

УДК 338.47

DOI: 10.25559/SITITO.14.201803.748-755

## ПРОБЛЕМА ОРГАНИЗАЦИИ ЕДИНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

П.А. Козлов<sup>1,3</sup>, Н.А. Тушин<sup>2</sup>, В.С. Колокольников<sup>2</sup><sup>1</sup> Научно-производственный холдинг «Стратег», г. Москва, Россия<sup>2</sup> Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург, Россия<sup>3</sup> Российская академия транспорта, г. Москва, Россия

## PROBLEM OF COMMON TRANSPORT SYSTEM ORGANIZATION

Pyotr A. Kozlov<sup>1,3</sup>, Nikolay A. Tushin<sup>2</sup>, Vitaliy S. Kolokolnikov<sup>2</sup><sup>1</sup> Scientific Production Holding Strateg, Moscow, Russia<sup>2</sup> Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia<sup>3</sup> Russian Transport Academy, Moscow, Russia

© Козлов П.А., Тушин Н.А., Колокольников В.С., 2018

### Ключевые слова

Система; элемент; адаптация; оптимизация; моделирование; самоподдержание; транспорт; интеграция; резервы экспедитор.

### Аннотация

Рассматривается проблема создания единой транспортной системы с общесистемных позиций. Много внимания уделяется двум аспектам – активному самоподдержанию в среде с дезорганизацией и двойственной сущности организованного объекта – как системы и как элемента надсистемы. Две эти роли для транспорта выражаются в наличии двух основных задач, в качестве системы это будут «перевозки», в качестве элемента народного хозяйства – «обеспечение связей экономического взаимодействия надежными и эффективными транспортными связями». В первом случае потери на стыке транспорт-производство относятся на производство, во втором – на транспорт. Поэтому в последнем случае транспорту приходится подстраиваться под ритмы производства.

Самоподдержание на транспорте обеспечивается адаптивной, гибкой, управляемой работой. Управление создает, так называемые, динамические резервы, которые замещают по функции резервы фактические, статические. Организацию единой транспортной системы в условиях рыночной экономики следует осуществлять с помощью «системных интеграторов», функцию которых должны выполнять экспедиционные фирмы. Методы расчета и оптимизации должны отображать системные свойства транспортных объектов. Для оптимального управления транспортными потоками предлагается использовать вместо транспортной задачи линейного программирования динамическую транспортную задачу и метод динамического согласования. Последний позволяет рассчитать не только оптимальные режимы перевозок, но адаптивное согласование ритмов производства и потребления. Эти методы успешно применялись при управлении потоками порожних вагонов и при расчете согласованного подвода грузов к морским портам. В качестве основного метода расчета предлагается имитационное моделирование. Приводятся две имитационные системы – ИСТРА для моделирования железнодорожных станций и ИМЕТРА – для моделирования транспортных узлов и больших полигонов. В них встроены механизмы отображения адаптивного управления. Методы оптимизации и системы моделирования прошли государственную регистрацию.

### Об авторах:

**Козлов Петр Алексеевич**, доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии, президент, Научно-производственный холдинг «Стратег» (109029, Россия, г. Москва, ул. Нижегородская, д. 32); вице-президент и действительный член Российской академии транспорта (107078, Россия, г. Москва, ул. Маши Порываевой, д. 34, блок 1), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0920-0124>, laureat\_k@mail.ru

**Тушин Николай Андреевич**, доктор технических наук, профессор Уральский государственный университет путей сообщения (620034, Россия, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4197-0738>, NTushin@usurt.ru

**Колокольников Виталий Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры управление эксплуатационной работой, докторант, Уральский государственный университет путей сообщения (620034, Россия, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5196-4585>, VKolokolnikov@usurt.ru



## Keywords

System; element; adaptation;  
optimization; modeling;  
self-maintenance; transport;  
integration; reserves; forwarder.

## Abstract

The paper discusses the problem of common transport system creation from system-wide positions. Much attention is focused on two aspects – active self-maintenance in the environment with disorganization and dual nature of an organized object – as a system and as an element of a super-system. These roles for transport are expressed in the presence of two main tasks, for the system it is «transportation», for the element of the national economy – «ensuring economic cooperation by reliable and efficient transport links». In the first case, losses in the interaction of transport and production are attributed to production, in the second – to transport. Therefore, in the latter case, transport has to adapt to the rhythms of production. Self-maintenance on transport is provided by adaptive, flexible, controlled operation. Controlling creates so-called dynamic reserves that replace the actual, static reserves. To organize the common transport system in a market economy conditions it is necessary to use «system integrators». Functions of the «system integrators» should be performed by forwarding companies. Methods of calculation and optimization should represent system properties of transport objects. For optimal control of traffic volume the paper proposes to use a dynamic transportation problem and a dynamic coordination method instead of a transport linear programming problem. The latter allows calculating not only the optimal modes of transportation, but also the adaptive coordination of production and consumption rhythms. These methods have been successfully applied in the empty car traffic volume control and in the calculation of the coordinated supply of goods to seaports. Simulation modeling is considered as the main method of calculation. Authors present two simulation systems: ISTRА for modeling railway stations and IMЕТRА for modeling transport junctions and large ranges. They have built-in mechanisms for representing the adaptive control. The optimization methods and modeling systems have passed state registration.

