

6
А-65

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ КАЗАХСКОЙ ССР

КАРАГАНДИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Инженер Н.С. ПРАСОЛ

« ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ
СИСТЕМ ЦИКЛИЧНОГО ДЕЙСТВИЯ С ЦЕЛЬЮ ЭФФЕКТИВНОГО ИХ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТКАХ »

Диссертация написана на русском языке

Специальность 05-174 « Рудничный транспорт »

Автореферат диссертации, представлен-
ной на соискание ученой степени кан-
дидата технических наук

г. Караганда
1971.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ КАЗАХСКОЙ ССР

КАРАГАНДИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Инженер Н.С.ПРАСОЛ

" ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ
СИСТЕМ ЦИКЛИЧНОГО ДЕЙСТВИЯ С ЦЕЛЬЮ ЭФФЕКТИВНОГО ИХ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТКАХ "

Диссертация написана на русском языке

Специальность 05-174 " Рудничный транспорт "

Автореферат диссертации, представлен-
ной на соискание ученой степени кан-
дидата технических наук

г. Караганда
1971.



Работа выполнена на кафедре промышленного транспорта Карагандинского политехнического института при творческом содружестве с кафедрой транспортных машин и комплексов ИГИ.

Экспериментальная часть работы выполнена на карьере № 2 Гайского ГОКа и углеразрезе 5/6 Экибастузского месторождения.

Научный руководитель - профессор, доктор технических наук Л.Г. ШАХМЕЙСТЕР.

Официальные оппоненты:

профессор, доктор технических наук - Ю.А. Чернегов,
кандидат технических наук - Р.В. Мерцалов.

Ведущее предприятие - Государственный ордена Трудового Красного Знамени комбинат "Экибастузуголь".

Автореферат разослан *24 декабря* 1971 г.

Защита диссертации состоится *24 января* 1972 г. на заседании Совета по присуждению ученых степеней Карагандинского политехнического института.

Отзыв в двух экземплярах просим направлять по адресу: г. Караганда, Бульвар Мира, 56, КПТИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета
Доцент, канд. техн. наук

Н.Ф.ГРАЩЕНКОВ

Бурное развитие угольной и горнорудной промышленности, предусмотренное директивами XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971-1975 гг., требует решения сложных комплексных задач планирования и организации производства. Особо важное значение приобретает совершенствование планирования и управления процессами производства для новых и реконструируемых горных предприятий, где улучшение основных технико-экономических показателей в значительной мере связано с совершенствованием ведения технологических процессов и оптимизации показателей работы крупных технологических агрегатов и отдельных производственных подразделений.

Как показывает практика, несмотря на известный прогресс, достигнутый в области оптимизации погрузочно-транспортных систем открытых разработок, показатели работы горнотранспортного оборудования довольно низкие. Так, например, коэффициенты использования основного оборудования за календарное время по отдельным предприятиям составляют: для механических лопат - 0,38 + 0,42; драглайнов - 0,40 + 0,43; локомотивосоставов - 0,4 + 0,45; автосамосвалов - 0,41 + 0,45.

Анализ этих данных показывает, что основную долю простоя карьерного оборудования составляют простои по организационным причинам, в их числе большую часть составляют простои из-за неувязки взаимодействия добычных и горнотранспортных машин в смежных процессах.

Поэтому, очевидно, что рациональная организация работы современного предприятия и решение проблемы обеспечения согласованной работы и эффективного взаимодействия всех

технологических процессов предприятий требуют разработки новых методов, позволяющих определять и устанавливать правильные соотношения между отдельными частями производственного процесса, что привело бы к ликвидации простоев горно-транспортного оборудования, повышению ритмичности производства, росту производительности труда и снижению себестоимости продукции.

Рассматриваемая работа посвящена решению этой важной проблемы и состоит из введения, четырех глав, изложенных на 146 страницах машинописного текста, и включает 24 рисунка, 26 таблиц, список использованной литературы из 89 наименований.

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ рассмотрено состояние вопроса по оптимизации схем и вариантов транспорта, обоснованы задачи и методы исследования.

Обобщение передового отечественного и зарубежного практического опыта и научно-исследовательских работ, посвященных вопросу оптимизации схем и параметров горнотранспортного оборудования, свидетельствует о том, что разнообразие горногеологических и горнотехнических условий месторождений, разрабатываемых открытым способом, определяет возможность применения большого числа видов и схем карьерного транспорта. Поэтому, важное значение для каждого карьера имеет установление оптимальной технологической схемы транспорта, заключающейся в выборе таких технических средств для каждого звена транспортной цепи, которые в сочетании друг с другом обеспечивали бы в конкретных горнотехнических условиях наилучшие технико-экономические показатели работы всего внутрикарьерного транспорта.

