

УДК 629.4.015

А. П. ХОМЕНКО, доктор технических наук, С. В. ЕЛИСЕЕВ, доктор технических наук, А. И. АРТЮНИН, доктор технических наук, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск (Россия)

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ. ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Транспортные системы играют важную роль в развитии экономических отношений как в России, так и в ее системе международного сотрудничества. Железнодорожный транспорт, в частности, несет на себе большую нагрузку в обеспечении масштабных перевозок в направлении «Восток – Запад». Постоянное внимание правительства к вопросам транспортной политики России в Сибири и на Дальнем Востоке нашли отражение в деятельности Международных Байкальских экономических форумов, которые с 2000 года проводятся в г. Иркутске. Стратегическое значение Восточно-Сибирской дороги в структуре Транссибирской железнодорожной магистрали предопределяет историю, настоящее и, видимо, будущее Иркутского государственного университета путей сообщения как научного и образовательного центра, на базе которого уже 35 лет ведется подготовка инженерных кадров для железнодорожного транспорта.

К числу важнейших задач государственной политики в области развития науки и техники относятся: создание организационных «экономических» механизмов для повышения востребованности инноваций отечественным производством, обеспечение опережающего развития фундаментальной науки, важнейших прикладных исследований и разработок, адаптация научно-технического комплекса к условиям рыночной экономики, обеспечение взаимодействия государственного и частного капитала в целях развития науки, технологии и техники. В связи с этим приоритетами организации научной деятельности университета стали исследования в области:

- транспортной динамики, в частности, таких ее разделов, как управление колебаниями упругих систем, мехатроника, защита машин, оборудования, приборов и аппаратуры от вибраций и ударов;
- вибродиагностика, оценка и контроль технического состояния машинного оборудования;
- разработка систем инженерного мониторинга, прогнозирования и обеспечения безопасности сложных технических объектов.

Исследования в обозначенных направлениях ведутся усилиями структурных подразделений университета, в том числе НИИ современных технологий, системного анализа и моделирования [2]. Иркутский государственный университет путей сообщения активно взаимодействует с ВСЖД и принимал участие в 2003–2005 гг. в Программе модернизации Северо-Муйского тоннеля. Ряд работ выполнен в сотрудничестве с академическими институтами ИНЦ СО РАН и вузами России; реализуется достаточно развитая система договоров о контактах с вузами зарубежных стран (Китай, Монголия, Германия, Казахстан и др.) [1–6]. В течение последних лет в университете открыт ряд новых специальностей для подготовки инженеров в области приборостроения и диагностики, меха-

троники, строительства мостов и тоннелей, защиты информации и др. [3].

Научно-исследовательская деятельность коллектива университета находит отражение в активизации работы аспирантуры и докторантуры. При университете открыты и функционируют диссертационные советы по защите докторских диссертаций по спец. 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» и 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», а также 05.13.06 и 05.13.18. С 2004 года в университете издается научный журнал «Современные технологии. Системный анализ. Моделирование», включенный в список печатных изданий ВАКа в зачет докторских диссертаций.

Управление колебаниями в технических системах является важнейшим направлением современной динамики управляемых систем. Университет активно развивает фундаментальные исследования в области создания средств защиты оборудования и транспортных систем от вибраций и ударов. Основные результаты исследований опубликованы в цикле работ [7–17], который отражает современные подходы в решении задач динамического синтеза колебательных систем с необходимыми свойствами. Работы Иркутской школы механики продолжают развитие идей построения управляемых виброзащитных систем, заложенных в работах известных ученых России: академика РАН Фролова К. В., проф. Коловского М. З., Вейца В. Л., а также в работах Омской школы транспортной динамики (проф. Пахомова М. П. и др.), поднявших в начале 60-х годов вопросы создания управляемых пневматических систем ресорного подвешивания для подвижного состава железнодорожного транспорта. В работах ИрГУПС наибольшее развитие получили структурные методы исследования механических колебательных систем [7]. Основой развиваемых подходов является представление о возможности со-

поставления исходной расчетной схемы и эквивалентной в динамическом отношении системы автоматического управления. Использование частотных методов теории автоматического управления оказалось достаточно перспективным [7–12].

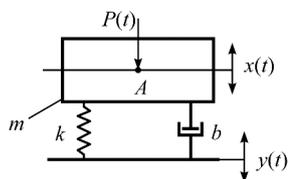
Структурная теория или мехатроника виброзащитных систем является удобной платформой для расширения исходных положений теории колебаний механических систем. Последнее связано с идеями расширения набора типовых элементарных звеньев, составляющих структуру колебательных систем. Разработана соответствующая теоретическая основа для оценки возможных динамических свойств в системах, в которых кроме известных упругих и диссипативных элементов вводятся интегрирующие звенья первого порядка, дифференцирующие и интегрирующие звенья второго порядка, звенья чистого запаздывания. В целом такие представления позволили ввести и обосновать концепцию изменения динамического состояния и управления, в частности, на основе введения дополнительных связей. Формирование дополнительных связей опирается на использование элементарных звеньев (рисунки 1, 2) [13]. Предложено два подхода к формированию дополнительных цепей, что обеспечивает возможности создавать структуры, физически реализуемые, при

этом спектр их свойств может быть определен заранее. Такой подход позволяет не только обобщить и внести определенную систематику во все предшествующие разработки, но и решать вопросы прогнозирования в возможных направлениях создания новых средств и способов защиты объектов от вибраций и ударов. В частности, удалось объяснить и предложить оригинальные технические средства, в которых значения масс и упругих элементов приобретают отрицательные значения. Серьезным достижением стало открытие динамических свойств рычажных связей и физических форм их реализации [14, 16]. Рычажные механизмы, даже в их простейших формах, как рычаги 1-го и 2-го рода, выполняют функции особого звена в колебательных структурах, которое обеспечивает формирование конфигурации колебательной системы в пространстве, формирует знак дополнительных обратных связей. В целом, на этой основе могут быть предложены новые конструктивные схемы для решения задач виброзащиты и виброизоляции объектов, построения систем поддрессирования транспортных средств и др.

