

Д-р техн. наук, проф. Л. А. МУГИНШТЕЙН, инж. М. И. МЕХЕДОВ

Методические подходы к выявлению факторов, влияющих на стабильность пропуска поездопотоков

Аннотация. Комплексный подход к организации движения обеспечивает достижение главной цели — пропуск поездопотоков по участкам и направлениям железных дорог с заранее спрогнозированными количественными и качественными показателями перевозочного процесса при условии соблюдения гармоничного соответствия требований к объемам перевозимых грузов, размерам поездопотоков грузовых поездов, скоростям их передвижения с техническим и технологическим обеспечением перевозочного процесса на железных дорогах.

Сегодня наиболее остро стоит проблема отставания уровня транспортного обеспечения и развития сети железных дорог Дальнего Востока и Восточной Сибири. К числу основных причин этого можно отнести инфраструктурные ограничения, существенный дефицит тяговых ресурсов, снижение эффективности управления.

При анализе складывающихся на железных дорогах эксплуатационных ситуаций с определенной степенью приближения можно ограничиться двумя интегральными показателями: пропускной способностью перегонов и пропускной и перерабатывающей способностью станций.

Анализ участковых скоростей на различных участках Забайкальской железной дороги позволил выявить локальный участок наибольшего снижения участковых скоростей Чита — Карымская. Причиной ограничения пропускной способности станции Карымская в рассматриваемый период времени являлась систематическая нехватка в узле Карымская локомотивов, прибывающих на станцию Карымская сплотками и с нечетными поездами, для вывоза грузовых поездов четного направления.

Рассмотренные методические подходы к определению факторов, влияющих на стабильность пропуска поездопотоков, основанные на анализе статистических данных об изменениях участковой скорости в зависимости от размеров движения, от простоев на станциях и других показателей, могут быть существенно расширены и углублены при создании новых математических моделей, описывающих особенности взаимодействия технологических факторов при пропуске поездопотоков.

Ключевые слова: участковая скорость; размеры движения; пропускная способность; имитационная модель

Существует глубоко продуманный и организованный порядок работы сети железных дорог, с помощью которого обеспечивается стабильный пропуск поездопотоков по участкам и направлениям железных дорог.

Этот порядок обусловлен наличием комплекса документов, включающих Правила технической эксплуатации железных дорог, инструкции и указания министра транспорта РФ и ОАО «РЖД». Среди них

отметим инструкции: по движению, по сигнализации, по расчету пропускной способности, по составлению графика движения поездов, по расчету плана формирования, по определению технических норм эксплуатационной работы, инструкции по определению технологических процессов работы станций и направлений железных дорог, а также приказы и инструктивные указания руководящих органов [1].

В соответствии с этим порядком движение поездопотоков осуществляется на инфраструктуре участков и направлений железных дорог с использованием парков локомотивов и вагонов, находящихся в распоряжении ОАО «РЖД» и операторов подвижного состава.

Важнейшими внешними факторами, влияющими на загруженность железнодорожной сети, являются: объемы грузов, предъявляемых к перевозкам, мощность и производительность пунктов по погрузке вагонов и выгрузке грузов, доставленных по железной дороге.

С учетом принятого порядка организации движения и прогнозов предъявления грузов к перевозке выполняется техническое нормирование на предстоящий месяц с целью обеспечения выполнения необходимого объема перевозок в среднем в каждые сутки при рациональном использовании технических средств и ресурсов.

При этом определяется такой важнейший количественный показатель, как необходимые суточные размеры движения по участку, а также связанные с этим расчетные качественные показатели, включающие техническую и участковую скорости, оборот вагона, суточные пробеги и производительность локомотивов.

На основе технических норм осуществляется оперативное суточное планирование и разрабатываются сменные планы.

Такой комплексный подход к организации движения обеспечивает достижение главной цели — пропуск поездопотоков по участкам и направлениям железных дорог с заранее спрогнозированными количественными и качественными показателями перевозочного процесса при условии соблюдения гармоничного соответствия требований к объемам перевозимых грузов, размерам поездопотоков грузовых поездов, скоростям их передвижения с техническим и технологическим

обеспечением перевозочного процесса на железных дорогах [2].

Анализ многолетнего опыта эксплуатации железных дорог показывает, что на наиболее загруженных участках и направлениях железных дорог периодически возникают ситуации, характеризующиеся тем, что начиная с определенного момента при увеличении объема выполняемой работы (т·км брутто) темпы освоения роста объема перевозок замедляются, количественные и качественные показатели эффективности перевозочного процесса снижаются.

Опыт работы отечественных железных дорог в период с середины 1960-х до 1980-х годов после коренного технического перевооружения — перехода на электрическую и тепловозную тягу, когда были созданы значительные резервы пропускной и провозной способности, показал, что освоение постоянно растущих объемов перевозок при достижении высокого уровня грузонапряженности (около 100 млн т·км/км) за счет увеличения числа поездов в обращении привело к дисбалансу между необходимым объемом перевозок и провозной способностью железных дорог из-за ограничения пропускной способности участков и технических возможностей станций.

Так, в 1982 г. по сравнению с 1975 г. участковая скорость снизилась на 2,8 км/ч, оборот вагона замедлился на 1,1 сут. Себестоимость перевозок возросла на 27%, значительно замедлился рост производительности труда.

Анализ результатов освоения возрастающих объемов перевозок (1960–1980 гг.) на Восточно-Сибирской, Южно-Уральской, Куйбышевской и ряде других дорог позволил получить конкретные зависимости показателей качества перевозочного процесса от уровня использования пропускной способности [3].

На рис. 1 показано, что в случаях, когда этот уровень превышал рациональный, резко уменьшалась участковая скорость движения и увеличивалось время оборота грузового вагона.

При таком высоком уровне заполнения пропускной способности железнодорожных линий практически не удавалось осваивать прирост перевозок путем

увеличения размеров движения выше определенного, достигнутого ранее уровня.

Аналогичные закономерности сохраняются и в современных условиях.

Сегодня наиболее остро стоит проблема отставания уровня транспортного обеспечения и развития сети железных дорог Дальнего Востока и Восточной Сибири. Начиная с 2009 г. вследствие переориентации грузопотоков на рынки Юго-Восточной Азии существенно возросла нагрузка на инфраструктуру железных дорог Восточного полигона от стыков Западно-Сибирской и Красноярской железных дорог до портов Дальнего Востока [4].

На рис. 2 показан объем работы в абсолютных цифрах и грузонапряженность железных дорог сети с выделением дорог Восточного полигона по итогам 2012 г. Так, Забайкальская железная дорога по абсолютным параметрам грузооборота находится на втором месте, а по грузонапряженности почти в 2 раза превышает среднесетевой показатель, опережая и Западно-Сибирскую железную дорогу. Объемы перевозок и нагрузка на инфраструктуру в регионе превысили докризисный уровень, пиковые периоды 1988 г. и осуществляются на пределе пропускных способностей, что нашло отражение в значительном ухудшении качества эксплуатационной работы по итогам последних трех лет.

