© В.Л. Яковлев, В.Ф. Столяров,
А.В.Глебов, 2005

УДК 622.68

В.Л. Яковлев, В.Ф. Столяров, А.В. Глебов

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОБЛЕМЕ КАРЬЕРНОГО ТРАНСПОРТА

Семинар № 12

Одной из важнейших проблем в области открытых горных работ является карьерный транспорт. Представляется целесообразным рассмотреть основные этапы развития методов исследований в этой области на основе анализа докторских диссертаций.

В широких промышленных масштабах карьерный транспорт стал применяться с 30-х годов XX в. В начальный период времени структура транспортных систем карьеров включала независимые виды транспорта: железнодорожный, автомо-бильный, конвейерный. Форма исследований была преимущественно эмпирической. Наиболее актуальной темой считалась ***комплексная механизация карьеров***. Решаемые задачи имели прикладную направленность. Методология функционального подхода включала: наблюдение, аналитические расчеты, промышленный эксперимент (I этап развития).

Выполненные в 1945-1950 гг. проф. Е.Ф. Шешко работы по изучению взаимосвязи параметров погрузочного и транспортного оборудования на многие годы предопределили направление поиска путей решения горно-эконо-мических задач. В своей диссертации (1950 г.) он предложил критерии, обеспечивающие наибольшее использование оборудования при наименьшем объеме горных работ, выполняемых для создания рабочего фронта и транспортных коммуникаций карьера [1]. Принятый им метод технико-экономического анализа влияния разнородных факторов: горных работ, путей сообщения, подвижного состава, экскаваторов, позволил решить задачу установления технического соответствия между мощностью экскаваторов и локомотивов с одной стороны, и объемом горно-капитальных и подготовительных работ, с другой.

Переход от машинного к комплекс-номеханизированному горному производству в 1960-1970 гг. характеризовался расширением открытой добычи полезных ископаемых, интенсификацией и концентрацией горного производства. Произошел качественный скачок в структуре транспортных систем карьеров, где наряду с независимыми видами транспорта появились новые элементы комбинированных видов транспорта: автомобильно-железнодорожного и автомобильно-конвейерного.

В переходных условиях решающее значение приобретает теоретическая форма исследований. Наиболее актуальным направлением становится создание научных основ проектирования карьерного транспорта. Для достижения этой цели необходимо было решить ряд задач по объяснению терминов, установлению закономерностей, разработке методов выбора видов карьерного транспорта, оптимизации технологических параметров и технических характеристик. При решении задач использовалась методология системного подхода, включающая общие методы научного познания: восхождение от абстрактного к конкретному, идеализацию, абстрагирование, возвратный (элементарно-теоретический) анализ и синтез, индукцию и дедукцию, моделирование, формализацию и др. (II этап развития).

Научные основы эксплуатации и проектирования карьерного автотранс-порта

изложены в диссертации М.В. Васильева (1961 г.). Целью исследования являлось создание технологии применения автомобильного транспорта. На защиту были вынесены методы расчета основных элементов и параметров горных разработок с учетом количественных и качественных связей; параметры, обеспечивающие наибольшую производительность экскаваторно-транс-портного комплекса; методика эксплуатационных расчетов карьерного автотранспорта с учетом специфических условий открытых горных работ; закономерности взаимосвязи параметров выемочно-погрузочного, транспортного и обогатительного оборудования при автотранспорте; количественное соотношение, типаж и новый ряд карьерных автомобилей; целесообразная область применения автотранспорта [2].

Большое значение для создания научных основ проектирования карьерного транспорта имеют исследования, выполненные М.Г. Потаповым. В результате изучения закономерностей перемещения груза и надежности оборудования разработаны методы прогнозирования параметров транспортных средств, в частности обоснованы параметры углевозов и локомотивов. Весьма интересной в методологическом плане является графическая интерпретация технико-экономической оценки транспорта в трехмерном пространстве с координатами: техническая производительность оборудования, производительность комплекса и удельные приведенные затраты на разработку.

В диссертации Б.В. Фаддеева (1967 г.) рассмотрена возможность и целесообразность расширения области применения конвейерного транспорта на карьерах для повышения (на 20-30 %) производительности труда в горнорудной промышленности. Метод научного обобщения позволил автору выявить тенденции развития конвейерного транспорта и дать систематизацию схем поточного производства, метод экспериментальных исследований – установить фактическое натяжение лент в различных точках конвейера и рассчитать ожидаемые сроки службы конвейерных лент, метод математического анализа – вывести расчетные формулы по фактическим показателям, применение электронно-вычислительной техники – найти основные математические зависимости при расчете оптимальной длины конвейера [3].

