



Системность в управлении перевозочным процессом



Дмитрий ЛЕВИН

Dmitry Yu. LEVIN

Consistency in Transportation Process Control

(текст статьи на англ. яз. –
English text of the article – p. 28)

В статье рассматривается системный подход к организации перевозочного процесса и взаимодействию причастных к этому структур и работников. В транспортной системе выделено пять основных функций: руководство, организация, планирование, регулирование и управление. В динамичной и внутренне связанной сложной системе железнодорожного транспорта изменение только одной позиции приводит к изменению многих других составляющих. При этом теория трактует управление всеми объектами процесса как единство целей разных иерархических уровней, объединённых стратегическими решениями, нормативным и оперативным планированием, сквозной технологией диспетчерского руководства.

Ключевые слова: системный подход, управление перевозками, теория систем, нормативное планирование, регулировочные меры, несистемное управление.

Левин Дмитрий Юрьевич — доктор технических наук, профессор кафедры управления эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Система управления перевозочным процессом не сводится к простой совокупности её составляющих. Для повышения эффективности эксплуатационной работы железных дорог надо охватить все составляющие сложной структуры по вертикали и горизонтали, все связи и «опосредования». Это и есть основополагающая, коренная идея системного подхода.

Современное управление перевозочным процессом — это методы управления внутри службы, в то время как системный подход к перевозкам требует расширения понятия управления, включения в сферу его ответственности всего, что причастно к движению. То есть управление становится ещё и учением о способах и средствах гармонизации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте, достижения того уровня организации системы, который близок к идеалу единого механизма.

В то же время предоставление самостоятельности комплексам инфраструктуры и подвижного состава — это разрушение централизованного управления перевозочным процессом, поскольку появляются интересы, которые вступают в противоречие с общетраслевыми.

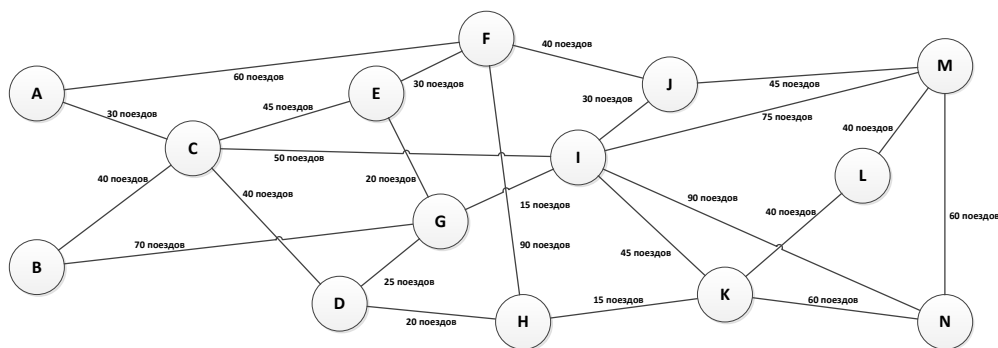


Рис. 1. Сеть железных дорог с пропускной способностью участков.

Система управления перевозочным процессом должна исходить из того, что управление — не самоцель, а совокупность производственной деятельности предприятий и подразделений, которая объединяет и реализует созидательные усилия всех служб отрасли.

В транспортной системе можно выделить пять основных функций:

- планирование — выработка путей к достижению поставленной цели;
- руководство — определение стратегии, цели, критериев;
- организация — объединение усилий и упорядочение;
- регулирование — направление, приведение в состояние нормальной работы;
- управление — действия по реализации стратегии, цели, плана.

Планирование. Начинать оптимизацию управления перевозочным процессом необходимо ещё на стадии планирования грузовых перевозок. План грузов является исходной информацией для распределения ресурсов и использования перевозочных средств железнодорожного транспорта, определения потребности топлива и электроэнергии, подготовки нормативно-технологических документов, установления норм и показателей эксплуатационной работы.

