

УДК 622.271.324

**Галиев Сейтгали Жолдасович**

член-корр. НАН РК,  
доктор технических наук, профессор,  
директор Горного департамента,  
Научно-исследовательский  
инжиниринговый центр ERG  
Республика Казахстан, 010000, г. Астана,  
пр. Кабанбай батыра, 30 «А»

**Саменов Галымжан Кайыржанович**

кандидат технических наук,  
ведущий научный сотрудник,  
Научно-исследовательский  
инжиниринговый центр ERG,  
e-mail: [sgk\\_08@mail.ru](mailto:sgk_08@mail.ru)

**Сапар Кайырбек Сенпилулы**

инженер-экономист,  
ТОО «Научный центр «Горная технология».  
Республика Казахстан, 010000, г. Астана,  
ул. Достык, д.20, офис 1406

**МЕТОДОЛОГИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ  
ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКСОВ  
КАРЬЕРОВ НА ОСНОВЕ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ  
МОНИТОРИНГА И ИМИТАЦИОННОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ***Аннотация:*

Приведены результаты применения методологии оценки экономической эффективности горно-транспортных комплексов карьеров на основе сочетания автоматизированной системы мониторинга и имитационного моделирования по конкретному карьере. Эффективность методологии подтверждается результатами промышленного эксперимента в конкретных горнотехнических и горно-геометрических условиях на примере одного из крупных и известных карьеров. Раскрывается методика объективной оценки эффективности работы карьерных автосамосвалов с расчетом экономической эффективности по двум взаимодополняющим критериям – расходу топлива в граммах на тонну ( $m^3$ ) и производительности труда в тоннах за час. Для оценки достоверности методологии в условиях карьера были проведены соответствующие хронометражные наблюдения, а также использовались данные оперативного учета, принятые на данном предприятии.

*Ключевые слова:* имитационное моделирование, экскаваторно-автомобильный комплекс, автосамосвал, горно-транспортное оборудование

**Galiev Seitgali J.**

KR NAS corresponding member, professor,  
the director of the Mining department,  
Scientific-research engineering center ERG  
Kazakhstan republic, 010000, Astana,  
30a Kabanbay batir avenue

**Samenov Galimjan K.**

candidate of technical sciences,  
chief researcher,  
Scientific-research engineering center ERG  
e-mail: [sgk\\_08@mail.ru](mailto:sgk_08@mail.ru)

**Sapar Kaiirbeck S.**

engineer-economist.,  
PJSC “Scientific center “Mining technology”  
010000, Kazakhstan republic, Astana,  
str. Dostyk, 20, office 1406

**THE METHODOLOGY OF ECONOMIC ESTIMATION THE EFFICIENCY OF OPEN PITS' MINING AND TRANSPORT COMPLEXES IN TERMS OF MONITORING AUTOMATED SYSTEM AND SIMULATION MODELING***Abstract:*

The results of application the methodology of estimation economic efficiency of open pits' mining and transport complexes in terms of combination both the monitoring automated system and simulation modeling for a specific open pit are adduced. The methodology's efficiency is corroborated by industrial experiment results in concrete mining-technical and mining-geometrical conditions on the example of one of the largest and known open pits. The procedure of objective estimation the efficiency of pit trucks operation is revealed; the latter being calculated in accordance with two inter-supplementary criteria, that is fuel consumption in grams per ton ( $m^3$ ) and working efficiency in tons per hour. For estimation the methodology's accuracy in the open pit conditions both appropriate chronometric observations were performed and data of operative accounting adopted at the plant were used.