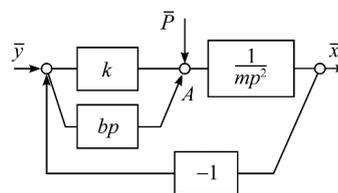
В качестве иллюстраций на рисунках 3, 4 приведена некоторая информация, дающая представление об основных положениях структурной теории и получаемых результатах [13].

Постулаты структурной теории виброзащитных систем:

- 1) каждой механической колебательной системе, отвечающей ВЗС, может быть поставлена в соответствие динамически эквивалентная система автоматического управления САУ (рисунок 1);
- 2) включение в колебательную систему любых устройств интерпретируется введением дополнительных связей обобщенной динамической природы и отображается структурной схемой тождественной САУ (рисунок 2).



$$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = b\dot{y} + ky + P(t)$$

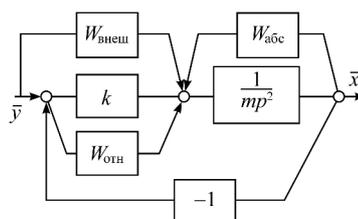
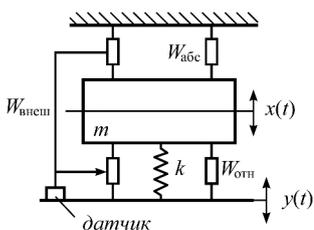


Структурный аналог ВЗС

$$W_1 = \frac{\bar{x}}{\bar{y}} = \frac{bp + k}{mp^2 + bp + k}; \quad W_2 = \frac{\bar{x}}{\bar{P}} = \frac{1}{mp^2 + bp + k}$$

Способы построения виброзащитных систем введением дополнительных связей:

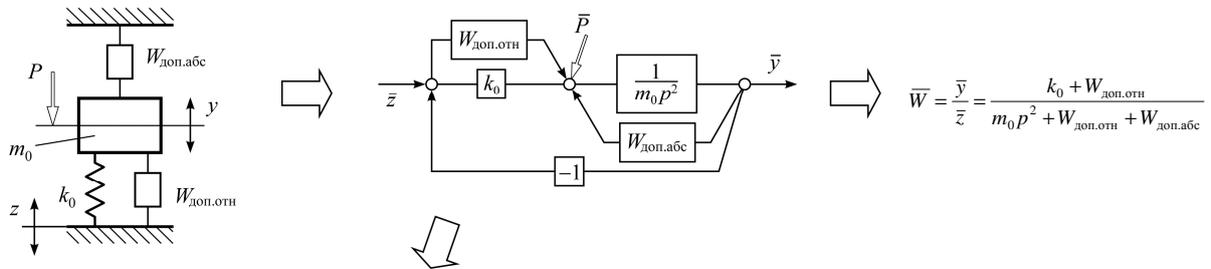
- 1) по абсолютному отклонению $W_{абс}$;
- 2) по относительному отклонению $W_{отн}$;
- 3) по внешнему возмущению $W_{внеш}$



Структурная схема построения ВЗС

$$W_p = \frac{k + W_{внеш} + W_{отн}}{mp^2 + k + W_{внеш} + W_{отн} + W_{абс}}$$

Рисунок 1 – Структурный подход к построению виброзащитных систем



Передаточная функция дополнительной связи ВЗС:

$$W_{\text{доп}}(p) = \frac{a_0 + a_1 p + \dots + a_n p^n}{b_0 + b_1 p + \dots + b_m p^m}$$



Элементарные звенья ВЗС:

$$W_1 = k = \frac{a_0}{b_0} \text{ – упругое звено;}$$

$$W_2 = Ap = \frac{a_1 p}{b_0} \text{ – дифференцирующее звено первого порядка;}$$

$$W_3 = Ap^2 = \frac{a_2 p^2}{b_0} \text{ – дифференцирующее звено второго порядка;}$$

$$W_4 = \frac{A}{p} = \frac{a_0}{b_1 p} \text{ – интегрирующее звено первого порядка;}$$

$$W_5 = \frac{A}{p^2} = \frac{a_0}{b_2 p^2} \text{ – интегрирующее звено второго порядка}$$

Преобразование по правилам параллельного и последовательного соединения пружин

Передаточная функция САУ:

$$W = \frac{a'_0 + a'_1 p + \dots + a'_n p^n}{b'_0 + b'_1 p + \dots + b'_m p^m}$$

$$W = \prod_k \frac{kp(Tp \pm 1) \cdot (T^2 p^2 \pm 2\xi Tp + 1)}{p(Tp \pm 1) \cdot (T^2 p^2 \pm 2\xi Tp + 1)}$$

Элементарные звенья САУ:

$$k, p, Tp \pm 1, \frac{1}{Tp \pm 1},$$

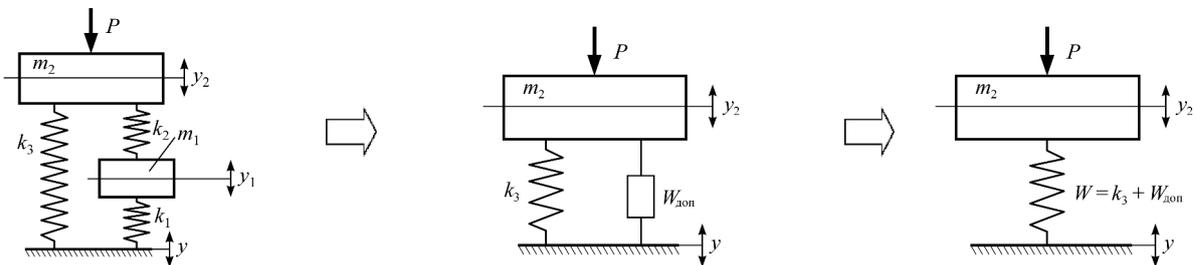
$$T^2 p^2 \pm 2\xi Tp + 1,$$

$$\frac{1}{T^2 p^2 \pm 2\xi Tp + 1} \xi \quad (0 < \xi < 1).$$



Общие правила преобразования САУ

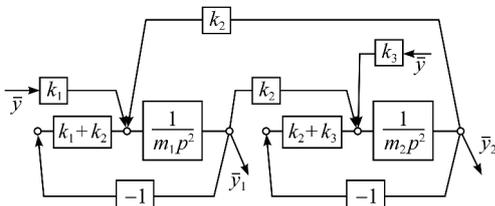
Рисунок 2 – Схема, поясняющая взаимосвязь между правилами преобразования в дополнительной цепи обратной связи и в структурной схеме САУ