## Введение

Рациональная организация различных видов транспорта страны как системы требует теоретического рассмотрения самого понятия «система». Этот термин употребляют как философы, математики, так и в обычной практике. Однако понимают его односторонне. Поэтому, так называемый, «системный подход» мало помогает построению действительно единой транспортной системы. Между видами транспорта остаются значительные стыковые потери, а структурную реформу на железнодорожном транспорте, когда резким усилением вертикальных связей и ослаблением горизонтальных резко снизили адаптивность, прямо можно назвать несистемной.

В статье дается новое определение понятия «система» и рассматриваются последствия этого и в организационном плане, и при разработке методов расчета и оптимизации.

## Теоретические аспекты

### *Обзор существующих представлений*

В рамках социалистической экономики особенно часто говорилось о том, что у нас существует «единая транспортная система». Отдельные виды транспорта у нас не конкурируют, как при частнособственнической экономике, а гармонично взаимодействуют. Потому что есть один хозяин – государство и есть ГОСПЛАН. Однако экономика была командная и каждым видом транспорта управляло свое министерство. Так что проблемы на стыках были, и значительные.

Вот некоторые бытующие определения.

«Единая транспортная система (ЕТС) – совокупность всех видов транспорта, связанных экономическими, технологическими, техническими и нормативно-правовыми взаимоотношениями».

«Транспортная система России — совокупность транспортных средств, инфраструктуры и управления, функциониру-

ющих на территории Российской Федерации».

Наиболее подробное определение приведено в одном из учебников для вузов: «Единая транспортная система представляет собой совокупность эффективно взаимосвязанных независимо от формы собственности и ведомственной подчиненности видов транспорта — путей сообщения и транспортных средств (с производственно-управленческим персоналом), обеспечивающих погрузочно-разгрузочные работы, перевозку людей и грузов с использованием современных прогрессивных технологий в целях наилучшего удовлетворения спроса населения и грузовладельцев на транспортные услуги» [1].

Сейчас экономика рыночная, единого хозяина нет. Как быть с единой транспортной системой? И здесь в первую очередь надо разобраться, что означает само понятие «система».

Во второй половине прошлого века эта проблема активно обсуждалась под разными названиями – «теория систем», «общая теория систем», «системный подход», «системный анализ», «системно-структурный анализ» и т.п. Проводились конференции, издавались ежегодники, был организован даже целый Институт системных исследований. Разнобой в подходах был весьма большой [2-5]. Приведем некоторые высказывания.

Философ З.М. Оруджев [6]. «Изучение объектов как систем, обладающих рядом свойств, получило большое распространение в современной науке».

Математик Н.Н.Моисеев. «Слово «система» и связанные с ним термины получили широкое распространение. Это произошло потому, что на передний план все более и более выступает необходимость исследования сложных комплексов (систем)» [7].

Философ И.Кант. «Подсистемой я разумею единство многообразных знаний, объединенных одной идеей» [8].

В начале прошлого века российский мыслитель А.А.Богданов попытался разработать единый подход к процессам организации [9]. В книге «Тектология» он пишет: «всякая человеческая деятельность объективно является организующей или дезорганизующей». Не употребляя прямо термин «система», автор все



же использует его неявно: «организованное целое оказалось на самом деле практически больше простой суммы своих частей».

Математик Н.Н. Моисеев. «Понятие «система» относится к числу тех, для которых трудно дать аккуратное определение. Для наших целей достаточно того интуитивного понятия системы, которое имеется у каждого, изучающего предмет» [7]. Это в науке-то – «интуитивное понятие»?!

Философ А.Н.Аверьянов. «Неорганизованные совокупности являются системами, хотя и не целостными». В системах «элементы связаны между собой, неважно, что эта связь носит внешний или случайный характер. Важно, что она объединяет элементы в совокупность определенной формы, которую мы называем кучей, грудой, толпой и т.д.» [10]. Философу нужно было защитить докторскую диссертацию. А как ее защитишь на основе общенаучного понятия? Его надо перевести в философскую категорию, которая по определению относится ко всему миру.

Академик А.И.Берг. «Несмотря на широкое распространение понятия «система», до настоящего времени не существует общепринятого его определения» [11]. Тогда о чем же мы говорим?!

В какой-то мере и в настоящее время имеются слабые попытки коснуться этой проблемы. Например, в [12] украинский профессор пишет:

«Система – настолько общее понятие, что дать ему универсальное для всех случаев жизни определение очень трудно... Системы бывают простыми, сложными и сверхсложными и др. Простая – обыкновенный оконный затвор. Сложная – персональный компьютер. Сверхсложная – экономика пассажирских перевозок». Если в один класс входит и «оконный затвор», и «экономика пассажирских перевозок», то трудно ожидать прорывных результатов от такого системного исследования.