Эффективность планирования во многом снижается из-за экспертного прогноза объёма работы, чаще всего далёкого от реального. При определении объёма перевозок в основном исходят не столько из возможностей железных дорог, сколько из потребностей грузовладельцев [8].

С увеличением объёма перевозок заметно увеличивается число отправок с нарушением нормативных сроков доставки

грузов [2]. Это свидетельствует о том, что для включения заявок в план перевозки грузов следует проводить проверки пропускной способности инфраструктуры, перерабатывающей способности технических станций и выгрузочной способности грузополучателей.

На качество нормативно-технологических документов и эффективность перевозочной деятельности оказывают влияние недостатки формирования плана погрузки. Доля объёмов перевозок, подтверждённых заявками грузоотправителей, не превышает 50 %. В результате отклонение фактической погрузки от плановых размеров на отдельных направлениях составляет более 60 тыс. вагонов в год. Это требует дополнительных мер по передислокации тягового подвижного состава и корректировке графика ремонтных работ на инфраструктуре [2].

В действующей с 2000 года системе ЭТРАН не предусмотрена проверка заявок на соответствие потребностей в перевозках грузов возможностям железнодорожного транспорта. Предлагается автоматизированная система согласования заявок на перевозку грузов и перемещение порожних вагонов с учётом перевозочных возможностей дорог.

Статистическая инфраструктурная модель сети железных дорог описывается графом:

$$G_k = \{V_k; R_k\},$$

где V_k — все v_k вершины графа — станции; R_k — все r_k рёбра графа — участки; k — порядковый номер, или обозначение вершины/ребра на графе.

Каждому ребру расчётного графа соответствует набор параметров (из системы Сеть-3):





$$R_k = \{L_R, v_R^\mu, D_R^\mu\},$$

где L_R — длина участка, ограниченного станциями (вершинами) V_k , км; v_R^μ — участковая скорость следования грузовых поездов различных категорий μ по участку, км/ч; D_R^μ — технологическое время следования по участку R_k поездов категории μ , час ($D_R^\mu = L_R / v_R^\mu$).

На станции V_i поступает упорядоченное множество заявок. Алгоритм просматривает таблицы заявок и формирует множество S в виде таблицы заявок, упорядоченных по времени. В соответствии с альбомом кратчайших расстояний заявки «накладываются» на граф сети железных дорог. На каждом участке «проходящие» по нему заявки (вагоны) суммируются. Сумма вагонов делится на средний состав поездов. Получаемое число сопоставляется с наличной пропускной способностью участка n_i (рис. 1).

При $N_{ij} > n_{ij}$ грузоотправителю предлагается перевозка кружностью (в обход участка, исчерпавшего наличную пропускную способность). При отказе грузоотправителя реализовать заявку кружностью заявка отклоняется.

При $N_{ij} > n_{ij}$ заявка включается в план перевозок грузов.

Долгосрочная система на стадии приёма заявок на перевозки грузов состоит в максимальном использовании перевозочных возможностей сети железных дорог и решается по критериям:

- 1) приёма максимального числа заявок (вагонов);
- 2) получения наибольшей провозной платы (прибыли);
- 3) выполнения максимального грузооборота (т • км);
- 4) перевозки наибольшего веса грузов (т).

Множество заявок S представляется в виде списка, ранжируемого по соответствующему критерию по мере убывания. Этот список определяет последовательность рассмотрения заявок.

Варианты отличаются различными критериями выбора заявки для включения в план перевозок, но при этом имеют одно и то же ограничение — пропускную способ-

ность участков. Рассмотрим их более подробно.

