

Развитие исследований в области взаимодействия пути и подвижного состава

В. М. БОГДАНОВ, Н. В. МИХАЙЛОВА

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

Аннотация. Современные перспективные условия работы железнодорожного транспорта, характеризующиеся всё возрастающим силовым воздействием поездов на инфраструктуру, требуют повышения внимания специалистов к одной из фундаментальных и многогранных проблем — взаимодействию пути и подвижного состава.

В статье приведен ретроспективный анализ становления исследований ВНИИЖТа в этой области. Показано плодотворное сочетание теоретических и экспериментальных исследований, направленных на решение актуальных задач повышения безопасности движения поездов и освоения возрастающих объемов перевозок.

Сформулированы первоочередные задачи, решение которых позволит сократить имеющийся разрыв в освоении перевозок на наиболее загруженных отечественных и зарубежных линиях.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт; комплексные исследования; взаимодействие пути и подвижного состава; безопасность движения; возрастающие объемы перевозок

Введение. Отделение комплексных испытаний подвижного состава и пути было создано во ВНИИЖТе в 1962 г. по инициативе профессора Михаила Феликсовича Вериги с целью установления допустимых скоростей движения нового подвижного состава. Вроде бы была поставлена достаточно узкая задача. Но это означало, что появилось первое в стране научное подразделение, которое должно было заняться проблемой взаимодействия пути и подвижного состава. И соответственно круг вопросов, или компетенций, как сейчас модно говорить, связанных с этой проблематикой, расширился неимоверно [1].

С первых дней существования отделения развивались теоретические методы исследования, математическое моделирование процессов взаимодействия пути и подвижного состава и ставилась конкретная задача (в отдельных испытаниях она сразу и выполнялась): сначала на модели проанализировать динамику подвижного состава, получить предварительные результаты, потом их проверить и уточнить в приемочных испытаниях [2, 3]. Это проводилось не в отрыве от плановых испытаний, а в целях совершенствования методики их проведения, сокращения сроков выполнения работ и определения физических причин появления

недопустимого воздействия на путь. Ученые и специалисты отделения совершенствовали методы измерений. По предложению профессора М. Ф. Вериги делали силомерную пробочку, ее запрессовывали в головку рельса и проводили измерения напряженного состояния головки в заданной точке в трехмерном пространстве. В испытаниях локомотивов применялись тензометрические колесные пары конструкции А. К. Шафрановского [4]. Вагонные тензометрические колесные пары разрабатывал В. А. Коваль. Эти колесные пары по своим возможностям ничем не уступали тензометрическим колесным парам, которые нам предлагали в 2000-х годах закупить в США и Германии. Последняя конструкция разрезной колесной пары, изготовленной канд. техн. наук В. А. Ковалем, позволяла измерять силу непосредственно между гребнем колеса и рельсом [5].

Начиная с 70-х годов прошлого века в повседневной практике применялась автоматическая обработка результатов испытаний на ЭВМ «Наири» с использованием специального аналого-цифрового преобразователя. Оставалось ответить только на один справедливый вопрос: а допустимо ли переносить критерии оценки воздействия подвижного состава на путь, которые были разработаны для осциллограмм и ручной их обработки, на автоматизированную [6]? Нашли область, в которой погрешность обработки не выходила за допустимую.

Немного позже была создана лаборатория норм устройств и содержания рельсовой колеи. Теперь отделение занялось вопросами транспортировки специального подвижного состава и перевозки нестандартных грузов. Исследовались аэродинамика высокоскоростных поездов, воздействие высокоскоростного поезда на человека, стоящего на платформе.

Когда в 1989 г. несколько локомотивных депо перестали справляться с обточками колесных пар в связи с интенсивным износом гребней колес локомотивов, отделение комплексных испытаний возглавило в институте решение этой проблемы.