Расчетная схема ВЗС с дополнительной цепью колебательного вида

ВЗС с дополнительной связью в виде колебательной структуры с одной степенью свободы

$$W_1(p) = \frac{\bar{y}_2}{P} = \frac{1}{m_2 p^2 + k_3 + W_{\text{доп}}(p)}$$

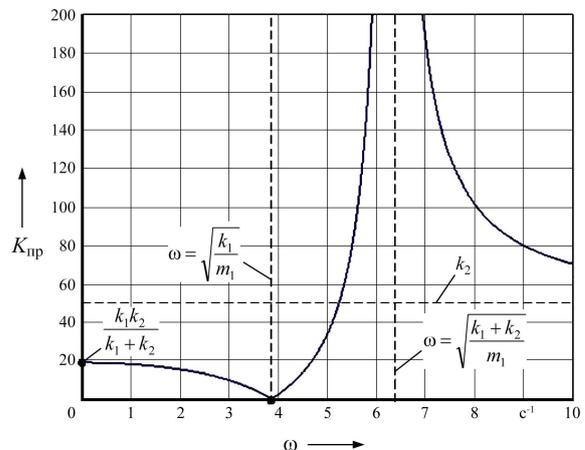


Структурная схема системы

$$W_1 = \frac{y_2}{P} = \frac{m_1 p^2 + k_1 + k_2}{(m_1 p^2 + k_1 + k_2)(m_2 p^2 + k_2 + k_3) - k_2^2};$$

$$W_2 = \frac{y_2}{y} = \frac{k_1 k_2 + k_3 (m_1 p^2 + k_1 + k_2)}{(m_1 p^2 + k_1 + k_2)(m_2 p^2 + k_2 + k_3) - k_2^2};$$

$$K_{\text{нр}} = k_2 \left| \frac{k_1 - m_1 \omega^2}{k_1 + k_2 - m_1 \omega^2} \right|$$



Зависимость приведенной жесткости дополнительной связи от частоты

Рисунок 3 – Элементы структурной теории ВЗС. Обобщенная пружина

Использование рычажных связей позволяет формировать пространство ВЗС и определять при-

веденные жесткости и массы систем различной конфигурации (рисунок 4).



Рисунок 4 – Возможности и формы рычажных взаимодействий

В частности, обосновано, что упругие элементы могут иметь положительную и отрицательную жесткости, как это показано на примере использования в структуре ВЗС вращающегося двухзвенника (рисунок 5).

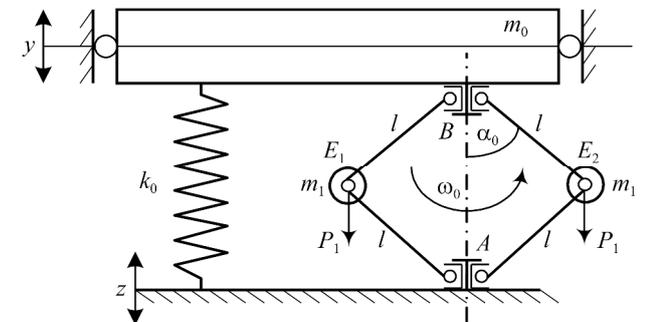


Рисунок 5 – Расчетная схема механической колебательной системы с упругим элементом k_0 и пружиной с отрицательной жесткостью k_1 в виде вращающегося двухзвенника

Дифференциальное уравнение движения может быть представлено выражением

$$\ddot{y} \left(m_0 + 2m_1 + \frac{m_1}{2 \sin^2 \alpha_0} - \frac{2m_1 \cos \alpha_0}{\sin \alpha_0} \right) +$$

$$+ y \left(k_0 - \frac{m_1 \omega_0^2 \cos^2 \alpha_0}{2 \sin^2 \alpha_0} \right) = \ddot{z} \left(2m_1 + \frac{m_1}{2 \sin^2 \alpha_0} - \frac{2m_1 \cos \alpha_0}{\sin \alpha_0} \right) +$$

$$+ z \left(k_0 - \frac{m_1 \omega_0^2 \cos^2 \alpha_0}{2 \sin^2 \alpha_0} \right).$$

Передаточная функция в такой системе имеет вид

$$W = \frac{\bar{y}}{\bar{z}} = \left[p^2 \left(2m_1 + \frac{m_1}{2 \sin^2 \alpha_0} - 2m_1 \frac{\cos \alpha_0}{\sin \alpha_0} \right) + \left(k_0 - \frac{m_1 \omega_0^2 \cos^2 \alpha_0}{2 \sin^2 \alpha_0} \right) \right] /$$

$$/ \left[p^2 \left(m_0 + 2m_1 + \frac{m_1}{2 \sin^2 \alpha_0} - 2m_1 \frac{\cos \alpha_0}{\sin \alpha_0} \right) + \left(k_0 - \frac{m_1 \omega_0^2 \cos^2 \alpha_0}{2 \sin^2 \alpha_0} \right) \right]. \quad (1)$$

Из анализа передаточной функции (1) следует, что введенный параллельно упругому элементу базовой модели k_0 механизм, состоящий из вращающихся масс, является пружиной с отрицательной жесткостью k_1 :

$$k_1 = -\frac{m_1 \omega_0^2 \cos^2 \alpha_0}{2 \sin^2 \alpha_0}.$$

Наличие пружины с отрицательной жесткостью позволяет создавать режимы с квазиулевыми жесткостями, с выбором в качестве настроечных параметров m_1 , ω_0 и α_0 независимо от частоты внешнего воздействия ω .

Некоторые формы практической реализации в виде амортизаторов представлены на рисунке 6.

