Записки Санкт-Петербургского горного института им.Г.В.Плеханова.
Т. 141. СПб, 1995

УДК 622.658:629.13

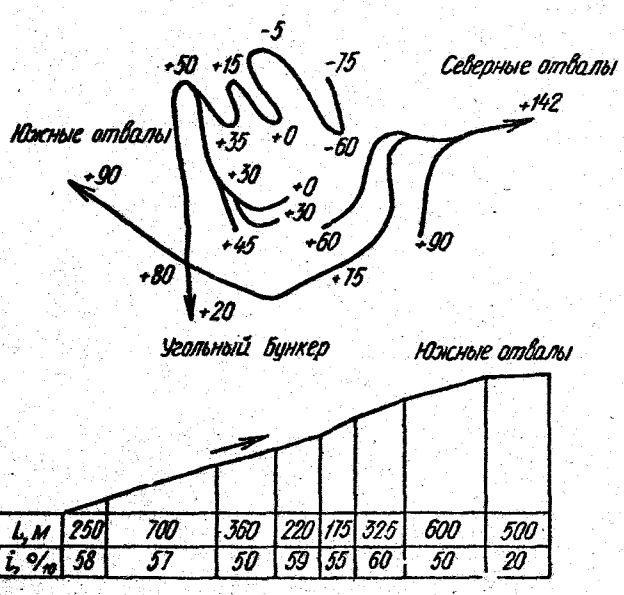
А.А.КУЛЕШОВ, ФАН СУАН БИНЬ

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ ВЬЕТНАМА

Месторождения угля имеются во всех провинциях Вьетнама, но наиболее значительные расположены в гористых районах Северного Вьетнама. Производительность девяти эксплуатируемых карьеров колеблется от 100 до 1500 тыс.т/год, наиболее распространена производительность от 700 до 1000 тыс.т/год.

Для топографических условий месторождений характерны две части карьерного поля: нагорная и глубинная, при этом запасы нагорной части составляют 25–45 % всех запасов месторождения. Разница высотных отметок между соответствующими участками изменяется в пределах 50–100 м.

Всего на девяти угольных карьерах перевозится более 5 млн.т угля в год автосамосвалами грузоподъемностью 12 и 27 т в комбинации с конвейерным и железнодорожным транспортом. Вскрышные породы перевозятся только автосамосвалами грузоподъемностью 27 и 40 т. Пять больших карьеров находятся в Куангниньском районе. Проектная глубина карьеров: Кок-шау прослеживается до отметки 120 м; Део-най- до 100 м; Ха-ту – до 115 м; Као-шон – до 120 м; Нуй-бео – до 120 м.



L, м	250	700	360	220	175	325	600	500
i, ‰	58	57	50	59	55	60	50	20

Рис.1. Схема транспортных коммуникаций карьера Кок-шау

На всех карьерах вскрышные породы транспортируются в основном во внешние отвалы, расположенные на расстоянии 1,5–2,0 км и более от контуров карьера. Груженые автомобили движутся вверх. На карьере Кок-шау (глубиной до горизонта 65 м) расстояние транспор-

тирования автосамосвалами составляет 3–3,5 км (рис.I).

Разрабатываемые породы имеют крепость от 8 до I4 по шкале М.М.Протодьяконова, плотность – от 2,5 до 2,7 т/м^3.

Для повышения эффективности эксплуатации автомобильного транспорта на открытых разработках большое значение имеют параметры автодорог, особенно при применении большегрузных автосамосвалов в условиях тропического климата Вьетнама.

Анализ опыта эксплуатации автотранспорта на Куангниньских карьерах позволяет выделить следующие основные особенности:

практически от 4 до 5 месяцев в году карьерные дороги из-за дождей покрыты разжиженной грязью, что повышает опасность движения автосамосвалов на уклонах и поворотах (число дождливых дней в году – от II3 до I50), поэтому надежность работы комплекса во многом зависит от качества дорог и уровня организации эксплуатации автотранспорта;

каждый из тропических климатических факторов в отдельности или в совокупности с другими оказывает влияние на работу автомобильного транспорта, вызывая преждевременный износ автосамосвалов и повышенную аварийность, приводя в ряде случаев к полной остановке производственного процесса;

твердое покрытие постоянных технологических автодорог проектами не предусмотрено; содержание дорог осуществляется не в полном соответствии с грузооборотом и принятыми требованиями; это особенно относится к временным дорогам на горизонтах и заездам автосамосвалов к экскаваторам в течение муссонного периода (май-октябрь), поэтому автомашины и электромеханические материалы быстро выходят из строя.