Одновременно большое внимание уделяли участию отделения в комплексных работах института, направленных на повышение массы грузовых поездов, внедрение увеличенных габаритов подвижного

состава и погрузки грузов [7], повышение осевых и погонных нагрузок [8] подвижного состава, увеличение не максимально допустимой, а технической, маршрутной скорости движения пассажирских и грузовых поездов [9], типаж локомотивов, типаж грузовых вагонов [10]. Отделение возглавляло в начале 1980-х годов работу по поиску решения проблемы эксплуатации общесетевых вагонов на путях колеи 1067 мм острова Сахалин [11]. А это повышение осевых нагрузок с 17 до 21 тс при одновременном повышении на 30% напряжений на основной площадке земляного полотна по сравнению с общей сетью в связи с меньшей опорной площадью шпал этой колеи. Затем начались регулярные работы по обеспечению перевозок сверхгабаритных и тяжеловесных грузов [12]. Головным было отделение и в стратегически важной работе, выполняемой учеными и специалистами института, по созданию мобильного железнодорожного ракетного комплекса.

Методологию проведения крупных комплексных исследований по проблеме взаимодействия пути и подвижного состава можно проследить на примере обеспечения устойчивой работы системы колесо — рельс по принятой в 2003 г. в ОАО «РЖД» программе [13].

Первое, что было сделано, это были выявлены факторы, определяющие условия взаимодействия пути и подвижного состава применительно к решению этой конкретной задачи. Установили ее взаимосвязь с решением таких стратегических задач компании, как повышение массы грузовых поездов и скорости движения. Факторы разделили и определили, что влияет на безопасность движения, а что на эксплуатационные расходы, и построили номограмму, которая по существу послужила основой наших исследований (рис. 1). Эти научно-практические работы включали не только выезды на линию и проведение специальных экспериментов, также были начаты глубокие теоретические проработки решаемой задачи. Эти подходы были сделаны совместно с Институтом проблем механики Российской академии наук, и они начиная с первых шагов в какой-то мере помогли в решении поставленной

задачи. К сожалению, разработанная в результате проведения работ трибодинамическая модель взаимодействия экипажа и пути [14] до сих пор до конца не освоена, и здесь есть над чем работать. Скажем так: есть статика, можно исследовать процессы в статике, есть кинематика, динамика и есть динамическая модель трения и износа. Следующий шаг — объединение этой модели с задачами контактной прочности. Это уже рассмотрение силовой системы, которой в жизни и является система колесо — рельс.

Исходя из экономики ОАО «РЖД» определили, какие величины удельных износов гребней колес и боковой грани головки рельса в кривых должны быть достигнуты. Объективно говоря, по всем официальным статистическим данным железных дорог, на эти показатели мы вышли уже в середине 1990-х годов. И весь тот экономический эффект, который должны были получить на сети, мы получили уже тогда.

