

ТРАНСПОРТНАЯ ЭКОНОМЕТРИЯ

К. Ю. Рухтер

Клаус-Юрген Рихтер

ТРАНСПОРТНАЯ ЭКОНОМЕТРИЯ

Переплет художника *А. Е. Смирнова*
Технический редактор *Л. А. Кульбачинская*
Корректор-вычитчик *И. М. Лукина*
Корректор *В. А. Луценко*

ИБ №

Сдано в набор 23.06.82. Подписано в печать 14.02.83.
Формат 60×90¹/₁₆. Бум. тип. № 1. Гарнитура литературная. Высокая печать.
Усл. печ. л. 20. Усл. кр.-отт. 20. Уч.-изд. л. 21,09. Тираж 2500 экз. Заказ 1027
Цена 3 р. 40 к. Изд. № 2-4-1/7 № 1042
Издательство «ТРАНСПОРТ», 107174, Москва, Басманный туп., 6а

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
129041, Москва, Б. Переяславская ул., д. 46

**Государственный комитет СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТРАНСПОРТ»

ГОТОВЯТСЯ К ИЗДАНИЮ КНИГИ:

БУЯНОВ В. А., РАТИН Г. С. Автоматизированные информационные системы на железнодорожном транспорте. — М.: Транспорт, 1983. — 19 л. — В пер.: 1 р. 50 к. 5000 экз.

Книга содержит систематизированное изложение вопросов создания и использования автоматизированных информационных систем для линейных предприятий железнодорожного транспорта и аппарата управления отделения дорожной. Описано информационное обеспечение АСУ, подробно исследована задача интегрированной обработки телеграмм-натурных листов. Дано описание информационных систем для станций, депо, отделений дорожной.

Для инженерно-технических работников железнодорожного транспорта, занимающихся управлением перевозочного процесса, разработкой и внедрением АСУ. Может быть полезна специалистам других видов транспорта, решающим аналогичные задачи, а также студентам транспортных вузов.

ЕЛИЗАРОВ В. А., ЛЬВИН М. Е., САХАРОВ В. П. Автоматизированные системы управления на автомобильном транспорте: Учебник для техникумов. — М.: Транспорт, 1983. — 11 л. — 40 к. 30 000 экз.

В книге формулируются основные положения о составе и классификации АСУ, организации отдельных функций управления с использованием различных подсистем, особенности построения АСУ различных уровней автомобильного транспорта; изложены методологические вопросы организации управления; дано определение АСУ.

Для учащихся средних специальных учебных заведений автомобильного транспорта.

КОЗЛОВ Ю. Т. Автоматизация управления контейнерными перевозками. — М.: Транспорт, 1983. — 18 л. — В пер.: 1 р. 30 к. 5000 экз.

Освещен комплекс вопросов в области автоматизации процессов управления контейнерной транспортной системой. Показаны методы решения задач и опыт их внедрения на различных видах транспорта, рассмотрены пути создания автоматизированных контейнерных пунктов. Изложены вопросы сбора и подготовки информации, включая кодирование обозначений контейнеров, разработки специализированных технических средств, в том числе устройств систем управления кранами, ввода и отображения информации. Показана экономическая эффективность автоматизации контейнерных перевозок на всех видах транспорта.

Для инженерно-технических работников, специализирующихся в области организации контейнерных перевозок.

ЗАКАЗЫ ПРИНИМАЮТСЯ:

отделениями издательства «Транспорт», центральным магазином «Транспортная книга» (107078, г. Москва, Садовая Спасская ул., д. 21). Отдел «Книга—почтой» указанного магазина (113114, г. Москва, 1-й Павелецкий пр., д. 1/42, корп. 2) и отделения издательства высылают литературу наложенным платежом.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Вступление	5
1. Описательные транспортно-эконометрические модели	14
1.1. Модели развития	14
1.2. Модели «спрос-предложение»	18
1.3. Модели эластичности	22
1.4. Производственные функции и функции затрат . .	24
2. Анализ и моделирование межотраслевых и террито- риальных связей	25
2.1. Статическая линейная балансовая модель	25
2.2. Учет погрешностей и корректировка коэффициентов модели	30
2.3. Мера организованности модели межотраслевого ба- ланса	33
2.4. Транспорт в модели межотраслевых связей . . .	40
2.5. Динамические модели	43
2.6. Моделирование межрайонных связей	45
2.6.1. Межотраслевая межрайонная балансовая модель .	45
2.6.2. Модель межрайонного баланса	49
2.7. Прогнозирование порайонных объемов ресурсов и по- требностей продукции	53
3. Модели оптимизации транспорта	55
3.1. Оптимизационные модели	55
3.1.1. Общая формулировка модели математической опти- мизации	55
3.1.2. Общий метод решения	57
3.2. Линейные модели оптимизации (ЛО)	61
3.2.1. Математическое описание общей задачи линейной оптимизации	61
3.2.2. Использование симплекс-метода для отыскания мак- симума и минимума целевой функции в задачах ли- нейной оптимизации	63
3.2.3. Двойственные задачи линейной оптимизации . . .	69
3.3. Транспортная задача линейной оптимизации . .	72
3.4. Параметрическая оптимизация	87
3.5. Особые виды транспортных задач	89
3.6. Нелинейные транспортные оптимизационные задачи	97
3.7. Нелинейная оптимизация без ограничений . . .	106

3.8.	Квадратичная оптимизация с линейными ограничениями	109
3.9.	Транспортные задачи с квадратичной целевой функцией	112
3.10.	Кусочно-линейная аппроксимация	115
3.11.	Комбинация целей	127
4.	Использование матриц для моделирования транспортных процессов	131
4.1.	Кибернетический подход к исследованию транспорта	131
4.2.	Матрица транспортной сети	131
4.3.	Матрица транспортных сообщений	136
4.4.	Расширенный подход к описанию транспортных процессов и явлений	140
4.5.	Матрица транспортных потоков	144
4.6.	Анализ использования транспортных матриц	152
4.7.	Центры тяжести перевозок	155
4.8.	Стохастические аспекты транспортных процессов	157
4.9.	Матрица пропускных способностей транспортной сети	162
4.10.	Матрица оценок	165
4.11.	Тенденции и перспективы использования транспортных матриц и описания транспортных процессов	169
4.12.	Основные понятия общей теории коммуникаций	172
5.	Системы транспортно-эконометрических моделей	176
5.1.	Понятие о системах моделей	176
5.2.	Элементы и структура системы моделей	178
5.3.	Различные типы систем моделей	183
5.4.	Комплексная система моделей грузового транспорта	188
5.5.	Оптимизация распределения перевозок между различными видами транспорта	190
5.6.	Комплексная система моделей пассажирских перевозок	198
5.7.	Модель оптимизации производственно-транспортных связей	201
6.	Специальные прикладные задачи транспортной эконометрии	203
6.1.	Термин «транспортная система»	203
6.2.	Системный анализ и системология	204
6.3.	Основные направления системного анализа транспортных систем	206
6.4.	Транспорт и народное хозяйство	219
6.5.	Статистический анализ транспортных процессов	226
6.6.	Использование транспортно-эконометрических моделей	229
6.7.	Межотраслевая модель транспортных потоков	239
6.8.	Прогнозирование транспортных потоков	243
6.9.	Использование на транспорте моделей оптимизации	252
6.9.1.	Критерии оптимальности	252
6.9.2.	Оптимизация связей с поставщиками	259
6.9.3.	Оптимизация транспорта	263
6.9.4.	Определение оптимального местоположения объектов	265
6.10.	Решение задач эксплуатации транспорта	275

6.10.1. Определение максимального потока на сети . . .	275
6.10.2. Оптимизация использования парка подвижного состава	276
6.10.3. Распределение транспортных средств и маршрутов по стоянкам автотранспорта	282
6.10.4. Задача оптимального объезда объектов	283
6.10.5. Дополнительные ограничения, учитываемые при формировании маршрута объезда пунктов	287
6.11. Определение оптимальной мощности транспортных сооружений	288
6.12. Использование имитационных моделей	296
6.12.1. Понятие об имитационных моделях	296
6.12.2. Имитационная модель управления запасами	300
6.12.3. Проведение пробных расчетов и результаты имитации	304
Список использованной литературы	308

Kybernetische Analyse verkehrsökonomischer Systeme

Ökonomisch-mathematische Entscheidungsmodelle im Verkehrswesen

Die Transportmatrix

Verkehrsökometrie I, II, III

2., überarbeitete Auflage

von Prof. Dr. rer. oec. habil. Klaus-Jürgen Richter,
Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“, Dresden



transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin

К. Ю. Рухтер

ТРАНСПОРТНАЯ ЭКОНОМЕТРИЯ

Перевод с немецкого
канд. экон. наук О. А. Григорьева

Под редакцией доктора технических наук
Э. И. Позамантира



МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 1983

Рихтер К.-Ю. Транспортная эконометрия: Пер. с нем. канд. экон. наук О. А. Григорьева. Под ред. д-ра техн. наук Э. И. Позамантира. — М.: Транспорт, 1982. — 317 с.