На рис. 3 показано, что при росте объема работы в границах Забайкальской железной дороги с 2008 по 2012 г. на 23,5% участковая скорость снизилась на 7,2 км/ч.

К числу основных причин этого можно отнести инфраструктурные ограничения, существенный дефицит тяговых ресурсов, снижение эффективности управления. Изучение закономерностей изменения участковой скорости при увеличении размеров движения и достижении высокого уровня заполнения пропускной способности было начато еще в начале 1980-х годов в теоретических и экспериментальных исследованиях докторов технических наук Э.Д. Фельдман и А.Л. Лисицына.

На рис. 4 приведена характерная зависимость изменения участковой скорости от уровня заполнения

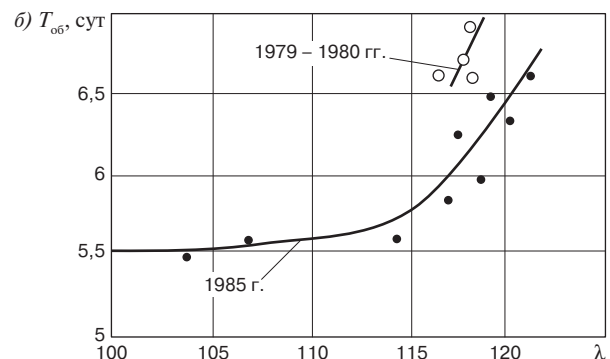
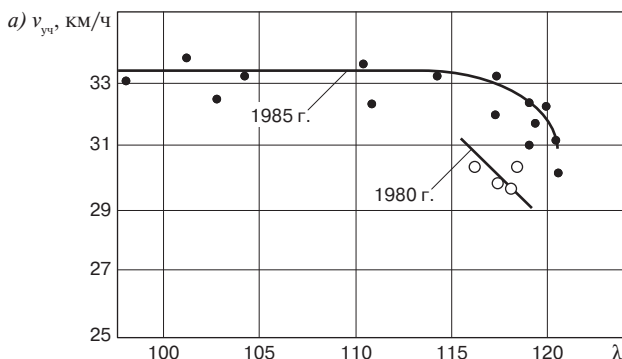


Рис. 1. Зависимости участковой скорости $v_{уч}$ (а) и времени оборота грузового вагона $T_{об}$ (б) от плотности движения λ

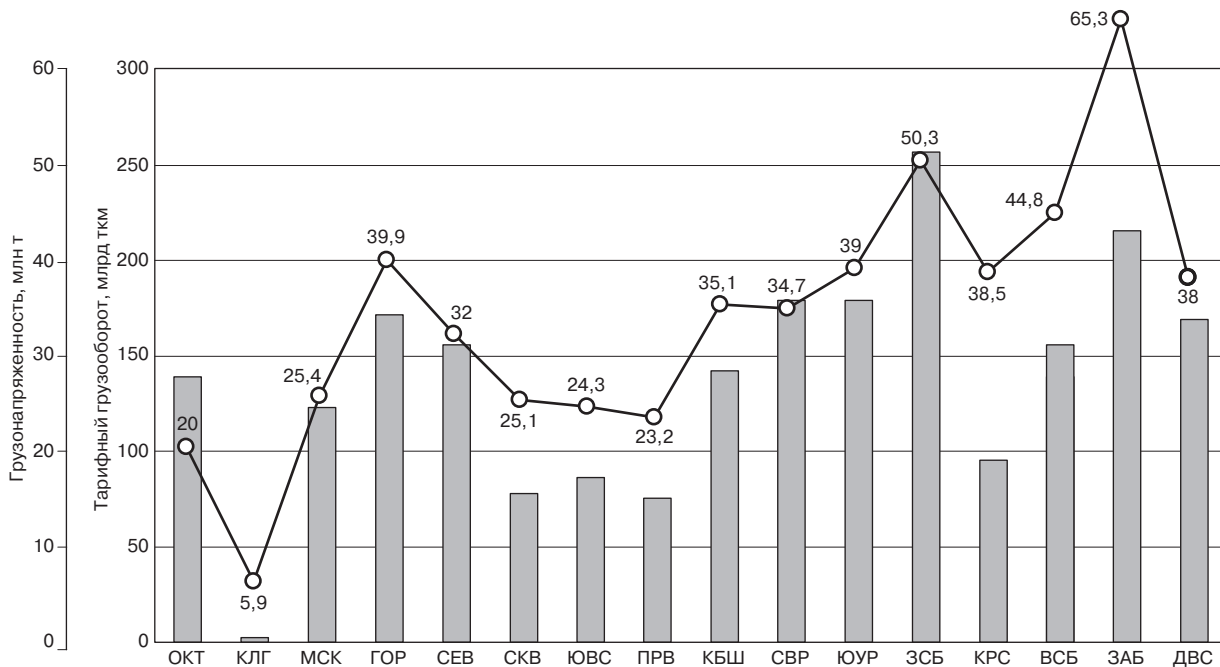


Рис. 2. Объемы работы и грузонапряженность железных дорог сети по итогам 2012 г.

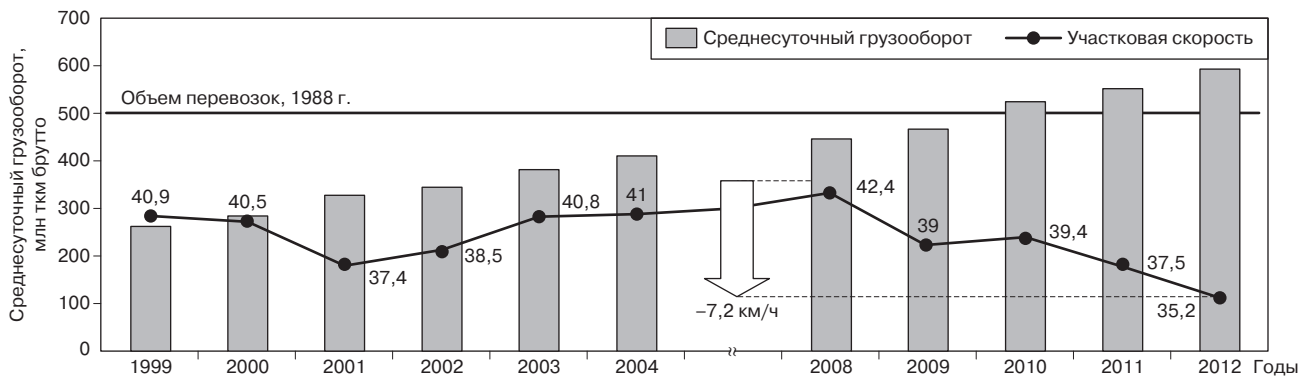


Рис. 3. Изменение объемов работы и участковой скорости по годам на Забайкальской железной дороге