Свой вклад в создание научных ос-нов проектирования карьерного транспорта внес А.Н. Шилин, разработавший новую терминологию и классификацию комплексов оборудования, основанную на принципе подготовки горной массы к транспортированию конвейерами. Эти теоретические положения вынесены на защиту в диссертации автора (1972 г.). На их основе разработана экономико-математическая модель выбора комплексов ЦПТ, в которой за критерий оптимальности принят минимум приведенных затрат. Для реализации модели разработан графический метод выбора технических средств в зависимости от глубины карьера и его производительности по горной массе [4].

Задача глубокого теоретического осмысления проблемы карьерного транспорта была решена В.Л. Яковлевым при создании ***теории формирования транспортных систем глубоких карьеров***. В ней автор стремился к диалектическому взгляду на рассматриваемые процессы и объекты, исходил из их взаимосвязи и взаимообусловленности, непрерывности изменения во времени и пространстве. Он опирался на научные методы и результаты исследований в области режимов горных работ, взаимосвязей транспортного процесса со смежными звеньями горного производства, закономерностей технического прогресса при оценке сравнительной эффективности капитальных вложений, экономико-математического моделирования и использования ЭВМ.

Основные положения теории формирования транспортных систем глу-боких карьеров вынесены на защиту в диссертации автора (1978 г.). На их основе осуществлялось экономико-

математическое моделирование процессов транспортирования, что позволило решить ряд прикладных задач проектирования, связанных с выбо-ром видов транспорта в различные периоды существования рудных карьеров и последовательностью перехода от одних видов транспорта к другим. Методология решения прикладных задач включала: экономико-математи-ческое моделирование и алгоритм поиска оптимальных параметров транспорта с использованием ЭВМ; критерий оценки сравнительной эффективности вариантов, обеспечивающий приведение их в сопоставимый вид по всем существующим признакам отличия; графо-аналити-ческие методы определения момента перехода на новый вид транспорта и границ между зонами рационального применения различных видов транспорта по глубине карьера [5].

Становление комплексно-механизированного горного производства на карьерах в последующий период 1980-1990 гг. характеризовалось расширением области применения и состава комбинированного транспорта. Появились новые виды: железнодорожно-конвейерный транспорт и автомобильно-конвейерно-железнодорож-ный транспорт. В этих условиях преобладающее распространение вновь получила эмпирическая форма исследований по отдельным видам транспорта и их взаимосвязи, границам и зонам действия имеющихся и перспективных видов технических средств. Решение прикладных задач осуществляется с помощью методологии функционального подхода, состав которого существенно расширяется за счет использования новых методов, заимствованных из наиболее передовых областей научного знания (III этап развития).

В диссертации А.А. Кулешова (1982 г.) используются положения теории сложных систем, теории оптимизации, теории надежности, теории массового обслуживания, теории эксперимента, методы статистического анализа случайных функций, математической статистики, классической механики, экономико-математичес-кого моделирования. В результате автором сформулированы принципы оптимизации систем карьерного автотранспорта; разработаны более точные методы расчета зависимостей между выходными параметрами транспортного процесса и характеристиками внешней среды; разработаны принципы формирования оптимальных типажных структур карьерного автотранспорта на стадии проектирования и в процессе эксплуатации [6].

В диссертации В.А. Галкина (1988 г.) поставлена проблема разработки технологических основ проектирования и планирования грузопотоков на рудных карьерах с автомобильным транспортом, обеспечивающих минимальные транспортные затраты при рациональном направлении и календарном графике горных работ. Для ее решения вводится показатель приведенного грузооборота, минимум которого используется в качестве критерия оптимизации параметров и схем развития [7].

В диссертации В.П. Смирнова (1990 г.) использовался метод оптимизации параметров, заключающийся в рассмотрении смежных процессов горного производства на основе теоретического и экспериментального изучения закономерностей и взаимосвязей режимов работы автосамосвалов большой грузоподъемности. Такой подход позволил установить характер взаимосвязи между техническими характеристиками автосамосвалов грузоподъемностью 75-180 т и технологическими параметрами, разработать методику многофакторного производственного эксперимента по исследованию режимов работы автосамосвалов, сформулировать принципы оптимизации параметров экскаваторно-автомобильных комплексов на основе моделирования транспортного цикла ав-

тосамосвалов с гидромеханической и электромеханической трансмиссиями [8].