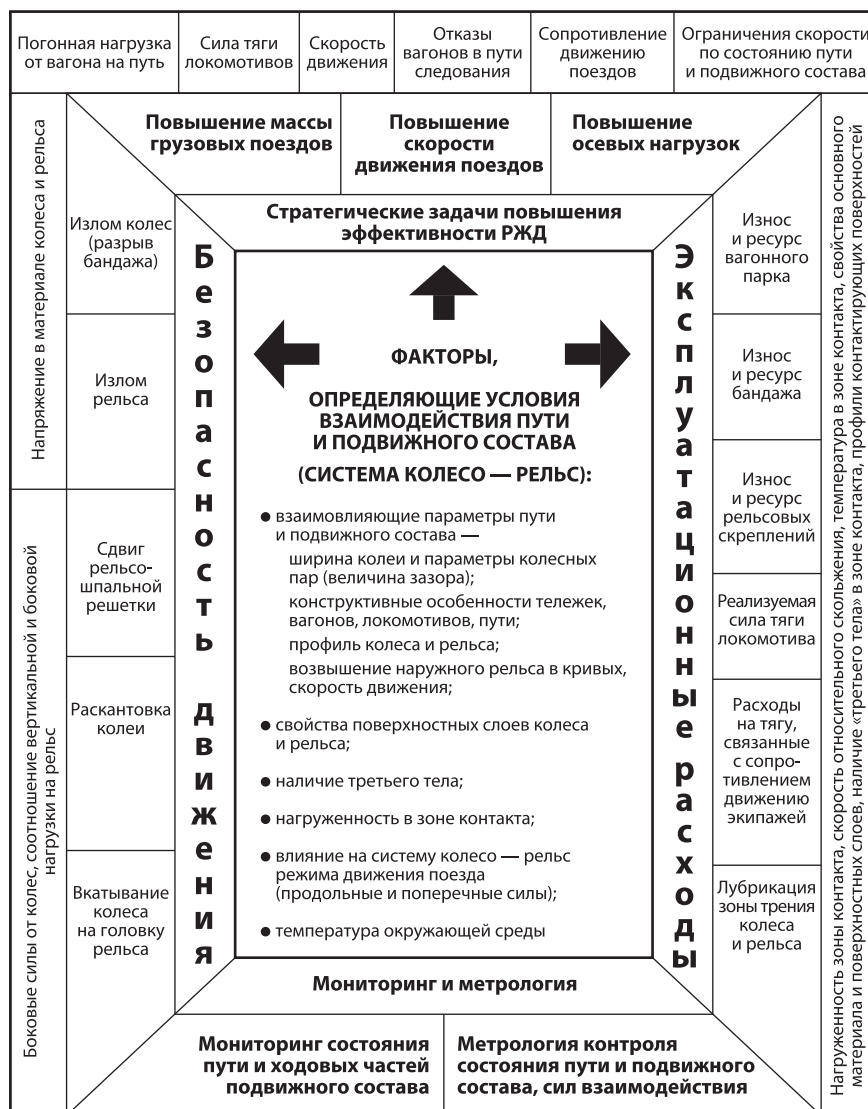


Рис. 1. Факторы, влияющие на устойчивое взаимодействие колеса и рельса
Fig. 1. Factors affecting the sustainable interaction between wheel and rail



Рис. 2. Мероприятия по повышению ресурса бандажей локомотивов до 1200 тыс. км

Fig. 2. Measures to improve resource of tires of locomotives up to 1200 thousand km

Можно понять, когда в научных статьях перед защитой диссертации в обоснование значимости проблемы говорится о колесно-рельсовом СПИДе — именно так образно называли журналисты проблему сверхинтенсивного износа гребней колес и рельсов. Безусловно, есть временной лаг между тем, когда человек начал заниматься проблемой, и защитой диссертации. Но сегодня писать в средствах массовой информации об остроте проблемы, которой с конца 1990-х годов уже нет, когда мы обеспечиваем нормальную работу локомотивного парка, норматив на боковой износ рельсов снизили с 15 до 10 мм, а потом и до 8 мм,

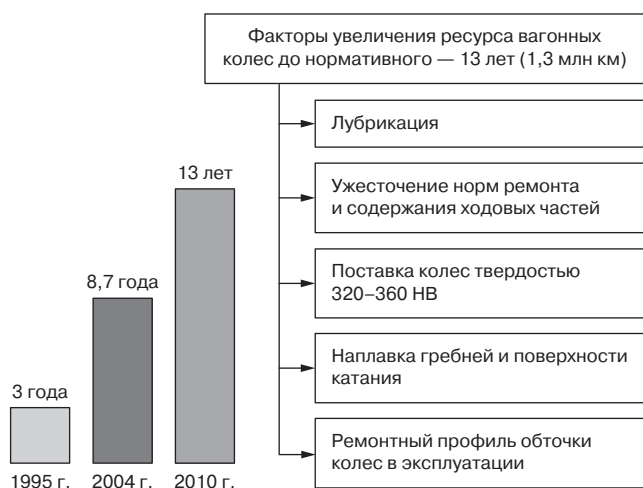


Рис. 3. Увеличение ресурса вагонных колес до нормативного

Fig. 3. Increasing resource of car wheels to the normative

не совсем корректно. Да, если мы изменили норматив, значит, чаще идет смена изнашиваемого элемента, но она идет в том режиме, который экономически оправдан.