И как результат, Б.Г. Юдин в ежегоднике сделал печальное заключение: «Развитие системных исследований в целом до сих пор не опиралось на какую-то общепринятую теоретическую концепцию». И естественно, что «развитие системных исследований принесло весьма скромные результаты» [13].

Что же такое будет единая транспортная система, если непонятно, что означает сам термин «система»?

На наш взгляд, в системных исследованиях было две принципиальные ошибки. Первая – это понятие старались применить ко всей действительности, хотя содержательно оно может быть полезно только по отношению к организованной материи. Вторая – внимание уделялось не столько принципам и закономерностям, сколь проявлениям их в конкретной среде.

## О понятии «система»

Оно, по-видимому, родилось при наблюдении таких объектов, как живые существа. Они странные. Все под действием внешней среды разрушается, а эти развиваются. Не подчиняются, вроде бы, второму закону термодинамики!

Введем определение. Система – это целостное образование с активным самоподдержанием. Причем, «активное самоподдержание» не менее важный аспект, чем «целостность». Для искусственно создаваемых систем – это главное сходство между собой и отличие от всех других объектов.

К сожалению, этот термин стал употребляться слишком широко. Например, говорят: приведите этот материал в систему, то есть создайте некую упорядоченность. Или – у него это стало системой. Да и словосочетание «солнечная система» – это лишь удобное название. Ничего системного в этом объекте нет.

Так что системный подход при ее изучении ничего не даст.

Итак, в системном подходе следует выделить два важных аспекта:

- наличие некоторой целостообразной целостности;
- активное самоподдержание этой целостности в среде с дезорганизацией.

В подавляющем большинстве исследований рассматривался только первый аспект. Именно здесь отыскивали сходство. Если говорить о живых системах, схожести можно найти много. Ведь, все они происходили из одного источника и развивались от одноклеточных до разнообразных многоклеточных. Закономерности развития и принципы построения структуры здесь весьма сходны.

Но в искусственно построенных системных объектах для разных целей такое сходство найти трудно. Слишком разные цели. Ну чем структурно похожи, скажем, металлургический завод, аэропорт и сортировочная станция? А вот принципы самоподдержания будут в значительной степени идентичны. Можно даже сделать смелое утверждение – если организованный объект существует устойчиво без больших резервов, то в нем реализованы общеприродные принципы активного самоподдержания. На транспорте гибкое управление потоками и процессами создает, так называемые, динамические резервы, по функции заменяющие фактические, статические [14].

Именно здесь, на наш взгляд, может быть наибольшая полезность системного подхода – как создавать эффективно устойчивые производственные системы.

## Адаптивность и управление

Активное противодействие разрушающим воздействиям, самоподдержание обеспечивается адаптивностью и, значит, управлением. Поэтому при исследовании систем корректное отображение внутреннего управления является первостепенной задачей. Внутренние связи (или как их называют «сильные», «тесные» и др.) – это сильноуправляемые связи. Поэтому границы исследуемого объекта как системы необходимо проводить не по связям со слабой интенсивностью (как часто предлагают), а по слабоуправляемым связям. Кстати, в проектах развития транспортной инфраструктуры часто возникает риск несоответствия инвестиционного и расчетного объекта.

Адаптивное управление обеспечивает устойчивость системы. При этом, как говорил один из основателей теории систем У.Р.Эшби: «управление может быть обеспечено только в том случае, если разнообразие средств управляющего (в данном случае всей системы управления) по крайней мере не меньше, чем разнообразие управляемой им ситуации» [15]. Об этом упоминал и Бергаланфи [16]. То есть, на каждое разрушающее воздействие должна быть восстанавливающая активная реакция.

## Целостность

Целостность может быть – структурной. Структурная – это как говорили в древности «ничего нельзя отнять и ничего нельзя прибавить». То есть имеются все необходимые элементы для выполнения требуемой функции. Объекты со структурной целостностью без самоподдержания можно было бы назвать предсистемами.

А собственно системная целостность – это когда весь объект «пронизан» активным целостообразным управлением.



## Сложность

Есть сложность объекта, как *материального образования* (*предсистемы*), и сложность *системная*. Первая – как велико множество составляющих его частей и связей между ними и насколько они (части и связи) разнообразны. Вторая, системная, – как *много параметров поддерживается* вопреки разрушающему действию среды и насколько *разнообразна иерархическая структура* этих параметров.

Система, как правило, состоит из подсистем, которые также являются системами и имеют свои системные параметры и механизмы их поддержания. Но они могут становиться *управляемыми*, подчиненными, если это требует поддержание параметров системы более высокого уровня. Так что объект может быть сложным, как материальное образование, как *предсистема* и простым, как *система*.

## Почему важен системный подход

Объект можно изучать как материальное образование, и как систему [17-20]. Вследствие единых законов природы, конкуренции и отбора *системные принципы становятся все более схожими*. Чем выше уровень организации, тем *объекты как системы все более похожи*. Хотя материальная основа различна. С развитием мира все более разнообразным становится его *материальная форма* и все более единообразна – *системная сущность*. То есть изучив одну систему на некотором уровне развития, мы уже в значительной степени знаем другие на близком уровне.