Целевая функция задачи для её первого варианта представляется следующим образом (1):

$$f_1 = \sum p_s = \max. \quad (1)$$

При этом ограничения можно выразить и в ином виде (2):

$$\forall l_j : \frac{t_j}{m_j} \leq n_j. \quad (2)$$

Раскроем это ограничение. Текущее число вагонов t_j для участка j , получающееся в результате суммирования числа заявок, принимаемых к обработке, должно быть соотнесено с нормой вагонов m_j для этого участка, в результате будет вычислен поездопоток N_j для этого участка. Он сравнивается с наличной пропускной способностью n_j участка. Таким образом, выражение (2) примет вид:

$$\frac{p_1 + p_2 + \dots + p_s}{m_j} \leq n_j. \quad (3)$$

Для решения задачи, определяемой выражениями (1) и (3), следует выполнить рекуррентную процедуру, для которой, в свою очередь, требуется иметь в виду следующее:

1. Этап i ставится в соответствие заявке s , включающей $p = 1, 2, 3 \dots, s_p$ вагонов.

2. Вариант решения на этапе i описывает количество заявок s и соответствующее им число вагонов P_i на каждом участке l_j . Число поездов N на каждом участке j равно:

$$N_j = \frac{\sum p_j}{m_j}.$$

3. Состояние x_i на этапе i выражает суммарное число вагонов, решение о включении в план которых приняты на этапе $i, i+1, \dots, s$. Это определение отражает тот факт, что ограничение по числу вагонов является единственным, которое связывает s этапов вместе.

Пусть $f(x_i)$ — максимальное число вагонов на этапе $i, i+1, \dots, s$ при заданном состоянии сети железных дорог x_i . Тогда решение задачи будет найдено выполнением следующей двухшаговой процедуры.

Шаг 1. Выразим $f_i(x_i)$ как функцию $f_{i+1}(x_{i+1})$:

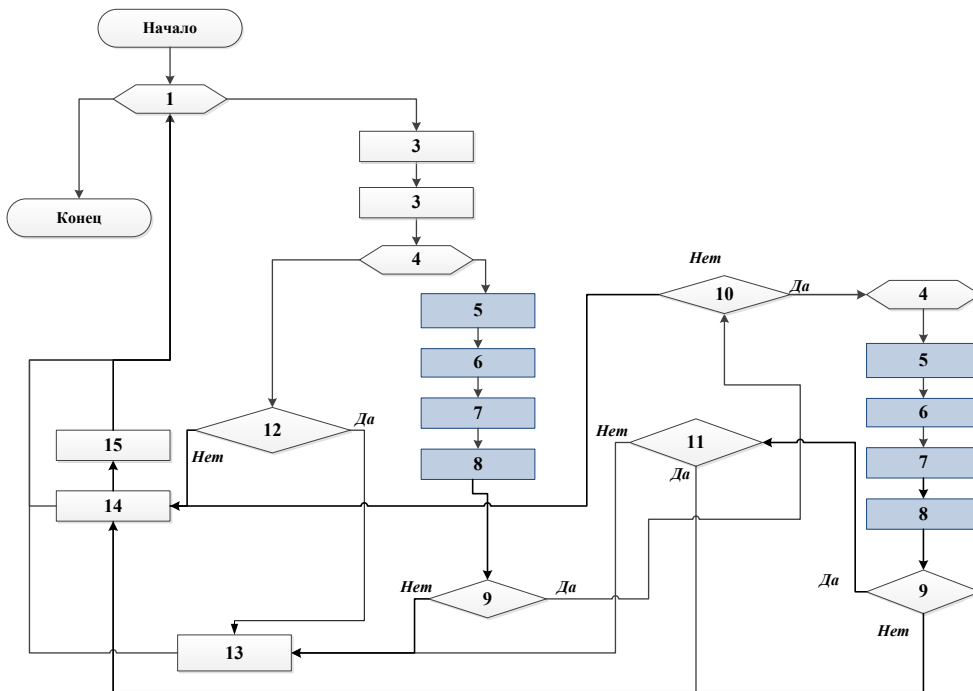


Рис. 2. Блок-схема алгоритма составления плана перевозок по критерию максимального числа вагонов на участках.

$$f_i(x_i) = \max_{\substack{p=p_1, \dots, p_s \\ x=0, 1, \dots, P}} \{p_i + f_{i+1}(x_{i+1})\}, \quad (4)$$

$i = 1, 2, \dots, s$.