В диссертации С.Л. Фесенко (1991 г.) использовались методы научного обобщения и технико-экономического анализа, экспериментальные методы исследований физических процессов, методы теории вероятности, теории планирования эксперимента и мате-матической статистики. С их помощью автор установил зависимости изменения параметров системы железнодорожного транспорта с ростом глубины карьеров. На основе этих зависимостей разработаны технологические предложения по способам транспортирования горной массы и конструктивные решения технических средств с уклонами путей до 60‰, обеспечивающих эффективность горного производства на больших глубинах [9].

Коренные изменения в политической и социально-экономической обстановке сначала СССР, а затем России и других стран СНГ в 90-е годы существенным образом повлияли на научно-технический прогресс в горнодобывающей промышленности. Намеченная ранее реализация многих планов и программ технического перевооружения карьеров не была осуществлена из-за прекращения централизованного финансирования. В условиях переходной экономики появилась потребность поиска новых критериев и методов выбора видов карьерного транспорта, оптимизации технологических параметров и технических характеристик.

В диссертации С.Ж. Галиева (1997 г.) разрабатываются методы оптимизации параметров горно-транспорт-ных систем карьеров с автомобильным, железнодорожным и автомобильно-железнодорожным транспортом на основе применения имитационного логико-статистического моделирования, обеспечивающих комплексное решение задач повышения эффективности проектирования и планирования горных работ. Для решении поставленных задач используются методы теории принятия решений, методы теории вероятностей и математической статистики, методология системного подхода к исследованию сложных стохастических систем, методы теории массового обслуживания и имитационного логико-статистического моделирования на ЭВМ [10].

В диссертации Ю.И. Леля (1999 г.) разрабатываются методы расчета параметров устойчивой работы карьерного автотранспорта, основанные на критериях энергетической оценки транспортных систем с помощью геоинформационного банка данных [11].

В условиях рыночной экономики остро встала проблема обеспечения конкурентоспособности горнодобывающих предприятий. В этой связи появилась необходимость проведения исследований по организации работы и технического обслуживания карьерного транспорта.

В диссертации А.С. Довженка (2002 г.) разработаны концепция и принципы управления автотранспортной системой, предложены критерии оценки эффективности использования материальных, трудовых и финансовых ресурсов. В качестве методологической основы здесь используется логистический подход, основанный на рассмотрении и оптимизации взаимосвязи процессов эксплуатации и ремонта технологического автотранспорта [12]. В диссертации Л.И. Андреевой (2004 г.) разработаны основные принципы и правила формирования способов организации технического сервиса горно-транспортного оборудования, реализация которых обеспечивает экономически целесообразный уровень его работоспособности, надежности, безопасности, эко-логичности, эффективного использования ресурсов. Для решения этих задач используются положения теории технических систем, теории надежности, теории старения машин и механизмов, методы системного анализа и синтеза,

математическое моделирование, производственный эксперимент, экспертные оценки. [13].

На этом заканчивается ретроспективный обзор методов исследования, используемых различными авторами при защите докторских диссертаций по проблеме карьерного транспорта, в период 1930-2005 гг. Объяснить характер изменения методологии исследований в рассмотренный период времени и предсказать будущее нам помогут общие принципы и законы развития науки.

Установлено, что развитие науки имеет **кумулятивный характер**. На каждом новом этапе развития происходит концентрация, переосмысление и уточнение результатов, полученных в прошлом. Такая преемственность обеспечивает функционирование науки как «памяти человечества», в которой накапливается положительное знание. Основное различие между историческими этапами развития науки заключается в мировоззрении, построенном на господстве каких-либо философских доктрин. На современном историческом этапе господствует позитивная философия, основанная на представлениях о том, что источником всякого знания является опыт, всякое знание относительно, законы природы неизменны, отношения между явлениями постоянны и единообразны.

Чередование стадий интенсивного и экстенсивного развития свидетельствует о **цикличной последовательности** процесса накопления знания. На стадии интенсивного развития происходит качественный скачок, в результате которого изменяется струк-тура познавательной деятельности, сам стиль мышления. Механизм интенсивного развития связан с накоплением фактов и опытных данных, которые не могут быть объяснены с помощью существующих представлений. Противоречие разрешается созданием новых представлений, позволяющих объяснить эти факты и опытные данные. После утверждения новой структуры познавательной Деятельности, начинается ее экстенсивное развитие и распространение на новые предметные области. Чередование стадий интенсивного и экстенсивного развития характерно как для отдельных научных дисциплин, так и для всей их совокупности в целом.

Диалектический характер развития науки проявляется во взаимодействии противоположных процессов **интеграции** и **дифференциации**. Необходимость синтеза знаний на стадии интенсивного развития порождает тенденцию к интеграции науки. Освоение новых предметных областей на стадии экстенсивного развития, наоборот, ведет к дифференциации науки, дроблению ее на отдельные дисциплины. Раньше новые дисциплины формировались по предметному признаку. Но в последнее время все более очевидным становится переход к проблемному признаку, когда новые дисциплины создаются в результате выдвижения крупной теоретической или практической проблемы.

