

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Научный журнал

Учредитель журнала
Сибирский Государственный
Университет Водного Транспорта

Журнал выходит
на русском языке с 2002 года

Периодичность – 4 выпуска в год

Журнал широкой научной тематики:

- Эксплуатация и экономика транспорта
- Путь. Путевое хозяйство
- Судовождение
- Теплоэнергетика
- Электроэнергетика
- Экология
- Транспортное образование

Редакционная коллегия:

Бернацкий Анатолий Филиппович – докт. техн. наук, профессор кафедры Строительного производства Новосибирского государственного университета архитектуры, дизайна и искусств

Ботвинков Владимир Михайлович – докт. техн. наук, профессор кафедры Водных изысканий, путей и гидротехнических сооружений Сибирского государственного университета водного транспорта

Бунеев Виктор Михайлович – докт. экон. наук, профессор, заведующий кафедрой Управления работой флота Сибирского государственного университета водного транспорта

Мусин Агзам Хамитович – докт. техн. наук, профессор кафедры Электрификации производства и быта Алтайского государственного технического университета имени И.И. Ползунова

Боровиков Юрий Сергеевич – докт. техн. наук, профессор кафедры Электроэнергетических систем Национального исследовательского Томского политехнического университета

Сальников Василий Герасимович – докт. техн. наук, профессор кафедры Электроэнергетических систем и электротехники Сибирского государственного университета водного транспорта

Сичкарев Виктор Иванович – докт. техн. наук, профессор кафедры Судовождения Сибирского государственного университета водного транспорта

NAUCHNYE PROBLEMY TRANSPORTA SIBIRI I DAL'NEGO VOSTOKA

Science Magazine

The founder of the journal
Siberian State University
of Water Transport

The magazine is published
in Russian in 2002

Frequency – 4 issues per year

Science magazine with the headings:

- Transport operation and economics
- Infrastructure of transport routes
- Management and maintenance of means of transport
- Heat power industry
- Electric power industry
- Ecology
- Transport Education

Editorial team:

Anatolii Bernatskii – Holder of an Advanced Doctorate in Engineering Sciences, Professor at the Department of Construction Industry in Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts

Vladimir Botvinkov – Holder of an Advanced Doctorate in Engineering Sciences, Professor at the Department of Water Research, Waterways and Hydraulic Structures of Siberian State University of Water Transport

Victor Buneev – Holder of an Advanced Doctorate in Economic Sciences, Professor at the Department of Fleet Management in Siberian State University of Water Transport

Agzam Musin – Holder of an Advanced Doctorate in Engineering Sciences, Professor at the Department of Factory and Household Electrification in Polzunov Altay State Technical University

Yurii Borovikov – Holder of an Advanced Doctorate in Engineering Sciences, Professor at the Department of Electric Power Systems in National Research Tomsk Polytechnic University

Vasilii Sal'nikov – Holder of an Advanced Doctorate in Engineering Sciences, Professor at the Department of Electric Power Systems and Electric Engineering in Siberian State University of Water Transport

Victor Sichkarev – Holder of an Advanced Doctorate in Engineering Sciences, Professor at the Department of Navigation in Siberian State University of Water Transport

Редакция журнала

Главный редактор

Зачесов Венедикт Петрович,
докт. техн. наук, профессор

Заместители главного редактора:

Бик Юрий Игоревич,
докт. техн. наук, профессор

Барановский Александр Михайлович
докт. техн. наук, профессор

Горелов Валерий Павлович,
докт. техн. наук, профессор

Межрегиональный редакционный совет:

Малов Владимир Юрьевич – докт. экон. наук,
профессор Института экономики и организации
промышленного производства СО РАН
(г. Новосибирск)

Черемисин Василий Титович – д-р техн. наук,
профессор Омского государственного
университета путей сообщения (г. Омск)

Худогов Анатолий Михайлович – докт. техн.
наук, профессор Иркутского государственного
университета путей сообщения (г. Иркутск)

Кича Геннадий Петрович – докт. техн. наук,
профессор Морского государственного
университета имени адмирала
Г.И. Невельского» (г. Владивосток)

The editorial staff

Editor in Chief

Venedikt Zachesov
Holder of an Advanced Doctorate
in Engineering Sciences, Prof.