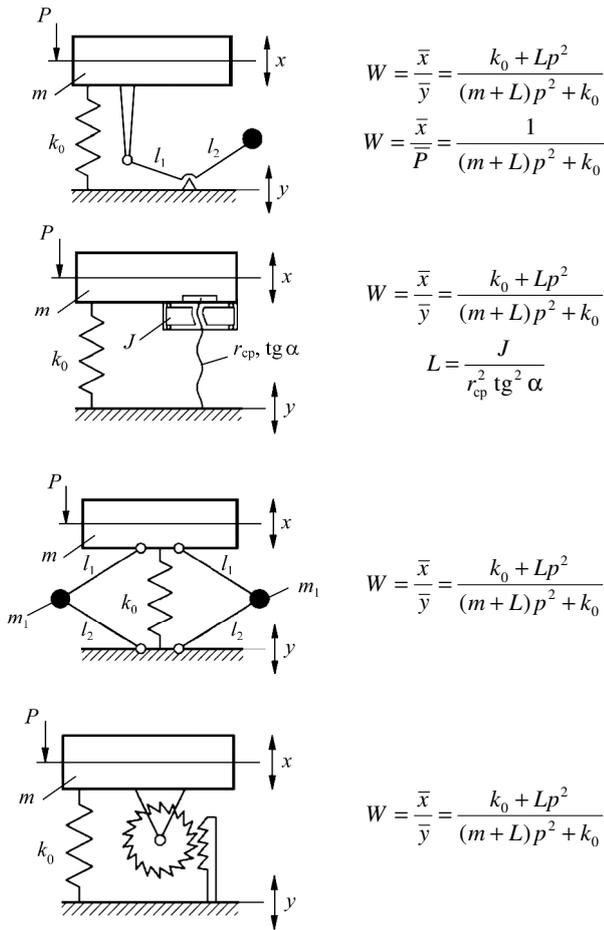
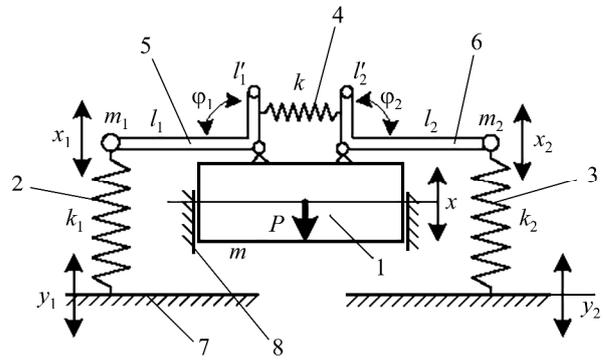


Рисунок 6 – Формы физической реализации дополнительной обратной связи

Рычажные или бинарные связи (рисунок 7) позволяют изменять динамические свойства ВЗС систем. Характерная особенность системы заключается в том, что движение в парциальных подсистемах взаимосвязаны на любой частоте. Перекрестные связи имеют вид упругих или инерционных взаимодействий. Введение бинарных связей позволяет получить условия, в которых на определенной частоте возможно разделение подсистем. Практические приложения таких подходов можно представить в виде системы приборной виброзащиты или в виде системы рессорного подвешивания [17].

Приведенное не исчерпывает всех рассмотренных случаев, однако даёт представление о том, что исходные положения об основах теории колебаний, на которые опирается теория ВЗС, могут быть расширены в направлении развития мехатронных позиций, отражающих ориентацию на задачи автоматического управления колебаниями и выбора для этих целей соответствующих средств. Обычные для традиционных подходов формулы и соотношения могут быть получены путем «зануления» связей, обеспечиваемых рас-

ширенным набором типовых элементов.



Расчетная схема ВЗС с рычажными связями

$$m\ddot{x} + kx + kx_1 + kx_2 = P;$$

$$m_1\ddot{x}_1 + (k_1 + k)x_1 - 2kx_2 + kx = k_1y_1;$$

$$m_2\ddot{x}_2 + (k_2 + k)x_2 - 2kx_1 + kx = k_2y_2.$$

При силовом возмущении

$$\omega_{\text{дин}} = 2\sqrt{\frac{k}{m}}.$$

При кинематическом возмущении

$$\omega_{\text{дин}} = \sqrt{\frac{2k_1k_2 + 3k(k_1 + k_2)}{m_2k_1 + m_1k_2}};$$

$$W_1(p) = \frac{\bar{x}}{\bar{y}} = \frac{Ckk_1 + Bkk_2 + 2k^2(k_1 + k_2)}{A(BC - 4k^2) - k(Bk + Ck + 4k^2)};$$

$$W_2(p) = \frac{\bar{x}}{\bar{P}} = \frac{BC - 4k^2}{A(BC - 4k^2) - k(Bk + Ck + 4k^2)};$$

$$(m + m_1 + m_2)\ddot{x} + m_1l_1\ddot{\phi}_1 + m_2l_2\ddot{\phi}_2 + (k_1 + k_2)x + k_1l_1\phi_1 + k_2l_2\phi_2 = (k_1 + k_2)y;$$

$$m_1l_1^2\ddot{\phi}_1 + m_1l_1\ddot{x} + k_1l_1x + [k_1l_1^2 + k(l_1')^2]\phi_1 - kl_1'l_2\phi_2 = k_1l_1'y;$$

$$m_2l_2^2\ddot{\phi}_2 + m_2l_2\ddot{x} + k_2l_2x + [k_2l_2^2 + k(l_2')^2]\phi_2 - kl_1'l_2\phi_1 = k_2l_2'y;$$

$$\omega_{\text{дин}1,2}^2 = \frac{k(2 + i_1^2 + i_2^2)}{2m} \pm \sqrt{\frac{k^2(2 + i_1^2 + i_2^2)^2 - k^2(1 + i_1^2 + i_2^2)}{4m^2}}.$$