Карьерные автодороги (табл.I) на угольных карьерах Вьетнама характеризуются большим числом съездов, доля которых в общей протяженности трассы составляет 40–50 %, руководящими уклонами 80–90 ‰ и значительной протяженностью кривых (30–35 %) от общей протяженности дорог. Это создает крайне тяжелые условия движения автосамосвалов и не позволяет им развивать высокие скорости на трассе. Большие уклоны автодорог и часто перестраиваемые временные дороги создают большие трудности в эксплуатации автотранспорта. Суммарная протяженность внекарьерных и внутрикарьерных автодорог на Куангниньских угольных карьерах составляет примерно I00 км, из которых 25 % приходится на постоянные дороги, 30–40 % на полупостоянные, остальные – на временные.

Для эффективной эксплуатации большегрузных автосамосвалов покрытия должны отвечать требованиям высоких нагрузок, т.е. должны быть прочными по своей конструкции и выдерживать высокие скорости и интенсивность движения.

Вьетнамская практика строительства карьерных дорог с облегченным усовершенствованным покрытием из местных строительных материалов с обработкой связующими веществами показала, что такие дороги являются достаточно прочными для движения большегрузных автосамосвалов и допускают большие скорости.

Таблица 1

Фактические основные параметры внутрикарьерных автодорог

Карьер	Тип применяемых автосамосвалов	Максимальный уклон, ‰		Минимальный радиус, м	Ширина, м	
		для временных дорог	для постоянных дорог		земляного полотна	проезжей части
Као-шон	БелАЗ-548	80-95	60-70	25	12,5	9,5
Дао-най	БелАЗ-540	80-95	60-65	20	12	9,0
Кок-шау	БелАЗ-540	85-95	58-65	15	12,5	9,5
Ха-ту	БелАЗ-540	80-95	55-60	20	11,5	8,5

Таблица 2

Рекомендуемые параметры автодорог на угольных карьерах

Параметры	Тип дорог	Значения параметров
Максимальный уклон, ‰	Временные Постоянные	80 60
Максимальная расчетная скорость, км/ч	Временные Постоянные	25 35
Ширина проезжей части, м	Временные Постоянные	11
Ширина земляного полотна, м	Временные Постоянные	14
Минимальный радиус поворота в плане, м	Временные Постоянные	25 45
Поперечный уклон проезжей части, ‰	Временные Постоянные	30

При составлении проектов строительства новых карьеров и реконструкции действующих должны быть предусмотрены мощные дробильные установки щебня для строительства и поддержания карьерных автодорог.

Применение рекомендуемых параметров автодорог (табл.2) позволит повысить использование конструктивной скорости самосвалов на коротких плечах откатки от 25-28 до 40-45 %, улучшит безопасность движения и снизит общие эксплуатационные расходы на перевозку горной массы.

Покрытие проезжей части при скальном основании рекомендуется принимать: для временных дорог - щебеночное выравнивающее полотно, I-й слой - щебень крупностью 40-70 мм, толщиной 10-20 см, 2-й слой - щебень крупностью 20-40 мм, толщиной 5 см, 3-й слой - щебень крупностью 5-20 мм, толщиной 5 см, для постоянных - то же, с укладкой третьего слоя толщиной 5 см после обработки второго слоя битумной эмульсией.

С понижением горных работ среднетехническая скорость движения на маршруте в зависимости от величины уклонов и глубины карьера вычисляется по формуле

$$v_{ср.т} = \frac{L_г + \frac{H}{i_{ср}}}{\frac{L_г}{v_{т.г}} + \frac{H}{v_{т.н} i_{ср}}}, \qquad (I)$$

где $L_г$ – суммарная длина горизонтальных участков трассы, км; H – глубина карьера, км; $i_{ср}$ – средний уклон наклонных участков трассы; $v_{т.г}$, $v_{т.н}$ – среднетехнические скорости движения соответственно на горизонтальных и наклонных участках трассы, км/ч.