*Key words:* simulation modeling, shovel and truck complex, truck, mining and transport equipment

*Введение.* Эффективность функционирования экскаваторно-автомобильного комплекса карьера определяется совокупностью ряда взаимосвязанных организационных, горнотехнических и горно-геометрических факторов, которые можно разбить на две группы: режим и условия эксплуатации основного горно-транспортного оборудования. К первой группе можно отнести такие: вес погружаемой горной массы, скорость движения автосамосвала. В рамках второй группы: численное соотношение горного и транспортного оборудования, сочетание моделей оборудования с различными качественными и количественными показателями, технологические требования к горной массе, геометрия и структура автотрассы (уклон, схема трассы), качество покрытия автодорог, скоростные ограничения, правила движения и др. Большое количество определяющих факторов в существенной мере усложняет процесс оптимизации горно-транспортных работ, однако при выборе верных тактики и стратегии, а также подборе эффективного инструментария исследований можно подобрать наиболее приемлемый сценарий их проведения. Опыт и многолетняя практика исследований показывает, что наиболее эффективным и целесообразным для подобного рода исследований является метод имитационного моделирования, основанный на логико-статистическом подходе воспроизведения порядка и последовательности операций горно-транспортного процесса [1]. Чаще всего возникает необходимость исследований в целях оптимизации либо режимов эксплуатации машин при заданных условиях, либо наоборот. В рамках системного подхода необходимо начинать моделировать и рассматривать два наиболее целесообразных фактора при прочих равных условиях с планомерным и поочередным изменением в последующем третьих факторов. В качестве критерия эффективности функционирования горно-транспортного комплекса важно принимать наиболее общие показатели, являющиеся результатом интеграции всех учитываемых в процессе исследований факторов. Это такие факторы, как производительность комплекса (по общему объему извлеченной и перевезенной горной массы или на одного трудящегося), себестоимость горно-транспортных работ, удельная стоимость добычи 1 т горной массы или руды [2 – 5].

*Описание конкретного опыта исследований.* Ценность представляемого материала заключается в том, что результаты лабораторных исследований подтверждены промышленным экспериментом в конкретных горно-технических и горно-геометрических условиях на примере одного из крупных карьеров, а также демонстрацией того, как даже для весьма опытных инженерно-технических работников сложно объективно и достоверно разглядеть и оценить те или иные недостатки в управлении работой горно-транспортных комплексов.

Первоначально в целях выявления потенциала повышения эффективности работы экскаваторно-автомобильного комплекса карьера был промоделирован существующий вариант, который был принят за базовый. Моделирование работы экскаваторно-автомобильного комплекса производилось с использованием информационно-программно-методического комплекса «СЕВАДАН-Авто». По базовому варианту оценивалась и степень достоверности модели функционирования горно-транспортного комплекса. Для оценки достоверности в условиях карьера были проведены соответствующие хронометражные наблюдения, а также использовались данные оперативного учета, принятые на данном предприятии. Результаты сравнения результатов хронометражных наблюдений работы автосамосвала Hitachi №763 в смену с 7:30 до 19:30 часов 12.03.2015 г. и имитационного моделирования работы в идентичных условиях отражены в таблице 1. Из представленного следует, что по принципиальным показателям, таким как удельный расход топлива, объем перевозок и общий пробег за смену, достоверность моделирования составляет порядка 98 – 99 %.

Особенностями функционирования экскаваторно-автомобильного комплекса на данном карьере является то, что почти новые (срок эксплуатации 1 – 3 года) автосамосвалы Hitachi EH-3500 АСП эксплуатируются совместно с «возрастными» (7 – 8 лет) машинами БелАЗ-75131. В силу большей мощности и существенно меньшего возраста первые могут развивать более высокую скорость в грузовом направлении. БелАЗы же имеют более низкий КПД трансмиссии, что обуславливает понижение скоростных качеств и увеличение расхода топлива. При движении по уклону вверх, на затяжных подъемах Hitachi, следуя за БелАЗами, вынуждены периодически сбрасывать скорость и разгоняться, что существенно увеличивает время рейса и расход топлива. При насыщении транспортной зоны автосамосвалами (до 27 и более за счет БелАЗов) влияние данного фактора усиливается. Как видно из рисунка 1, подавляющее большинство автосамосвалов (порядка 70 % рабочего парка машин) из-за необоснованно пониженной скорости движения одновременно следуют в грузовом направлении, что обуславливает недостаточную загрузку экскаваторного парка на погрузке (в среднем около 30 % времени смены).