Шаг 2. Выразим x_{i+1} как функцию для гарантии того, что левая часть уравнения (4) является функцией лишь x_i . То есть $x_i - x_{i+1} = p_i$, или $x_{i+1} = x_i - p_i$. Следовательно, рекуррентное уравнение для каждого состояния приобретает вид:

$$f_i(x_i) = \max_{\substack{p=p_1, \dots, p_s \\ x=0, 1, \dots, P}} \{p_i + f_{i+1}(x_i - p_i)\}, \quad (5)$$

$i = 1, 2, \dots, s$.

Для каждого этапа при вычислении максимального числа вагонов на участках используется алгоритм, блок-схема которого представлена на рис. 2.

Все предполагаемые алгоритмом действия укладываются в 15 блоков (их версии в данном случае опустим). В итоге будет найдено сочетание принимаемых заявок, при котором число вагонов на участках максимально и при этом пропускная способность не превышена, что и требовал первый вариант задачи. Для решения каждого из оставшихся вариантов нужно соответственно изменять целевую функцию (1) и вычисления.

В системе управления эксплуатационной деятельностью железных дорог важнейшую роль играет техническое нормирование эксплуатационной работы. На стадии технического нормирования реализуется стратегия управления перевозочным процессом на основе нормативно-технологических документов (графика движения, плана формирования поездов, технологических процессов на станции).

Технический план должен учитывать реальные возможности железных дорог и содержать не только показатели, но технологию и условия их достижения. Режим работы сортировочных станций позволяет создавать и поддерживать оптимальные условия. Аналогично режим работы участков — оптимальные условия поездной работы [3].

Чтобы реально управлять поездной работой, необходимо, во-первых, заблаговременно предвидеть затруднения и, во-вторых, начинать с момента зарождения поездов: планирования составаобразования, обеспечения составов локомотивами, бригадами, «нитками» графика движения с сопутствующими регулировочными мероприятиями, планирования





Рис. 3. Блок-схема технологического процесса планирования и управления поездной работой.

предстоящего пропуска и подвода поездов к стыкам (рис. 3). Уже после этого — передача поездов между дорогами.

Выходная информация каждой из этих задач является входной информацией для другой задачи. Совместное итеративное их решение значительно раздвигает временные рамки оперативного планирования поездной работы.

Руководство. Эффективность руководства перевозочным процессом во многом зависит от правильно выбранной стратегии управления. Этот вопрос решает не дежурно-диспетчерский аппарат. Стратегию (цель, программу, доктрину) задаёт руководство отраслью.

Стратегические решения должны находить отражение в технологических и нормативных документах, в частности графике движения, плане формирования поездов, технологических процессах, технических планах, бюджетных заданиях и т.д.

Нормативное планирование предназначено реализовывать цели стратегического решения. Традиционное нормативное планирование (технический план, бюджетные задания) «от достигнутого уровня» [6, 9], методом приращения фактически выполненных показателей неправомерно, так как не учитывает обратных связей, то есть реальных возможностей. Допустим, сортировочной станции предусматривают формирование дополнительных назначений поездов и при неизменном техническом оснащении ужесточают норму простоя вагонов на станции. Надо стремиться,

чтобы плановые задания соответствовали стратегическим решениям и реальным возможностям предприятий.

Существующий анализ реальных возможностей не вскрывает истинных резервов. Эти резервы можно разделить на две группы: нормативные и глубинные.

Нормативные резервы связаны с более эффективным использованием установленных значений. Например, перегонное время хода рассчитывается на принятый расчётный вес поезда на критическом элементе профиля пути. Фактически многие поезда следуют полные по длине станционных путей, но не полные по весу. Следовательно, такие поезда имеют резервы для сокращения времени нахождения их на участке. Аналогичное положение и со средним простоем вагонов на технических станциях. Известно, что норма среднего простоя выводится исходя из определённых размеров пропуска транзитных вагонов с переработкой и без переработки. Значит, при возрастании транзитных вагонопотоков без переработки на станции возникают резервы сокращения среднего простоя вагонов.