На рис. 2 показано, как был достигнут и за счет чего повышен ресурс бандажа локомотива до значений, предусмотренных в утвержденной в 2003 г. программе. На рис. 3 приведены факторы повышения срока службы вагонных колес. Это подтверждает эффективность принципа построения исследований в отделении комплексных испытаний и в институте в целом. Такой подход в организации исследований позволил отделению подготовить девять докторов наук, три работы отделения были удостоены Премии Совета Министров СССР в области науки и техники.

Этот подход к научным проблемам эффективен, и его надо возродить. Первым делом определить, что в области взаимодействия пути и подвижного состава на сегодняшний день не решено и сдерживает эффективность работы ОАО «РЖД». Какая цель перед нами может быть поставлена компанией. Как говорил профессор А. Д. Каретников, директор института с 1962 по 1986 г., задача должна быть величественная. Вот на однопутных зарубежных линиях (не на всех, но речь о рекордных показателях) объем перевозок грузов достигает 80 млн т нетто в год. Мы по однопутке везем 30 — 35 млн т брутто. На двухпутке за рубежом везут до 250 млн т, у нас — 130 — 135 млн т, что считаем большим достижением. Нам говорят, что это результат смешанного движения на наших дорогах. Но первый шаг ОАО «РЖД» сделало в принятой в 2015 г. новой классификации линий. В ней стали выделять линии особо грузонапряженные, которые будут эксплуатироваться в режиме грузового движения как специализированные. За год и за два к этим целям не придешь, но, чтобы идти в этом направлении и получить эффект от увеличения объема перевозок на существующих линиях, не строя третьи и четвертые пути, следует, на наш взгляд, решить несколько задач.

Первая задача — разработка критериев предельного значения воздействия на путь грузовых поездов, в том числе соединенных, при различных режимах их движения. Нельзя для эксплуатационных условий принимать критерии, приведенные в приказе МПС России № 41 2001 г., разработанные и предназначенные для установления допускаемых скоростей движения нового подвижного состава в приемочных испытаниях. Эти испытания проводятся в режиме вы бега и на пути отличного состояния. Срочно нужен аналог этого приказа. Не должно быть такой разницы, когда установленный приказом норматив на боковую силу составляет 10 тс, а в условиях эксплуатации тяжеловесных и, особенно, соединенных поездов зафиксирована боковая сила 14 — 16 тс, причем

в реальной эксплуатации она может достигать 22 тс. Надо отметить, что норматив 10 тс является исходным для проектирования современных промежуточных рельсовых скреплений.

Вторая задача — повышение скоростей движения грузовых поездов в эксплуатации. Решением этой задачи отделение занималось до того момента, пока вагоны не ввели норматив — ограничение скорости по прочности осей и тормозам 90 км/ч. Хотя экономически рациональная скорость движения грузовых поездов, как показали исследования д-ра техн. наук Э. Д. Фельдман, — 100 км/ч. Снятие ограничений в 60 км/ч на скорость движения поездов с порожними вагонами и повышение скорости движения грузовых поездов до 100 км/ч для повышения эффективности деятельности ОАО «РЖД» — задача важная. К этому следует добавить необходимость обеспечения движения грузовых поездов по стрелочным улицам со скоростью 50 км/ч.

В 2003 г. была создана программа обеспечения устойчивого взаимодействия в системе колесо — рельс и состоялась ее реализация. В 2006 г. программа была модернизирована, усовершенствована по многим параметрам. Программа обсуждалась на конференциях, на заседаниях НТС, но ее утверждение не состоялось. Сегодня требуется глубоко проанализировать и понять, по какой причине не нашлось заказчика программы, заинтересованного в ее реализации. Нужна разработка новой программы с выходными параметрами, необходимыми экономическому блоку.

Вывод. Совершенствование условий взаимодействия пути и подвижного состава в сочетании с проводимой в ОАО «РЖД» работой по специализации линий позволит существенно увеличить объемы перевозок на существующих грузонапряженных линиях с отдалением инвестиционных затрат в строительство дополнительных главных путей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов В. М., Вериго М. Ф. Исследования взаимодействия пути и подвижного состава // Подвижной состав и путь в условиях интенсификации работы железных дорог: сб. трудов ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1989. С. 4–11.
2. Вериго М. Ф., Коган А. Я. Взаимодействие пути и подвижного состава. М.: Транспорт, 1986. 559 с.
3. Ромен Ю. С., Николаев В. Е. Применение методов математического моделирования для исследования взаимодействия подвижного состава и пути // Подвижной состав и путь в условиях интенсификации работы железных дорог: сб. трудов ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1989. С. 137–144.