Таблица 1

## Сравнительная таблица фактических данных и результатов моделирования

Наименование	Едн. измер.	Фактические результаты хронометражного наблюдения	Результаты имитационного моделирования	Отклонение, %
Итого время в наряде	мин	720	720	–
Итого время в работе	мин	618	559	-9,55
Количество рейсов	рейс	24	24	0,0
Среднее расстояние откатки	км	2,53	2,52	-0,036
Средняя высота подъема	м	140	140	0,0
Объем перевозок	т	4176	4173	-0,072
Грузооборот	ткм	10562	10516	-0,436
Общий пробег в смену	км	123,8	121,86	-1,67
Среднеэксплуатационная скорость	км/ч	10,31	10,15	-1,55
Средняя скорость движения	км/ч	21,92 (21,2 ср. за 8 смен)	21,32	-0,56
в т.ч. груженный	км/ч	19,17	15,95	-16,78
порожний	км/ч	25,62	26,69	+1,042
Сменный расход топлива	т	1,23	1,23	0,0
	л	1451	1451	0,0
Удельный расход топлива	г/ткм	116,5	114,45	-1,76

Дополнительные потери скорости возникают из-за узких транспортных берм, зауженных площадок разворота при смене направлений движения в карьере. В этой зоне БелАЗы чувствуют себя лучше, так как более адаптированы к этим условиям по собственным габаритам. Организация транспортирования с нижних горизонтов однополосными дорогами с двухсторонним движением создает дополнительно необходимость остановки автосамосвалов в порожняковом направлении для пропуска машин в грузовом направлении, что также приводит к снижению эксплуатационной скорости и увеличению расхода топлива. В условиях повышенного времени рейса автосамосвалов наблюдается и снижение времени работы экскаваторов на погрузке, что наряду с обозначенными факторами приводит к снижению себестоимости горно-транспортных работ в целом.

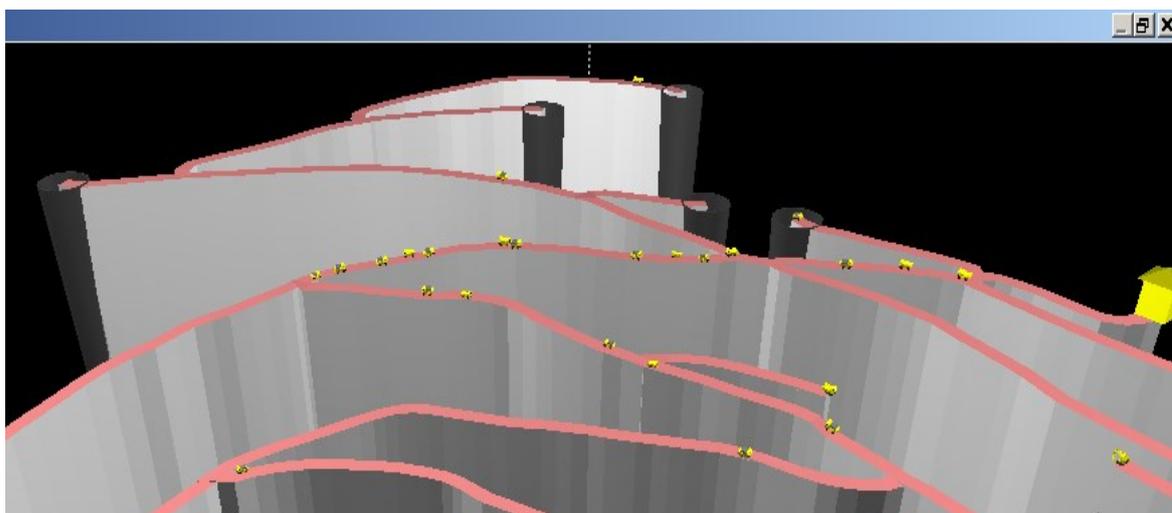


Рис. 1 – Графический вид моделирования работы ЭАК

В результате анализа были выявлены такие сдерживающие факторы, как совместная эксплуатация разных по возможностям автосамосвалов, узкие дороги, узкие зоны разворота автосамосвалов в карьере, организация двухстороннего движения при однопослойной автодороге, систематический перегруз автосамосвалов Hitachi EH-3500 АСП (до 120 % и более), наличие скоростных ограничений в нижней части карьера, качество дорожного покрытия.