Итак, *системный подход – это наиболее адекватный, а потому и наиболее эффективный способ описания организованной материи*. Герцен говорил, что метод должен вытекать из объекта, а не привноситься произвольно. Это как раз и относится к системному подходу.

Кстати, о споре ученых по вопросу *конвергенции* (увеличения тождества) и *дивергенции* (увеличения разнообразия), который разделил ученых в мире на два лагеря. Академик Н.Н. Моисеев утверждал, что правы сторонники дивергенции. Обоснование такое. Объекты проходят в своей динамике точки бифуркации, неустойчивого равновесия, где случайное незначительное возмущение может привести к серьезному изменению траектории движения. Случайные воздействия могут быть самыми разнообразными, поэтому разнообразие в мире увеличивается.

Думается, здесь надо рассуждать по гегелевски, не «или-или», а «и-и». Мир становится со временем все более *разнообразным по материальной форме* и все более *единообразным по системной сущности*. Проблема точек бифуркации важна только в неорганизованной материи. В организованной есть адаптивное восстановление. Существует даже выражение «система – это кладбище случайностей».

Проблему сходства и различия удобно продемонстрировать на примере живой природы. Там и хищникам надо стать незаметными во внешней среде. И чем выше уровень развития этих животных, тем более эффективно реализован в них этот принцип – из-за естественного отбора. То есть *по принципу* они похожи. Но незаметными надо быть в разной среде. Значит, *по форме реализации* одного и того же принципа в разной среде они будут весьма различны. Тигр в тростнике становится полосатым, а полярный медведь на снегу – белым.

Так что системный мир становится в развитии *и все более разнообразным, и все более единообразным* (рис.1). Но нам нужно знание именно закономерностей. Наука, как говорил Менделеев, это *учение об общем*. А Ларошфуко утверждал: «*знание некоторых принципов заменяет незнание многих фактов*».



Рис. 1. Изменение разброса в принципах и формах реализации при повышении уровня организации систем

Fig. 1. Changing the spread in the principles and forms of implementation with increasing levels of organization of systems

## Системный анализ

Этот термин пришел из английского языка, который можно перевести и как *анализ систем*, и как *системный анализ*. В англоязычной литературе привилось первое значение, у нас – второе.

В соответствии с изложенными выше подходами системный анализ должен включать следующие процедуры:

- выявление, есть ли у объекта общая функция. Действительно ли этот объект функционально единый (один, а не несколько, скажем, расположенных на общей территории. И существует ли структурная целостность объекта (можно ли назвать его хотя бы *предсистемой*);
- определить *параметры*, которые характеризуют эту функцию;
- выяснить, на какие *подсистемы* подразделяется объект. Определить *функцию* каждой подсистемы и *параметры*, описывающие эту функцию;
- найти *дезорганизующие* воздействия на функции системы и подсистем;
- определить механизмы *самоподдержания* функции системы и подсистем. Описать *адаптивное взаимодействие* системы и подсистем, когда параметры подсистем становятся изменяемыми для обеспечения функции системы при изменившихся условиях.

После этого можно строить системную модель и на ней исследовать свойства объекта, как системы. Как можно увидеть, предлагаемый подход существенно отличается от общепринятого.



## О диалектическом противоречии

Основным *диалектическим противоречием* в системном мире есть то, что *объект должен быть одновременно и системой, и элементом системы более высокого уровня*. Почему *противоречие* и почему *диалектическое*?

*Противоречие*. В системе главное – *самоподдержание*, способность сохранять себя при относительно разрушающем воздействии внешней среды. Противодействовать *активно*. Иначе она не выживет. Но активно означает, что есть *внутреннее управление*. И во имя достижения общесистемной цели *функции элементов могут управляемо меняться*. Но ведь каждый элемент – тоже система с самоподдержанием!

С одной стороны, объект воспринимает независимые от него изменяющиеся требования внешней среды как угрозу, разрушающие действия, с которыми надо бороться, а с другой – как разумные требования надсистемы, которым надо подчиняться. Поддерживать свои основные параметры неизменными (*сохранять себя, как систему*) и превращать их в управляемые величины (*реализовывать себя как элемент надсистемы*). Это и есть противоречие. Обладать объекту и свойствами *системы*, и свойствами *элемента* надо одновременно. Хотя проявлять их он может и *по очереди*.

## Транспорт как система

Итак, транспорт – это и система, и элемент. Но если роль двойная, то и функция должна быть двойная.

*Первая роль*. Транспорт получает деньги за перевозки. Значит, чем больше перевозок, тем лучше. Затраты он считает тоже по перевозкам. И минимальные затраты будут при стабильном, лучше всего одном режиме. Что потом будет с грузом, ему, в общем-то, не интересно. Это внешняя среда, к которой он вынужден подстраиваться и с которой ему приходится бороться. Значит, первую роль можно со всем основанием определить, как «перевозки».