Скорости движения на каждом элементе трассы вычисляются графоаналитическим методом по динамической характеристике автосамосвала. В условиях плохого климата и в период дорожной распутицы в дождливый период эти значения должны быть уменьшены на 15–20 %.

В табл.3 приведены рекомендуемые значения скоростей движения автосамосвалов грузоподъемностью 27 и 40 т в зависимости от расстояния транспортирования и глубины карьера.

Эти скорости рекомендуется закладывать в расчеты норм выработки на автотранспорте.

Таблица 3

Расчетные среднетехнические скорости движения автосамосвалов, км/ч

Расстояние транспортирования, км	Высота подъема груза, м						
	50	65	80	95	110	125	140
2,0	19,6	19,2	18,5	17,8	17,6	17,4	17,0
2,5	20,0	19,6	19,0	18,6	13,3	18,2	17,7
3,0	20,3	20,0	19,5	19,1	18,8	18,7	18,4
3,5	21,2	20,8	20,3	19,8	19,6	19,4	19,1
4,0	21,5	21,0	20,6	20,2	20,0	19,8	19,5
4,5	21,7	21,3	20,9	20,4	20,3	20,2	19,8
5,0	21,8	21,5	21,1	20,7	20,5	20,4	20,1

Важным фактором, определяющим эффективность автотранспорта, является расход дизельного топлива автосамосвалами. На крупных карьерах Вьетнама потребность в дизельном топливе достигает 7–10 тыс.т в год. Удельный вес стоимости дизельного топлива в себестоимости 1 т·км горной массы достигает 25–30 %. Дальнейшее увеличение объемов добычи угля и рост глубины открытых работ потребуют еще более значительных топливно-энергетических затрат. Расход дизельного топлива определяется многими факторами и колеблется в широких пределах: для автосамосвалов БелАЗ-540 – от 150 до 270 л/100 км, БелАЗ-548 – от 190 до 330 л/100 км.

Значительная дисперсия этих показателей объясняется зависимостью их от многочисленных причин, вызываемых как самими автосамосвалами, так и теми горно-техническими и климатическими условиями, в которых протекает их эксплуатация.

Для установления степени влияния основных горно-технических, климатических, конструктивных и организационных факторов на расход топлива проведены комплексные исследования работы карьерных автосамосвалов грузоподъемностью 27 и 40 т в условиях угольных карьеров. В результате получены эмпирические зависимости вида:

при движении на подъем

$$E_0^+ = \frac{1}{2} k_c k_п \left[\left(\sum k_н^+ + \frac{1}{\rho} - 2 \right) k_0 k_1 + k_q q_a k_н^+ k_c k_2 + \frac{100 k_3}{L} \right], \qquad (2)$$

при движении под уклон

$$E_0^- = \frac{1}{2} k_c k_п \left[\left(\sum k_н^+ + \frac{1}{\rho} - 2 \right) k_0 k_1 + k_q q_a k_н^- k_0 k_2 + \frac{100 k_3}{L} \right], \qquad (3)$$

где q_a – грузоподъемность автосамосвала, т; k_q – коэффициент использования грузоподъемности; k_c – коэффициент влияния технического состояния машины; $k_н^+$ – коэффициент влияния уклона при движении на подъем; $k_н^-$ – коэффициент влияния уклона при движении под уклон,

$$k_н^+ = 1 + \frac{20{,}05}{140{,}96} i ; \qquad (4)$$

$$k_н^- = 1 - \frac{1{,}37}{141{,}97} i ; \qquad (5)$$

$$\sum k_н = k_н^+ + k_н^- ; \qquad (6)$$

$k_п$ – коэффициент влияния климатических условий; ρ – коэффициент использования пробега; k_0 – коэффициент влияния качества поверхности дороги; L – расстояние транспортирования, км; k_1 – норматив расхода топлива при движении автосамосвала без груза, л/100 км; k_2 – норматив расхода топлива на единицу, л/100 км; k_3 – норматив расхода топлива при погрузке и разгрузке и необходимых маневрах, л/рейс.

Результаты экспериментальных исследований могут быть использованы для прогнозирования изменения расхода топлива автосамосвалами БелАЗ в зависимости от роста глубины разработки на карьерах (табл.4).