Из обзора литературы по карьерному транспорту, -труды акад. Н.В.Мельникова, чл.-корр. АН СССР А.О.Спиваковского, чл.-корр. АН СССР В.В.Ржевского, проф. Е.Ф.Шешко, проф. М.В.Васильева, проф. Д.Г.Шахмейстера, проф. Ю.А.Чернегова, д.т.н. П.И.Томакова, проф. Ю.И.Анistrатова, проф. В.С.Хохрякова, проф. Б.П.Аматова, проф. М.Г.Новожилова, к.т.н. Б.В.Яковенко, к.т.н. В.И.Ганицкого, к.т.н. И.П.Ромашкина, к.т.н. Н.В.Забиева и др. источников следует, что имеется ряд ценных идей и методов, которые можно использовать при решении подобного рода задач.

Обоснованию технологических параметров современного карьерного автотранспорта посвящены труды ИГИ, выполненные под руководством чл.-корр. АН СССР В.В.Ржевского и труды ИГД МТИ, выполненные под руководством проф. М.В.Васильева и непосредственным участием к.т.н. Б.В.Яковенко. Исследованию условий эффективного увеличения мощностей карьерного оборудования посвящены работы д.т.н. Ю.А.Чернегова.

В последнее время уделяется все большее внимание разработке теории надежности функционирования горнотранспортных комплексов. Это направление представлено работами ИГИ, ИГД МТИ СССР, ИГД им. А.А.Скочинского (труды чл.-корр. АН СССР В.В.Ржевского, проф. Д.Г.Шахмейстера, д.т.н. П.И.Томакова, проф. М.В.Васильева и др.).

В результате анализа состояния изученности вопроса установлено также, что в процессе предыдущих исследований в силу разного рода причин не решен ряд задач, связанных с оптимизацией погрузочно-транспортных работ на карьерах.

Проведенные в этом направлении работы касались взаимосвязи только смежных процессов в конкретных условиях и существующего оборудования и решались эти задачи, как правило, с использованием детерминированных методов. Это, естественно, не могло раскрыть в полной мере существа взаимосвязей, поскольку операции отдельных технологических процессов, как показали наши исследования, а также работы других авторов, носят вероятностный характер.

Структура механизации, как сочетание взаимосвязанных элементов, представляет собой вероятностную систему и выявление закономерностей изменения этой системы требует применения соответствующих методов.

В свете изложенного, задачами исследования являются:

1) разработка основ методики по оптимизации погрузочно-транспортных систем циклического действия в перспективном планировании;

2) обоснование выбора средств и схем транспорта и выявление рациональных качественных и количественных сочетаний погрузочного и транспортного оборудования в конкретных горнотехнических условиях с учетом перспектив совершенствования техники циклического действия;

3) установление влияния загрузки системы "экскавация - транспорт" на коэффициенты взаимного использования горно-транспортных машин и технико-экономические показатели их работы в динамике развития карьера.

Для решения поставленных задач оптимизации погрузочно-транспортных систем и оценки эффективности применения вариантов транспорта в работе применяются методы теории ве-

роятностей и связанные с ней методы теории надежности, массового обслуживания, статистического моделирования, а также методы научного обобщения и технико-экономического анализа. Объектами исследования приняты карьер № 2 Гайского ГОКа и углеразрез 5/6 Экибастузского месторождения.

ГЛАВА ВТОРАЯ посвящена разработке методики оптимизации погрузочно-транспортных систем.

Сущность исследований по данной методике заключается в определении показателей качества функционирования исследуемой системы как при существующем варианте ее организации, так и при других возможных вариантах, и установлении на основе этих показателей целесообразности и пути улучшения работы системы.

Для определения характеристик качества функционирования системы используются расчетные формулы аналитической теории массового обслуживания и статистического моделирования. Полученные таким образом показатели позволяют значительно глубже проанализировать каждый из возможных вариантов организации системы (например, варианты с одним, двумя, тремя и т.д.) обслуживающими экскаваторами.

На практике очень важно также установить влияние качественных и количественных соотношений средств погрузки и транспорта при различных изменениях и допущениях на производительность погрузочно-транспортного оборудования. Известно, что производительность погрузочно-транспортных машин зависит не только от интенсивности прибытия машин и длительности их погрузки, но также и от количества транспортных машин, находящихся на погрузке. Поэтому, естественно, возникает желание прогнозировать производительность по информации о интенсивности прибытия машин, длительности

погрузки и числа транспортных машин, обслуживающих экскаватор.