*Вторая роль*. Здесь он только элемент. И он вынужден работать на формирование и поддержание функции надсистемы – народного хозяйства. А там главное – это экономические связи. И функция транспорта вообще может быть лишь как «*обеспечение экономических связей эффективными и надежными транспортными связями*». И эту функцию транспорту, как элементу, задает надсистема. Это существенно другая функция. *Здесь стыковые потери* – между транспортом и производством и между видами транспорта *относятся на транспортную связь* и являются внутренними.

Теперь сфера производства и потребления – это не внешняя среда, а внутренняя – системы, в которой необходимо функционировать транспорту. Но экономические связи – динамичные, особенно в рыночной экономике. Транспорт вынужден осваивать адаптивные реакции для поддержания параметров функции надсистемы. А это уже гибкие технологии. (*То есть связь не должна быть жесткой. Не «или связь, или независимость», а «и-и». Как подвеска у автомобиля. Достаточно жесткая, чтобы он не упал на землю, но достаточно «мягкая», чтобы не передавать все толчки пассажиру. И транспорт имеет возможность организовать такую связь за счет гибкого управления потоками.*)

Итак, что требуется создания для *единой транспортной системы страны*.

*Структурная целостность*. Пути сообщения различных видов транспорта и все устройства должны быть выстроены *согласованно* так, чтобы они могли обеспечить выполнение общей функции без излишних стыковых потерь.

*Функциональная целостность*. Технологические процессы отдельных видов транспорта должны быть *гармонично увязаны*, чтобы могла реализоваться общесистемная функция.

*Системная целостность*. Единая технология должна быть адаптивной, охваченной сквозным управлением, которое должно обеспечивать функцию *активного самоподдержания* для устойчивой работы в относительно случайной среде. Значит, должен быть и единый диспетчерский центр, согласующий действия отдельных подсистем.

*Изучение того, насколько реализованы все эти требования, и будет системным анализом на транспорте*. В частности, если нет единого диспетчерского центра и не разработана технология его управления перевозками через все виды транспорта, то нет и единой транспортной системы.

## Реализация системного подхода на транспорте

В реализации транспортных процессов в рыночной экономике действуют много участников. Значит, они будут конкурировать. И пусть конкурируют. Конкуренция обеспечивает *энергию развития* и совершенствования. Конкурируют они, как отдельные системы. Но и конкуренты будут обязательно сотрудничать. Сотрудничают они, как *элементы надсистемы*. А системную интеграцию в реализации доставки грузов через все стыки (в том числе и за пределы страны) будут осуществлять *системные интеграторы – экспедиционные фирмы*. Если экспедитор увидит, что структурный и технологический стык в данном месте между видами транспорта вызывает слишком большие потери, то он будет искать другие обходы. Потоки здесь не пойдут. И «создатель» этого стыка вынужденно начнет процессы согласования.

Экспедитор создает на время доставки «*виртуальную систему*» из перевозчиков и сервисных фирм. Термин «*виртуальная*» используется по нескольким причинам:

- подсистемы входят в систему временно, только на время доставки;
- подсистемы входят не полностью, а только в некотором отношении;
- подсистемы не заключают между собой договоров и могут даже не знать, что они работают совместно.
- И системный интегратор должен выстроить эффективную технологическую функциональную структуру с самоподдержанием (рис.2).
- Таким образом, проблему построения единой транспортной системы необходимо рассматривать с точки зрения корректно сформулированного «*системного подхода*».

## Методы расчета и оптимизации

Самоподдержание в системе обеспечивается организацией адаптивной, управляемой работой. Но даже в теоретических работах в качестве метода оптимизации при управлении потоками рассматривается транспортная задача линейного программирования. Управление там сводится лишь к прикреплению (раз и навсегда) поставщиков к потребителям.



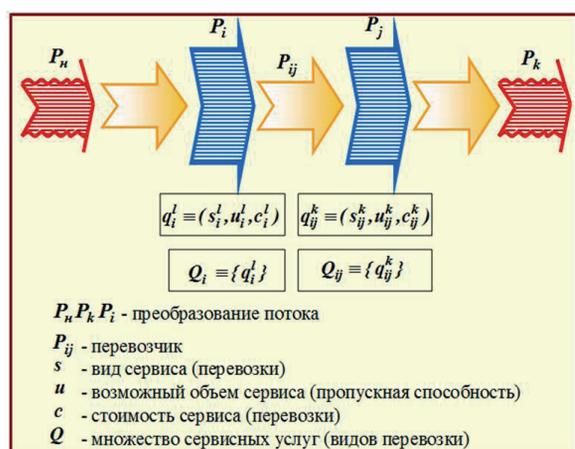


Рис. 2. Схема «виртуальной» системы  
Fig. 2. The scheme of the "virtual" system

При управлении потоками в динамике возникают динамические резервы [21], которые по функции замещают резервы фактические, статические:

- гибкое прикрепление поставщиков к потребителям создает динамические резервы первого рода;
- согласованное ускорение и замедление отдельных струй потока создает динамические резерва второго рода;
- согласование ритмов производства с ритмами потребления через транспорт создает резервы третьего рода.