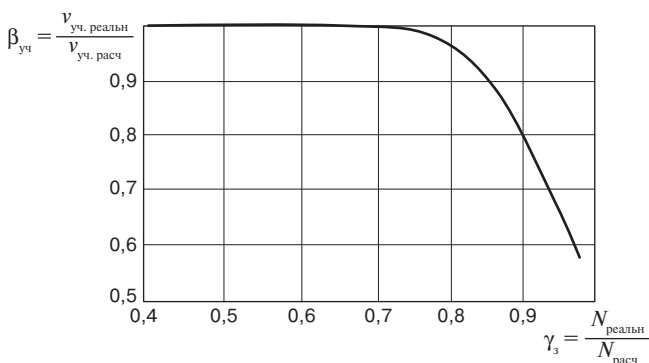


Рис. 4. Зависимость коэффициента участковой скорости $\beta_{уч}$ от степени заполнения пропускной способности γ_3

пропускной способности в относительных величинах. При этом принято, что

$$\beta_{уч} = \frac{v_{уч.реалн}}{v_{уч.расч}}, \text{ а } \gamma_3 = \frac{N_{реалн}}{N_{расч}},$$

где $v_{уч.расч}$ — расчетная участковая скорость по нормативному графику движения поездов; $v_{уч.реалн}$ — реальная участковая скорость по графикам исполненного движения; $N_{расч}$ — максимальное число грузовых поездов по расчету «наличной» пропускной способности [3]; $N_{реалн}$ — число грузовых поездов в реальных поездопотоках на участке железной дороги.

При увеличении уровня заполнения пропускной способности перегона выше 0,7–0,8 начинается существенное уменьшение участковой скорости до величин менее 0,6 от расчетной при полном заполнении пропускной способности ($\gamma_3 = 1$).

Такая зависимость обусловлена в основном взаимодействием поездов в потоке. При увеличении числа поездов в обращении увеличиваются число остановок и их продолжительность для обгонов и разъездов поездов между участковыми и сортировочными станциями.

Эти обстоятельства, а также наличие тяжеловесных и длинносоставных поездов в потоке, увеличение скорости хода пассажирских поездов, наличие окон и временных предупреждений об ограничении скорости движения на участках обращения грузовых поездов, реальные затруднения при привязке тяжеловесных и соединенных поездов к запланированным для их пропуска ниткам графика и ряд других факторов не предусматриваются в Инструкции по расчету пропускных способностей [5]. В совокупности это приводит к уменьшению максимального числа грузовых поездов, которые могут быть пропущены по участку обращения, т. е. уменьшается наличная пропускная способность перегонов.

В [5] определяется понятие «результативной» пропускной способности как наименьшей величины из рассчитанных наличных пропускных способностей перегонов, станций, устройств тягового электроснабжения, деповских и экипировочных устройств, устройств вагонного хозяйства.

При анализе складывающихся на железных дорогах эксплуатационных ситуаций с определенной степенью приближения можно ограничиться двумя интегральными показателями: пропускной способностью перегонов и пропускной и перерабатывающей способностью станций.

При этом возможности тягового электроснабжения учитываются при расчетах величин допустимых межпоездных интервалов, а возможности устройств локомотивного и вагонного хозяйств в значительной степени будут учтены при определении времени на техническое и технологическое обслуживание поездов на станциях.

Расчетная пропускная способность перегонов $N_{\text{пер. расч}}$ определяется с помощью выражения

$$N_{\text{пер. расч}} = \frac{(1440 - t_{\text{тех}})\alpha}{I_{\text{расч}}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{тех}}$ — время на техническое обслуживание инфраструктуры; α — понижающий коэффициент, учитывающий наличие отказов устройств инфраструктуры и подвижного состава; $I_{\text{расч}}$ — межпоездной интервал.

Расчетная пропускная способность станций является функцией большого количества технических и технологических факторов.

В первом приближении при сравнительных оценках пропускных способностей парков приема и отправления грузовых поездов без переработки можно определять расчетную пропускную способность станции в соответствии с соотношением (2), являющимся функцией от двух переменных: числа путей в парках приема и отправления m и от времени на прием, отправление, техническое и технологическое обслуживание поездов на станции $T_{\text{тех}}$:

$$N_{\text{станц. расч}} = \frac{1440m}{T_{\text{тех}}}, \quad (2)$$

где 1440 — суточный лимит времени для обслуживания поездов в минутах.

В соответствии с Инструкцией [5] $T_{\text{тех}}$ определяется по нормативам по определенной методике. В реальных ситуациях при анализе причин эксплуатационных затруднений выясняется, что «реальное» $T_{\text{тех. реально}}$ существенно превышает расчетные величины.

Расчет наличной пропускной способности железнодорожного участка должен выполняться в соответствии с Инструкцией [5] не реже одного раза в 5 лет. При этом рассматриваются поезда установленного веса и длины, которые могут быть пропущены по этому участку за сутки в зависимости от его технической оснащенности и принятого способа организации движения поездов.

Результаты таких расчетов наличной ПС и принятые при этом оценки (допущения) расчетных параметров для участка железной дороги, зафиксированные в соответствующих формах ЦД, ЦТ, ЦЭКР, должны действовать в течение достаточно длительного времени.

В реальной эксплуатации, как отмечалось ранее, параметры, определяющие ПС перегонов и станций, могут существенно меняться, и «реальная» ПС участка железной дороги при этом может существенно уменьшаться. Это необходимо учитывать при организации устойчивого пропуска поездопотоков на грузонапряженных направлениях сети железных дорог. В настоящее время указанием ОАО «РЖД» предусматривается расчет наличной пропускной способности один раз в год.

Решение таких задач усложняется в связи с тем, что даже при относительно небольшом ежегодном увеличении объема перевозок, например на 3%, через 5 лет ежегодный объем перевозимых грузов увеличится на 16%, а через 10 лет — на 34%.

При таком существенном увеличении объема перевозок усложняются условия эксплуатации, снижается наличная ПС участков железных дорог и возникает необходимость оценки «реальной» ПС.

Важным признаком снижения ПС перегонов и станций является уменьшение участковой и технической скоростей движения грузовых поездов. При этом отметим, что в случае если «реальная» пропускная способность станции меньше размеров поездопотока, предъявленного к обращению по рассматриваемому участку железной дороги, то перед такой станцией поезда не смогут следовать по ниткам графика по зеленым сигналам светофоров, а образуют очередь, которая существенным образом определит общее снижение участковой скорости.