Результаты имитационного моделирования работы горно-транспортного комплекса карьера при последовательном устранении недостатков и, соответственно, снятии принятых скоростных ограничений, представленные в таблице 2, показали, что экономический эффект может составить порядка 1,5 млрд. тенге в год, при этом порядка 260 млн. тенге – от раздельной эксплуатации автосамосвалов Hitachi и БелАЗ.

К увеличению времени рейса, снижению скорости движения в грузовом направлении и увеличению расхода топлива, помимо снижения коэффициента готовности у практически новых автосамосвалов Hitachi, приводит и перегруз автосамосвалов на 10 и более процентов (полезный вес составляет до 200 т). Как следствие, из 21 автосамовала Hitachi EH-3500 АСП в марте 2015 года 5 машин находилось в ремонте, что также увеличивает себестоимость горно-транспортных работ в целом.

В современных условиях фактором снижения эффективности работы автосамосвалов Hitachi EH-3500 АСП является и использование их при транспортировке 3 – 4 млн. тонн рыхлой горной массы из-за неоптимальной их загрузки по грузоподъемности (120 – 130 т при паспортной грузоподъемности 168 т).

Вышеотмеченное позволяет сделать вывод о том, что в случае изолированной работы автосамосвалов Hitachi в рудоскальной зоне карьера, в силу снижения влияния сдерживающих факторов при отсутствии БелАЗов и сокращении численности машин, занятых транспортировкой горной массы, может быть в существенной мере снижен расход топлива и повышены показатели эффективности горного и транспортного оборудования, что, в свою очередь, обеспечит существенное снижение себестоимости горно-транспортных работ в карьере.

Полученные в результате проведенного технико-экономического анализа эффективности работы экскаваторно-автомобильного комплекса выводы подтолкнули руководство компании к проведению промышленного эксперимента в реальных условиях, в рамках которого предполагалась раздельная эксплуатация автосамосвалов Hitachi EH-3500 АСП и БелАЗ-75131, т.е. с выводом последних из рудоскальной зоны карьера.

Целью эксперимента было выявление потенциала повышения эффективности эксплуатации автосамосвалов Hitachi в условиях рудоскальной зоны карьера. Срок реализации эксперимента – один месяц.

Таблица 2

**Технико-экономические показатели эффективности ГТК  
при устранении имеющихся недостатков**

Показатель \ Вариант*	1*	2*	3*	4*	5*
Количество автосамосвалов 16Х и 8Б	24	21	20	19	18
Количество рейсов в грузовом направлении	632	578	588	594	589
Средневзвешенное расстояние, км	3,33	3,34	3,34	3,36	3,35
Средневзвешенная вы- сота подъема, г.м., м	142,13	143,38	142,66	144,51	143,69
Среднесменный пробег одного автоса- мосвала, км/смена	176,84	184,68	196,79	210,69	219,93
Среднетехническая скорость движения, км/ч	20,36	20,85	22,82	27,05	28,49
Среднеэксплуатацион- ная скорость движе- ния, км/ч	16,77	17,54	18,82	19,96	21,53
Общий расход топлива, л	50263,60	47350,60	44218,77	40747,29	38144,42
Удельный расход топлива, г/ткм	123,78	116,89	108,22	97,76	92,48
Затраты на топливо, тг	6659927,50	6273954,00	5858986,50	5399015,50	5054135,50
Затраты по горно- транспортному комплексу, тг	13589151,00	13068912,00	12516442,00	11904878,00	11395096,00
– в т.ч. эксплуатаци- онные затраты	11540623,00	11060274,00	10507804,00	9896240,00	9386459,00
Производительность комплекса по г.м., тыс.м <sup>3</sup>	23344,68	23166,51	23423,11	23829,31	23656,98
Производительность комплекса по г.м., тыс.т	62506,69	62046,28	62754,89	63763,82	63227,09
Удельные текущие затраты, тг/т	134,90	130,70	123,76	115,85	111,83
Экономический эффект, тыс. тг/год	–	260594	699089	1214701	1458649