4. Шафрановский А. К. Измерение и непрерывная регистрация сил взаимодействия колесных пар локомотивов с рельсами // Труды ВНИИЖТ. Вып. 389. М.: Транспорт, 1969. 119 с.

5. Коваль В. А., Гаврилов В. М., Кажеев А. М. Определение напряжений и деформаций пути с использованием реализаций сил взаимодействия между колесом и рельсом // Решение задач взаимодействия подвижного состава и пути реального очертания: труды ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1985. С. 58–62.

6. Методы и аппаратура для статистических исследований динамических процессов в пути и подвижном составе // Труды ВНИИЖТ. Вып. 463. М.: Транспорт, 1972. 197 с.

7. Лазаренко Ю. М. Влияние габаритов и нагрузок от оси на рельс на массу поезда // Подвижной состав и путь в условиях интенсификации работы железных дорог: сб. науч. тр. М.: Транспорт, 1989. С. 30–38.

8. Увеличение габаритов и повышение погонных нагрузок грузовых вагонов // Труды ВНИИЖТ. Вып. 660. М.: Транспорт, 1983. 83 с.

9. Исследование возможностей повышения скоростей движения поездов // Сб. науч. трудов ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1984. 84 с.

10. Богданов В. М., Грачева Л. О. Влияние параметров и использования грузоподъемности вагонов на допустимые скорости движения // Подвижной состав и путь в условиях интенсификации работы железных дорог: труды ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1989. С. 46–61.

11. Исследование условий пропуска и обращения общесетевых грузовых вагонов по железнодорожным путям колеи 1067 мм / В. М. Богданов [и др.] // Повышение эффективности использования габаритов приближения строений и подвижного состава железных дорог: труды ВНИИЖТ. Вып. 553. М.: Транспорт, 1976. С. 95–115.

12. Львов А. А., Бржезовский А. М., Крепкогорский С. С. Обеспечение перевозок тяжеловесного оборудования на железнодорожном транспорте // Подвижной состав и путь в условиях интенсификации работы железных дорог: сб. науч. трудов ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1989. С. 32–46.

13. Богданов В. М. Стратегическая программа обеспечения устойчивого взаимодействия в системе колесо — рельс // Сб. докладов научно-практической конференции «Современные проблемы взаимодействия подвижного состава и пути. Колесо — рельс 2003». М.: Интекст, 2003. С. 14–20.

14. Горячева И. Г., Захаров С. М. Компьютерное моделирование в решении проблем безопасности и ресурсосбережения на железнодорожном транспорте // Сб. трудов научно-практической конференции «Устройство и содержание пути и подвижного состава при тяжеловесном и скоростном движении поездов. Колесо — рельс 2008». М.: Интекст, 2008. С. 42–43.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

БОГДАНОВ Виктор Михайлович, канд. техн. наук, главный научный сотрудник АО «ВНИИЖТ»

МИХАЙЛОВА Наталья Васильевна, ведущий инженер, отделение «Тяга поездов, тяжеловесное движение и компьютерная оптимизация перевозочной работы железнодорожного транспорта», АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 15.04.2016 г., принята к публикации 2.07.2016 г.

Development of research in the field of interaction between track and rolling stock

V. M. BOGDANOV, N. V. MIKHAYLOVA

Joint Stock Company "Railway research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

Abstract. Russia's first research unit — department "Integrated tests of railway rolling stock and track" was created in VNIIZhT in 1962 on the initiative of Professor Michael Feliksovich Verigo to establish the permissible speeds of new rolling stock. Modern promising conditions in rail transport, characterized by the ever-increasing force influence of train on the infrastructure, require greater attention of the experts to the one of the fundamental and multi-sided problems — interaction between track and rolling stock.