Таким образом, можно ожидать, что анализ изменений участковой скорости по основным направлениям

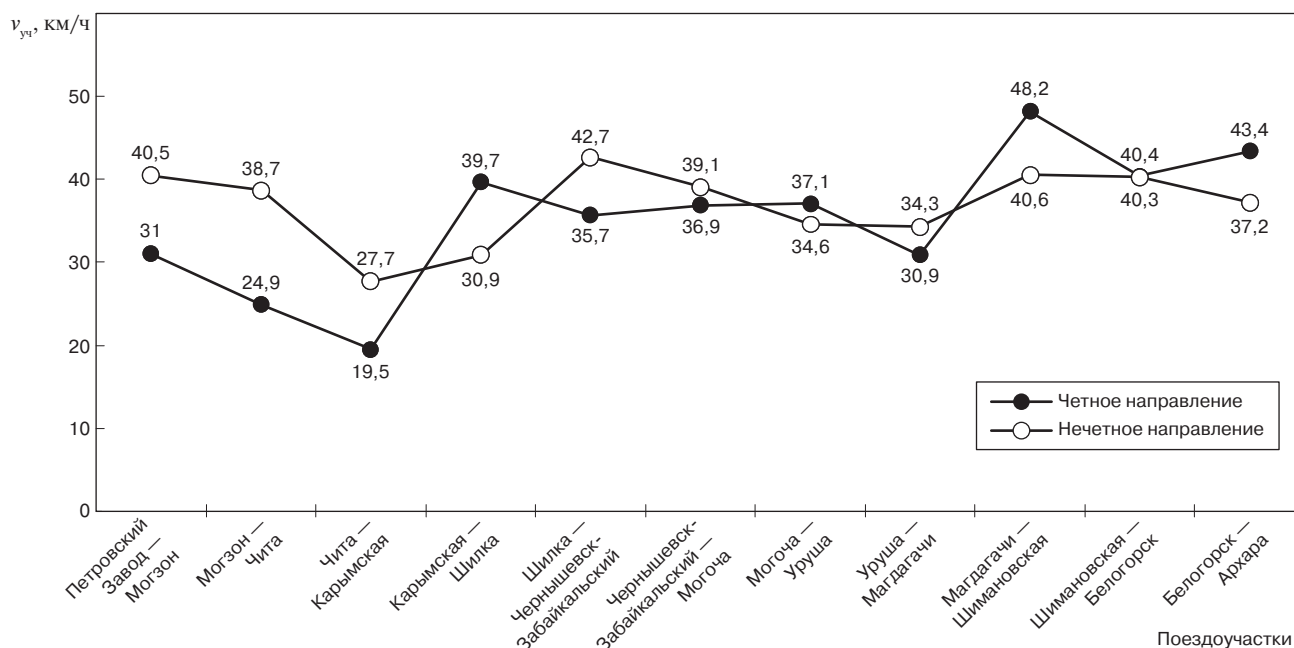


Рис. 5. Среднесуточное выполнение участковой скорости по поездоучасткам главного хода дороги по итогам 2012 г.

и участкам железной дороги позволит определить и локализовать узкие места по «реальной» пропускной способности с последующим выявлением причин снижения пропускной способности и выработкой мер по нормализации эксплуатационной обстановки и стабилизации пропуска грузовых поездов.

Изменения участковой скорости интегрально отражают влияние управляющих действий, организационных мероприятий, работы технических средств на стабильность пропуска поездопотоков. Это следует из соотношения

$$v_{уч} = \frac{\sum N_i L_i}{\sum N_i t_{уч,i}} \quad (3)$$

где N_i — число грузовых поездов в обращении на участке железной дороги; L_i — пробег i -го поезда по

участку, км; $t_{уч,i}$ — время следования i -го поезда по L_i ; $i = 1, N$, где N — количество грузовых поездов в обращении за расчетное время.

В числителе выражения (3) — общий пробег поездов, поездо-км, в знаменателе — поездо-часы на участке.

При расчетах эксплуатационных показателей при техническом нормировании величина $v_{уч}$ определяется в соответствии с (3) по данным нормативного графика движения. С учетом отмеченного ранее влияния на стабильность движения поездов ряда факторов при анализе реальных эксплуатационных ситуаций «реальная» участковая скорость определяется по данным графиков исполненного движения.

В нормальных (расчетных) режимах работы протяженных направлений железной дороги $v_{уч}$ — устойчивая величина, изменяющаяся в единицах процентов. Большие изменения участковой скорости являются сигналом для выработки мер по стабилизации и исправлению эксплуатационной ситуации.

Значительное снижение $v_{уч}$ на Забайкальской железной дороге в течение нескольких лет, отмеченное на рис. 3, свидетельствует о наличии существенных отклонений условий эксплуатации от расчетных.

Для выявления причин нарушения стабильности движения поездов при анализе изменений участковой скорости можно последовательно переходить от участков большей протяженности к участкам меньшей протяженности, на которых участковая скорость имеет наименьшие значения. Это могут быть перегоны, после которых $v_{уч}$ возрастает, или станции, перед которыми движение поездов замедляется. По таким

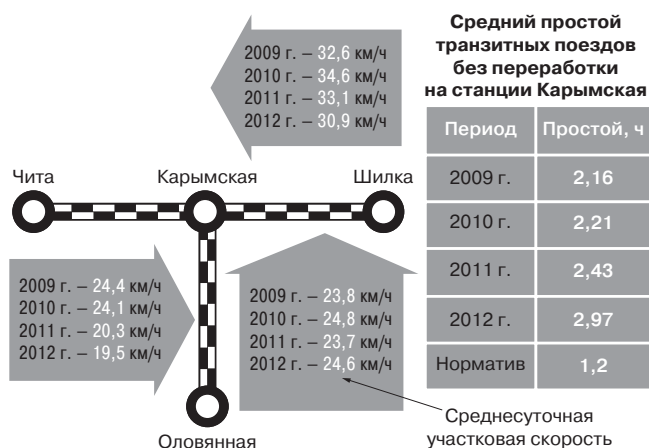


Рис. 6. Параметры работы узла Карымская и смежных поездоучастков

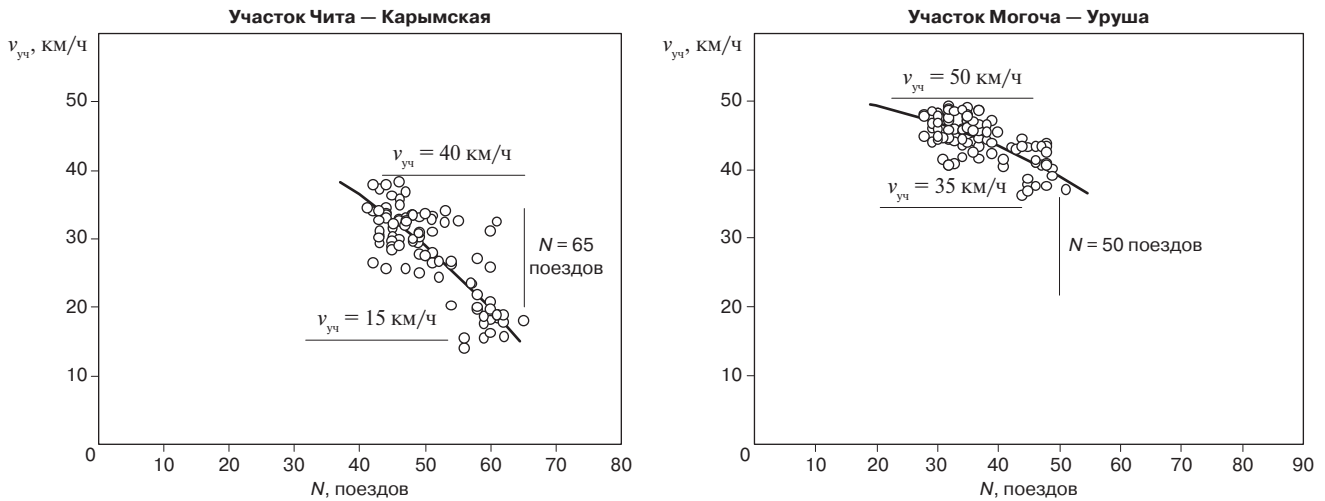


Рис. 7. Статистические данные о среднесуточных участковых скоростях и среднесуточных размерах движения за каждый месяц с 2004 по 2012 г. для двух участков: Чита — Карымская и Могоча — Уруша

участкам и станциям сравнение реальных показателей эксплуатации с нормативными техническими и технологическими показателями позволяет устанавливать наиболее значимые факторы, влияющие на стабильность пропуска поездопотоков.

Применим такой методический подход к анализу причин значительного снижения участковой скорости на Забайкальской железной дороге в период 2008 — 2012 гг., показанного на рис. 3.

Рассмотрим зависимости среднесуточного выполнения участковой скорости по поездоучасткам главного хода дороги по итогам 2012 г. По данным на рис. 5, наименьшая участковая скорость на участке Чита — Карымская равна 19,5 км/ч. Эта величина меньше средней, существенно снизившейся участковой скорости по всей железной дороге почти в 2 раза и составляет от нее около 52%.

На рис. 6 приведены характерные данные об уменьшении участковых скоростей на смежных поездоучастках узла Карымская в период 2009 — 2012 гг.

На рис. 7 приведены зависимости участковой скорости от размеров движения в четном направлении на участках Чита — Карымская и Могоча — Уруша. При 50 поездах в сутки участковая скорость на первом участке составляет около 25 км/ч, а на втором — около 35 км/ч.

Эти данные показывают, что существенно большие трудности возникают при пропуске поездов на участке Чита — Карымская.

Устойчивость сложившейся ситуации подтверждается статистическими данными, взятыми за значительный промежуток времени — с 2004 по 2011 г.

Известно по опыту Забайкальской и ряда других железных дорог, что при нормальной организации обращения грузовых поездов в условиях смешанного движения пассажирских и грузовых поездов на двухпутных электрифицированных линиях с

автоблокировкой размеры движения грузовых поездов могут достигать 90 — 95 пар поездов в сутки.

Сравнение этих показателей с реализуемыми 60 парами поездов в сутки на анализируемом участке позволяет сделать вывод, что причиной низких значений участковых скоростей являются не остановки грузовых поездов, связанные с необходимыми при выполнении графика движения обгонами и разъездами на промежуточных станциях между Читой и Карымской, а значительное взаимовлияние поездов в потоке, связанное с задержками поездов по неприятию их на станцию Карымская.

Уже на данном этапе анализа можно считать установленным, что лимитирующим звеном на основном направлении Забайкальской железной дороги является станция Карымская.

На рис. 8 приведена статистическая зависимость среднего времени простоя грузовых поездов на станции Карымская в четном направлении от размеров

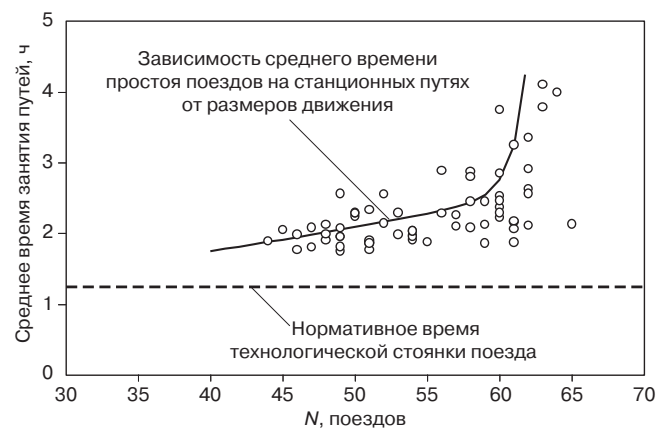


Рис. 8. Статистические данные о среднем простое транзитных поездов без переработки в четном направлении и среднесуточных размерах движения за каждый месяц с 2009 по 2012 г. по станции Карымская