В конце прошлого века была разработана динамическая транспортная задача и на ее основе метод динамического согласования [22-23]. Близкие к этому понятия обсуждались и за рубежом [24-26]. Модель [22-23] реализует все описанные виды управления и максимизируют динамические резервы. Они применялись при управлении потоками порожняка и при расчете согласованного подвода грузов к морским портам [27- 28].

В качестве метода расчета с отображением адаптивности были созданы две системы имитационного моделирования – ИСТРА для расчета железнодорожных станций и ИМЕТРА – для расчета транспортных узлов и больших полигонов. В них реализован метод И-МДС – имитационный метод динамического согласования, когда осуществляется управление потоками по конечным ритмам. Обе системы прошли государственную регистрацию [29, 30]. На основе опыта этих систем авторами была разработана и утверждена ОАО «РЖД» типовая технология моделирования на железнодорожном транспорте [31].

## Заключение

Грамотное применение системного подхода позволит построить действительно единую транспортную систему с гибким, адаптивным взаимодействием и резким снижением стыковых потерь. Методы расчета и оптимизации должны корректно отображать системные свойства транспортных объектов.

## Список использованных источников

- [1] Единая транспортная система / В.Г. Галабурда, В.А. Персианов, А.А. Тимошин и др.; под ред. В.Г. Галабурды. 2-е изд., Москва: Транспорт, 2001. 302 с.
- [2] Bertalanffy L. von General System theory: Foundations, Development, Applications. 1st ed. N.Y.: George Braziller, Inc., 1968. 289 p.
- [3] Ashby W.R. Principles of the self-organizing system / H. Von Foerster, G.W. Zopf, Jr. (Eds.) // Principles of Self-Organization: Transactions of the University of Illinois Symposium. Pergamon Press: London, UK, 1962. Pp. 255-278. URL: <http://cast.b-ap.net/wp-content/uploads/sites/8/2011/09/ashby-PrinciplesofSelf-Organization.pdf> (дата обращения: 26.07.2018).
- [4] Goode H.H. System Engineering: An Introduction to the Design of Large-scale Systems / H.H. Goode, R.E. Machol (Eds.). McGraw-Hill, 1957. 551 p.
- [5] Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник. 1980. М.: Наука, 1981. 424 с.
- [6] Оруджев З.М. Диалектика как система. М.: Политиздат, 1973. 352 с.
- [7] Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981. 488 с.
- [8] Кант И. Сочинения в шести томах / Под общ. ред. В.Ф. Асмуса, А.В. Гулыги, Т.И. Ойзермана. М.: Мысль. Т.3. 1964. 799 с.
- [9] Богданов А.А. Тектология: (Всеобщая организационная наука). В 2-х кн.: Кн. 1-2. М.: Экономика, 1989. 304 с.
- [10] Аверьянов А.Н. Система: философская категория и реальность. М.: Мысль, 1976. 188 с.
- [11] Управление, информация, интеллект / А.И. Берг, Б.В. Бирюков, Н.Н. Воробьев и др.; Под ред. А.И. Берга. М.: Мысль, 1976. 383 с.
- [12] Аксенов И.М., Разумова Е.Н. Системность в маркетинге пассажирских перевозок // Мир транспорта. 2013. № 2. С. 24-29. DOI: 10.1234/XXXX-XXXX-2013-2-24-29
- [13] Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник. 1981. М.: Наука, 1981. 384 с.
- [14] Козлов П.А. Системные исследования – новый подход // Наука и техника транспорта. 2014. № 1. С. 46-50. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21446619> (дата обращения: 26.07.2018).
- [15] W.R. Ashby M.D. Principles of the Self-Organizing Dynamic System // The Journal of General Psychology. 1947. Vol. 37, issue 2. Pp. 125-128. DOI: 10.1080/00221309.1947.9918144
- [16] Bertalanffy L. von An outline of general system theory // British Journal for the Philosophy of Science. 1950. Vol. I, issue 2. Pp. 134-165. DOI: 10.1093/bjps/I.2.134
- [17] O'Connor J., McDermott I. The Art of Systems Thinking: Essential Skills for Creativity and Problem Solving. Premium Source Publishing, 2006. 288 p.
- [18] Systems Research and Design: Proceedings of the First Systems Symposium at Case Institute of Technology / D.P. Eckman Ed. Wiley, N.Y, 1961.
- [19] Churchman C.W. The System Approach. New York, Delacorte Press, 1968.
- [20] Месарович М., Такахага Я. Общая теория систем: математические основы / Пер. с англ. под ред. С.В. Емельянова. М.: Мир, 1987. 311 с.