The article presents a retrospective analysis of formation of VNIIZhT research activities in this field. Author considers fruitful combination of theoretical and experimental studies aimed at solving urgent problems of increasing traffic safety and development of the increasing volumes of traffic.

Priority tasks that will reduce the existing gap in the development of traffic on the busiest domestic and foreign lines was formulated.

It was concluded that the improvement of the conditions of interaction between track and rolling stock, combined with the ongoing JSC "Russian Railways" activity on specialization of lines will significantly increase the volume of traffic on the existing congested lines with shift of investment costs to the construction of additional main tracks.

Keywords: railway transport; integrated tests; interaction between track and rolling stock; traffic safety; increasing traffic volumes

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-4-256-260>

REFERENCES

1. Bogdanov V. M., Verigo M. F. *Issledovaniya vzaimodeystviya puti i podvizhnogo sostava* [Research on the interaction of track and rolling stock]. Podvizhnoy sostav i put' v usloviyakh intensivatsii raboty zheleznykh dorog [Rolling stock and track in terms of intensification of the railway operation]. Sb. trudov VNIIZhT. [Proc. of the Railway Research Institute], Moscow, Transport Publ., 1989, pp. 4 – 11.
2. Verigo M. F., Kogan A. Ya. *Vzaimodeystvie puti i podvizhnogo sostava* [Track and railway vehicle interaction]. Moscow, Transport Publ., 1986, 560 p.
3. Romen Yu. S., Nikolaev V. E. *Primenenie metodov matematicheskogo modelirovaniya dlya issledovaniya vzaimodeystviya podvizhnogo sostava i puti* [Application of methods of mathematical modeling for the study of interaction between rolling stock and track]. Podvizhnoy sostav i put' v usloviyakh intensivatsii raboty zheleznykh dorog [Rolling stock and track in terms of intensification of the railway operation]. Sb. trudov VNIIZhT. [Proc. of the Railway Research Institute]. Moscow, Transport Publ., 1989, pp. 137 – 144.
4. Shafranovskiy A. K. *Izmerenie i nepreryvnaya registratsiya sil vzaimodeystviya kolesnykh par lokomotivov s rel'sami* [Measurement and continuous recording of interaction forces of wheel pairs of locomotives and rails]. Trudy VNIIZhT. [Proc. of the Railway Research Institute]. Moscow, Transport Publ., 1969, Vyp. 389, 119 p.
5. Koval V. A., Gavrilov V. M., Kazhaev A. M. *Opreделение napryazheniy i deformatsiy puti s ispol'zovaniem realizatsiy sil vzaimodeystviya mezhdu kolesom i rel'som* [Definition of stress and strain of tracks using implementations of interaction forces between wheel and rail]. Reshenie zadach vzaimodeystviya podvizhnogo sostava i puti real'nogo ochertaniya [Solution of problems of interaction between rolling stock and railway track of actual outlines]. Trudy VNIIZhT. [Proc. of the Railway Research Institute]. Moscow, Transport Publ., 1985, pp. 58 – 62.
6. *Metody i apparatura dlya statisticheskikh issledovaniy dinamicheskikh protsessov v puti i podvizhnom sostave* [Methods and apparatus for statistical studies of dynamic processes in track and rolling stock]. Trudy VNIIZhT. [Proc. of the Railway Research Institute]. Moscow, 1972, Vyp. 463, 197 p.
7. Lazarenko Yu. M. *Vliyaniye gabaritov i nagruzok ot osi na rel's na massu poezda* [Effect of dimensions and loadings of the axis on the rail and on the train weight]. Podvizhnoy sostav i put'

v usloviyakh intensivatsii raboty zheleznykh dorog [Rolling stock and track in terms of intensification of the railway operation]. Sb. trudov VNIIZhT. [Proc. of the Railway Research Institute]. Moscow, Transport Publ., 1989, pp. 30 – 38.

8. *Uvelicheniye gabaritov i povysheniye pogonnykh nagruzok gruzovykh vagonov* [Increasing the dimensions and increasing the linear loads of freight cars]. Trudy VNIIZhT. [Proc. of the Railway Research Institute]. Moscow, Transport Publ., 1983, Vyp. 660, 83 p.