Амплитудно-частотная характеристика ВЗС с рычажными связями

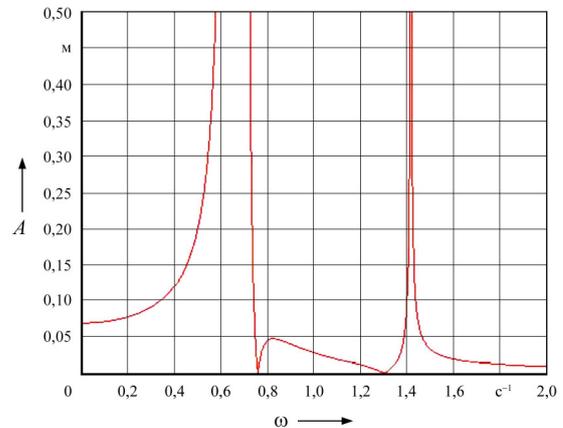


Рисунок 7 – Рычажные связи в задачах виброзащиты машин и оборудования

Обобщение теории колебаний и развитие методов анализа и синтеза систем на основе расширенного набора элементной базы ВЗС открывают возможности поисковым технологиям конструктивного синтеза новых систем и прогнозирования их динамических свойств. В этом плане формы самоорганизации движения в сложных системах могут оказаться основой построения принципов волновой динамики механических систем, в которых станет возможным управление обменом энергией в процессах динамического взаимодействия элементов ВЗС.

В различных направлениях динамики управляемых систем и ее приложений к задачам вибрационной защиты, робототехники, вибродиагностики, мехатроники, динамики транспортных систем, в целом, сложилось достаточно представительное научное направление. В этом плане можно воспринимать вышеупомянутое как форму консолидации научного потенциала ИрГУПС в решении задач создания транспортных систем нового поколения, в т. ч. интеллектуальных подвижных средств.

Значительный вклад внесены трудами профессоров университета А. П. Хоменко, С. В. Елисеева, В. Е. Гозбенко, А. В. Лукьянова, А. И. Артюнина, В. И. Соболева, А. И. Свитачева, В. Н. Тюпина и др. [7–15].

Проблемами исследований настоящего времени стало развитие мехатронных подходов в динамике управляемого движения, задачи управления динамическим состоянием подвижного состава в его взаимодействии с верхним строением пути, влиянием на окружающую среду при обеспечении безопасности движения современными средствами телекоммуникации и обработки информации [16–18].

Серьезное внимание в спектре проблем обеспечения безопасности железнодорожного транспорта занимает вибрационный контроль и диагностика как один из основных методов безразборного контроля технического состояния машинного оборудования [19–22].

Одним из весомых результатов, полученных в университете, стала разработка классификатора вибродиагностических признаков, что явилось основой для создания специализированных программных комплексов и позволило, в конечном итоге, выйти на практические внедрения вибродиагностики в задачах обеспечения безопасности вспомогательных машин электропоездов, внедрения тепловизионного контроля и диагностики электрического и машинного оборудования локомотивов.

В последние несколько лет в университете проф. Лукьяновым проведен большой объем экспериментальных работ, в результате которых:

- апробированы различные методы тепловизионных обследований;
- предложен метод испытаний электропоездов в режиме тяги (рекуперации) с целью уменьшения

влияния климатических факторов, обеспечения одинаковых условий создания токовой нагрузки на контролируемое оборудование.

Одним из важных направлений исследований в университете стали проблемы обслуживания оборудования с учетом диагностических данных (по фактическому состоянию).

Значительный задел в решении задач обеспечения безопасности транспортных систем связан с работами по развитию системных подходов к оценке и учету геодинамических воздействий на железнодорожный транспорт.

Геодинамические воздействия отражают особенности проявления активности земной коры в виде медленных направленных и циклических волновых тектонических движений, внезапных энергоемких сейсмических событий, а также экзогенных процессов. Хотя нормами предусмотрено проектирование сооружений с учетом их защиты при сейсмической геодинамике (СНиП П-7-81), многие вопросы требуют постоянного внимания, доработки и корректировки методик расчета и проектирования. Серьезные трудности, как правило, возникают при проектировании сооружений, расположенных в зонах разломной тектоники.

При этом особое значение принимает раскрытие причинно-следственных связей механизмов формирования сложного напряженного состояния протяженных технических объектов в условиях проявления геодинамических воздействий, что требует создания достаточно разветвленной системы моделей (от феноменологических до математических). Понимание причин, вызывающих угрозу сбоя нормальной работы объекта или его разрушения, является основой обеспечения эффективности предупредительных мероприятий.

В целом обеспечение безопасности конструктивно-технологических систем протяженных технических объектов представляет комплексную проблему, в которой важным является системное осмысление внутренних взаимодействий основных фрагментов системы и их увязки с учетом сложившихся и необходимых для нормальной деятельности системы информационных, организационно-технических связей в их современных формах практической реализации.

В работах последних лет, проводимых под руководством доцента, канд. техн. наук Н. М. Быковой получили развитие исследования в направлениях создания: 1) методологии и технологий выявления факторов, влияющих на безопасность технических объектов, расположенных на геодинамически активных структурах; 2) разработки и совершенствования моделей и методов оценки и учета выявленных факторов при обеспечении эксплуатационного ресурса объектов; 3) разработки системных технологий мониторинга тех же факторов, данные которого необходимы для построения прогностических моделей развития ситуаций и

разработки систем поддержки производства. В междисциплинарном аспекте рассматривается решение ряда задач:

1 Разработка методов системной комплексной увязки факторов различной природы, оценки и прогноза влияния этих факторов на ситуацию, ориентированную на определение и формирование условий безопасной эксплуатации протяженных технических объектов.

2 Разработка методов многоуровневого моделирования и последовательного приближения к созданию системы адекватных представлений о достаточности приемлемых мер безопасной эксплуатации объектов.

3 Разработка научной концепции систем мониторинга геодинамической ситуации в зонах расположения искусственных инженерных сооружений и крупных объектов промышленной деятельности, транспортных систем, железнодорожных и автомобильных трасс.

4 Формирование методологии информационного обеспечения систем автоматического управления техническим состоянием объектов в плане научно-методической поддержки системы подготовки и принятия решений.

5 Разработка организационно-технических основ системы инженерно-технической поддержки необходимого уровня безопасности эксплуатации технических систем на основе оценки, прогнозирования и реализации предупредительных мер поддержания приемлемых режимов работы.