Deputy chief editor:

Yurii Bik
Holder of an Advanced Doctorate
in Engineering Sciences, Prof.
Aleksandr Baranovskii
Holder of an Advanced Doctorate
in Engineering Sciences, Prof.
Valerii Gorelov
Holder of an Advanced Doctorate
in Engineering Sciences, Prof.

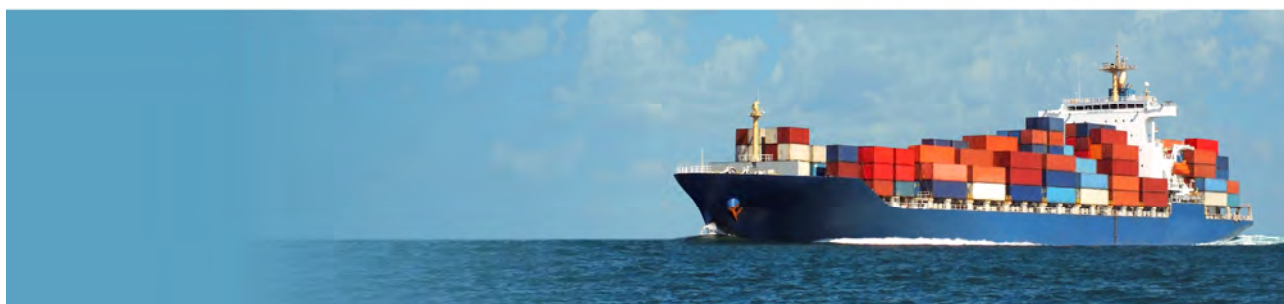
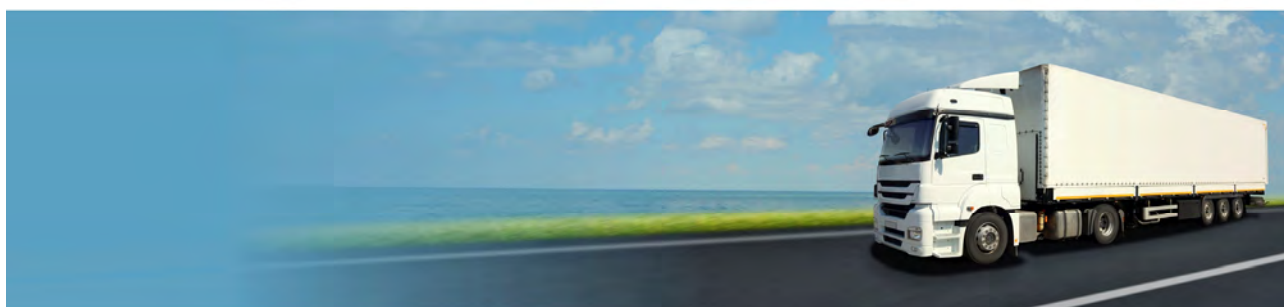
Interregional editorial board:

Vladimir Malov – Holder of an Advanced
Doctorate in Economic Sciences, Prof. of Institute
of Economics and Industrial Engineering of
SB RAS (Novosibirsk)

Vasilii Cheremisin – Holder of an Advanced
Doctorate in Engineering Sciences, Prof. of
Omsk State Transport University (Omsk)

Anatolii Hudonogov – Holder of an Advanced
Doctorate in Engineering Sciences, Prof. of
Irkutsk State Transport University (Irkutsk)

Gennadii Kicha – Holder of an Advanced
Doctorate in Engineering Sciences, Prof. of
Maritime State University named
after admiral G.I.Nevelskoi (Vladivostok)



$$H_{\varphi}^{(1)} = \frac{I_x}{2\pi r}, E_r^{(1)} = \frac{I_x \gamma}{\tilde{\sigma}_1 2\pi r}, E_x^{(1)} = \frac{I_x m_1}{2\pi r \tilde{\sigma}_1}; \quad (23)$$