Глубинные резервы связаны с сокращением технологических нормативов. Именно подъём и использование этих резервов представляет большой интерес для повышения экономической эффективности производства.

Руководство перевозочным процессом — это непрерывная цепочка принятия решений, выбора очередности выполнения работ, спо-

собов действия. Причём здесь всегда важно знать, чего мы хотим добиться, принимая то или иное решение.

Поставить цель, к которой должны стремиться, — не так просто, как может показаться. Например, техническое нормирование эксплуатационной работы железных дорог, определяющее ориентиры оперативного управления перевозочным процессом. Длительное время, с одной стороны, требует повышения среднего веса поезда, а с другой — надо повышать и участковую скорость. Оба показателя входят в бюджетные задания производства. Выполнение заданий находится под пристальным вниманием руководства. Но их цели противоречивы. Между показателями — обратно пропорциональная зависимость. При неизменном техническом оснащении повышение веса поездов вызывает необходимость снижения участковой скорости и наоборот. Добиться одновременно и увеличения среднего веса поездов, и повышения участковой скорости можно лишь в том случае, если увеличивается мощность локомотивов, улучшается состояние пути и т.д., то есть меняется техническое оснащение.

Проблема множественности целей, увы, чаще всего решается «административно-командными методами» [5]. Тогда как цели должны быть ранжированы по приоритетам. В нашем случае вес поезда должен иметь приоритет при исчерпании или высоком уровне использования пропускной способности участков. Как это было в 1980-х годах. При отсутствии строительства новых разгружающих линий и высоком уровне использования пропускной способности повышение среднего веса поезда тогда позволило ежегодно увеличивать объём перевозимых грузов. В современных условиях, когда после уменьшения объёма перевозок в 1991 году появились резервы пропускной способности, но существует дефицит некоторых родов вагонов, приоритет должен быть отдан участковой скорости, которая позволяет ускорить оборот вагона, сократить дефицит подвижного состава и существующим парком вагонов перевезти больше грузов.

Для того чтобы добиться улучшения одного из показателей, отдать предпочтение одной из целей, придётся жертвовать другими показателями. Выбирать «жертву» целесообразно

с помощью ранжирования целей. Ранжирование подобного рода в техническом нормировании и оперативном управлении перевозочного процесса должно вестись по финансово-экономическим показателям. Минимуму эксплуатационных затрат призвана соответствовать оптимальная весовая норма. Такой подход позволяет установить влияние эксплуатационных показателей на перевозочные возможности и конечные финансовые результаты железных дорог.

Организация. От частого употребления понятий «организация вагонопотоков», «организация движения поездов» и т.д. люди перестали обращать внимание на слово «организация». Считается, что достаточно для организации вагонопотоков разработать план формирования, для организации движения поездов — график движения. И эти «ориентировки» сами реализуют свои возможности и автоматически упорядочат вагонопотоки и движение поездов. Но разработки нормативно-технологических документов для перевозочного процесса недостаточно.

Нормативно-технологические документы — это ориентир (компас) в безбрежном море возможностей (вариантов).

Нормативный график движения и принятый план формирования поездов — это лишь один из вариантов, полученный для значений среднесуточных размеров поездов и струй вагонопотоков. А так как они колеблются в достаточно большом диапазоне, то каждые сутки, смену фактически рождаются разные размеры поездо- и вагонопотоков и эффективны другие варианты графика движения и плана формирования поездов.

То есть для выполнения нормативного графика движения нужно организовывать (создавать и поддерживать) условия для следования поездов «с зелёного на зелёный». Организация этого условия требует регулирования насыщения участка поездами.

Для эффективности плана формирования и соблюдения условий назначения поездов необходимо организовать контроль за колебаниями вагонопотоков выделенных и не выделенных назначений поездов и своевременно корректировать план формирования, чтобы экономия от пропуска через попутные станции без переработки превышала затраты на накопление.