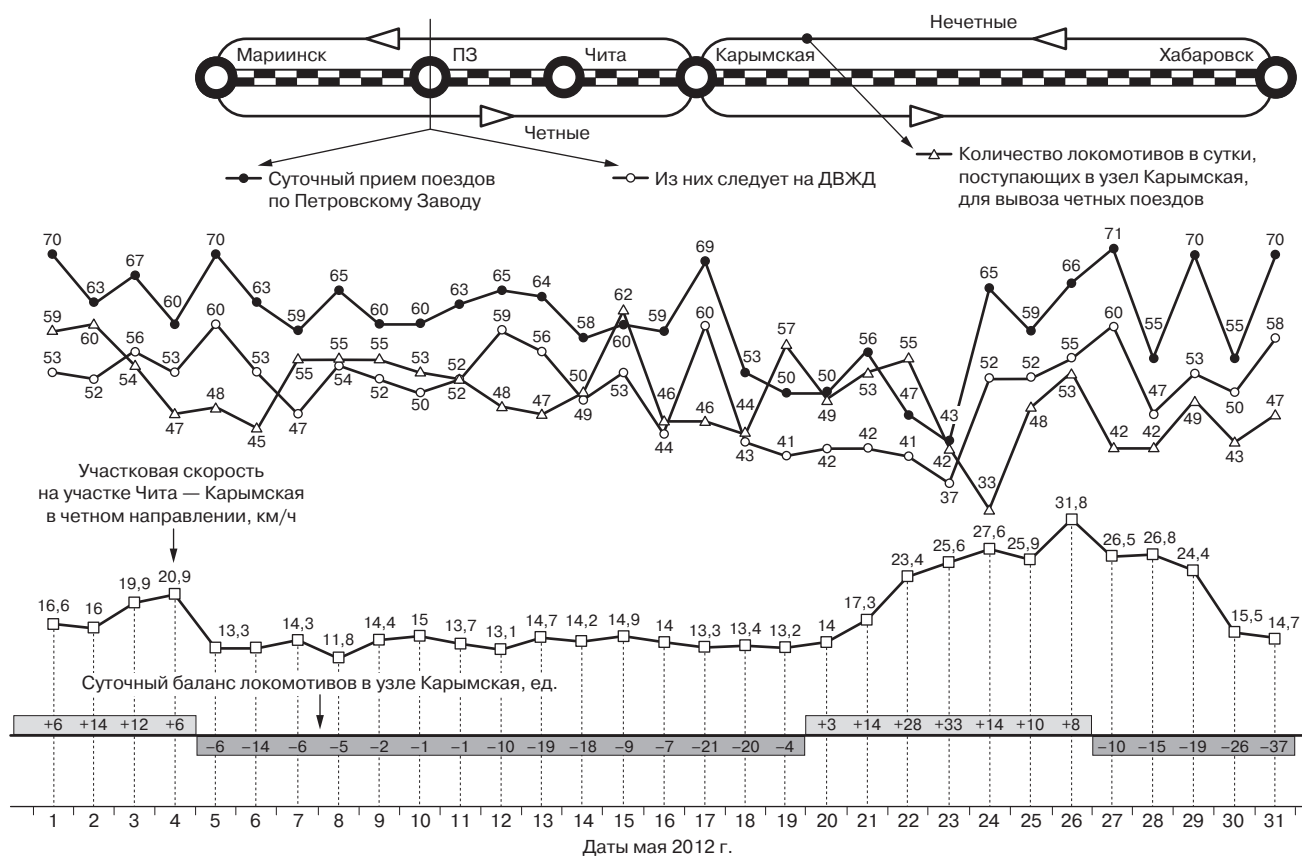


Рис. 9. Обеспечение локомотивами вывоза четных грузовых поездов по станции Карымская в мае 2012 г.

движения. При размерах четного потока около 60 пар поездов в сутки среднее время простоя на путях станции достигало трех часов и превышало время нормативной технологической стоянки поездов в рассматриваемый период более чем в 2 раза.

За рассматриваемый период времени на станции Карымская не установлено систематически действующих факторов, которые могли бы столь значительно повлиять на увеличение времени технического обслуживания транзитных грузовых поездов без переработки четного направления, кроме одного — задержки подачи локомотивов для прицепки их к составам четного направления.

Следует отметить, что в четном направлении локомотивы с запада следуют с поездами длиной до 71 условного вагона до станции Карымская, а в нечетном — локомотивы с востока следуют до станции Карымская, в том числе с «порожняками», разрешенная длина которых составляет 100 условных вагонов. С учетом того что в среднем количество грузовых вагонов, прошедших по Забайкальской железной дороге на Дальний Восток, должно равняться числу вагонов, которые должны вернуться с Дальнего Востока, а также того, что в потоке поездов с востока значительное число составляют поезда повышенной длины и «порожняки», число локомотивов, прибывающих с

поездами на станцию Карымская с востока, меньше числа поездов, прибывающих на станцию Карымская с запада. Недостающую часть локомотивов с востока возвращают резервом, при этом зачастую возникает неравномерность их поступления, которая приводит в определенные периоды времени к нехватке локомотивов для обслуживания поездов четного направления [6].

Это существенно влияет на увеличение времени занятия станционных путей в транзитном четном парке станции [7].

На станции Карымская осуществляется техническое обслуживание локомотивов четного и нечетного направлений. Рациональная организация этих процессов может существенно повлиять на уменьшение времени занятия станционных путей составами, прошедшими техническое обслуживание.

На рис. 9 приведены величины участковой скорости за каждые сутки мая в 2012 г. на участке Чита — Карымская в зависимости от суточного баланса локомотивов в узле Карымская. Суточное поступление локомотивов в узел Карымская для вывоза транзитных четных поездов в восточном направлении определялось как разность между числом четных поездов направлением на Хабаровск, принятых по Петровскому Заводу, и количеством локомотивов,

поступивших в узел Карымская с нечетными поездами и в сплотах, для вывоза четных поездов.

Баланс локомотивов, обслуживающих восточное направление, в узле Карымская в каждые сутки определялся последовательным суммированием числа локомотивов в предшествующие сутки с числом локомотивов, поступивших в рассматриваемые сутки. В течение мая можно выделить четыре периода: два с положительным балансом локомотивов и два с отрицательным. При положительном балансе участковая скорость увеличивается, при отрицательном — уменьшается и стабилизируется на достаточно низком уровне около 13 км/ч. Можно отметить явно выраженные переломы кривой участковой скорости движения поездов в периоды с 4 на 5 мая, а также с 19 на 20 мая и с 26 на 27-е при изменении положительных значений суточного баланса локомотивов на отрицательные и с отрицательных на положительные. Это свидетельствует о тесной корреляционной связи между участковой скоростью на участке Чита — Карымская и суточным балансом локомотивов, обслуживающих восточное направление, на станции Карымская.

Приведенные зависимости числа четных поездов направлением через станцию Карымская на Дальневосточную железную дорогу и числа поездов и сплотов локомотивов нечетного направления на Карымскую показывают тесную связь между ними. В лучшем случае можно ожидать, что при равенстве этих показателей четные транзитные грузовые поезда без переработки будут следовать через станцию Карымская с нормативными показателями простоя. В рассматриваемом случае при сложившейся ситуации регулирования размеров локомотивного парка восточного направления по станции Карымская в среднем затруднения в пропуске четного поездопотока через станцию Карымская возникают при суточном приеме четных поездов по Петровскому Заводу на уровне 53 — 56 поездов. При приеме 41 — 42 поездов отмечается заметное увеличение участковой скорости. Для участка двухпутной электрифицированной железнодорожной линии это достаточно низкие показатели, которые заметно влияют на показатели всей железной дороги.

Таким образом, анализ участковых скоростей на различных участках Забайкальской железной дороги позволил выявить локальный участок наибольшего снижения участковых скоростей Чита — Карымская и соответственно станцию Карымская, на которой нарушается баланс количества поездов, следующих на Дальневосточную железную дорогу, и числа локомотивов Восточного полигона, необходимых для своевременного вывоза этих поездов.