Для разрешения поставленных задач предлагается определять условные производительности обслуживающей системы Π_a (экскаватора):

$$\Pi_a = (1 - P_0) \frac{1}{\rho} = \left[1 - \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{n!}{(n-k)!} \rho^k} \right] \frac{1}{\rho} \quad (1)$$

и обслуживаемой системы Π_a (л.с.) (автосамосвалов, локомотивосоставов):

$$\Pi_a(\text{л.с.}) = (1 - P_0) \frac{1}{n\rho} = \left[1 - \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{n!}{(n-k)!} \rho^k} \right] \frac{1}{n\rho} \quad (2)$$

Если система имеет пропускную способность m , т.е. имеется m - обслуживающих экскаваторов, то в этом случае имеет место соотношение:

$$\Pi_a(\text{л.с.}) = \left(\sum_{k=0}^m \frac{k P_k}{m} + \sum_{k=m+1}^n P_k \right) \frac{m}{n\rho} \quad (3)$$

где P_k - вероятность простоя под погрузкой k автосамосвалов (локомотивосоставов) и определяется из выражения:

$$P_k = \frac{m^{k-m} n!}{m! (n-k)!} \rho^k P_0 \quad (4)$$

m и n - соответственно количество погрузочных и транспортных машин;

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ - загрузка системы при единичном потоке;
 μ^{-1} - означает среднее значение длины интервала времени между поступлениями машин;

μ^{-1} - среднее значение длительности погрузки;

P_0 - вероятность простоя экскаватора.

