



УДК 621.86: 621.327: 625.032

ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ

Теоретическая физика в кафедральных исследованиях



Виталий АНТИПЕНКО
Vitaly S. ANTIPENKO

Сергей КОКИН
Sergey M. KOKIN



Николай ЛЯПУШКИН
Nikolai N. LYAPUSHKIN

Владимир НИКИТЕНКО
Vladimir A. NIKITENKO



**Topics of Theoretical Physics in University
Departmental Research**
(текст статьи на англ. яз. – English text of the
article – p. 215)

Статья касается исследований сотрудников университетской кафедры физики, результаты которых могут быть использованы или уже используются в сфере транспорта: 1) разработка моделей оптимизации типажа грузовых автомобилей; 2) совершенствование конструкции и создание новых типов электролюминесцентных индикаторов; 3) уточнение теории контакта колеса с рельсом. Общий вывод авторов – физика и ее изучение играют важнейшую системную роль не только в ходе обучения инженерной специальности, но и при проведении самого широкого спектра научных исследований в транспортном вузе.

Ключевые слова: транспорт, автомобиль, железная дорога, авиация, стохастическая модель, алгоритм, типаж, энергосбережение, освещение, электролюминесцентные источники света, сцепление колеса с рельсом.

Антипенко Виталий Сафронович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Кокин Сергей Михайлович – доктор физико-математических наук, профессор МИИТ, Москва, Россия.

Ляпушкин Николай Николаевич – доктор технических наук, профессор МИИТ, Москва, Россия.

Никитенко Владимир Александрович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физика» МИИТ, Москва, Россия.

Транспортная тематика занимает ведущее место в научных программах кафедры физики университета путей сообщения. О некоторых из них, например, разработке спектрометрических методов контроля качества товаров в мультимодальных перевозках сообщалось в журнале «МТ» [1]. В данном случае делается попытка обобщить результаты отдельных исследований, вышедших на уровень готовых практических решений: модель оптимизации типажа автомобильных транспортных средств; электролюминесцентные индикаторы.

торы для использования в транспортных объектах и, наконец, прикладное моделирование контакта колеса с рельсом на железнодорожных магистралях.

1. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТИПАЖА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В промышленном производстве существует потребность в выпуске однотипных изделий с разными значениями параметров. Это касается, например, грузовых автомобилей различной грузоподъемности, разных модификаций тракторов и вагонов, агрегатов, узлов и деталей к ним, наборов электроемкостей аккумуляторных батарей и пусковых систем для транспортных объектов, электродвигателей и многого другого. Автомобилестроение является интегрирующей отраслью, типаж грузовых автомобилей рассчитан на 20-30 лет применения: это учтено в отраслевой транспортной стратегии на период до 2030 года (распоряжение правительства РФ от 22 ноября 2008 года № 1734-р) в виде планов проведения НИОКР по грузовым автомобилям и развития соответствующей производственной базы.

Несмотря на достаточно широкий ряд выпускаемых автомобилей, в силу сходства их функционального назначения и однотипности многих узлов возможно согласованное оптимальное управление значениями параметров всей совокупности изделий автопрома. Параметры оптимизации, будучи упорядоченными в порядке возрастания их значения, образуют типоразмерный ряд, который может быть подвергнут математическому анализу с целью решения заданной проблемы.

В основе такого анализа лежит информационный массив, связанный:

- с описанием требований к продукции (исходя из её служебного назначения), а также к технологическим процессам и условиям изготовления однотипных изделий;

- с материалами маркетинговых исследований, направленных на повышение конкурентоспособности изделий за счёт сокращения сроков их проектирования, увеличения серийности и уменьшения количества переналадок в производстве.

Результатом анализа стало выделение нескольких классов математических моделей и методов автоматизации оптимального управления значениями параметров изделий машиностроения, описывающих виды связей входных параметров (объёмов выполняемых изделиями работ, типажей требуемых изделий, их технико-экономических характеристик) с выходными параметрами (прогнозируемыми значениями параметрических рядов, экономическими показателями рядов, объёмами выпуска продукции). В моделях учитывается сумма сведений об объектах управления, видах их контактных взаимодействий между собой и с внешней средой путём задания базы данных и совокупности функционалов, отражающих как экономические, так и технические прямые и обратные связи.