Перевозочный процесс имеет двойственную природу. С одной стороны, плановая



основа, нормативно-технологические документы, с другой — неравномерность, неопределённость. Причём как раз правильная организация позволяет успешно бороться и с неравномерностью, и с неопределённостью.

Движением поездов на участках руководят поездные диспетчеры. Подчеркнём: оперативной организацией вагонопотоков должны руководить они же. Как разрабатываемый на год график движения поездов носит нормативный характер (график исполненного движения значительно отличается от нормативного), так и оперативная организация вагонопотоков обязана основываться на действующем плане формирования, но учитывать реально складывающуюся ситуацию.

Предлагается в ДЦУП ввести диспетчеров по организации вагонопотоков. Основной их обязанностью будет адаптация плана формирования к реальной эксплуатационной обстановке. Это достигается заблаговременной корректировкой плана формирования поездов ещё до прибытия вагонов на станцию.

Регулирование. Что бы там ни говорили, регулировочные меры — наиболее действенный способ системного управления перевозочным процессом. Регулирование в определённом смысле является синонимом управления [10]. Слово «регулировать» происходит от латинского «regulare», что означает упорядочивать, налаживать, направлять развитие, движение чего-нибудь с целью привести в порядок, в систему [12].

Существующий набор регулировочных мер не имеет технологической основы, поэтому отнюдь не всегда ясно, в каких случаях целесообразно применять те или иные меры, что требуется сделать и какие результаты будут получены. Порой регулировочные меры носят характер лозунга. Например, использование порожнего пробега вагонов для перевозки грузов во взаимозаменяемом подвижном составе, повышение размеров выгрузки, движения поездов; разгрузка части вагонов на станциях в пути следования. Лозунгом многие регулировочные меры являются ещё и потому, что дежурно-диспетчерский аппарат немало времени тратит на фиксацию происходящих или уже прошедших событий.

Чтобы регулирование стало действенным рычагом в управлении перевозочным про-

цессом, необходимо ускорить переход диспетчерских центров с информационного на управляющий режим. Это даст возможность заблаговременно выявлять несоответствие потребностей и возможностей в перевозках и приводить их в соответствие. Кстати, несоответствие потребностей и возможностей говорит о несистемном планировании и управлении и является основной причиной трудностей в эксплуатационной работе, для ликвидации которых и надо применять регулировочные меры [4].

Повышение качества управления перевозочным процессом связано с эффективным применением регулировочных мер, позволяющих:

- выявлять и использовать скрытые резервы в технологических звеньях;
- увеличить доходы за счёт повышения надёжности и своевременности доставки грузов и пассажиров, удовлетворения заявок грузоотправителей, поддержания высокой провозной способности железных дорог;
- снизить себестоимость перевозок на основе создания оптимальных условий работы станций, участков и грузовых фронтов; укрепления роли графика и плана формирования поездов; применения экономических критериев в управлении поездной и грузовой работой; повышения полноты и достоверности информации о ходе перевозочного процесса, состоянии инфраструктуры и подвижного состава; реализации системы экономических отношений внутри хозяйства, сокращения непроизводительных потерь.

Для выполнения поставленных задач регулировочные меры должны определяться критериями, отражающими качество перевозочного процесса как со стороны потребителей услуг (клиентов), так и эффективности организации перевозочной деятельности и самой компании.

Основными «внешними» критериями оценки качества перевозочного процесса для потребителей услуг являются:

- удовлетворение заявок клиентов на перевозку;
- выполнение сроков доставки грузов;
- выполнение расписания движения пассажирских поездов;
- обеспечение сохранности грузов;
- обеспечение безопасности движения;
- своевременное информирование клиента о перевозочном процессе.

Высокий уровень качества и экономической эффективности, рентабельности перевозочного процесса помогает поддерживать использование «внутренних» критериев:

- выполнение сводного заказа на перевозку грузов;
- себестоимость перевозки;
- производительность вагона;
- производительность локомотива;
- уровень безопасности движения.