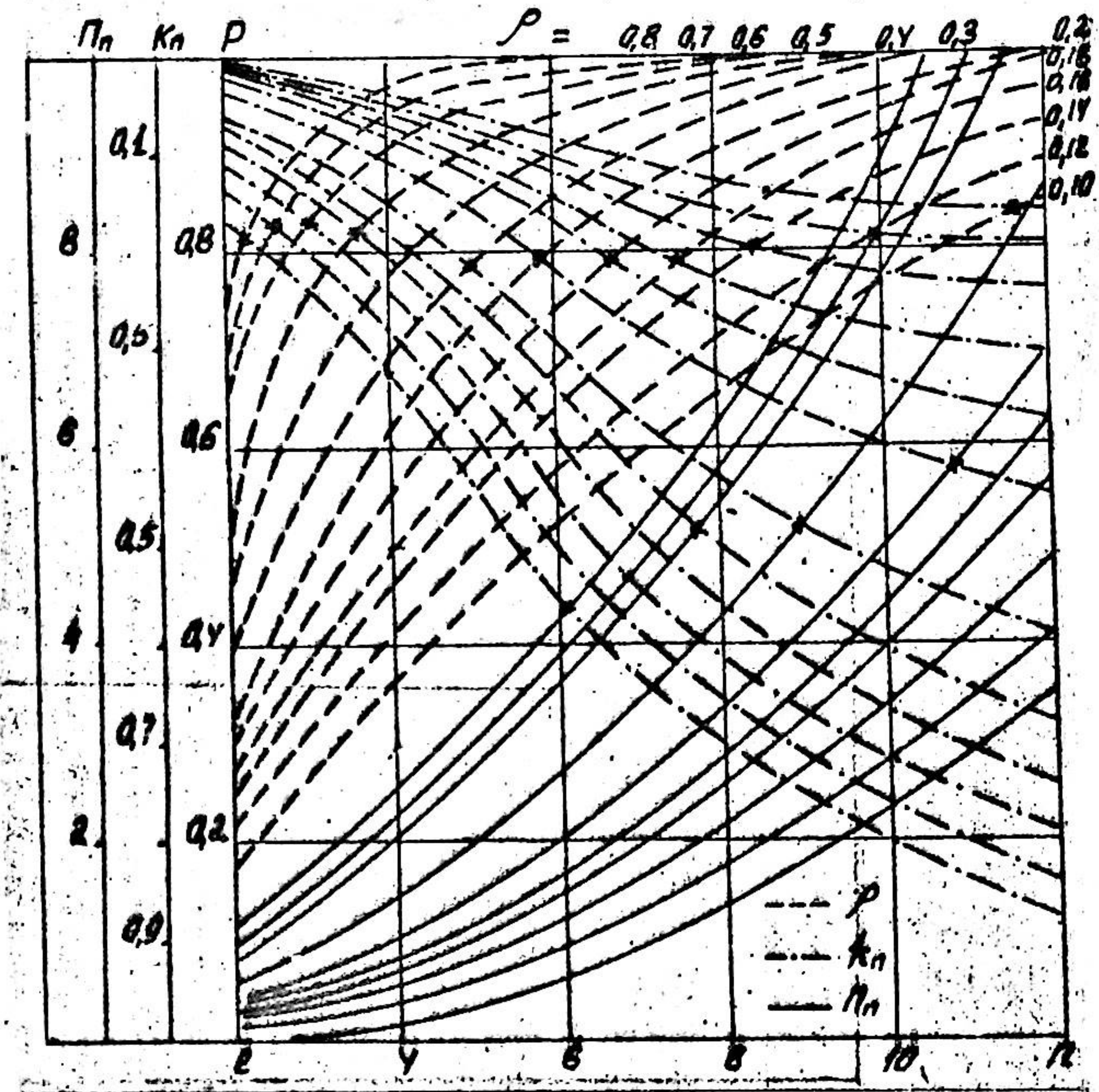


Рис. I Номограмма по определению эффективности работы экскаватора и автосамосвалов в зависимости от их количественного соотношения.

Однако, вычисление по этим формулам достаточно сложно. Поэтому, во избежание значительных аналитических расчетов на основе приведенной методики решения транспортных задач построены номограммы и составлены расчетные таблицы, позволяющие производить всесторонний анализ эффективности работы горнотранспортного оборудования.

Так, в частности, по номограмме (рис. 1) непосредственно определяются: вероятность работы экскаватора P , коэффициент простоя K_n и количество простаивающих транспортных машин N_n в зависимости от загрузки системы ρ .

ГЛАВА ТРЕТЬЯ посвящена исследованию по установлению законов распределения потока автосамосвалов на погрузку и длительности их загрузки, доказательству возможности применения математических методов теории массового обслуживания и статистического моделирования для анализа работы погрузочно-транспортных систем, а также обоснованию возможных и наиболее современных технологических схем циклично-поточного производства, разработке оптимальных взаимозависимых параметров горнотранспортного оборудования, работающего в технологической цепи и установлению целесообразности его применения в условиях карьера № 2 Гайского ГОКа.

В результате обработки полученных статистических данных потока автомашин на погрузку и длительности их погрузки было установлено, что в системах фиксированного прикрепления автосамосвалов к экскаваторам, потоки, воздействующие на систему, не всегда пуассоновские, а время

погрузки экспоненциальное. В этой связи поставлен вопрос о правомерности использования теории массового обслуживания для анализа работы погрузочно-транспортных систем. С целью разрешения поставленного вопроса произведена сравнительная оценка показателей работы системы при различных методах планирования в конкретных условиях карьера № 2. Итоги решения этого примера сведены в таблицу 1.

Из таблицы видно, что аналитическая модель дает простому экскаватору близкие к вычисленным методами Монте-Карло и непосредственным моделированием. Однако простому автосамосвалу при этом имеют значительно большие расхождения с результатами непосредственного моделирования нежели метод Монте-Карло; - это позволяет нам утверждать, что в системах фиксированного прикрепления автомобильного транспорта к экскаваторам, наиболее целесообразно использовать метод статистического моделирования случайных процессов (метод Монте-Карло), который в этом случае с большей точностью, нежели теория массового обслуживания отображает качественную и количественную стороны производственных процессов. На основе проведенных исследований установлено также, что в большинстве случаев удовлетворительное по точности решение можно получить, приняв допущение о том, что все потоки, воздействующие на систему при работе по открытому циклу, являются пуассоновскими, т.е. что процесс функционирования системы представляет собой марковский случайный процесс с непрерывным временем и интервалы между поступлениями машин взаимно независимы и распределены по показательному закону.

Таблица I

Методы планирования и коэффициенты использования горнотранспортных машин	При количестве обслуживающих автосамосвалов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А. Существующий метод планирования										
1. Коэффициент использования экскаватора	-	-	-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	-	-
2. Коэффициент использования автосамосвалов	-	-	-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	-	-
Б. Нетрадиционный метод моделирования										
1. Коэффициент использования экскаватора	0,13	0,21	0,30	0,41	0,47	0,54	0,57	-	-	-
2. Коэффициент использования автосамосвалов	-	-	-	0,71	0,62	0,58	0,54	-	-	-
В. Теория массового обслуживания										
1. Коэффициент использования экскаватора	-	0,22	0,32	0,41	0,50	0,59	0,68	0,74	0,79	0,86
2. Коэффициент использования автосамосвалов	-	-	-	0,80	0,75	0,71	0,65	0,60	0,54	0,49
Г. Метод Монте-Карло										
1. Коэффициент использования экскаватора	0,15	0,25	0,34	0,45	0,48	0,57	0,63	0,66	0,68	0,71
2. Коэффициент использования автосамосвалов	-	-	-	0,72	0,69	0,64	0,58	0,52	0,47	0,43

Исследования по определению эффективности применения схем циклично-поточной технологии и выявления основных закономерностей изменения производительности и пропускной способности эстакады в зависимости от числа автосамосвалов, обслуживающих ее и числа разгрузочных мест выполнено моделирование процесса перегрузки с использованием вероятностных методов.