В рамках моделей [2] типаж автомобилей рассматриваются как совокупность неавтономных управляемых систем, описываемых нелинейными невыпуклыми стохастическими функционалами и находящиеся под внешними случайными воздействиями. Текущая информация (требуемые значения) выбираются по закону случайных чисел из массива данных, причём управляющими воздействиями служат искомые значения параметрических рядов, а откликами — значения целевых функционалов. Применение методов информационных технологий и теории автоматического управления позволяет осуществить алгоритмизацию и автоматизацию процессов управления значениями оптимизированных стохастических статических и динамических одно- и многопараметрических рядов проектируемых систем изделий.

На основании такого подхода с использованием методов стохастической аппроксимации были, в частности, предложены оптимальные параметрические ряды изделий тракторостроения и типажа грузовых автомобилей, разработаны и утверждены в автомобильных ведомствах типаж и модуль аккумуляторных батарей для спецтехники [2].

Пример структурной модели оптимизации типажа выпускаемой продукции приведён на рис. 1.



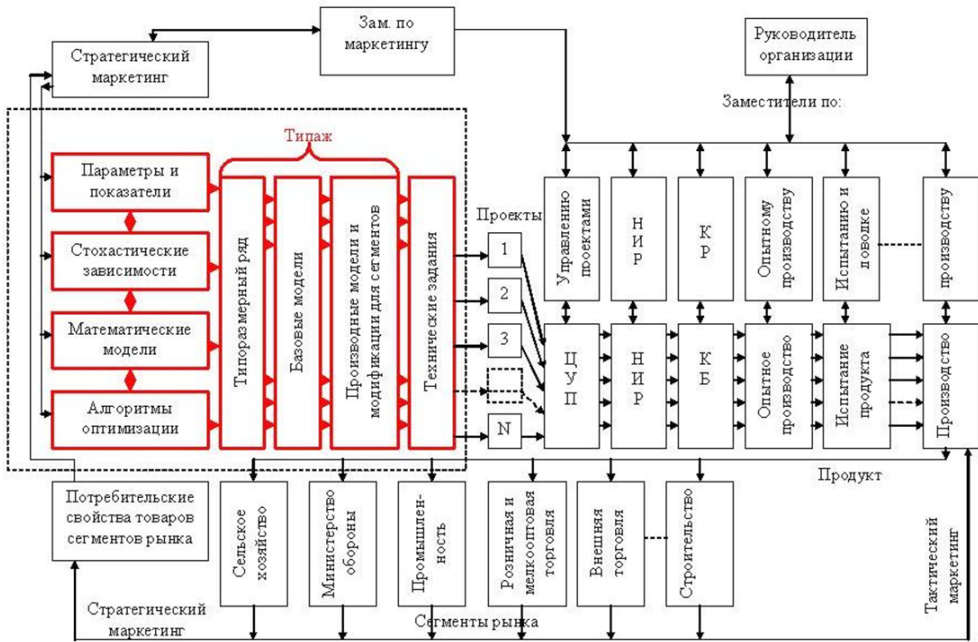


Рис. 1. Пример структуры модели оптимизации типажа продукции.

2. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И СОЗДАНИЕ НОВЫХ ТИПОВ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ИНДИКАТОРОВ

Одним из приоритетных направлений в различных программах энергосбережения является внедрение устройств, обладающих более высоким к.п.д. Типичный пример из области светотехники — замена ламп накаливания на газоразрядные люминесцентные.

Однако переход к устройствам, которые работают на иных физических принципах, зачастую сопровождается необходимостью учёта ранее неизвестных факторов: меняются спектральные характеристики осветителей, параметры кинетики их свечения (может возникнуть «мерцание», увеличится время разгорания и т.д.), становятся другими габариты, появляется потребность в специализированных блоках питания. Именно поэтому каждый из типов световых излучателей (ламп накаливания, люминесцентных газоразрядных энергосберегающих, светодиодных и электролюминесцентных на основе порошковых цинсульфидных электролюминофоров) имеет как

достоинства, так и недостатки (об этом говорилось, например, в работе [3], где приведены результаты измерений основных параметров перечисленных источников света).

В течение ряда лет на кафедре физики университета проводятся исследования, связанные с совершенствованием электролюминесцентных конденсаторов (ЭЛК), в которых тонкая плёнка (толщиной около 1 мкм) или слой (толщиной в несколько десятков микрометров) порошкообразного ZnS-люминофора располагаются между электродами конденсатора (допустим, плоского), один из электродов которого — прозрачный. Физические принципы работы таких конденсаторов описаны, в частности, в [4]. Возбуждение свечения может осуществляться малогабаритными (размерами не более спичечного коробка) генераторами переменного напряжения, питающимися от обычных батареек.