Важным предназначением оперативного регулирования является создание оптимальных условий эксплуатационной работы.

Однако наличие таких условий — это не одно и то же, что ритмичная работа. К ней надо стремиться, но делать её целью регулировочной деятельности всех подразделений нельзя. Неравномерность грузовой и поездной работы существует объективно (например, выгрузка на сети железных дорог в первой половине суток не превышает 20 % общей за сутки) и с этим надо не бороться, а находить возможность создать условия, в которых достигаются максимальные результаты при минимальных затратах.

Почему целью регулирования должно становиться не создание ритмичной работы, а оптимальных условий? Потому что результатом развоза местных вагонов является размер выгрузки, а наибольшая выгрузка достигается максимальным использованием выгрузочных способностей грузовых фронтов за счёт оптимизации условий их работы для *своевременной* подачи вагонов. Значит, главной целью развоза местных вагонов должны быть не ритмичность и ускорение, а *своевременность*.

Точно также результатом управления составообразованием должна быть не ритмичность, а *своевременность* обеспечения составов локомотивами и локомотивными бригадами, отправления их по «ниткам» графика движения.

И опять же результатом регулирования поездопотоков должны быть *оптимальные условия* работы участков, при которых достигаются наибольшие размеры движения поездов и выполнение нормативов графика движения.

Оперативное планирование, руководство, организация и регулирование составляют единое целое в общем процессе управления перевозками [13]. Не следует разделять их, а тем более противопоставлять. Каждая из составляющих не является самоцелью, они призваны дополнять друг друга и подчиняться общей цели — оптимизации действующей системы.

Эффективность работы железнодорожного транспорта достигается, когда перевозочный процесс рассматривается как его главное предназначение, а железные дороги представляют собой надёжно организованную и регулируемую целостность системных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин Д. Ю. Оптимизация потоков поездов. — М.: Транспорт, 1988. — 175 с.
2. Иванов П. А. Организация перевозочного процесса // Железнодорожный транспорт. — 2017. — № 2. — С. 37–40.
3. Левин Д. Ю. Теория оперативного управления перевозочным процессом. — М.: УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте, 2008. — 625 с.
4. Левин Д. Ю. Потребности в перевозках и возможности железных дорог. — М.: Инфра-М, 2017. — 247 с.
5. Валинский О. С. Повышать эффективность планирования и управления локомотивным парком // Железнодорожный транспорт. — 2017. — № 2. — С. 41–44.
6. Железнов Д. В., Митрофанов А. Н., Митрофанова Н. В. На основе методики идентификации и прогнозирования // Железнодорожный транспорт. — 2017. — № 3. — С. 36–41.
7. Левин Д. Ю. Диспетчеризация вагонопотоков: «управление по целям» // Мир транспорта. — 2018. — № 1. — С. 136–150.
8. Кудрявцев В. А. Управление движением на железнодорожном транспорте: Учеб. пособие. — М.: Маршрут, 2003. — 200 с.
9. Угрюмов А. К., Грошев Г. М., Кудрявцев В. А., Платонов Г. А. Оперативное управление движением на железнодорожном транспорте. — М.: Транспорт, 1983. — 239 с.
10. Балч В. И., Казовский И. Г., Кудрявцев В. А., Гречанюк В. Ф. Регулирование грузовых перевозок на железных дорогах. — М.: Транспорт, 1984. — 248 с.
11. Сметанин А. И. Техническое нормирование эксплуатационной работы железных дорог. — М.: Транспорт, 1984. — 295 с.
12. Hiraguri Sh. Recent Results and Prospects in Research and Development on Transport Planning // Quarterly Report of the RTRL. — 2017. — Vol. 58. — № 2. — pp. 83–87.
13. Belz S. The organization of European railway: confusing for the customers // Internation. — 2017. — Special Edition 1.

Координаты автора: **Левин Д. Ю.** — levindu@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 11.01.2018, актуализирована 17.03.2018, принята к публикации 24.08.2018.