Рассматривая автосамосвал как звено экскаваторно-автомобильного комплекса, создающего грузопоток, следует отметить, что он является определяющим в технико-экономических показателях того или иного комплекса. Одним из путей повышения этих показателей является определение рационального сочетания рабочих параметров экскаваторов и автосамосвалов.

Таблица 4

Расход дизельного топлива автосамосвалами

Высота подъема, м	Расстояние транспортирования, км	БелАЗ-540, л/100 км	БелАЗ-548, л/100 км
20	2,0	236	292
50	2,5	270	310
80	3,0	304	327
110	3,5	339	344

В теории и практике эксплуатации экскаваторно-автомобильных комплексов большая роль отводится изучению влияния на конечный результат работы комплекса соотношения между геометрическими параметрами кузова автосамосвала и ковша экскаватора, т.е. между их объемами (или массами груза в обеих емкостях). Этот параметр получил название объемного или весового модуля экскаваторно-автомобильного комплекса.

А.А.Кулешовым[x] предложен аналитический метод определения оптимального весового модуля комплекса:

$$\mu_в = \frac{1+\sqrt{1+4c}}{2t_ц}, \qquad (7)$$

где $t_ц$ – время рабочего цикла экскаватора при повороте стрелы на 90^0, мин;

$$c = t_э(t_ц + t_{дв} + t_р + t_э); \qquad (8)$$

$t_э$ – время замены груженого автосамосвала порожним у экскаватора, мин.; $t_р$ – время разгрузки автосамосвала на приемном пункте, мин; $t_{дв}$ – время движения автосамосвала с грузом и порожняком за один рейс, мин,

$$t_{дв} = \frac{60 \cdot 2L}{v_{ср.т}}; \qquad (9)$$

L – средневзвешенное расстояние транспортирования по нескольким уступам, км; $v_{ср.т}$ – среднетехническая скорость автосамосвала, км/ч.

Определив значение весового модуля комплекса $\mu_в = q_a/q_e$, определяют потребную грузоподъемность автосамосвала:

$$q_a = \mu_в q_e. \qquad (10)$$

[x] Кулешов А.А. Мощные экскаваторно-автомобильные комплексы. М.: Недра, 1980.

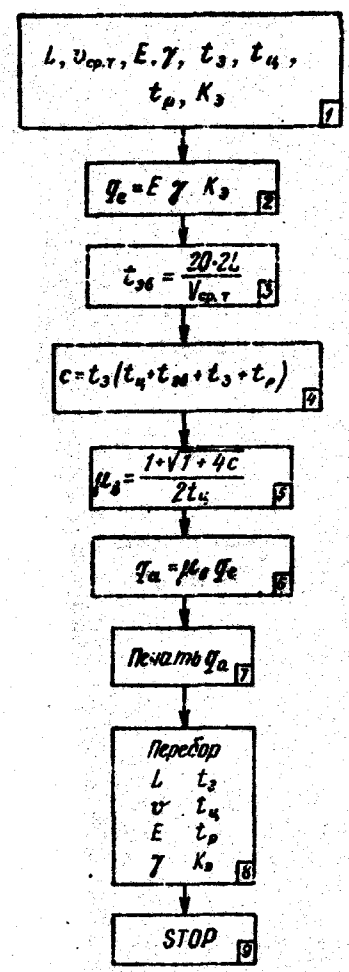


Рис.2. Блок-схема определения на ЭВМ оптимальной грузоподъемности автосамосвалов

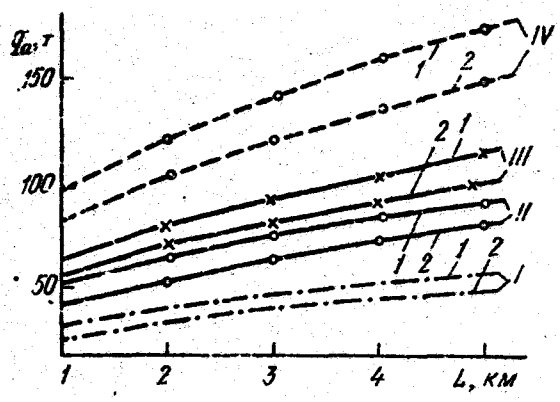


Рис.3. Грузоподъемность автосамосвала в зависимости от расстояния транспортирования для экскаваторов с ковшами вместимостью соответственно: I – 5, II – 8, III – 10, IУ – 15 м^3
1, 2 – продолжительность рабочего цикла экскаватора соответственно 0,6 и 0,7 мин