Рассмотрены методологические основы исследования транспортных систем, описательные транспортно-экономические модели и модели оптимизации. Приведены анализ и методы моделирования межотраслевых и транспортных связей, описаны использование матриц для моделирования транспортных процессов, системы эконометрических моделей, изложены специальные прикладные задачи транспортной эконометрии.

Для научных и инженерно-технических работников, занимающихся математическим моделированием процессов эксплуатации и развития транспорта.

Ил. 77, табл. 98, библиогр. 165 назв.

Рекомендовано к изданию Государственным научно-исследовательским институтом автомобильного транспорта

Заведующий редакцией Л. И. Кришталь

Редактор В. В. Борисова

Р 3601010000-459
049(01)-83 6-82

© transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin, 1971, 2., überarbeitete Auflage 1975

© transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin, 1972 2., überarbeitete Auflage 1976

© transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin, 1974 2., überarbeitete Auflage 1977

© Перевод на русский язык, издательство «Транспорт», 1983

ВСТУПЛЕНИЕ

Неуклонный рост народного хозяйства в социалистических странах, сопровождаемый увеличением объемов перевозок грузов и пассажиров, показывает, что развитие и надежное функционирование транспортной системы являются неперенными условиями социального и экономического прогресса социалистических стран. Сегодня стало совершенно очевидно, что функционирование национальных транспортных систем и их взаимодействие в рамках СЭВ оказывают решающее воздействие на повышение экономической эффективности национального и интернационального народного хозяйства братских стран. При этом транспорт имеет все черты и особенности, характерные для сложных или, как их иначе называют, больших систем.

Для постановки и решения проблемы комплексного системного исследования больших экономических, в частности транспортных, систем необходимо в первую очередь определить место и значение математических методов при анализе, синтезе таких систем и управлении ими. Опыт использования математических методов при исследовании больших систем позволяет выделить три главных этапа развития области их применения.

В начальный период предпринимались попытки доказать применимость аппарата математики для решения многочисленных задач в социально-экономических системах, т. е. в системах, значительно отличающихся от традиционных областей использования математики (таких, как физика, механика и т. п.).

Второй этап характеризуется удачным использованием таких математических методов для решения отдельных, частных задач в экономике, носивших, однако, более технологический, чем чисто социально-экономический, характер. Достигнутые при этом частные успехи позволили сделать не всегда обоснованные выводы о возможности более широкого применения математических методов и моделей для решения проблем, значительно отличающихся своей сложностью, степенью организованности, информативностью от тех задач, которые были успешно решены на первом этапе.

Третий этап, продолжающийся до настоящего времени, отличается глубоким анализом сферы и условий применения тех или иных математических методов и моделей в процессе принятия решений в различных ситуациях управления социально-экономическими системами.

Такой анализ позволяет сделать следующие выводы об особенностях применения математических методов и экономико-математических моделей, а также о возможностях формализации процесса принятия решений в сложных социально-экономических системах:

эффективное использование моделей затруднено ввиду их сложности, отсутствия удобных методов и алгоритмов решения задач большой размерности, а также необходимости использовать при этом чрезвычайно точную, достоверную и своевременную информацию. Применение моделей затрудняет также учет особенностей конкретной ситуации, так как каждая реальная задача в принципе уникальна;

в последовательности действий от постановки конкретной задачи до выбора модели и метода ее решения, т. е. в цепочке «цель моделирования → область определения задачи → класс задач → класс применимых методов и моделей → выбор конкретной модели», не существует единого формального метода, позволяющего однозначно определить класс моделей для конкретной задачи из выделенного множества или класса задач. Значительную сложность представляет также сам процесс выделения такого класса задач и выделение конкретной задачи из этого класса;

недостаточность чисто математических, т. е. дедуктивных выводов для описания поведения экономических систем или принятия решений по их управлению. Это связано с принципиально различными подходами к решению традиционных задач математики и задач в социально-экономических системах.

В традиционных задачах исходные данные представлены в виде ограниченного (обычно незначительного) числа достоверных данных (часто аксиом); все внимание уделяется точности математического аппарата. Можно провести непосредственную проверку полученных результатов, т. е. провести эксперимент в техническом смысле.

В задачах социально-экономических имеет место обратная ситуация: большое количество исходных данных с неполной достоверностью, простота самого аппарата математики, сложность или чаще невозможность проведения эксперимента для подтверждения полученных результатов в «чистых» условиях;

отсутствие эффективных процедур упрощения сложных экономических систем, так как именно простые системы наиболее удачно описываются математически;

существенность влияния результатов наблюдений, измерений, публикаций таких результатов на поведение самой экономической системы (смысловой и главным образом прагматический характер информации) и сложность и неоднозначность в определении структуры и потоков управления в таких системах.

Без сомнения, такой список может быть продолжен и далее.

Все изложенное позволяет определить следующие направления использования математического аппарата для исследования социально-экономических систем:

прогностическое направление — статистика, эконометрия — на основе апостериорных данных за счет учета инерционности экономических систем;

построение моделей принятия оптимальных решений (теория игр, математическое моделирование) до проведения реального действия; построение моделей описания поведения экономических объектов (информационное моделирование);

построение автоматизированных систем управления, в которых возможности ЭВМ сочетаются с неформальным подходом человека к решению творческих проблем.

Выбор направления из числа указанных определяется творческим применением математических методов с учетом информационного обеспечения задачи, допустимости ее упрощения или сведения к традиционным типам задач, размерности задачи, опыта лица, принимающего решение. Можно выделить следующие основные виды моделей принятия решений:

математическое описание экономических явлений для наглядности представления некоторых аспектов взаимосвязей или тенденций развития. Модели, используемые для таких целей, называются описательными;

математическое описание экономических связей для координации различных действий и экономических целей. Для этого используются модели координации. Они позволяют оценить различные варианты поведения рассматриваемой системы и их последствия;

математическое описание экономических связей для определения и достижения наилучшего решения и получения желаемого результата, т. е. нахождение некоторого оптимального в определенном смысле решения. Для этого используются оптимизационные модели.

Описательные модели, типичными представителями которых являются регрессионные модели, модели эластичности, модели анализа временных рядов и трендов, используются главным образом для анализа экономических зависимостей, что не исключает применения их для выявления оценки возможных вариантов поведения системы и тем самым для подготовки решений. Координационные модели в общем случае сводятся к моделям межотраслевых балансов.

Для транспорта особый интерес представляют экономически и территориально разделенные координационные модели.

Если рассматривать описательные, координационные и оптимизационные модели как 3 уровня моделирования, причем описательные модели представляют собой нижний, а оптимизационные — верхний уровень, то каждый уровень включает в себя более низкий, т. е. оптимизационные модели выполняют одновременно функции координационных и описательных моделей, а координационные модели обладают свойствами также и описательных моделей.

При экономико-математическом анализе следует различать абстрактные и реальные транспортные системы.

Реальные транспортные системы представляют собой относительно ограниченные экономико-технологические объекты, выполняющие определенные транспортные функции, например:

железнодорожный, автомобильный, речной, морской, воздушный транспорт; грузовой, пассажирский, городской, контейнерный транспорт;

территориально ограниченные транспортные системы: национальная, интернациональная (например, транспорт стран СЭВ) и т. д.

Эти примеры транспортных систем отличаются друг от друга технологической связью и степенью технического отделения рассматриваемой системы от внешних условий, целостностью, экономическими закономерностями, выполняемыми функциями, возможностями управления ими и т. д.

Системный анализ транспортных систем должен исходить из многообразия таких систем и условий, определяющих их. Он состоит в: изучении транспортных систем как социально-экономических единиц, предпосылок и результатов их деятельности, их связей и отношений к другим социально-экономическим системам, а также их управляемости;

рассмотрении транспортных систем как особых технологических систем, прежде всего в отношении рационального использования производительных сил, а также в отношении эффективного управления и развития такого производственного процесса;

анализе отдельных процессов, происходящих внутри отдельных транспортных систем с целью определения оптимальных технико-экономических параметров этих процессов.

К первой группе вопросов можно отнести составление общих планов развития транспорта на основе научного определения спроса на транспортные услуги, определение политики капитальных вложений, финансирования транспорта и т. д.