1\*– 2\* – скоростные ограничения на маневровых участках 5 км/ч, на виражах 10 км/ч, в грузовом направлении 20 км/ч, в порожняковом направлении 30 км/ч, ниже горизонта 100 м соответственно 10 и 20 км/ч; 3\* – скоростные ограничения на маневровых участках 10 км/ч, в грузовом направлении 20 км/ч, в порожняковом направлении 30 км/ч; 4\* – скоростные ограничения на маневровых участках 15 км/ч, в грузовом направлении 20 км/ч, в порожняковом направлении 40 км/ч; 5\* – скоростные ограничения на маневровых участках 15 км/ч, в грузовом направлении 30 км/ч, в порожняковом направлении 40 км/ч

На период эксперимента создаются максимально благоприятные условия эксплуатации автосамосвалов (снимаются скоростные ограничения, максимально приводятся в соответствие параметры разворотов и ширина автодорог), обеспечивается хронометраж и визуальные наблюдения за работой горно-транспортного комплекса. В качестве дополнительного условия было наличие на начало эксперимента информации по работе автосамосвалов Hitachi: среднее время рейса, сменный расход топлива по показаниям счетчика автомашин в период их эксплуатации до эксперимента, средняя высота и средневзвешенное расстояние транспортировки горной массы ежемесячно за последнюю неделю, средняя эксплуатационная скорость движения автосамосвалов Hitachi EH-3500 АСП, средняя величина тонно-километровой работы. Организован оперативный съем данной информации в течение всего срока проведения эксперимента. При этом ожидалось получение следующего эффекта: сокращение среднего времени рейса на 5 – 10 %; увеличение объема транспортных работ (ткм) на 7 – 10 %; увеличение среднетехнической скорости движения (км/ч) на 7 – 15 %; рост удельного объема вывезенной горной массы за смену; снижение средневзвешенного объема расхода топлива (г/ткм) на 7 – 14 %, снижение затрат на топливо на 2 – 10 %; снижение себестоимости горно-транспортных работ на 5 – 6 % (таблица 3).

Таблица 3

**Сравнительная таблица ожидаемых и фактических результатов эксперимента для автосамосвалов Hitachi EH-3500 АСП**

Показатель	Ожидаемые результаты	Факт	Примечание
Объем перевозок, млн.т	3,4	3,37	
Средневзвешенное расстояние транспортирования, м	3,7	3,75	
Средневзвешенная высота подъема, м	175	176	
Расход топлива, г/ткм	97,76	99,71	
Сокращение среднего времени рейса, %	5 – 10	7,18	В условиях роста вынужденных простоев
Увеличение объема транспортных работ, %	7 – 10	5,49	В условиях отсутствия фронта работ
Увеличение среднетехнической скорости движения (км/ч), %	2 – 3	5,0	В условиях перегруза а/с на 10 – 15 % и более
Снижение средневзвешенного удельного расхода топлива (г/ткм), %	7 – 14	7,62	По а/с Hitachi
Снижение затрат на топливо, %	2 – 10	3,76	За счет снижения высоты подъема и меньшей плотности горной массы
Снижение себестоимости горно-транспортных работ, %	5 – 6	-	Нужен оперативный пересчет

Результаты проведенного эксперимента, а также анализ оперативно получаемых данных за предыдущий период и в период эксперимента показали верность предположения, сделанного в процессе имитационного моделирования (таблицы 4 – 5). За счет повышения скорости движения был существенно снижен расход топлива, что дало снижение удельной себестоимости горно-транспортных работ. При пересчете расхода топлива на объем вывезенной горной массы экономический эффект составил 12,9 млн. тенге в месяц, или 154,8 млн. тенге в год. Однако инженерно-технический персонал предприятия принимал свое решение по проведенному эксперименту после корректировки оперативных данных с учетом маркшейдерского замера, как это было принято на предприятии и часто применяется на многих других предприятиях горнодобывающей отрасли.