Результаты работы внедрены на Красноярской и Восточно-Сибирской железных дорогах – филиалах ОАО РЖД, проектном институте Востсиб-транспроект, Дирекции по строительству мостово-

го перехода через реку Ангара в г. Иркутске. К ним относятся: геодинамические карты районирования по признакам активности неотектогенеза – показателям риска и безопасности для трасс Транссибирской и Байкало-Амурской магистралей; банк данных деформационных параметров искусственных инженерных сооружений Транссибирской и Байкало-Амурской магистралей; системы мониторингов уникальных протяженных технических объектов на примере Северо-Муйского тоннеля, мостового перехода через реку Ангара; методика расчетов конструкций и сооружений с учетом геодинамических воздействий; рекомендации по конструктивной защите и содержанию мостов и тоннелей, расположенных на активных геологических структурах.

В работах [23–26] представлены результаты системного анализа существующих методов расчета транспортных тоннелей с точки зрения возможной их модернизации, отображенных на рисунке 8. Расчеты тоннелей традиционно выполняются на основе методов строительной механики или механики сплошных сред. Для практических расчетов наиболее приемлемы дискретные модели расчетов на базе метода конечных элементов и допущений механики сплошных сред. Решение уравнений равновесия реализуется в пакетах прикладных программ. Для исследования используется пакет PLAXIS 3D TUNNEL, позволяющий рассчитывать подземные сооружения с использованием пяти видов физических моделей работы грунта. В частности, проведено исследование работы обделки Северо-Муйского тоннеля длиной 2 км в IV тектонической зоне с использованием ПК PLAXIS 3D TUNNEL.

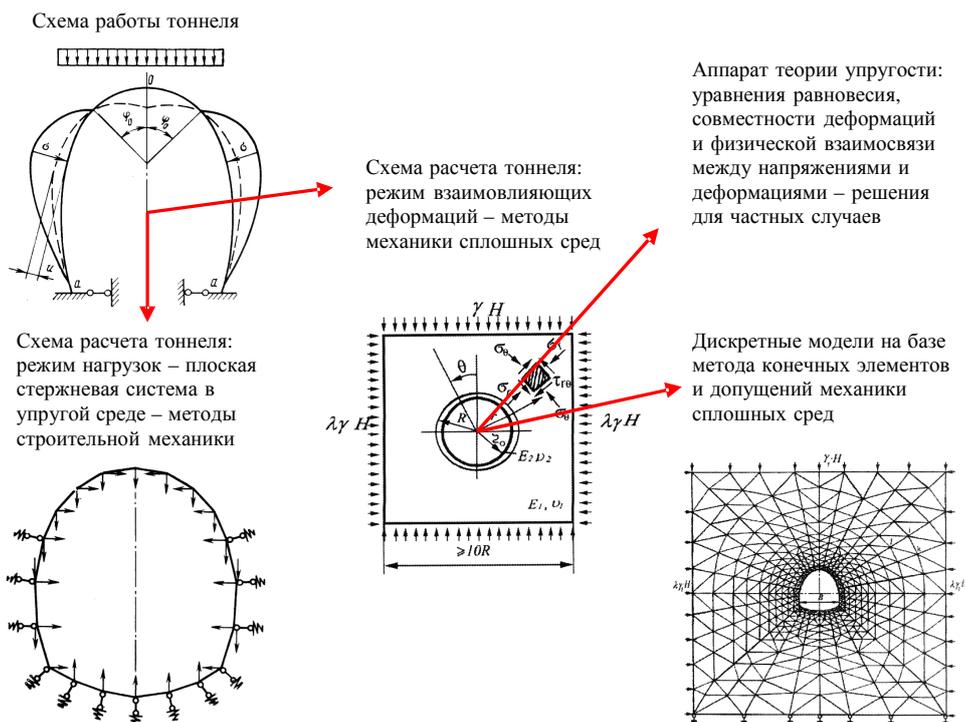


Рисунок 8 – Системный анализ методов расчета транспортных тоннелей

Разработана концепция диагностического прогнозно-профилактического мониторинга (ДППМ) транспортных сооружений (рисунок 9). В основе его лежит геоинформационная система, включающая начальный банк данных геологической среды и сооружения, формируемый на стадии ввода сооружения в эксплуатацию, мониторинг геодинамической безопасности и геотехнический мониторинг. На базе мониторинга геодинамической безопасности может корректироваться информационная модель горного массива (данные космической погоды и климата, геологический, гидро-

геологический, геофизический, геодезический виды мониторингов). На базе геотехнического мониторинга может уточняться информационная модель сооружения (данные о состоянии материалов, конструкций, режимах функциональных нагрузок, проведенных ремонтах и усилениях). В блоке диагностического прогнозно-профилактического мониторинга происходит обработка данных двух информационных потоков, на базе которых строятся прогностические феноменологические, математические и экспертные модели и осуществляется подготовка для реализации стратегии управления.