Ко второй группе относятся составление различных технологических планов, например составление расписания движения поездов, распределение подвижного состава, рабочей силы, непосредственное проведение транспортного процесса.

К третьей группе относятся вопросы рационального использования отдельных технических средств, элементов, отдельных процессов (например, вопрос минимального расхода горючего при движении локомотива), эффективное использование разгрузочно-погрузочной техники и т. д.

Под абстрактной транспортной системой понимается некоторое единство конкретных форм и свойств реальных транспортных систем, присущих всем таковым системам вне зависимости от их конкретных форм и свойств. Иными словами, свойства абстрактной транспортной системы можно найти во всех реальных транспортных системах, причем обратное утверждение силы не имеет.

Основные свойства абстрактных транспортных систем:

существует некоторая структура, которая проявляется в различных формах, например территориальная или пространственная структура систем, определяемая пунктами и связями между ними, технологическая структура, структура производственных мощностей или рабочей силы;

существуют потоки транспортируемых объектов, например потоки грузовых, пассажирских вагонов и поездов, причем потоки рассматриваются и определяются как загрузка линий связи между различными пунктами. Эти потоки реализуют непосредственную функцию

транспорта, а именно пространственное перемещение транспортных объектов;

существует система более или менее общих критериев оценки эффективности работы транспортных систем. Наивысшая форма таких критериев — суть критерии оптимальности, число видов которых достаточно велико. Отношение отдельных критериев к реальным транспортным системам различно. В качестве их могут быть максимум производительности транспортных средств, минимум затрат различного рода, максимум эффективности основных фондов. Ряд критериев оптимальности, определяющих надежность транспорта (не только техническую надежность транспортных средств), — стабильность транспортных систем к внешним влияниям, степень развитости транспортной системы и др. — требуют в настоящее время дальнейшей их разработки и совершенствования.

Абстрактные транспортные системы — не только результат определения общих для всех транспортных систем свойств. Они представляют собой кибернетические системы в главном значении этого термина и обладают целостностью, разделением на подсистемы и элементы, структурой связей между этими подсистемами и элементами, наличием обратных связей, своей информационной базой, энергетическими ресурсами, целью развития.

Транспортные системы обладают различными аспектами: структурным, функциональным и аспектом эффективности.

Первый аспект транспортных систем может быть представлен соответствующей матрицей связей между отдельными пунктами на реальной, искусственной или реальной с добавлением искусственных звеньев сети. Переменная k_{ij} принимает значения либо 1, либо 0 в зависимости от наличия или отсутствия связи между элементами i и j . Такая матрица называется матрицей 0—1, или структурной. Различают несколько типов таких матриц в зависимости от вида связей.

Функциональный аспект (аспект загрузки) определяет транспортные потоки на сети. Соответствующая матрица потоков может быть построена на основе структурной матрицы или матрицы связей между элементами сети. Следует различать отчетные, плановые и прогнозные величины потоков. Плановые и прогнозные данные можно определять статистически, а также известными оптимизационными линейными методами (метод потенциалов, метод условно-оптимальных планов). Вид распределения потоков на сети определяет на основе теории информации величину приведенной (относительной) транспортной информации и тем самым степень организации транспортной системы и возможности управления ею (легче управлять системами с высокой степенью организованности). Величины корреспонденций могут быть определены и описаны различными способами:

- как однозначные детерминированные величины x_{ij} ;
- как случайные величины с известными средними значениями x_{ij} и стандартными отклонениями s_{ij} ;
- как случайные величины с известным законом распределения или плотностью вероятностей $\varphi(x_{ij})$;
- в виде закона развития потока во времени $f_{ij}(t)$;

в виде регрессионной функции $g_{ij}(F_1, F_2, \dots, F_k)$;

в виде общей функциональной экономической зависимости вида $g_{ij}^*(F_1, \dots, F_2; t)$;

в виде вероятности перехода системы из одного состояния в другое $p_{kl}(x_{ij}^k, x_{ij}^l)$ (такое описание применяется при использовании теории марковских процессов).

Аспект эффективности или аспект оценки включает в себя рассмотрение транспортных систем, как и всяких больших систем, с точки зрения некоторых общих критериев. К ним относятся эффективность системы, ее надежность и стабильность, качество управления системой.