- [21] Kozlov P.A., Misharin A.S. A two-level model for the management of railroad goods transportation // *Journal of Computer and Systems Sciences International*. 2002. № 5. Pp. 136-145.
- [22] Свидетельство № 2015663337 Российская Федерация. Система расчёта согласованного подвода грузов МДС (метод динамического согласования): свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ / П.А. Козлов, И.В. Иванов, А.А. Каляганов; заявитель и правообладатель ООО «Аналитические и управляющие системы на транспорте «Транспортный алгоритм». № 2015619857; заявл. 15.10.2015; зарегистр. 15.12.2015.
- [23] Козлов П.А., Миловидов С.П., Попов А.Т. Организация работы технологического транспорта в промышленных системах // *Экономика и математические методы*. 1986. Т. 22, № 4. Pp. 697-703.
- [24] Powell W.B., Bouzaiene-Ayari B., Simao H.P. Chapter 5. Dynamic models for freight transportation // *Handbooks in Operations Research and Management Science*. 2007. Vol. 14. Pp. 285-365. DOI: 10.1016/S0927-0507(06)14005-0
- [25] Powell W.B., Shapiro J.A., Simao H.P. An Adaptive Dynamic Programming Algorithm for the Heterogeneous Resource Allocation Problem // *Transportation Science*. 2002. Vol. 36, no. 2. Pp. 149-269. DOI: 10.1287/trsc.36.2.231.561
- [26] Powell W.B. Dynamic Models of Transportation Operations // *Handbooks in Operations Research and Management Science*. 2003. Vol. 11. Pp. 677-756. DOI: 10.1016/S0927-0507(03)11013-4
- [27] Козлов П.А. Информационные технологии на транспорте. Современный этап // *Транспорт Российской Федерации*. 2007. № 10(10). С. 38-41. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11741339> (дата обращения: 26.07.2018).
- [28] Козлов П.А., Владимирская И.П. Методы оптимизации взаимодействия железнодорожного и морского транспорта этап // *Транспорт Российской Федерации*. 2009. № 1 (20). С. 53-55. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11906805> (дата обращения: 26.07.2018).
- [29] Свидетельство № 2016619710 Российская Федерация. Программный комплекс имитационного моделирования транспортных объектов ИСТРА: свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ / П.А. Козлов, А.Ю. Фрейберг, В.Ю. Пермикин, И.В. Иванов; заявитель и правообладатель ООО «Контроллинг». № 2016614127; заявл. 25.04.2016; зарегистр. 26.08.2016.
- [30] Свидетельство № 2015662972 Российская Федерация. Система макро моделирования транспортных узлов и полигонов ИМЕТРА: свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ / П.А. Козлов, И.В. Иванов, В.Ю. Пермикин; заявитель и правообладатель ООО «Аналитические и управляющие системы на транспорте «Транспортный алгоритм». № 2015619807; заявл. 15.10.2015; зарегистр. 08.12.2015.
- [31] Заседание совета главных инженеров ОАО «РЖД» // *Инновационный дайджест*. 2018. 26-27 февраля. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rzd-expo.ru/developments/detail.php?ID=236275> (дата обращения: 26.07.2018).

Поступила 26.07.2018; принята в печать 10.09.2018;  
опубликована онлайн 30.09.2018.

## References

- [1] Common Transport System. V.G. Galaburda et al. Ed. M.: Transport, 2001. 302 p. (In Russian)
- [2] Bertalanffy L. von General System theory: Foundations, Development, Applications. 1st ed. N.Y.: George Braziller, Inc., 1968. 289 p.
- [3] Ashby W.R. Principles of the self-organizing system. *Principles of Self-Organization: Transactions of the University of Illinois Symposium*. H. Von Foerster, G.W. Zopf, Jr. (Eds.) Pergamon Press: London, UK, 1962, pp. 255-278. Available at: <http://cast.b-ap.net/wp-content/uploads/sites/8/2011/09/ashby-PrinciplesofSelf-Organization.pdf> (accessed 26.07.2018).
- [4] Goode H.H. System Engineering: An Introduction to the Design of Large-scale Systems. H.H. Goode, R.E. Machol (Eds.). McGraw-Hill, 1957. 551 p.
- [5] Systems Research. Methodological Problems. Yearbook, 1980. M.: Science, 1981. 424 p. (In Russian)
- [6] Orudzhev Z.M. Dialektika kak sistema [Dialectics as a system]. M.: Political Publisher, 1973. 352 p. (In Russian)
- [7] Moiseev N.N. Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza [System analysis mathematical problems]. M.: Science, 1981. 488 p. (In Russian)
- [8] Kant I. Sochineniya v shesti tomah [Works]. Vol. 3. M.: Mysl, 1964, 799 p. (In Russian)
- [9] Bogdanov A.A. Tektologiya: (Vseobshchaya organizacionnaya nauka). [Tectology. General organizational science]. M. Economics, 1989. 304 p. (In Russian)
- [10] Averyanov A.N. Sistema: filosofskaya kategoriya i real'nost' [System: philosophical category and reality]. M.: Mysl, 1976. 188 p. (In Russian)
- [11] Berg A.I. et al. Management, information, intelligence. M.: Mysl, 1976. 383 p. (In Russian)
- [12] Aksenov I.M., Razumova E.N. System approach in marketing of passenger traffic. *World of Transport and Transportation*. 2013; (2):24-29. (In Russian) DOI: 10.1234/XXXX-XXXX-2013-2-24-29
- [13] Systems Research. Methodological Problems. Yearbook 1981. M.: Science, 1981. 384 p. (In Russian)
- [14] Kozlov P.A. Systems Research – New Approach. *Science and Technology in Transport*. 2014; 1:46-50. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21446619> (accessed 26.07.2018). (In Russian)
- [15] W.R. Ashby M.D. Principles of the Self-Organizing Dynamic System. *The Journal of General Psychology*. 1947; 37(2):125-128. DOI: 10.1080/00221309.1947.9918144
- [16] Bertalanffy L. von An outline of general system theory. *British Journal for the Philosophy of Science*. 1950; 1(2):134-165. DOI: 10.1093/bjps/1.2.134
- [17] O'Connor J., McDermott I. The Art of Systems Thinking: Essential Skills for Creativity and Problem Solving. Premium Source Publishing, 2006. 288 p.
- [18] Systems Research and Design: Proceedings of the First Systems Symposium at Case Institute of Technology. D.P. Eckman Ed. Wiley, N.Y, 1961.
- [19] Churchman C.W. The System Approach. New York, Delacorte Press, 1968.
- [20] Mesarovic M., Takahara Y. General Systems Theory: Mathematical Foundations (Mathematics in Science and Engineering). Vol. 113. Elsevier, 1975. 322 p.