В ходе проведённых исследований удалось добиться определенного улучшения конструкции и параметров свечения подобных устройств. Так, были разработаны ЭЛК, возбуждаемые не обычным переменным, а вращающимся электрическим по-

Таблица 1

Тип гибкого ЭЛК	Яркость, кд/м ²	Напряжение питания, В	Частота, кГц
Нить коаксиального типа	40	110	1
Лента – система параллельных проводов	10	500	5
Лента – система проводов, возбуждаемая вращающимся электрическим полем	35	250	1
Гибкий лист на полимерной подложке	110	110	1
Лента на полимерной подложке	35	200	1

лем [5], что позволило повысить яркость свечения и увеличить срок службы световых излучателей.

Современные ЭЛК применяются в основном в следующих областях:

а) создание плоских (в том числе гибких) излучателей – равномерно светящихся «листов» (например, форматов А4, А3) для подсветки жидкокристаллических экранов, изготовления декоративных панно, создания рекламной продукции и т.д.;

б) формирование гибких протяжённых (в виде лент, нитей) световых излучателей для трассировки путей следования (например, указания маршрута эвакуации к аварийным выходам), отделки транспортных средств (в том числе салонов или кузовов автомобилей), создания арт-объектов, оформления одежды, обуви, школьных ранцев и т.д.;

в) создание активных световых излучающих матричных экранов (прежде всего – телевизионных) на основе органических электролюминесцентных материалов (organic light emitted diodes – OLED).

Некоторые параметры разных типов гибких ЭЛК (по данным наших измерений) приведены в таблице 1.

Одним из достоинств гибких электролюминесцентных конденсаторов остается возможность их использования в качестве элементов своеобразного «конструктора», работая с которым, автор сам формирует светящийся контур и затем закрепляет его на какой-либо поверхности, к примеру, с помощью липкого слоя, наносимого на непрозрачную поверхность излучателя. Свои преимущества имеют и ЭЛК на жесткой основе: допустим, световые излучатели на металлических подложках со связующим – стеклоэмалью – характеризуются высокой прочностью, стойкостью к механическим воздействиям, и при этом могут быть уже изначально сформированы

на пластинах-электродах, имеющих заданную форму.

Малая потребляемая мощность (милливатты на квадратный сантиметр) и устойчивость к механическим воздействиям (например, вибрациям) оказались привлекательными для использования подобных устройств в качестве элементов систем отображения информации (на водном транспорте, в авиации, элементах космической техники). Так, тонкопленочные электролюминесцентные табло были смонтированы в космических кораблях серии «Шаттл», порошковые ЭЛК применялись в системах отображения информации пультов военных самолетов, а светящаяся лента пригодилась для аварийной подсветки пассажирского салона некоторых типов самолета Boeing.

Мы полагаем, что существующий опыт использования порошковых ЭЛК вполне полезен и для систем освещения новых типов пассажирских вагонов (при оформлении интерьера, создании ночной подсветки в купе, аварийной индикации и т.д.).

3. УТОЧНЕНИЕ ТЕОРИИ КОНТАКТА КОЛЁС И РЕЛЬСОВ

С середины 1970-х годов на кафедре ведется изучение процессов, возникающих при контакте колеса и рельса. От того, каков характер взаимодействия этих объектов, зависит в том числе и сила тяги локомотива, поэтому исследование физических явлений в зоне контакта всегда имеет непосредственный практический выход.

Результатом обработки большого массива экспериментальных данных явилась модель взаимодействия колеса и рельса, в которой сила сцепления рассматривается как сила разрушения «захватов», возникающих в процессе скольжения – физического взаимодействия между атомами колеса и рельса в условиях нормального



и тангенциального воздействия. Само скольжение — следствие трансляционного пластического течения поверхности рельса в пятне контакта, вызванного выходом на неё дислокаций. При этом энергия активации процессов между атомами рельса и колеса оказывается на порядок меньше запаса энергии в момент выхода дислокации на поверхность. Чем больше таких мест выхода, тем выше сила сцепления, однако большим будет и трансляционное пластическое течение: увеличивается скольжение колеса по рельсу. В связи с этим существенной становится роль загрязнений и окисных плёнок, возникающих на поверхности металла.