Цель моделирования: установление рационального числа мест разгрузки в зависимости от количества автосамосвалов обслуживающих перегрузочную эстакаду. Моделирование позволило установить закономерности изменения пропускной способности и производительности перегрузочного комплекса в зависимости от числа автосамосвалов и получена закономерность изменения предельного числа автосамосвалов, необходимых для обслуживания перегрузочной эстакады в зависимости от числа мест разгрузки.

Для облегчения расчетов по определению характеристик работы системы построены ряд номограмм. Так, по номограмме (рис.2) можно установить вероятность ожидания автосамосвала на разгрузку при различном числе разгрузочных мест.

Например, при загрузке системы $\rho = 0,2$ и при одном месте разгрузки вероятность простоя автосамосвала составит 8%, при 2-х разгрузочных местах - 3,3% и при 3-х - вероятность простоя автосамосвала будет практически равна нулю.

По номограмме можно также установить, как изменяется вероятность ожидания в зависимости от коэффициента использования (загрузки) системы.

Приводятся результаты аналитического и статистического исследований по определению показателей работы системы, которые дают удовлетворительную сходимость.

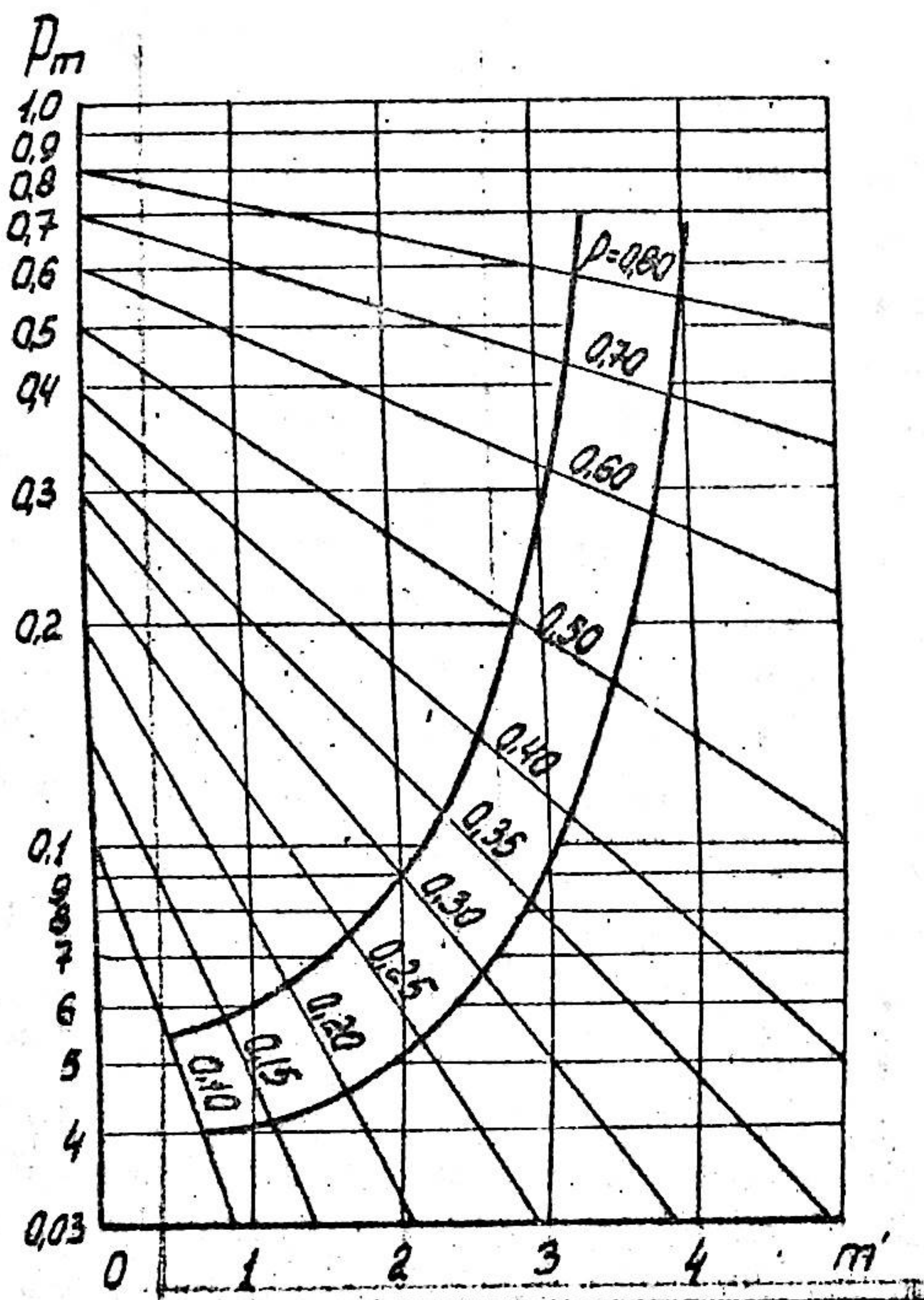


Рис. 2. Номограмма по определению вероятности ожидания автосамосвалов на разгрузке в функции числа мест разгрузки и коэффициента использования системы.

Таким образом, проведенные исследования послужили доказательством того, что анализ работы погрузочно-транспортных систем циклично-поточной технологии с помощью математических методов теории массового обслуживания возможен.

Для объективной оценки и детального анализа рассматриваемых вариантов технологических схем произведен расчет экономической эффективности применения большегрузных автосамосвалов в конкретных горногеологических условиях карьера № 2. За основу в экономических расчетах приняты: цикличная схема, включающая экскаваторы ЭКГ-4 и автосамосвалы БелАЗ-540 (это базовая схема, по которой работает карьер в настоящее время).

Расчет технико-экономических показателей по карьеру произведен по предложенной нами методике (гл. II) и выполнен комплексным, предусматривающим совокупный учет факторов: глубину разработки, дальность транспортирования, объем производства и мощность средств транспорта.

Сравнительный анализ технико-экономических показателей по различным вариантам позволил установить значительные преимущества большегрузных автосамосвалов в сравнении с БелАЗ-540.

В ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ освещен комплекс вопросов, относящихся к оптимизации погрузочно-транспортных систем при комплексной экономической их оценке вероятностными методами в перспективном планировании.

Приводится краткая характеристика объекта исследования. Рассматриваются возможные варианты технологических схем разработки карьера Б/6 Экибастузского месторождения. В связи с этим анализируются методы обоснования проектных решений Центрогипрошахта, Карагандигипрошахта и УкрНИИпроекта для данных условий. Указывается, что на данном этапе результатом

закономерного развития традиционных методов обоснования проектных решений является метод "комплексной оптимизации" параметров и элементов сложных производственных систем.

Отмечается, что существующая методика определения технико-экономических показателей при сравнении и выборе вариантов транспорта, применяемая в проектах, не может быть использована вследствие того, что она не в должной мере учитывает взаимосвязь всех технологических звеньев горного производства с транспортом, а также не отражает изменений параметров транспортного процесса и показателей работы погрузочно-транспортного оборудования в динамике развития карьера. С целью максимально полного учета всех факторов, влияющих на оптимизацию схем карьерного транспорта, постулируется положение, согласно которому функционирование звеньев технологической цепи и их взаимодействие должны рассматриваться как единое целое, а рациональность сочетания горнотранспортного оборудования, его количество и использование должны оцениваться по результатам работы всей системы.

Изменение параметров транспортного процесса в динамике развития карьера предлагается нами учитывать вероятностными методами, а также с использованием энергетического метода исследования, предложенного проф. д. т. н. Ю. И. Анистратовым. Энергетический метод дает возможность сравнить не только различные виды транспорта, но и транспортные средства, представляющие один вид транспорта, с учетом их конструктивных параметров.

В качестве критерия эффективности сравниваемых типов экскаваторов, видов транспорта и их сочетаний при использовании энергетического метода исследования принято удельное

энергопоглощение - отношение их энергопоглощения к производительности. В процессе исследования по указанным методам рассмотрены варианты с применением экскаваторов - механических дозат: ЭКГ-4; ЭКГ-8; ЭКГ-12,5 на вскрыше в сочетании с железнодорожным (электропозв сцепным весом 360; 240; 180 и 150 т, думпкары грузоподъемностью 180; 140 и 105 т) и автомобильным транспортом (автосамосвалы грузоподъемностью 75; 110; 220 т и автопоезда грузоподъемностью 400; 600; 1000 т) при глубине разработки 100; 200 и 300 м.