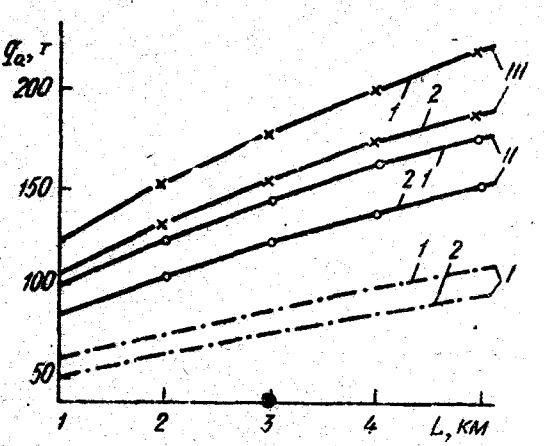


Рис.4. Грузоподъемность автосамосвала в зависимости от расстояния транспортирования для экскаваторов с ковшами вместимостью соответственно: I – 5, II – 8 и III – 10 м^3
1, 2 – продолжительность рабочего цикла экскаватора соответственно 0,6 и 0,7 мин

Затем округляют значение q_a до ближайшего его значения в типоразмерном ряду автосамосвалов.

Рациональную грузоподъемность автосамосвала для конкретных условий угольных карьеров Вьетнама определяем путем моделирования на базе формул (7), (9) и (10). Исходя из расчета оптимального значения весового модуля, целесообразно определять оптимальный тип экскаваторно-автомобильного комплекса для различных этапов отработки карьеров. Целесообразно принимать в каждом карьере различные типы ЭАК для добычи угля и вскрышных работ. Выбор типа ЭАК с расчетом по его исходным данным в конкретных условиях можно производить по алгоритму (рис.2).

Таблица 5

Оптимальные комплексы для горных работ на Куангниньских карьерах

Карьер	Среднее расстояние транспортирования, км	Весовой модуль $\mu_в$	Модель экскаватора	Масса груза в ковше, т	Расчетная грузоподъемность автосамосвала, т	Рекомендуемая грузоподъемность, т
Као-шон						
Уголь	2,2	11,3	ЭКГ-4,6	4,7	53,1	55
Порода	3,0	10,2	ЭКГ-8И	12,48	127,3	120
Кок-шау						
Уголь	2,4	11,6	ЭКГ-4,6	4,7	54,5	55
Породе	3,3	11,5	ЭКГ-4,6	6,9	79,3	80
Део-най						
Уголь	2,0	10,9	ЭКГ-4,6	4,7	51,2	50
Порода	2,1	9,7	ЭКГ-4,6	7,45	72,3	75
Ха-ту						
Уголь	2,0	10,9	ЭКГ-4,6	4,5	49,0	50
Порода	3,2	11,3	ЭКГ-4,6	7,17	81,0	80

Результаты расчета по определению рациональных комплексов для современного состояния горных работ на Куангниньских угольных карьерах показаны в табл.5.

На рис.3 и 4 приведены зависимости грузоподъемности автосамосвала от времени рабочего цикла экскаваторов и расстояния транспортирования, построенные на основе результатов расчета на ЭВМ при значениях параметров: $t_э$ = I,2 мин ; $t_р$ = I,2 мин ; $v_{ср.т}$ = I7 км/ч и γ = I,4 и γ = = 2,6 т/м^3 соответственно.

Результаты моделирования и расчета для конкретных условий каждого карьера показали, что на всех Куангниньских угольных карьерах замена комплекса старого типа новым должна происходить в среднем два-три раза за весь период отработки.

Наилучшими для угля будут комплексы, состоящие из экскаваторов с ковшом вместимостью 5-8 м^3 и автосамосвалов грузоподъемностью 45-75 т, для вскрыши - экскаваторов с ковшом вместимостью 5-I0 м^3 и автосамосвалов грузоподъемностью 75-I50 т.

Реализация результатов исследования позволит получить на угольных карьерах Вьетнама существенный экономический эффект.