ИГД МЧМ СССР – Свердловск, 1982. – 238 с.

4. Говорущенко Н.Я. Основы теории эксплуатации автомобилей. – Киев: Издательство «Вища школа», 1971. – С. 104.

5. Великанов Д.П. Эксплуатационные качества отечественных автомобилей. – М.: Научно-техническое издательство автотранспортной литературы, 1956. – С. 64. **ГИАБ**

Коротко об авторе

Журавлев А.Г. – Институт горного дела УрО РАН.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 20 симпозиума «Неделя горняка-2007».
Рецензент д-р техн. наук, проф. В.И. Галкин.