В рамках изложенных представлений о физических процессах, протекающих в области контакта колесо—рельс, были получены математические выражения, которые позволяют рассчитать силу сцепления для локомотивов с различным типом тяговых электродвигателей, последовательной и независимой системами возбуждения [6]. Разработана программа расчета величины скольжения и силы сцепления колеса с рельсом, дающая возможность моделировать процесс движения колеса локомотива по рельсу в различных режимах тяги и торможения. Отдельный интерес представляют результаты моделирования, связанные с возникающими при торможении вертикальными колебаниями тележки локомотива и крутильными колебаниями в его тяговой передаче, а также созданная (и широко используемая) методика расчета температуры поверхности рельса и колеса локомотива на контактной площадке.

Предложенный подход позволил более точно оценить сцепные свойства на стадии проектирования локомотива с различными типами тяговых двигателей, сравнить роли электромагнитных, электромеханических и механических процессов, протекающих одновременно как в силовой части локомотива, так и непосредственно в пятне контакта колеса с рельсом, при обычных и повышенных осевых нагрузках.

* * *

Таким образом, можно отметить, что прикладные исследования, характерные для транспортного вуза, имеют куда более заметную связь с теоретической физикой, чем это можно полагать. Перечисленные направления являются лишь примерами, в которых междисциплинарное взаимодействие наиболее заметно, играет ведущую роль в комплексном исследовании, требует многолетней и последовательной работы. Частные же физические задачи на основе уже отработанных, ставших типовыми методов решаются практически во всех сферах транспортной деятельности.

В целом это только подтверждает многолетний опыт, доказывающий, что физика в транспортном вузе всегда остается системным элементом как для учебного процесса [7], так и для научных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вакуленко С. П., Никитенко В. А., Некрасов В. В. Контроль качества товаров в мультимодальных перевозках // Мир транспорта. — 2010. — № 5. — С. 34–39.
2. Антипенко В. Оптимизация типажа и интервалов применяемости изделий машиностроения. — Palmarium Academic Publishing Saarbrucken, Deutschland. — 2012. — 342 с.
3. Кокин С. М., Андреев А. И., Будилова Е. Н. Энергосберегающие возможности люминофоров // Мир транспорта. — 2010. — № 5. — С. 56–59.
4. Электрорлюминесцентные источники света / И. К. Верещагин, Л. А. Косяченко, Б. А. Ковалев, С. М. Кокин; под общ. ред. И. К. Верещагина. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 168 с.
5. Андреев А. И., Алёхин П. М., Батий А. В. и др. Использование вращающегося электрического поля для увеличения срока службы гибких электрорлюминесцентных излучателей, работающих на переменном напряжении // Вестник МИИТ. — Вып. 16. — М., 2007. — С. 49–55.
6. Савоськин А. Н., Ляпушкин Н. Н., Чучин А. А. Прогнозирование характеристик сцепления колёс локомотива с рельсами // Materialy X mezinárodní vědecko-praktická konference «Věda a technoloie: krok do budoucnosti-2014» — Díl. 32. Technické vědy. Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o. — pp. 69–86.
7. Виноградов В. В., Никитенко В. А., Пауткина А. В. Сетевое взаимодействие «школа — дом физики» // Мир транспорта. — 2014. — № 5. — С. 210–215. ●

Координаты авторов: **Антипенко В. С.** — antipenkovs7@mail.ru, **Кокин С. М.** — kokin2@mail.ru, **Ляпушкин Н. Н.** — n.Lyapushkin@gmail.com, **Никитенко В. А.** — nikitenko100@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 12.05.2015, принята к публикации 17.08.2015.

TOPICS OF THEORETICAL PHYSICS IN UNIVERSITY DEPARTMENTAL RESEARCH

Antipenko, Vitaly S., Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.
Kokin, Sergey M., Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.
Lyapushkin, Nikolai N., Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.
Nikitenko, Vladimir A., Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

The article reviews researches, conducted by the department of physics of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), the results of which can be used or are being used in the transport sector, namely with regard to: 1) development of optimization models regarding types of trucks; 2) improving design

and creation of new types of electroluminescent indicators; 3) refinement of wheel-rail contact theory. General conclusion proposed by the authors and concerning practices of rail related studies is that physics plays one of the most important roles in teaching and learning processes, as well as in conducting a wide range of researches in a transport university.