В системе научного знания выделяются два структурных компонента (уровня): **эмпирический** и **теоретический**. Эмпирический уровень знания преобладает на стадии экстенсивного развития. Его элементами являются качественные свойства и количественные показатели явлений и объектов, полученные в результате наблюдения или эксперимента. Задачи науки сводятся к описанию этих фактов и опытных данных и установлению характера отношений и связей между ними. В процессе интенсивного развития науки решающую роль приобретает теоретический уровень знания. На нем дается содержательная интерпретация явлений и объектов. Элементами теоретического знания являются термины, категории, понятия, представляющие идеализированное описание сущности явлений и объектов. Отношения и связи между ними устанавливаются с помощью положений, раскрывающих внутренние, чувственно не на-

блюдаемые, связи явлений и объектов, механизм их развития.

Взаимодействие различных уровней знания имеет диалектический характер. Теоретический уровень начинает формироваться, опираясь на существующую базу опытных данных, содержащую множество фактов, требующих объяснения. В законченном виде научная теория включает: первичные допущения, аксиомы, общие законы (теоретическая основа), правила логического вывода и доказательства (логика теории), выведенные утверждения с их доказательством (новое теоретическое знание). Сформировавшись, научная теория способствует качественному изменению эмпирического уровня. Здесь появляются новые элементы, отношения и связи, заменяющие или дополняющие старые.

Руководствуясь знанием общих законов развития науки, мы представили полученные результаты, включающие: краткую характеристику параметров разработки и карьерного транспорта, основные направления, цели и задачи исследований, общий методологический подход и методы решения задач, в хронологической последовательности с выделением этапов, соответствующих стадиям экстенсивного и интенсивного развития (таблица).

Новый качественный скачок в развитии методов исследований по проблеме карьерного транспорта (IV этап) будет характеризоваться концентрацией знания, переосмыслением и уточнением результатов, полученных на предыдущих этапах развития. Решающее значение здесь, как и на II этапе развития, получит теоретическая форма исследований, для осуществления которой имеются необходимые предпосылки, связанные с переходом от современного комплексно-механизированного производства к комплексно-автоматизированному производству [14. С. 154-163].

В книге «Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли» [15] изложена концепция горной теории, которая по своему содержанию ставится в один ряд с естественными и общественными науками. Благодаря авторитету авторов, представляющих основные научные школы, классификация горных наук приобрела официальный статус и послужила основой при разработке номенклатуры научных специальностей ВАК. В ней есть специальность «теоретические основы проектирования горно-технических систем», где выделена область методологических исследований, включающая: обоснование типа и структуры горно-технических систем, выбор методов моделирования и оптимизации технологических параметров и технических характеристик, изучение взаимосвязи между подсистемами и элементами. В рамках данной специальности открывается возможность проведения междисциплинарных исследований, результаты которых в наибольшей степени способствуют процессу интеграции горных наук. Они могут быть представлены в виде общих теорий горно-технических систем, включающих построение идеализированного объекта, содержательную интерпретацию

терминов, формальное исчисление закономерностей.

При создании общих теорий, знание которых станет методологической основой решения познавательных и практических задач в горном деле, решающее значение имеют концепции, основанные на определенном мировоззрении авторов. Неизбежно возникает вопрос, знание каких наук здесь следует применять? Знание прикладных разделов общей математики, физики, механики, химии, биологии, экономики, геологии и т.д. уже давно и успешно применяется в горном деле при выполнении эмпирических ис-

следований. В XX в. появились и бурно развиваются новые науки: кибернетика, генетика, синергетика, информатика, экология. Их знание также применяется в горном деле и даже в номенклатуру научных специальностей ВАК включены прикладные разделы общей информатики (геоинформатика), механики (геомеханика), экологии (геоэкология).