В результате проведенных сравнительных исследований по определению параметров транспортного процесса в динамике развития карьера с использованием вероятностного и энергетического методов получены аналогичные характерные закономерности их изменения, что подтверждает правомерность использования математических методов для описания работы системы в целом по карьере в перспективном планировании.

Сравнительные данные о изменении параметров транспортного процесса с использованием различных методов исследования на примере железнодорожного транспорта приведены в таблицах 2 и 3. Их анализ показывает, что минимальное удельное энергопоглощение и минимальные эксплуатационные расходы достигаются при использовании локомотивосоставов, сформированных из тягового агрегата сцепным весом 360 т и думпкаров грузоподъемностью 180 т. Сравнение данных по подвижному составу показывает также, что с увеличением глубины разработки, а, следовательно, и расстояния транспортирования автосамосвалы большой грузоподъемности могут конкурировать с железнодорожным транспортом. Так, при глубине разработки 100 + 200 м с железнодорожным транспортом успешно могут конкурировать

Таблица 2

Тип экскаватора	Сцепной вес электровоза (тягового агрегата) и грузоподъемность вагона, тонн	Удельное энергопотребление процессов транспортирования горной массы при глубине разработки, м			
		100	200	250	300
ЭКГ-4	150	0,48	1,43	1,87	2,43
	105				
	180	0,40	1,31	1,72	2,07
	105				
	240	0,34	1,03	1,50	1,90
	140				
ЭКГ-8	360	0,23	0,55	0,81	1,09
	180				
	150	0,41	1,32	1,75	2,21
	105				
	180	0,35	1,05	1,51	1,93
	105				
ЭКГ-12,5	240	0,24	0,57	0,84	1,13
	140				
	360	0,19	0,42	0,67	0,84
	180				
	150	0,38	1,18	1,56	1,97
	105				
ЭКГ-12,5	180	0,31	0,92	1,37	1,80
	105				
	240	0,20	0,43	0,68	0,92
	140				
	360	0,17	0,38	0,58	0,83
	180				

Таблица 3

Тип экскаватора	Сцепной вес электровоза (тягового агрегата) и грузоподъемность вагона, т	Удельные эксплуатационные расходы на транспортирование при глубине разработки, м		
		100	200	300
ЭКГ-4	150	20,7	23,4	25,6
	105			
	180	18,3	20,3	22,8
	105			
	240	15,4	17,7	20,1
	140			
ЭКГ-8	360	12,5	14,6	16,8
	180			
	150	19,8	22,1	24,6
	105			
	180	17,2	19,7	22,3
	105			
ЭКГ-12,5	240	14,3	16,8	18,9
	140			
	360	11,6	13,7	16,3
	180			
	150	18,8	21,2	23,3
	105			
ЭКГ-12,5	180	16,1	18,3	20,4
	105			
	240	13,3	15,4	17,9
	140			
	360	10,7	12,8	15,4
	180			

средства автотранспорта грузоподъемностью 220 т и выше. Таким образом, проведенные исследования показывают целесообразность создания и внедрения на разрезах автосамосвалов и автопоездов большой грузоподъемности (220 и 400 + 1000 т), которые позволяют в течение всего периода разработки месторождения применять один вид транспорта с высокой степенью интенсивности и экономической эффективности.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработана принципиальная основа методики по оптимизации погрузочно-транспортных систем циклического действия на открытых разработках с использованием теории массового обслуживания и статистического моделирования в перспективном планировании.
2. Достоинство данной методики заключается в том, что она учитывает фактически имеющий место вероятностный, а не детерминированный характер работы погрузочно-транспортных систем и в отличие от обычно рекомендуемого нормами технологического проектирования принятия коэффициентов загрузки машин более объективно подходит к решению данного вопроса.
3. На основе приведенной методики получены расчетные таблицы и построены номограммы, позволяющие сделать всесторонний анализ эффективной работы горнотранспортного оборудования и найти наилучшие сочетания их параметров в различных горнотехнических условиях, т.е. непосредственно определить характеристики системы: коэффициенты взаимного использования горнотранспортных машин, среднюю длину очереди, время ожидания, а, следовательно, и истинное значение функции стоимости простоя и ожидания при различных загрузках системы.

4. Проведенные на карьере 2 Гайского ГОКа статистические исследования по установлению законов распределения потока автосамосвалов и времени их погрузки при работе по открытому циклу подтверждают приемлемость гипотез о том, что все потоки, воздействующие на систему, являются пуассоновскими, т.е. что процесс функционирования системы представляет собой марковский случайный процесс с непрерывным временем, а интервалы между поступлениями машин и время погрузки распределены по показательному закону.