С учетом этого можно утверждать, что причиной ограничения пропускной способности станции Карымская в рассматриваемый период времени являлась

систематическая нехватка в узле Карымская локомотивов, прибывающих на станцию Карымская сплотками и с нечетными поездами, для вывоза грузовых поездов четного направления.

По статистическим данным за 2009 — 2012 гг. на рис. 10 представлена усредненная зависимость участковой скорости от баланса локомотивов по узлу Карымская, с помощью которой может быть оценено дополнительное количество локомотивов Восточного полигона, передаваемых на станцию Карымская по регулировке, для улучшения качества обслуживания четных поездов.

По данным на рис. 10, ежесуточный положительный баланс локомотивов, обслуживающих Восточный полигон, в количестве более 7 ед. обеспечит удовлетворительный вывоз транзитных поездов четного направления со станции Карымская.

Рассмотренные методические подходы к определению факторов, влияющих на стабильность пропуска поездопотоков, основанные на анализе статистических данных об изменениях участковой скорости в зависимости от размеров движения, от простоев на станциях и других показателей, могут быть существенно расширены и углублены при создании новых математических моделей, описывающих особенности взаимодействий технологических факторов при пропуске поездопотоков.

Создание таких моделей позволит более точно прогнозировать развитие эксплуатационных ситуаций, выявлять ключевые факторы и степень влияния каждого из них на пропуск поездопотоков и определять необходимые меры по стабилизации движения поездов [8, 9].

Одной из важных составляющих такого подхода является разработка имитационных моделей движения поездов на основе существующих данных о

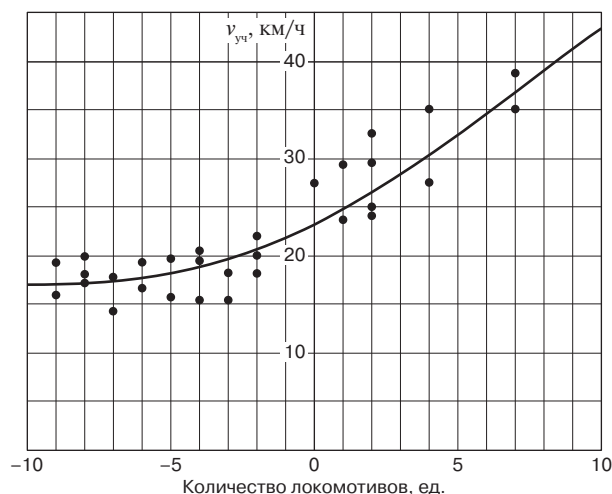


Рис. 10. Усредненная зависимость участковой скорости от баланса локомотивов Восточного полигона по узлу станции Карымская за период 2009 — 2012 гг.

железнодорожных линиях и направлениях. Вариации размеров движения, учет изменений технологии перевозочного процесса, учет реконструктивных мероприятий по усилению инфраструктурных объектов и совершенствованию технических средств, варианты возможных технологий организации движения в период предоставления окон с помощью математического моделирования и на основе имитационных моделей позволят выявлять причины осложнений и формировать комплексы мер по их предупреждению. Работы в данном направлении ведутся.

Выводы. 1. Для выявления факторов и объектов инфраструктуры, влияющих на стабильность пропуска поездопотока на нагруженных направлениях сети железных дорог, эффективна методика анализа изменений участковой скорости при последовательном переходе от протяженного направления железной дороги к более короткому участку, входящему в рассматриваемое направление, с меньшим значением участковой скорости. Затем к следующему участку, который является частью предыдущего участка и участковая скорость на котором меньше, чем скорость на предыдущем участке.

Путем последовательного перебора выявляется лимитирующий участок железной дороги между двумя участковыми станциями с наименьшим значением участковой скорости.

На следующих этапах анализа устанавливаются «реальные» пропускные способности выявленного лимитирующего участка железной дороги и ограничивающих его станций и, соответственно, устанавливаются технические, технологические и организационные факторы, затрудняющие пропуск поездопотока.

2. В соответствии с предложенной методикой было показано, что одной из основных причин значительного снижения участковой скорости в период с 2008 по 2012 г. с 42,4 до 35,2 км/ч на Забайкальской железной дороге является существенное снижение пропускной способности четного парка станции Карымская.

При этом участковая скорость на участке Чита—Карымская протяженностью около 100 км при увеличении размеров четного поездопотока направлением на Дальневосточную железную дорогу до 60 поездов в сутки снижалась до 13 км/ч, т. е. до величины, в 3 раза меньшей, чем показатель участковой скорости по всей железной дороге.

3. Основной причиной, влияющей на затруднение при пропуске транзитного поездопотока четного направления на Дальневосточную железную дорогу, является недостаточное количество локомотивов на станции Карымская, обращающихся на Восточном полигоне, для вывоза транзитных поездов четного направления.

4. С помощью анализа статистических данных за 2009—2012 гг., характеризующих зависимость участковой скорости на участке Чита—Карымская от потребности количества локомотивов Восточного полигона и имеющегося в узле станции Карымская, показано, что при положительном балансе локомотивов Восточного полигона, превышающем 7 ед., обеспечивается удовлетворительный пропуск транзитного четного поездопотока на Дальневосточную железную дорогу с существенно большей участковой скоростью.

5. Рассмотренные методические подходы к определению факторов, влияющих на стабильность пропуска поездопотоков, основанные на анализе статистических данных об изменениях участковой скорости в зависимости от размеров движения, от простоев на станциях и других показателей, могут быть существенно расширены и углублены при создании новых математических моделей, описывающих особенности взаимодействия технологических факторов при пропуске поездопотоков.

Создание таких моделей позволит более точно прогнозировать развитие эксплуатационных ситуаций, выявлять ключевые факторы и степень влияния каждого из них на пропуск поездопотоков и определять необходимые меры по стабилизации движения поездов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы эксплуатационной работы железных дорог / под общ. ред. В.А. Кудрявцева. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 352 с.
2. Шапкин И.Н., Яриков И.М., Кожанов Е.М. Эксплуатация железных дорог на рубеже веков. М.: ВНИИТИ РАН, 2011. 296 с.
3. Мугинштейн Л.А., Шенфельд К.П. Развитие тяжеловесного движения грузовых поездов. М.: Интекст, 2011. 76 с.
4. Мехедов М.И. Повышение эффективности управления и использование локомотивного парка в условиях насыщения пропускных способностей // Проблемы проектирования и строительства железных дорог: сб. науч. трудов / под ред. В.С. Шварцфельда. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2011. С. 137—149.
5. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог: утв. ОАО «РЖД», 2010. 289 с.
6. Некрашевич В.И. Управление эксплуатацией локомотивов. М.: Изд-во РГТУПС, 2000. 194 с.
7. Некрашевич В.И., Бородин А.Ф., Мазанова И.С. Нормирование графиковых размеров движения грузовых поездов // Вестник ВНИИЖТ. 1995. № 6—7—8. С. 8—14.
8. Павловский Ю.Н., Белотелов Н.В., Бродский Ю.Н. Имитационное моделирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский дом «Академия», 2008. 236 с.
9. Абрамов А.А., Андросюк К.В. Имитационное моделирование наличной пропускной способности // Железнодорожный транспорт. 2013. № 11. С. 28—31.
10. Имитационное моделирование в задачах организации движения поездов: сб. науч. тр. ОАО «ВНИИЖТ» / Л.А. Мугинштейн [и др.]; под ред. Л.А. Мугинштейна. М.: Интекст, 2012. 56 с.
11. Muginshtein L.A., Amfimogenov A. Yu, Kiryakin V. Yu. Maximal Capacity Assessment of Railway Track Section by Computer Simulation. IHNA Conference. Calgary-2011. pp. 47—53.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