– для изолирующего покрытия

$$H_{\varphi}^{(u3)} = \frac{I_x}{2\pi r}, E_r^{(u3)} = \frac{I_x \gamma}{\tilde{\sigma}_{u3} 2\pi r}, E_x^{(u3)} = -\frac{I_x m_{u3}^2}{2\pi r \tilde{\sigma}_{u3}} \ln \frac{1,12}{m_{u3} r}; \quad (24)$$

– для среды

$$H_{\varphi}^{(2)} = \frac{I_x}{2\pi r}, E_r^{(2)} = \frac{I_x \gamma}{\tilde{\sigma}_2 2\pi r}, E_x^{(2)} = \frac{I_x m_2^2}{2\pi \tilde{\sigma}_2} \ln \frac{1,12}{m_2 r}. \quad (25)$$

Полученные параметры электромагнитного поля в цилиндрической системе координат можно использовать для решения различных задач, в проводнике, изолирующем покрытии и внешней к проводнику среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Зажирко, В.Н. Электрические цепи с распределенными параметрами / В.Н. Зажирко. -Омск: Омская гос. акад. путей сообщ., 1995. -102 с.
- 2 Электроразведка: Справочник геофизика / Под ред. А.Г. Тархова. -М.: Недра, 1980. -518 с.
- 3 Бурсиан, В.Р. Теория электромагнитных полей, применяемых в электроразведке / В.Р. Бурсиан. -Л.: Недра, 1972. -367 с.
- 4 Гринберг, Г.А. Основы точной теории волнового поля линий электропередачи / Г.А. Гринберг, Б.Э. Бонштедт // -Журнал технической физики. -1954. -Т.24. -Вып. 1. -С. 67-95.
- 5 Справочник по специальным функциям с формулами, графиками, математическими таблицами / Под ред. Н. Абрамовича, И. Нетигяна. -М.: Наука, 1979. -830 с.
- 6 Котельников, А.В. Блуждающие токи и эксплуатационный контроль коррозионного состояния подземных сооружений системы электроснабжения железнодорожного транспорта / А.В. Котельников, В.А. Кандаев -М.: УМЦ ЖДТ, 2013. -552 с.

REFERENCES

- 1 V.N. Zazhirkov. Electric circuits with distributed parameters [Elektricheskie tsepi s raspredelennymi parametrami]. Omsk. Omsk St. Acad. Railways of Communication Publ. 1995. 102 p.
- 2 A.G. Tarkhov. Electrical sounding: geophysics reference book [Elektrozvedka: Spravochnik geofizika]. Moscow. Nedra Publ. 1980. 518 p.
- 3 V.R. Bursian. Theory of electromagnetic fields used in electrical sounding [Teoriya elektromagnitnykh poley, primenyaemykh v elektrozvedke]. Leningrad. Nedra Publ. 1972. 367 p.
- 4 G.A. Grinberg, B.E. Bonshtedt. Fundamentals of the exact theory of power transmission lines EMF [Osnovy tochnoy teorii volnovogo polya liniy elektropredachi]. Technical Physics. The Russian Journal of Applied Physics [Zhurnal tekhnicheskoy fiziki]. 1954. Vol. 24. No. 1. pp. 67-95.
- 5 N. Abramovich, I. Netigyan. Reference book on special functions with formulas, graphs, mathematical tables [Spravochnik po spetsial'nym funktsiyam s formulami, grafikami, matematicheskimi tablitsami]. Moscow. Nauka Publ. 1979. 830 p.
- 6 A.V. Kotelnikov, V.A. Kandaev. Stray currents and operational control of the corrosive state of underground structures of the rail traction power system [Bluzhdayushchie toki i ekspluatatsionnyy kontrol' korrozionnogo sostoyaniya podzemnykh sooruzheniy sistemy elektrosnabzheniya zheleznodorozhnogo transporta]. Moscow. UMTs ZhDT Publ. 2013. 552 p.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: изолированный проводник, функции Бесселя, напряженность магнитного поля, вектор-потенциальная функция
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Литвинова Ольга Владимировна, инженер ФГБОУ ВО «ОмГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 644046, г.Омск, пр.К.Маркса, 35, ФГБОУ ВО «ОмГУПС»

ОБЗОРНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

Л.Н. Киснеева, А.Э. Аухадеев, А.Г. Хайруллин, Р.А. Рашитова

REVIEW OF CALCULATION METHODS OF BALANCED MODES OF OPERATION OF ELECTRIC CITY TRANSPORT TRACTION POWER EQUIPMENT

Kazan State Power Engineering University (KSPEU) 51, Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia

Lyaylya N. Kisneeva (Senior Lecturer of KSPEU)

Aver E. Aukhadееv (Ph.D. of Engineering Sciences, Assoc. Prof. of KSPEU)

Al'bert G. Khayrullin (Senior Lecturer of KSPEU)

Ruzanna A. Rashitova (Master's Degree of KSPEU)

ABSTRACT: The article presents the analysis of methods of calculating balanced modes of operation of traction power units of city electric transport. The obtained results let authors set the main directions of their development. The scientific significance of the research lies in classification of existing methods and seeking the ways of creation new calculation methods.

Keywords: methods for calculating balanced modes, traction power equipment, city electric transport, scientific review

Представлены результаты анализа современных методов расчета рациональных режимов работы тягового электрооборудования городского электрического транспорта и определены основные направления их развития. Научно-теоретическая значимость исследования заключается в классификации современных и определения путей формирования перспективных методов расчета.

Во многих западных и европейских странах после многолетнего упадка в отрасли общественного транспорта и переориентации населения на тотальную автомобилизацию происходит бурное развитие городского электрического транспорта (ГЭТ). Аналогичная ситуация складывается и в России и после длительного и разрушительного для отрасли забвения намечаются первые шаги по восстановлению экологически чистого общественного транспорта и повышения его эффективности, в том числе и путем внедрения энергосберегающих технологий в системе электрической тяги. Исследование соответствующих нормативно-правовых актов, регламентов и законов, а также отечественного и зарубежного опыта работ в данном направлении, выявило, что все мероприятия по энергосбережению и повышению энергоэффективности можно условно разделить на три направления: технические, технологические и организационные [1, 2]. Практика показывает, что существующее состояние отрасли ГЭТ требует колоссальных материальных затрат для реализации технического направления путем обновления или глубокой модернизации всего парка подвижного состава, что определяет целесообразность развития технологического и организационного направлений. При этом наиболее перспективной технологией энергосбережения является внедрение рациональных режимов работы тягового электрооборудования (ТЭО) электроподвижного состава (ЭПС), на которое приходится более 60% всего количества электрической энергии, расходуемой на тягу, что актуализирует проблему выбора методов их расчета, обеспечивающих необходимую адекватность реальным условиям эксплуатации ГЭТ [1-3].

Аналитический обзор научной литературы показал, что расчеты режимов работы ТЭО используются в очень широком круге задач транспортной отрасли, таких как: расчеты для поездной работы; расчеты при проектировании новых и реконструкции существующих путей сообщения; расчеты для сравнения путей увеличения провозной способности маршрутной системы или ее экономичности; тормозные расчеты; экспертные расчеты; расчет систем электроснабжения по графику движения; разработка режимных карт и поиск рационального режима ведения ЭПС; расчеты при проектировании системы автоведения ЭПС и тренажеров для обучения водителей и машинистов; расчеты, связанные с нормированием расхода энергоресурсов и др. [2-6] Очевидно, что такой широкий круг задач с необходимой точностью возможно решить применяя лишь адекватные математические модели и методы расчета, полностью отражающие физические процессы реально происходящих явлений. Проведенный обзор методов расчета рациональных режимов работы ТЭО ГЭТ позволил условно выделить три основные группы: расчетно-аналитические, вероятностно-статистические, расчетно-экспериментальные, которые легли в основу предлагаемой классификации (рисунк).