- [21] Kozlov P.A., Misharin A.S. A two-level model for the management of railroad goods transportation. *Journal of Computer and Systems Sciences International*. 2002; 41(5):803-811.
- [22] Kozlov P.A., Ivanov I.V., Kalyaganov A.A. Sistema raschyota soglasovannogo podvoda gruzov MDS (metod dinamicheskogo soglasovaniya) [System for calculating the coordinated supply of goods DCM]. State Registration Certificate of the Computer Software Program RF, no. 2015663337.
- [23] Kozlov P.A., Milovidov S.P. Popov A.T. Optimization of industrial transport in industrial systems. *Economics and Mathematical Methods*. 1986; 22(4):697-703. (In Russian)
- [24] Powell W.B., Bouzaiene-Ayari B., Simao H.P. Chapter 5. Dynamic models for freight transportation. *Handbooks in Operations Research and Management Science*. 2007; 14:285-365. DOI: 10.1016/S0927-0507(06)14005-0
- [25] Powell W.B., Shapiro J.A., Simao H.P. An Adaptive Dynamic Programming Algorithm for the Heterogeneous Resource Allocation Problem. *Transportation Science*. 2002; 36(2):149-269. DOI: 10.1287/trsc.36.2.231.561
- [26] Powell W.B. Dynamic Models of Transportation Operations. *Handbooks in Operations Research and Management Science*. 2003; 11:677-756. DOI: 10.1016/S0927-0507(03)11013-4
- [27] Kozlov P.A. Information technologies on transport. Modern stage. *Transport of the Russian Federation*. 2007; 10(10):38-41. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11741339>
- [28] Kozlov P.A., Vladimirskaia I.P. Optimization Methods in interaction between railroad and sea-borne transport. *Transport of the Russian Federation*. 2009; 1(20):53-55. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11906805> (accessed 26.07.2018). (In Russian)
- [29] Kozlov P.A., Frejberg A.Yu., Permikin V.Yu., Ivanov I.V. Programmnyj kompleks imitacionnogo modelirovaniya transportnyh ob'ektov ISTRА [Program complex for simulation of transportation objects ISTRА]. State Registration Certificate of the Computer Software Program RF, no. 2016619710.
- [30] Kozlov P.A., Ivanov I.V., Permikin V.Yu. Sistema makromodelirovaniya transportnyh uzlov i poligonov IMETRA [System for simulation of junctions and ranges IMETRA]. State Registration Certificate of the Computer Software Program RF, 2015662972.
- [31] Meeting of the Chief Engineers Council of the Joint Stock Company "Russian Railways". *Innovative Digest of JSCo Russian Railways*. 2018. February 26-27. Available at: <http://www.rzd-expo.ru/developments/detail.php?ID=236275> (accessed 26.07.2018). (In Russian)

Submitted 26.07.2018; revised 10.09.2018;  
published online 30.09.2018.

#### About the authors:

**Pyotr A. Kozlov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, State Prize of the Russian Federation, President, Scientific Production Holding Strateg (32 Nizhegorodskaya Str., Moscow 109029, Russia); Vice Presidents of the Russian Transport Academy (1 bl., 34 Masha Poryvaeva Str., Moscow 107078, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0920-0124>, laureat\_k@mail.ru

**Nikolay A. Tushin**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ural State University of Railway Transport (66 Kolmogorova Str., Ekaterinburg 620034, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4197-0738>, NTushin@usurt.ru

**Vitaliy S. Kolokolnikov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Ural State University of Railway Transport (66 Kolmogorova Str., Ekaterinburg 620034, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5196-4585>, VKolokolnikov@usurt.ru



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