Keywords: transport, car, railway, aviation, stochastic model, algorithm, type, energy saving, lighting, electroluminescent light sources, wheel-to-rail adhesion

Background. Transport topics take leading positions in research programs of the department of physics of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT). Some of them, such as development of spectrometric methods of quality control of goods in multimodal transportation have already been highlighted in the journal «World of Transport and Transportation» [1]. In this case, an attempt is made to generalize the results of individual studies, which entered the level of finished practical solutions: optimization model of types of automotive vehicles; electroluminescent indicators for use in transport facilities and, finally, applied modeling of wheel-rail contact on main line railways.

Objective. The objective of the authors is to present results of some studies, conducted at the department of physics and to substantiate the role of performance of the physics department for the university educational and research activities.

Methods. The authors use general scientific and engineering methods, simulation, modeling, comparative analysis.

Results.

1. Development of optimization models of types of trucks

In industrial production there is a need to produce the same products but with different parameter values. This applies, for example, to trucks of different carrying capacity, various modifications of tractors and wagons, units, assemblies and parts for them, sets of electric capacity of batteries and launch systems for transport vehicles, motors and much more. Automotive building is integrating industry, type of trucks is designed for 20-30 years of use. This factor is taken into account in the transport strategy for the period until 2030 (Decree of the Government of the Russian Federation of November 22, 2008 № 1734-p) in the form of plans for R & D for trucks and development of an appropriate industrial base.

Despite the fairly wide range of produced cars, because of the similarity of their functional purpose, and uniformity of many possible junctions coordinated optimal control of parameter values of the totality of automotive products is possible. Optimization parameters being ordered in increasing order of importance form standard series, which can be subjected to mathematical analysis to solve a given problem.

The basis of this analysis is an array of information related to:

– Description of requirements for the product (on the basis of its official purpose), as well as technological processes and conditions of manufacture of the same products,

– Results of market research aimed at improving the competitiveness of products by reducing the terms of their design, increasing series and reducing the number of changeovers in production.

The result of the analysis was the selection of multiple classes of mathematical models and methods of automation of optimal control over parameter values of engineering products, describing the kinds of connections of input parameters (volume of works carried out by products, range of required products, their technical and economic characteristics) with output parameters (predicted values of parametric series, economic indicators of series, production volume). The models take into account the amount of information about management facilities, types of their contact interactions with each other and with the environment by defining a database and a set of functionals, reflecting both economic and technical backward and forward linkages.

Within the models [2] types of vehicles are considered as a set of non-autonomous control systems described by nonlinear nonconvex stochastic functionals and being under random external influences. Current information (required values) are chosen according to the law of random numbers from an array of data, control actions are required values of parametric series, and responses are target functional values. Application of information technology methods and automatic control theory allows to perform algorithmization and automation of management processes of values of optimized stochastic static and dynamic single and multi-parameter series of products designed systems.

On the basis of this approach, using methods of stochastic approximation, in particular, were offered optimum parametric rows of products of tractor construction and type of trucks, range and module of batteries for construction equipment designed and approved by the automotive departments [2].

Example of structural optimization model of type of the products is shown in Pic. 1.

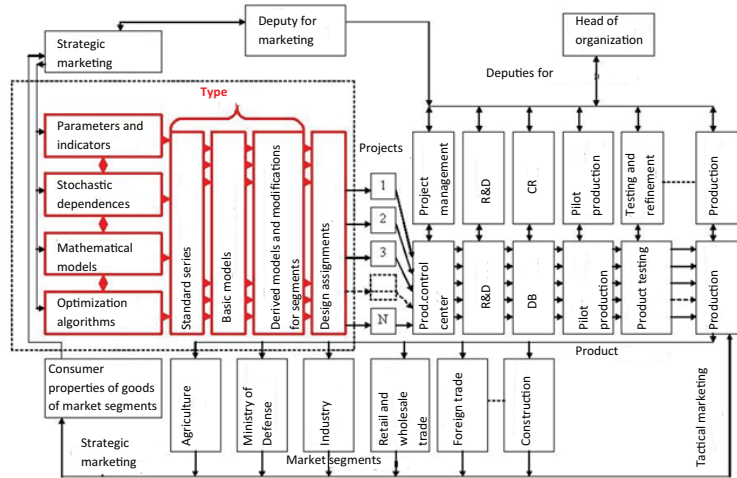
2. Improving design and development of new types of electroluminescent indicators

One of the priorities of various energy-saving programs is implementation of devices with higher efficiency. A typical example from the field of lighting



Matrix organization-production management structure with optimization (without staff and finance management)

Fig. 1. Example of optimization model structure of type of products.



is replacing incandescent light bulbs with fluorescent discharge lamps.