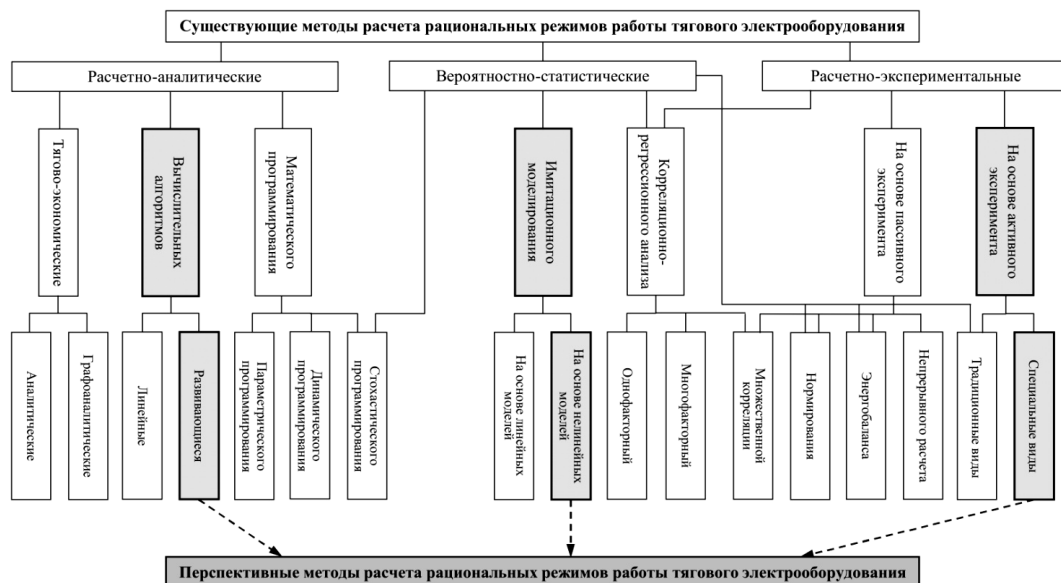


Рисунок – Классификация существующих и формирование перспективных методов расчета рациональных режимов работы ТЭО ГЭТ

Многие ведущие отраслевые специалисты отмечают, что существующие методы расче-

та рациональных режимов работы ТЭО требуют совершенствования, в связи с тем, что их использование приводит к недопустимому расхождению между расчетными и эксплуатационными значениями параметрами режимов работы ТЭО [2, 6-8]. Проведенное обзорно-аналитическое исследование позволило выявить основные методологические проблемы теории и методов расчета рациональных режимов работы ТЭО ГЭТ. Так, например, выявлено, что многие существующие методы расчета используют модели движения ЭПС, основывающиеся на постулатах ньютоновской механики и рассматривающих ЭПС как замкнутую линейную, детерминированную, механическую систему, в то время как современное научное синергетическое мировоззрение привнесло понятия открытости, нелинейности сложных систем, что определяет необходимость учета стохастической природы многих факторов [2, 4, 6]. Критический анализ научной литературы позволил определить следующие направления развития теории и методов расчета рациональных режимов работы ТЭО ГЭТ:

- совершенствование и развитие методологических основ теории электрической тяги и тяговых расчетов;
- использование при многовариантных тяговых расчетах имитационного моделирования с применением вычислительных алгоритмов;
- корректировка моделей ТЭО результатами натурных испытаний на основе активного эксперимента.

С учетом вышесказанного, на представленной классификации определены группы методов (блоки, выделенные серым цветом), на основе объединения которых целесообразно разрабатывать перспективные методы расчета рациональных режимов работы ТЭО.