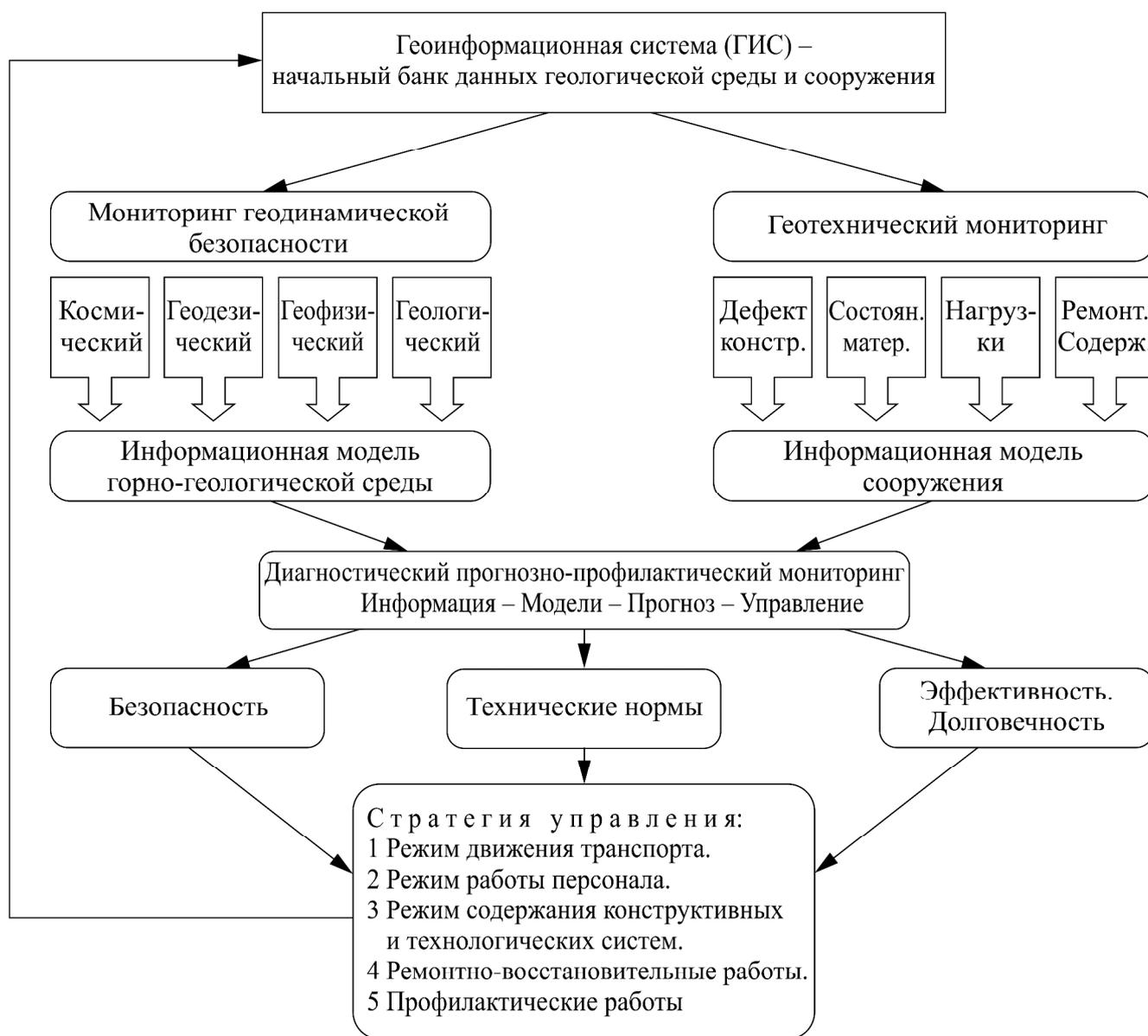


Рисунок 9 – Блок-схема диагностического прогнозно-профилактического мониторинга

Для построения моделей оценки ситуаций используются идентификационные методы технической диагностики, математического моделирования работы сооружений, регламентируемые пара-

метры нормативной документации, экспертные оценки специалистов.

Для научного сопровождения и поддержки в реализации отраслевых программ по обеспечению

безопасности перевозочных процессов в структуре НИИ современных технологий, системного анализа и моделирования ИрГУПС создан центр мониторинга, прогнозирования и обеспечения безопасности транспортных систем [27–31].

Дальнейшее развитие железнодорожного транспорта и его реформирование связаны с серьезными сдвигами в системе научных и инженерно-технических связей высшего учебного заведения и отрасли, как таковой, представленной Министерством транспорта и ОАО «РЖД», выполняющего роль основного исполнителя стратегических и тактических замыслов в транспортной политике России в Сибири и на Дальнем Востоке.

При всех сдвигах в структуре связей с отраслью главным направлением поиска новых и рациональных форм взаимодействия, можно надеяться, останется ориентация на развитие фундаментальных научных основ в программах развития и модернизации железнодорожного транспорта. Новым аспектом в формировании представлений об эффективном сотрудничестве с отраслью становится концентрация внимания на узловых, определяющих развитие, проблемах, на которых целесообразна концентрация усилий и средств. Поэтому поиск новых подходов и методов рационального использования инновационного и научного потенциала вузов представляется в достаточной мере оправданным, а внимание к процессам активизации исследований в фундаментальных направлениях может, в конечном итоге, ускорить процессы вызревания новых форм в развитии транспортных систем.

Список литературы

1 Геополитические и социально-экономические проблемы создания международных транзитных транспортных коридоров : [монография] : в 2 т. / А. П. Хоменко [и др.]; ИрГУПС. – Иркутск, 2004. – 990 с.

2 Хоменко, А. П. Новые формы организации научной деятельности в вузе / А. П. Хоменко, С. К. Каргапольцев; ИрГУПС // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2005. – Вып. № 4 (8). – С. 88–93.

3 Богатов, М. Ю. Политика управления системой обеспечения кадрами деятельности международного транспортного коридора / М. Ю. Богатов, А. П. Хоменко // Сб. статей и докл. III Международ. симпозиума ж.-д. ун-тов Европы и Азии. – Хабаровск, 2009. – С. 25–28.

4 Хоменко, А. П. Основы стратегии и тактики управления региональным центром мониторинга, прогнозирования и управления безопасностью транспортных систем / А. П. Хоменко, Ю. Б. Каштанов, С. В. Елисеев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2007. – № 2 (14). – С. 120–134.

5 Khomenko, A. P. Safety of Transport System Monitoring of Predicting Functional Reliability Provision / A. P. Khomenko, S. V. Eliseev, A. A. Djachenko // Korean Society for Railway Fall Conference Papers. – Seoul, 2007. – P. 1908–1914.

6 Khomenko, A. P. Strategic Problems of Transit Corridor Formation International Transport Corridors. Problems of Staff Training // A. P. Khomenko, S. V. Eliseev, M. Y. Bogatov // Proceedings of the Second China-Liaoning Chinese-foreign University Presidents Forum. – [China], 2007. – P. 159–166.

7 Елисеев, С. В. Проблемы виброзащиты и виброизоляции технических объектов в работах Иркутской школы механиков / С. В. Елисеев, А. П. Хоменко; ИрГУПС // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2005. – Вып. 1 (15). – С. 6–24.