9. *Issledovaniye vozmozhnostey povysheniya skorostey dvizheniya poezdov* [Study on possibility of increasing train speeds]. Sb. trudov VNIIZhT. [Col. of works of the Railway Research Institute]. Moscow, Transport Publ., 1984, 84 p.

10. Bogdanov V. M., Gracheva L. O. *Vliyaniye parametrov i ispol'zovaniya gruzopod'emnosti vagonov na dopuskaemye skorosti dvizheniya* [Effect of parameters and the use of carrying capacity of cars on permitted levels of speeds] Podvizhnoy sostav i put' v usloviyakh intensivatsii raboty zheleznykh dorog [Rolling stock and track in terms of intensification of the railway operation]. Sb. trudov VNIIZhT. [Col. of works of the Railway Research Institute]. Moscow, Transport Publ., 1989, pp. 46 – 61.

11. Bogdanov V. M., Gracheva L. O., Chibizova N. G., Puza-nov V. A. *Issledovaniye usloviy propuska i obrashcheniya obshche-setevykh gruzovykh vagonov po zheleznodorozhnym putyam kolei 1067 mm* [Investigation of conditions of passing and handling network-wide freight cars on railway tracks of 1067 mm gauge]. Povsheniye effektivnosti ispol'zovaniya gabaritov priblizheniya stroeniy i podvizhnogo sostava zheleznykh dorog [Increase of efficient use of approximation of dimensions of buildings and railway rolling stock]. Trudy VNIIZhT. [Proc. of the Railway Research Institute]. Moscow, Transport Publ., 1976, Vyp. 553, pp. 95 – 115.

12. Lvov A. A., Brzhezovskiy A. M., Krepkogorskiy S. S. *Obe-specheniye perevozok tyazhelovesnogo oborudovaniya na zheleznodorozhnom transporte* [Providing transportation service of heavy equipment on railway transport]. Podvizhnoy sostav i put' v usloviyakh intensivatsii raboty zheleznykh dorog [Rolling stock and track in terms of intensification of the railway operation]. Sb. trudov VNIIZhT. [Proc. of the Railway Research Institute]. Moscow, Transport Publ., 1989, pp. 32 – 46.

13. Bogdanov V. M. *Strategicheskaya programma obespecheniya ustoychivogo vzaimodeystviya v sisteme koleso — rel's* [Strategic program for sustainable cooperation in the wheel — rail system]. Sb. dokladov nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sovremennyye problemy vzaimodeystviya podvizhnogo sostava i puti. Koleso — rel's 2003" [Proc. of the scientific-practical conference "Modern problems of interaction between rolling stock and track. Wheel — rail 2003"]. Moscow, Intext Publ., 2003, pp. 14 – 20.

14. Goryacheva I. G., Zakharov S. M. *Komp'yuternoe modelirovaniye v reshenii problem bezopasnosti i resursosberezheniya na zheleznodorozhnom transporte* [Computer modeling in solving problems of security and resource saving in railway transport]. Sb. trudov nauchno-prakticheskoy konferentsii "Ustroystvo i soderzhanie puti i podvizhnogo sostava pri tyazhelovesnom i skorostnom dvizhenii poezdov. "Koleso — rel's 2008" [Proc. of the scientific-practical conference "Design and maintain of track and rolling stock with heavy and high-speed trains. "Wheel — Rail 2008"], Moscow, Intext Publ., 2008, pp. 42 – 43.

ABOUT THE AUTHORS

BOGDANOV Viktor Mikhaylovich, Cand. Sci.(Eng.), Chief Researcher of JSC "VNIIZhT"

MIKHAYLOVA Natalya Vasil'evna, Leading Engineer, Department "Train traction, heavy haul transport and computer optimization of transport service of railways", JSC "VNIIZhT"

Received 15.04.2016

Accepted 02.07.2016

■ E-mail: bogdanov.viktor@vniizht.ru (V. M. Bogdanov)