Использование такого знания при создании общих теорий весьма проблематично, поскольку оно не дает представления об объекте в целом, а рассматривает его под определенным углом зрения, в рамках одной модели: математической, физической, механической, экономической, экологической и т.д. В каждой из таких моделей существуют свои концепции, категории, принципы, закономерности и критерии оптимизации показателей, основанные на знании соответствующих наук. Общим для них является философское знание, которое опосредуются в научно-технической деятельности через фундаментальное знание естественных и общественных наук. Отсюда мы пришли к выводу, что создать общую теорию горно-технических систем можно лишь в том случае, если использовать философское знание в горном деле. В связи с этим одним из основных и приоритетных направлений исследований представляется создание **общей теории развития горно-технических систем**, основанной на законах диалектической и формальной логики [14]. Новым элементом в методологии системного подхода здесь является системно-диалектический анализ и синтез. Его применение заставит по-иному взглянуть на многие устоявшиеся научные положения, такие как вопросы стратегии формирования транспортных систем глубоких карьеров [16].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шешко Е.Ф.* Вскрытие и системы открытой разработки месторождений полезных ископаемых: Автореф…. д-ра техн. наук \ ИГД АН СССР. – М., 1950. – 30 с.
2. *Васильев М.В.* Основные вопросы развития открытых разработок с автомобильным транспортом: Автореф …. д-ра техн. наук \ ИГД им. Скочинского АН СССР. – М., 1961. – 37 с.
3. *Фаддеев Б.В.* Исследование применения конвейерного транспорта на открытых горных работах для улучшения экономичности разработки месторождений: Автореф …. д-ра техн. наук \ ИГД им. Скочинского АН СССР. – М., 1967. – 44 с.
4. *Шилин А.Н.* исследование открытой разработки скальных пород и руд с применением конвейерного транспорта: Автореф…. д-ра техн. наук \ Московский горный институт. – М., 1972. – 44 с.
5. *Яковлев В.Л.* Теоретические основы выбора транспорта рудных карьеров: Автореф …. д-ра техн. наук \ ИГД МЧМ СССР. – Свердловск, 1978. – 36 с.
6. *Кулешов А.А.* Теоретические основы высокоэффективной эксплуатации мощных систем карьерного автотранспорта: Автореф…. д-ра техн. наук \ Горный институт им. Г.В. Плеханова. – Ленинград, 1983. – 31 с.
7. *Галкин В.А.* Технологические основы проектирования и планирования грузопотоков на рудных карьерах с автомобильным транспортом: Автореф …. д-ра техн. наук \ ИГД им. Скочинского АН СССР. – М., 1988. – 30 с.
8. *Смирнов В.П.* Обоснование и оптимизация параметров технологического автомобильного транспорта рудных карьеров: Дис. … д-ра техн. наук. – Якутск,1990. – 359 с.
9. *Фесенко С.Л.* Обоснование параметров и разработка технических средств железнодорожных транспортных систем с уклонами путей 60‰ на глубоких карьерах: Автореф …. д-ра техн. наук \ ИПКОН АН СССР. – М., 1991. – 33 с.
10. *Галлиев С.Ж.* Оптимизация параметров горно-транспортных систем карьеров на основе имитационного моделирования: Автореф…. д-ра техн. наук \ ИГД Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Министерства науки – Академии наук Республики Казахстан. - Алматы, 1997. – 41 с.
11. *Лель Ю.И.* Методы расчета параметров устойчивой работы автотранспорта глубоких карьеров: Автореф…. д-ра техн. наук \ ИГД УрО РАН и УГГГА. – Екатеринбург, 1999. – 35 с.
12. *Довженок А.С.* Развитие теории и методов управления автотранспортной системой горнодобывающего предприятия: Автореф…. д-ра

техн. наук \ НТЦ-НИИОГР. – Челябинск, 2002. – 47 с.

13. *Андреева Л.И.* Методология формирования системы технического сервиса горно-транспортного оборудования на угледобывающем предприятии: Автореф…. д-ра техн. наук \ УГГУ. – Екатеринбург, 2004. – 50 с.

14. *Столяров В.Ф.* Проблема цикличности-поточной технологии глубоких карьеров. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 232 с.

15. *Горные* науки. Освоение и сохранение недр Земли / РАН, АГН, РАЕН, МИА; Под ред. К.Н. Трубецкого.- М.: Изд-во Академии горных наук, 1997. - 478с.

16. *Яковлев В.Л., Бахтурин Ю.А., Столяров В.Ф.* Некоторые перспективные направления исследований в области транспортных систем карьеров // Проблемы карьерного транспорта. Материалы международной научно-технической конференции, 3-4 декабря 2002 г. - Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2002. – С.16-19.

Коротко об авторах

Яковлев В.Л. – член-корр. РАН, профессор, доктор технических наук,
Столяров В.Ф. – старший научный сотрудник, кандидат технических наук,
Глебов А.В. – старший научный сотрудник, кандидат технических наук,

Институт горного дела УрО РАН г. Екатеринбург.

Д И С С Е Р Т А Ц И И

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА им. И.М. ГУБКИНА			
ЛЯПИН Алексей Александрович	Разработка методики анализа риска на этапе технико-экономического обоснования строительства объектов нефтегазовой отрасли	05.26.03	к.т.н.