Наряду с приведенными выше матрицами структуры и загрузки сети существует матрица оценок (коэффициентов) участков сети, имеющая такую же структуру. Экономическое содержание этих коэффициентов может быть различным (расстояние, затраты, прибыль, время и т. д.). Возможны также критерии более высокого уровня, например приведенные народнохозяйственные затраты. Все три типа транспортных матриц, приведенных выше, могут быть положены в основу анализа, управления, планирования и прогнозирования работы транспортных систем с учетом ее оптимизации.

При определении методических подходов к кибернетическо-экономическому анализу исходят из двух основных методов: метода «черного ящика» и так называемого метода «белого ящика» («прозрачного ящика»). Для первого метода характерно установление зависимостей между векторами входных и выходных переменных без выявления внутренней структуры анализируемой системы. При проведении таких исследований транспортных систем необходимо помнить о том, что в общем случае эти векторы зависят от фактора времени. Существо входных и выходных переменных, а также переменных состояний системы может быть различно: как чисто материальное (конкретные виды материалов), так и информационное (требования к транспорту, сведения о процессе перевозок), а также энергетическое (количество затраченной энергии). Для решения таких вопросов в полной степени применимы статистические и эконометрические методы, так как они позволяют производить наглядные действия и не требуют соблюдения сложных предпосылок. Существует большое количество типов функций и функциональных зависимостей, качество которых для описания конкретной системы может быть проверено эмпирически, а результаты расчетов могут быть оценены по их достоверности. В исследованиях динамического характера можно использовать соответствующий временной лаг; при этом применяются хорошо известные в теории управления корреляционные функции, коэффициенты которых с учетом фактора времени легко рассчитываются как для непрерывных, так и для дискретных переменных. В более сложном случае — при рассмотрении значения вектора выходных переменных в зависимости не только от входных переменных и «стабильного» состояния системы, но и от «переменного» состояния системы, т. е. в виде $Z = f(x, z)$, — необходимо реализовать изменение (прямое или обратное) состояния системы. При этом

нельзя избежать некоторого ограничения принципа «черного ящика», т. е. приходится делать некоторые предположения (гипотезы) о внутреннем строении системы. Это определяет необходимость перехода, по крайней мере частичного, к принципу «белого ящика», при котором информация о внутренней структуре системы, ее функциях считается известной и заданной, либо считается, что эти сведения могут быть получены в процессе самого анализа. Они представляют собой определенную основу для познания и оценки характеристик системы. При использовании этого принципа анализ транспортных систем преследует следующие цели: определение отношения «система—окружающая среда», выделение процессов, характерных для транспорта, определение реакции системы на внешние воздействия.

Особое значение приобретают в таких условиях модели типа «затраты—выпуск» или «вход—выход». Практическое использование таких моделей, однако, затруднено из-за очень высоких требований к качеству информационного обеспечения модели.

Для анализа процессов, специфичных для транспорта, применимы традиционные научные методы и в первую очередь статистика. Различные виды транспортных матриц, упомянутых выше, могут быть положены в основу анализа, оценки и оптимизации структур сетей транспорта, потоков на них, отношений «поставщик—потребитель». При комплексном подходе к анализу транспортных систем создаются системы моделей, увязанных между собой.

Для определения реакции системы на внешние воздействия исследуется быстрота и интенсивность этой реакции. Для транспортных систем производится анализ изменения спроса на транспортные услуги, который, как правило, подчиняется периодическим закономерностям, определяемым статистическими методами. Сложность транспортных систем не позволяет в большинстве случаев использовать такие категории теоретической кибернетики, как переходная функция, зона нечувствительности и т. д. В этом отношении теория экономической кибернетики нуждается в дальнейших теоретических разработках.

Экономико-кибернетический анализ транспортных систем позволяет производить улучшение их управления. Это достигается за счет качественного и количественного изменения информационного обеспечения процесса принятия решения и управления транспортными системами, растущего интегрирования использования устройств электронной обработки данных, построения и внедрения АСУ транспорта, совершенствования методологического аппарата планирования и управления, использования формализованных методов для анализа, синтеза и управления транспортными системами.

Эффективность использования средств вычислительной техники во многом зависит от правильной разработки и внедрения АСУ, которые позволили по-новому использовать математические, статистические и кибернетические методы и модели. Это привело к автоматизации непосредственно процесса управления и принятия решения на основе использования формальных методов расчетов и неформальных методов отбора вариантов в сложных ситуациях, определения направлений