However, the transition to devices that work on other physical principles, is often accompanied by a need to account previously unknown factors: change spectral characteristics of lighters, parameters of kinetics of their luminescence (may occur «flickering», increased run-up time, etc.), dimensions change, there is a need for specialized power supply. That is why each of the types of light emitters (incandescent lamps, fluorescent gas discharge energy-saving lamps, LED and electroluminescent lamps based on powder excitation of zinc sulfide electroluminescent materials) has both advantages and disadvantages (as mentioned, for example, in [3], which shows the results of measurements of the basic parameters of listed light sources).

Over the years, the department of physics of the University has conducted research related to improving the electroluminescent capacitor (hereinafter – ELC), in which a thin film (thickness of about 1 μm) or layer (thickness of a few tens of micrometers) of powdered ZnS-phosphor are located between electrodes of the capacitor (for example, flat), one of the electrodes is transparent. Physical principles of operation of such capacitors are described in, *inter alia*, in [4]. Excitation of luminescence can be performed by small-size (no larger than a matchbox) variable voltage generator, powered by conventional batteries.

In the course of the survey some design improvements and emission parameters of such devices were made. For example, ELC was developed, excited not by ordinary variables, but by rotating electric field [5], which made it possible to increase the brightness and increase the lifetime of light emitters.

Modern ELC are used mainly in the following areas:

- a) creation of flat (including a flexible) emitters – uniformly glowing «sheets» (e.g. A4, A3) to illuminate LCD screens, making decorative panels, creating advertising products, etc. ;
- b) forming flexible extended (in the form of tapes, threads) light emitters for route tracing (for example, indicate an escape route to emergency exits), finishing of vehicles (including cabin or car body), creating art objects, designing clothes, shoes, school bags, etc. ;

c) creation of active matrix light-emitting screens (especially – television) based on organic electroluminescent materials (organic light emitted diodes – OLED).

Some parameters of various types of flexible ELC (according to our measurements) are given in Table 1.

One of the advantages of flexible electroluminescent capacitors is the possibility of their use as elements of a kind of «constructors», working with which the author himself creates luminous outline, and then fixes it on a surface, for example, using an adhesive layer applied to the opaque surface of the radiator. ELC on hard basis have also certain advantages – for example, light emitters on metal substrates with a binder-vitreous are characterized by high strength and resistance to mechanical stress, and thus may be already initially formed on the electrode plates having a predetermined shape.

Low power consumption (milliwatts per square centimeter), and resistance to mechanical stress (e.g., vibration) proved to be attractive to use such devices as elements of information display systems (water transport, aviation, space-based technology elements). Thus, the thin-film electroluminescent displays were installed in the spacecraft series «Shuttle», powder ELC were used in the systems of information display of panels of military aircraft and luminous tape came useful for emergency illumination of the passenger compartment of some types of aircraft Boeing.

We believe that the existing experience with powder ELC is very useful for lighting systems of new types of passenger cars (in the interior design, creating a night lighting in the compartment, alarm indication, etc.).

3. Refinement of wheel-rail contact theory

Since the mid-1970s at the department the processes have been studied that occur in the contact of wheel and rail. The nature of interaction between these objects affects locomotive traction, so the study of physical phenomena in the contact area always has a direct practical way.

The result of processing large array of experimental data was the model of interaction between wheel and rail, in which the adhesive force is seen as a force of destruction of «captures» that arise in the process of sliding – physical interaction bet-

Table 1

Type of flexible ELC	Brightness, cd/m ²	Source voltage, V	Frequency, kHz
Thread coaxial	40	110	1
Tape – a system of parallel wires	10	500	5
Tape – a system of wires, excited by a rotating electric field	35	250	1
A flexible sheet on a polymer substrate	110	110	1
Tape on a polymer substrate	35	200	1

went atoms of wheel and rail during normal and tangential impact. Sliding is a consequence of translational plastic yielding of rail surface in the contact caused by the output on her dislocations. The energy of activation of processes between atoms of rail and wheel is one order less than the reserves of energy at the time of output of the dislocation to the surface. The higher is the number of these places of output, the higher is adhesive power, but the higher will be also translational plastic yielding: sliding of wheel on the rail increases. Therefore the role of impurities and oxide films emerging on the surface of the metal becomes important.

As part of the set of ideas about physical processes occurring in the wheel-rail contact were obtained mathematical expressions that allow calculating adhesion power for locomotives with various types of traction motors, consistent and independent excitation systems [6]. A program for calculating the value of sliding and adhesion power of wheel and rail, makes it possible to simulate the process of movement of wheels of the locomotive on the rail in various modes of traction and braking. Of particular interest are the results of the simulation associated with emerging at braking vertical oscillations of locomotive bogie and torsional vibrations in its traction transfer as well as created (and widely used) method for calculating the temperature of the surface of rail and wheels of the locomotive on the contact pad.

The proposed approach allows for a more accurate assessment of adhesion features at the design stage of the locomotive with various types of traction motors, to compare the role of electromagnetic, electromechanical and mechanical processes occurring simultaneously in the power part of the locomotive, as well as directly in the contact wheel and rail, under normal and high axial loads.

Conclusion. Hence it is possible to underline that applied researches, characteristic of a transport university, have more distinctive relationship with theoretical physics that could have been supposed. The topics mentioned above are only few examples where interdisciplinary interaction is more visible, plays leading role in complex studies, and/or requires lasting years-long research activities. But single-task

physics problems are solved daily in all spheres of transport-related fields on the basis of previously developed, standard techniques and methods.

This arguments taken on the whole confirm long-dated experience and practices, proving that physics is a system element in a transport university, equally for education process [see, e.g. 7], as well as for research.

REFERENCES

1. Vakulenko, S. P., Nikitenko, V. A., Nekrasov, V. V. Goods Quality Control in Multimode Traffic. *World of Transport and Transportation*, Vol. 8, 2010, Iss. 5, pp. 34–39.
2. Antipenko, V. Optimization of types and ranges of applicability of machine engineering products [*Optimizacija tipazha i intervalov primenjaemosti izdelij mashinostroenija*]. Palmarium Academic Publishing, Saarbrücken, Deutschland, 2012, 342 p.
3. Kokin, S. M., Andreev, A. I., Budilova, E. N. Electric Power Saving Capacity of Luminophors. *World of Transport and Transportation*, Vol. 8, 2010, Iss. 5, pp. 56–59.
4. Vereshhagin, I. K., Kosyachenko, L. A., Kovalev, B. A., Kokin, S. M. Electroluminescent light sources [*Elektroljuminiscentnyye istochniki sveta*]. Ed. by Vereshhagin, I. K. Moscow, Energoatomizdat publ., 1990, 168 p.
5. Andreev, A. I., Alyokhin, P. M., Batiy, A. V. [et al.]. The use of rotating electric field to increase service life of flexible electroluminescent devices operating on alternating voltage [*Ispol'zovanie vrashhajushhegosja elektricheskogo polja dlja uvelichenija sroka sluzhby gibkikh elektroljuminiscentnyh izluchatelej, rabotajushhih na peremennom naprjazhenii*]. *Proceedings of MIIT*, Iss. 16, Moscow, 2007, pp. 49–55.
6. Savoskin, A. N., Lyapushkin, N. N., Chuchin, A. A. Prediction of adhesion characteristics of locomotive wheels with rails [*Prognozirovanie harakteristik scepnenija koljos lokomotiva s rel'sami*]. In: Materiály X mezinárodní vědecke-praktická konference «Věda a technologie: krok do budoucnosti-2014» 27 února – 05 března 2014 roku. *Technické vedy*, Díl. 32, Praha, Publishing House «Education and Science» s.r.o., pp. 69–86.
7. Vinogradov, Valentine V., Nikitenko, Vladimir A., Pautkina, Anna V. Networking «School – Home of Physics». *World of Transport and Transportation*, Vol. 12, 2014, Iss. 5, pp. 210–215. ●

Information about the authors:

Antipenko, Vitaly S. – Ph.D. (Eng.), associate professor at the department of physics of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, antipenkovs7@mail.ru.

Kokin, Sergey M. – D.Sc. (Physics and Mathematics), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, kokin2@mail.ru.

Lyapushkin, Nikolai N. – D.Sc. (Eng.), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, n.Lyapushkin@gmail.com.

Nikitenko, Vladimir A. – D.Sc. (Physics and Mathematics), professor, head of the department of physics of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, nikitenko100@mail.ru.

Article received 12.05.2015, accepted 17.08.2015.