8 Хоменко, А. П. Динамика и управление в задачах виброзащиты и виброизоляции подвижных объектов / А. П. Хоменко. – Иркутск : ИГУ. 2000. – 293 с.

9 Гозбенко, В. Е. Методы управления динамикой механических систем на основе вибрационных полей и инерционных связей / В. Е. Гозбенко. – М. : Машиностроение, 2004. – 376 с.

10 Соболев, В. И. Дискретно-континуальные динамические системы и виброизоляция промышленных грохотов / В. И. Соболев. – Иркутск : ИрГУТУ. 2002. – 202 с.

11 Dynamics of Mechanical Systems with Additional Ties / S. V. Eliseev [и др.]. – Irkutsk : Irkutsk State University, 2006. – 315 p.

12 Свитачев, А. И. Динамика трансмиссий гусеничных тракторов с учетом навесного оборудования / А. И. Свитачев. – Красноярск : Изд-во КрасГАУ, 2005. – 190 с.

13 Динамический синтез в обобщенных задачах виброзащиты и виброизоляции технических объектов / С. В. Елисеев [и др.]; Читинский гос. ун-т, Иркутский гос. ун-т путей сообщения. – Иркутск : Изд-во Иркутского гос. ун-та, 2008. – 523 с.

14 Елисеев, С. В. Мехатронные подходы в задачах вибрационной защиты машин и оборудования / С. В. Елисеев, Р. Ю. Упырь; ИрГУПС // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2008. – Вып. 4 (20). – С. 8–16.

15 Eliseev, S. V. The concept of automatic traffic control of freight train / S. V. Eliseev, I. V. Bychkov, A. P. Khomenko // Сб. статей и докладов III Международного симпозиума железнодорожных университетов Европы и Азии. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2009. – С. 105–110. – ISBN 978-5-262-00488-1.

16 Khomenko, A. P. Mechatronics Approaches in Dynamic of Vehicles / A. P. Khomenko, S. V. Eliseev, R. Y. Upry // Сб. статей и докл. III Международного симпозиума железнодорожных университетов Европы и Азии. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2009. – С. 129–144.

17 Modelling of Moving Structure of Train / A. P. Khomenko [et al.] // Сб. статей и докладов III Международного симпозиума железнодорожных университетов Европы и Азии. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2009. – С. 124–128.

18 **Khomenko, S. V.** Mechatronics approaches in dynamics of mechanical oscillatory systems / A. P. Khomenko, S. V. Eliseev, R. Y. Upry // Third International Congress Design and modeling of mechanical systems. – Hammamet, Tunis, 2009. – P. 272–278.

19 **Лукьянов, А. В.** Классификатор вибродиагностических признаков дефектов роторных машин / А. В. Лукьянов. – Иркутск : ИрГТУ, 1999. – 230 с.

20 **Лукьянов, А. В.** Управление техническим состоянием роторных машин (система плано-диагностического ремонта) / А. В. Лукьянов. – Иркутск : ИрГТУ, 2000. – 230 с.

21 **Лукьянов, А. В.** Автоматизация тепловизионного контроля оборудования локомотивов / А. В. Лукьянов, А. Н. Капустин // Железнодорожный транспорт. – 2005. – № 8. – С. 48–50.

22 **Лукьянов, А. В.** Алгоритмическое и программное обеспечение автоматизированного термомониторинга и диагностики оборудования / А. В. Лукьянов, А. Н. Капустин // Контроль. Диагностика. – 2005. – № 9. – С. 45–54.

23 **Быкова, Н. М.** Неотектонические движения земной коры и деформации дорожных сооружений / Н. М. Быкова. – Иркутск, 1998. – 136 с.

24 **Быкова, Н. М.** Северо-Муйский тоннель – из XX в XXI век / Н. М. Быкова, С. И. Шерман. – Новосибирск : Наука, 2007. – 186 с.

25 **Быкова, Н. М.** Транспортные сооружения на активных геоструктурах. Технологии системного подхода / Н. М. Быкова. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 2008. – 212 с.

26 **Homenko, A. P.** Technology of system approach to an estimation and account of geodeformation forces on railway tunnels in zones with active crush tectonics / A. P. Homenko, A. A. Dyachenko, N. M. Bykova // Innovation & Sustainability of modern Railway Proceedings of ISMR'2008. China Railway Publishing House. – 2008. – Beijing. – P. 357–366.

27 **Bykova, N.** Development of a Mobile Robot for Video and Thermal Monitoring of Railway Tunnels / N. Bykova // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – Иркутск. – 2005. – № 4 (8). – С. 66–69.

28 **Быкова, Н. М.** Геотехнический мониторинг транспортных тоннелей / Н. М. Быкова, С. В. Елисеев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2005. – № 4 (8). – С. 177–180.

29 Проблемы содержания пути в Северо-Муйском тоннеле и пути их решения / Н. М. Быкова [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2006. – № 4 (12). – С. 181–189.

30 **Елисеев, С. В.** Северо-Муйский тоннель и технологии системного подхода к управлению безопасностью технических объектов / С. В. Елисеев, С. К. Каргапольцев, Н. М. Быкова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2007. – № 3 (15). – С. 93–95.

31 Методология оценки и прогнозирования безопасности состояния сложных технических систем объектов / С. В. Елисеев [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2007. – № 3 (15). – С. 96–100.

Получено 01.03.2010

A. P. Khomenko, S. V. Eliseev, A. I. Artyunin. Problems of transport operation security. Potential of systemic approach.

Transport systems are very important for the development of economic relations and international cooperation of Russia with other countries. Railway transport, in particular, provides the possibility of large-scale transportation in the direction “East-West”. Permanent attention of the government to the problems of transport policy of Russia in Siberia and the Far East are reflected in the work of International Baikal Economic Forums, held in Irkutsk since 2000. The role of East-Siberian railways in the structure of Trans-Siberian Railways predetermines the past, the present and most likely the future of Irkutsk State University of Railways – one of the most important scientific and educational center, where railway engineers have been trained for 35 years.