МУГИНШТЕЙН Лев Александрович,
главный научный сотрудник,
ОАО «ВНИИЖТ».
107996, Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10.
Тел.: (499) 260-41-16.
E-mail: tdk-vniizht@mail.ru

МЕХЕДОВ Михаил Иванович,
начальник, Забайкальская дирекция управления
движением — структурное подразделение
Центральной дирекции управления движением —
филиала ОАО «РЖД».
672000, Чита, Ленинградская ул., д. 34.
Тел.: (3022) 24-18-50.
E-mail: MekhedovMI@mail.zabtrans.ru

Methodological Approaches to Revelation of Factors Influencing the Stability of Train Flow Handling

Lev A. Muginshtein, Dr. of Technical Science, Chief Research Worker, JSC VNIIZhT, 10, 3rd Mytischinskaya str., 107996 Moscow, Russian Federation, Tel.: +7 (499) 2604116. E-mail: tdk-vniizht@mail.ru

Mikhail I. Mekhedov, Head of Traffic Control Directorate of Zabaikal'skaya Railway (business unit of the Central Traffic Control Directorate — JSC RZD branch). 34 Leningradskaya str., 672000 Chita, Russian Federation. Tel.: +7 (3022) 24 1850. E-mail: MekhedovMI@mail.zabtrans.ru

Abstract. Comprehensive approach to traffic management contributes to the achievement of the main goal consisting in train flow handling at railway sections and routes with the pre-forecasted qualitative and quantitative traffic operation indices under condition of harmonious conformance of requirements, specified to freight traffic volumes, freight train flow sizes and train flow speeds, to the existing technical and technological provisions on railway transport.

Today there exists severe backlog problem of developing transport services and railway network in the Far East and Siberia. Among its main reasons are infrastructure constraints, heavy deficit of traction power means and loss of management efficiency.

While analyzing the situations emerging on railway transport it's possible to confine oneself with certain degree of approximation to two integral indices, namely traffic capacity of open tracks and traffic and handling capacity of railway yards and stations.

Analysis of service speeds at various sections of Zabaikal'skaya Railway allowed to reveal the location of maximum decrease in service speeds (railway section Chita — Karymskaya). In the time period under consideration traffic capacity of the Karymskaya station was constrained with insufficient quantity at the Karymskaya railway junction of locomotives arriving at the Karymskaya station in traction units of down trains, for hauling up trains.

The discussed methodological approaches to defining the factors, influencing traffic flow handling stability, are based on analysis of statistical data related to service speed variations, depending on traffic size, station dwelling times and other indices, and may be considerably extended and deepened while developing new mathematical models, describing interaction special features of traffic handling technology factors.

Keywords: service speed, traffic size, traffic capacity, simulation model

References

1. Kudryavtsev V. A., Kovalev V. I., Kuznetsov A. P. et al. *Osnovy ekspluatatsionnoy raboty zheleznykh dorog* [Fundamentals of railways operating] Moscow, "Akademiya" Publ., 2005. 352 p.

2. Shapkin I. N., Yarikov I. M., Kozhanov E. M. *Ekspluatatsiya zheleznykh dorog na rubezhe vekov* [Railway operation at the turn of the century]. Moscow, VINITI RAN Publ., 2011. 296 p.

3. Muginshteyn L. A., Shenfel'd K. P. *Razvitie tyazhelovesnogo dvizheniya gruzovykh poezdov* [The development of heavy freight trains]. Moscow, Intext Publ., 2011. 76 p.

4. Mekhedov M. I. *Povyshenie effektivnosti upravleniya i ispol'zovanie lokomotivnogo parka v usloviyakh nasyshcheniya propusknykh sposobnostey* [Improved management and use of the locomotive fleet under saturation of crossing capacities]. *Problemy proektirovaniya i stroitel'stva zheleznykh dorog. Sb. nauch. tr.* [Problems of design and construction of railways. Coll. sci. pap.]. Khabarovsk, Far Eastern State Transport University Publ., 2011, pp. 137 – 149.

5. *Regulations for calculating the actual capacity of railways.* Approved by the order of JSC "Russian Railways" № 128 of November 10, 2010. 289 p. (in Russ.).

6. Nekrashevich V. I. *Upravlenie ekspluatatsiyey lokomotivov* [Management of locomotives operation]. Moscow, RGTUPS Publ., 2000. 194 p.

7. Nekrashevich V. I., Borodin A. F., Mazanova I. S. *Normirovanie grafikovykh razmerov dvizheniya gruzovykh poezdov* [Rating schedules of freight trains]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 1995, no. 6/7/8, pp. 8 – 14.

8. Pavlovskiy Yu. N., Belotelov N. V., Brodskiy Yu. N. *Imitatsionnoe modelirovanie* [Simulation modeling]. Moscow, "Akademiya" Publ., 2008. 236 p.

9. Abramov A. A., Androsyuk K. V. *Imitatsionnoe modelirovanie nalichnoy propusknoy sposobnosti* [Simulation modeling of actual railway capacity]. *Zheleznodorozhnyy transport*, 2013, no. 11, pp. 28 – 31.

10. Muginshteyn L. A., ed. *Imitatsionnoe modelirovanie v zadachakh organizatsii dvizheniya poezdov.* Sb. nauch. tr. OAO "VNIIZhT" [Simulation modeling in train traffic organization. Coll. sci. works of JSC "VNIIZhT" (Railway Research Institute)]. Moscow, Intext Publ., 2012. 56 p.

11. Muginshtein L. A., Amfimogenov A. Yu., Kiryakin V. Yu. *Maximal capacity assessment of railway track section by computer simulation.* International Heavy Haul Association Conference (IHHA 2011), Calgary (Canada), June 19 – 22, 2011, pp. 47 – 53.