5. В конкретных условиях карьера № 2 Гайского ГОКа вероятностными методами исследованы вопросы оптимального использования горнотранспортного оборудования и установлено рациональное их соотношение в зависимости от различных горнотехнических факторов: расстояния транспортирования, количества обслуживающих автосамосвалов и загрузки системы.

6. Исследованиями установлено, что для оценки показателей работы экскаватора с автосамосвалами при работе по закрытому циклу наиболее целесообразно использовать метод статистического моделирования случайных процессов (метод Монте-Карло), который в этом случае с большей точностью нежели теория массового обслуживания отображает качественную и количественную стороны производственных процессов.

7. В результате проведенных сравнительных исследований по определению параметров транспортного процесса в динамике развития карьера с использованием вероятностного и энергетического методов получены аналогичные характерные закономерности их изменения, что подтверждает правомерность использования математических методов для описания работы

системы в целом по карьере в перспективном планировании.

8. Исследованиями установлено, что оценка эффективности работы схем циклично-поточной технологии при комбинированных видах транспорта является характерной задачей, которая решается математическими методами теории массового обслуживания. В этом случае становится возможным определение рациональных параметров перегрузочных эстакад, пропускной способности, числа мест для разгрузки автосамосвалов и, в конечном счете, определение оптимального режима работы системы.

9. Исследования влияния грузоподъемностей автомобильного транспорта на стоимостные данные при определенном значении загрузки системы $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ показывают, что в условиях карьера № 2 наиболее предпочтительными являются автосамосвалы грузоподъемностью 110 т. Себестоимость транспортировки единицы груза при этом в зависимости от глубины и производственной мощности карьера снизится в сравнении с БелАЗ-540 на 20 + 25%.

10. Аналитические расчеты технико-экономических показателей работы железнодорожного и автомобильного транспорта большой грузоподъемности для условий карьера 5/6 Экибастузского месторождения показали, что в данных условиях наиболее целесообразно применять дизель-троллейбусы и автопоезда грузоподъемностью соответственно 220 и 400 т.

11. Внедрение методов оптимального планирования в условиях карьера № 2 Гайского ГОКа позволит сократить простои погрузочно-транспортного оборудования на 7 + 10%, что обеспечивает расчетный годовой экономический эффект в размере 350 + 400 тыс.руб.

12. Результаты проведенных исследований по оптимизации погрузочно-транспортных систем циклического действия приняты комбинатом "Экибастузуголь", для внедрения. Они могут быть также рекомендованы проектным организациям для использования при решении вопроса технико-экономической эффективности вариантов транспорта.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах.

1. Методика решения транспортных задач на оптимум с помощью теории массового обслуживания. 1- Карагандинская областная научная конференция молодых ученых. Тезисы докладов, Караганда, 1969.

2. Эффективность использования горнотранспортного оборудования на карьерах. Сб. "Добыча угля открытым способом". ЦНИИУголь, 1969, № 11-12.

3. Анализ работы погрузочно-транспортного оборудования на карьерах с использованием теории массового обслуживания. Информационная карта № 48, 1970. ЦНИИУголь.

4. Обоснование рациональных сочетаний мощностей погрузочного и транспортного оборудования на карьерах. Сб. "Транспорт шахт и карьеров", Недра, 1971.

5. Исследование различных видов транспорта в условиях карьера 5/6-Экибастузского месторождения. Сб. "Добыча угля открытым способом", ЦНИИУголь, 1970, № 2.

6. Экономическая целесообразность применения автомобильного транспорта на карьере № 2 Гайского ГОКа, Информационная карта № 4, 1971. ЦНИИУголь.

Результаты работы доложены и обсуждены

1. На научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава Карагандинского политехнического института (1967-1971 гг.).
2. На Ленинградской научно-технической конференции (1967 г.)
3. На Всесоюзной научно-технической конференции по проблеме "Поточная технология разработки скальных пород и руд открытым способом" (Свердловск, 1968 г.).
4. На первой Карагандинской областной научной конференции молодых ученых (г. Караганда, 1969 г.).
5. На техническом совете Дюкского хромитового рудоправления (г. Хромтау, 1969 г.).
6. На научно-технической конференции КНИУИ (г. Караганда, 1971 г.).
7. На научном семинаре МТИ и ИГД им. А.А.Скочинского по транспорту шахт и карьеров (Москва, 1971 г.).
8. На заседании объединенного семинара лабораторий технологии открытых горных работ, транспорта, механизации основных производственных процессов (г. Свердловск, 1971 г.).
9. На техническом совете комбината "Экибастууголь" (г. Экибастуз, 1971 г.).