Таблица 4

**Результаты эксперимента раздельной эксплуатации  
автосамосвалов Hitachi EH-3500 и БелАЗ-75131**

Показатель	Расход топлива, тыс. л		Экономия топлива, тыс. л		Экономическая эффективность, тыс. тг	
	январь	март	в месяц	в год	в месяц	в год
Hitachi EH-3500	1 529	1 491,1	37 800	453 600	3 969	47 628
	С учетом вывезенных в марте объемов горной массы с расходом топлива, меньшим на 8,23 г/ткм				12 898	154 800
БелАЗ-75131	442 350	405 990	36 360	436 320	3 818	45 814
Итого	1 971,3	1 897,1	74 160	889 920	7 787	200 614

Менее значительная, но существенная экономия возникла и по автосамосвалам БелАЗ, которые показали себя более эффективными при транспортировании рыхлой горной массы, тогда как использование на транспортировании рыхлой массы автосамосвалов Hitachi приводило к излишнему расходу топлива на 1 тонну породы.

Подтверждением корректности расчетов и выводов НИИЦ ERG являются расчеты эффективности работы автотранспорта и экскаваторно-автомобильного комплекса в целом, основанные на оценке производительности.

Уровень производительности труда является одним из важнейших показателей экономической эффективности и прогрессивности производства. Производительность труда является итоговым показателем, оценивающим эффективность труда, т.е. снижение необходимых затрат рабочего времени на производство единицы продукции. Для альтернативной оценки был принят наиболее широко используемый показатель, измеряющий производительность труда в тоннах добытой горной массы в единицу времени. В таблице 5 приведены результаты расчетов за январь и март 2015 г., выполненных на основе тех же оперативных данных, представленных предприятием. Надо отметить, что в январе и марте работало одинаковое число автосамосвалов (в среднем 17 автомобилей в смену). Рост производительности труда 145,84 т/ч.

Расчеты экономической эффективности далее осуществлялись по формуле

$$\mathcal{E}_3 = \Pi n N q, \quad (1)$$

где  $\Pi$  – прирост производительности, т/ч;  $n$  – продолжительность сменного времени, ч;  $N$  – количество смен в месяце;  $q$  – удельные текущие затраты, тг/т.

$$\mathcal{E}_3 = 145,84 \cdot 12 \cdot 62 \cdot 130,7 = 14\,181\,598 \text{ тенге в месяц.}$$

В пересчете на год данный экономический эффект составит 170,2 млн. тенге.

Таблица 5

**Производительность труда парка  
автосамосвалов Hitachi в целом до и после эксперимента**

Период	Добыча, т	Время, ч	Производительность, т/ч
Январь	3 266 500	744	4390,45
Март	3 375 000	744	4536,29

Месячная эффективность в результате эксперимента составила 14,2 млн. тенге. Годовая экономическая эффективность при показателях, полученных в ходе эксперимента в марте, и использовании в работе в среднем не менее 17 автосамосвалов составляет 170,18 млн. тенге. Эти значения практически совпадают с расчетами, полученными по анализу расхода топлива, когда месячная эффективность рабочего парка автосамосвалов составила 12,9 млн. тенге, а годовая 154,8 млн. тенге. Разница объясняется не вполне точным учетом расхода топлива и объемов перевезенной горной массы.

Сочетание двух направлений в оценке экономической эффективности работы карьерных автосамосвалов, основанных на удельных показателях по расходу топлива и производительности машин, обеспечивает ее высокую степень объективности и достоверности в сложных по условиям сопоставимости вариантах организации горно-транспортных работ. Данный подход эффективен и хорошо вписывается в автоматизированную систему мониторинга и диспетчеризации работы экскаваторно-автомобильного комплекса, обеспечивающую качественную информационную базу для проведения технико-экономического анализа. Это дает возможность оценивать в рамках опытно-промышленных экспериментов с высокой степенью достоверности горнотехнические, технологические и организационные решения.

Данная методология реализована и используется в рамках Автоматизированной корпоративной системы управления геотехнологическим комплексом АКСУ ГК «Джетыгара».

Таким образом, после детального анализа результатов эксперимента можно сделать следующие выводы:

1. Жесткая взаимообусловленность многих факторов эффективности работы горно-транспортного комплекса в целом вызывает необходимость исследования взаимосвязи двух и более факторов только при условии адекватного учета характера взаимодействия и влияния всех остальных определяющих факторов.

2. Наиболее объективным показателем энергоэффективности автосамосвалов в заданных условиях эксплуатации является показатель удельного расхода топлива на тонну или кубометр транспортируемой горной массы. Расход топлива в г/ткм, помимо организационных условий и режимов эксплуатации основного горного и транспортного оборудования, зависит от соотношения общей длины и индивидуальной протяженности горизонтальных и наклонных участков автомобильной трассы.

3. Сравнение оперативных данных, результатов проведенных хронометражных наблюдений и полученных экспериментальных данных (имитационная модель экскаваторно-автомобильного комплекса карьера) показывает высокую степень их сходимости по объему горной массы, грузообороту, количеству рейсов, технической скорости. Это говорит о высокой степени достоверности и целесообразности применяемого подхода.

4. Одним из эффективных инструментов повышения эффективности организации горно-транспортных процессов, подкрепленных соответствующей научно-методической

и программно-технической базой, является проведение опытно-промышленных экспериментов, обеспечивающих выработку эффективных технических и организационных решений.

5. Экономическая эффективность принимаемых решений достоверно и с высокой степенью объективности оценивается во время опытно-промышленных экспериментов при использовании методологии, основанной на применении двух критериальных показателей в виде удельных показателей расхода топлива и производительности труда по экскаваторно-автомобильному комплексу в целом.

6. Достоверность, объективность и оперативность исходной информации для качественного технико-экономического анализа работы экскаваторно-автомобильного комплекса обеспечиваются автоматизированной системой мониторинга и диспетчеризации горно-транспортных работ АСМиД ГТР «NetMOM», функционирующей в рамках автоматизированной корпоративной системы управления геотехнологическим комплексом АКСУ ГК «Джетыгара».

### Литература

1. Букейханов Д.Г. Основные принципы имитационного логико-статистического моделирования экскаваторно-автомобильных систем карьеров / Д.Г. Букейханов, С.Ж. Галиев, А.Х. Джаксыбаев // Комплексное использование минерального сырья. – 1993. - № 1. - С. 3 - 8.
2. Анпилогов А.Е. Организации работы вскрышных комплексов методом имитационного моделирования на ЭВМ / А.Е. Анпилогов, С.Ж. Галиев // Совершенствование технологических процессов при открытой добыче и перевозках угля. - Киев: УкрНИИ-проект, 1987. - С. 18 - 27.
3. Анпилогов А.Е. Имитационное моделирование работы железнодорожного транспорта мощных железорудных карьеров / А.Е. Анпилогов, Д.Г. Букейханов, С.Ж. Галиев // Комплексное использование минерального сырья. - 1989. - № 2. - С. 3 - 6.
4. Галиев С.Ж. Оптимизация параметров горно-транспортных систем карьеров на основе имитационного моделирования: дис. ... д-ра техн. наук / С.Ж. Галиев. - Алматы, 1997. - 401с.
5. С.Ж. Галиев. Математическая модель движения автосамосвала при имитационном моделировании системы «Карьер» / С.Ж. Галиев, Д.Ш. Ахмедов // Региональные проблемы интеграционных процессов в условиях рыночной экономики: материалы II междунар. конф. / Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова // Вестник науки. Серия экономических наук. - 2001. - Т. I.