Таким образом, проведенное обзорно-аналитическое исследование показало актуальность комплексной проблемы развития теории и методов расчета рациональных режимов работы тягового электрооборудования. Решение этой проблемы на современном теоретическом, экспериментальном и информационном уровне возможно в рамках концепций системного подхода и синергетической парадигмы на основе развития методов имитационного моделирования с применением вычислительных алгоритмов и специальных видов активного эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Клевцов, С.Н. Энергосберегающие технологии городского электрического транспорта / С.Н. Клевцов, Р.Г. Идиятуллин, А.Э. Аухадеев. -Волгоград: Панорама, 2007. -288 с.
- 2 Бакиров, А.Р. Разработка теории и методов расчета оптимальных технологических режимов силового привода подвижного состава по критерию минимума электропотребления. Дис... докт. техн. наук: 05.09.03 / Бакиров Альберт Робертович. -Казань, 2007. -399 с.
- 3 Осипов, С.И. Рациональные режимы вождения поездов и испытания локомотивов / С.И. Осипов, Е.В. Горчаков, И.П. Исаев, Л.Г. Козлов. -М.: Транспорт, 1984. -280 с.
- 4 Ефремов, И.С. Теория и расчет электрооборудования подвижного состава городского электрического транспорта / И.С. Ефремов, Г.В. Косарев. -М.: Высшая школа, 1976. -480 с.
- 5 Розенфельд, В.Е. Теория электрической тяги / В.Е. Розенфельд, И.П. Исаев, Н.Н. Сидоров. -М.: Транспорт, 1983. -328 с.
- 6 Деев, В.В. Тяга поездов / В.В. Деев, Г.А. Ильин, Г.С. Афонин. -М.: Транспорт, 1987. -264 с.
- 7 Исаев, И.П. Правила тяговых расчетов нуждаются в пересмотре / И.П. Исаев, А.Т. Головатый // -Локомотив. -1992. -№8. -С. 6-8.
- 8 Эйдуks, Я. Методики тяговых расчетов требуют уточнения / Я. Эйдуks // -Железнодорожник Латвии. -1993. -№50. -С. 8-9.

REFERENCES

- 1 S.N. Klevtsov, R.G. Idiyatullin, A.E. Aukhadееv. Energy saving technologies of urban electric transport [Energoberegayushchie tehnologii gorodskogo elektricheskogo transporta]. Volgograd. Panorama Publ. 2007. 288 p.
- 2 A.R. Bakirov. Development of the theory and methods for calculating the optimal technological conditions of the rolling stock power drive according to the criterion of minimum power consumption [Razrabotka teorii i metodov rascheta optimal'nykh tekhnologicheskikh rezhimov silovogo privoda podvizhnogo sostava po kriteriyu minimuma elektropotrebleniya]. Kazan'. 2007. 399 p.
- 3 S.I. Osipov, E.V. Gorchakov, I.P. Isaev, L.G. Kozlov. Rational modes of driving trains and testing locomotives [Ratsional'nye rezhimy vozhdeniya poezdov i ispytaniya lokomotivov]. Moscow. Transport Publ. 1984. 280 p.
- 4 I.S. Efremov, G.V. Kosarev. Theory and calculation of electrical equipment of rolling stock of urban electric transport [Teoriya i raschet elektrooborudovaniya podvizhnogo sostava gorodskogo elektricheskogo transporta]. Moscow. Vysshaya shkola Publ. 1976. 480 p.
- 5 V.E. Rozenfel'd, I.P. Isaev, N.N. Sidorov. Electric traction theory [Teoriya elektricheskoy tyagi]. Moscow. Transport Publ. 1983. 328 p.
- 6 V.V. Deev, G.A. Il'in, G.S. Afonin. Traction of trains [Tyaga poezdov]. Moscow. Transport Publ. 1987. 264 p.
- 7 I.P. Isaev, A.T. Golovaty. Traction calculations rules are needed to be revised [Pravila tyagovykh raschetov nuzhdayutsya v peresmotre]. Lokomotiv. 1992. No. 8. pp. 6-8.
- 8 Ya. Eyduks. Methods of traction calculations require clarification [Metodiki tyagovykh raschetov trebuyut utochneniya]. Zheleznodorozhnik Latvii. 1993. No. 50. pp. 8-9.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

методы расчета рациональных режимов, тяговое электрооборудование, городской электрический транспорт, обзорно-аналитическое исследование

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Киснеева Ляйля Нургалеевна, старший преподаватель КГЭУ
Аухадеев Авер Эрикович, канд. техн. наук, доцент КГЭУ
Хайруллин Альберт Гадильевич, старший преподаватель КГЭУ
Рашитова Рузанна Айдаровна, магистрант КГЭУ
420066, г.Казань, ул.Красносельская, 51, КГЭУ

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: