Грузовик

6
2018

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредитель ООО "Научно-техническое издательство "Инновационное машиностроение"
Главный редактор С.Н. ПЕДЕНКО

Редакционный совет

Д.Х. Валеев, д-р техн.наук
В.А. Волчков
С.М. Гайдар, д-р техн.наук
Л.В. Грехов, д-р техн.наук, проф.
В.А. Зорин, д-р техн.наук
В.В. Комаров, канд.техн.наук
В.А. Марков, д-р техн.наук, проф.
А.Н. Ременцов, д-р пед.наук, канд.техн.наук
О.Н. Румянцева, ген.дир.ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"
А.Ф. Синельников, канд.техн.наук, проф.
А.А. Солнцев, д-р техн.наук
В.С. Устименко, канд.техн.наук
Х.А. Фасхиев, д-р техн.наук, проф.
Н.Д. Чайнов, д-р техн.наук, проф.

Корпункт:
Я.Е.Карповский (г.Минск)

Адрес редакции:
107076, Москва, Колодезный пер., дом 2-а, стр.12
Тел.(499) 269-48-96
E-mail: gruzovik@mashin.ru; http://www.mashin.ru

Адрес издательства
107076, Москва, Колодезный пер., дом 2-а, стр.2
Тел.(495) 661-03-36

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Регистрационный номер ПИ № ФС77-63955 от 09.12.2015 г.

Подписной индекс:
по объединенному каталогу
"Пресса России" 39799

ООО «Издательство «Инновационное машиностроение», "Грузовик", 2018

Перепечатка материалов из журнала «Грузовик» возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал «Грузовик» обязательна.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель

В НОМЕРЕ:

Конструкция

3 *Гришин Ю. А.* Особенности взаимодействия импульсов потока в выпускной системе дизеля с турбиной турбокомпрессора

Исследования. Расчет

10 *Карелина М. Ю., Лагузин А. Б.* Оптимизация технологии модифицирования поверхностей пар трения перфторированными поверхностно-активными веществами

15 *Дунаев А. В., Шалимов В. Э., Дворцов А. И.* Применение геомодификаторов в технологиях улучшения эксплуатационных свойств автомобилей

Энергетическое машиностроение

18 *Козловский В. Н., Айдаров Д. В., Васильев М. М., Дебелов В. В.* Развитие проектов электромобилей и автомобилей с комбинированной энергоустановкой

22 *Исмагилов Ф. Р., Вавилов В. Е., Минияров А. Х., Барабанов К. А.* Выбор конструктивной схемы стартер-генератора для транспортных средств с гибридной силовой установкой

29 Системы для автопилотируемых колонн

29 Тяжелая техника на аккумуляторах

Транспортный комплекс

30 *Марков В. А., Барченко Ф. Б., Поздняков Е. Ф., Епишин А. Ю., Плахов С. В.* Исследование системы автоматического регулирования дизель-генераторной установки. Часть 1

35 *Подхалюзина В. А., Дрейцен М. А., Шуба Н. А.* Российский транспорт на современном этапе

Профессия

38 *Комов А. Б., Комов П. Б.* Основы формирования корпоративной идеологии образовательных учреждений дорожно-транспортного комплекса

Практика

45 *Рябов И. М., Горина В. В.* Новая эффективная технология контейнерных перевозок автомобильным транспортом

Журнал входит в Перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней http://perechen.vak2.ed.gov.ru/
Система Российского индекса научного цитирования www.elibrary.ru.
Двухлетний импакт-фактор РИНЦ 2016 г. — 0,296. Место в рейтинге SCIENCE INDEX за 2016 г. по тематике "Транспорт" — 30; по тематике "Машиностроение" — 58.

Информация на сайте "Autotransportnik.ru"

Truck

6
2018

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL MAGAZINE

Founder JSC Scientific and Technical Publishing House "Innovative Engineering"
Editor-in-Chief S.N. PEDENKO

Editorial council

D.Kh. Valeev, dr.en.s.
V.A. Volchkov
S.M. Gaydar, dr.en.s., prof,
L.V. Grekhov, dr.en.s., prof.
V.A. Zorin, dr.en.s.
V.V. Komarov, PhD in en.s.
V.A. Markov, dr.en.s., prof.
A.N. Rementsov, dr.Hab, PhD in en.s.
O.N. Rumyantseva, General Director, JSC "Publisher "Innovative Engineering"
A.F. Sinel'nikov, PhD in en.s., prof.
A.A. Solntsev, dr.en.s.
V.S. Ustimenko, PhD in en.s.
Kh.A. Faskhiev, dr.en.s., prof.
N.D. Chaynov, dr.en.s., prof.

Correspondent's office:
Ya.E. Karpovsky (Minsk)

Address of the editorial office:
107076, Moscow, Kolodezny Lane, house 2-a, str. 12
Ph. (499) 269-48-96
E-mail: gruzovik@mashin.ru; snp748@yandex.ru
http://www.mashin.ru

Address of publishing house
107076, Kolodezny Lane, house 2-a, str. 2
Ph. (495) 661-03-36

The magazine is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor).
Registration number PI number FS77.-63955 on December 9, 2015

Subscription index:
according to the integrated catalog "Press of Russia" 39799

JSC Innovatsionnoye mashinostroyeniye Publishing House, "Truck", 2018

The reprint of materials from the "Truck" magazine is possible at obligatory written coordination with editorial office of the magazine. At the link to the "Truck" magazine is obligatory for a reprint of materials.

For contents of advertizing materials responsibility is born by the advertiser.

CONTENTS:

Design

3 *Grishin Yu. A.* Peculiarities of interaction of flow pulses in the diesel engine exhaust system with the turbocharger turbine

Research. Calculation

10 *Karelina M. Yu., Laguzin A. B.* Optimization of the technology of modification of surfaces of friction pairs other superficially active substances

15 *Dunaev A. V., Shalimov V. E., Dvortsov A. I.* Using geomodifications in technology of the improvement working characteristic cars

Energy engineering

18 *Kozlovskiy V. N., Aydarov D. V., Vasiliev M. M., Debelov V. V.* Technological and technological changes in the automotive industry in the context of the development of projects for electric vehicles and hybrids

22 *Ismagilov F. R., Vavilov V. E., Miniyarov A. K., Barabanov K. A.* Selection of constructive scheme of starter-generator for vehicles with hybrid power installation

29 Systems for manned columns

29 Heavy equipment on batteries

Transportation complex

30 *Markov V. A., Barchenko F. B., Pozdnjakov E. F., Epishin A. U., Plakhov S. V.* Research of automatic control system of diesel-generator set. Part 1

35 *Podhalyuzina V. A., Drazen M. A., Shuba N. A.* The Russian transport at the present stage

Profession

38 *Komov A. B., Komov P. B.* Basis of formation corporate ideology of the educational institutions of the road and transport complex

Practice

45 *Ryabov I. M., Gorina V. V.* Assessment of efficiency of functioning of motor transport for delivery of cargoes in containers on existing and proposed technologies

The journal is included in the list approved by the WAC RF publishers for publications of papers candidates degrees http://perechen.vak2.ed.gov.ru/
System of Russian Science Citation Index www.elibrary.ru.
The system of the Russian index of scientific quoting www.elibrary.ru.
The two-year impact factor INDEX 2016 — 0.296.Place in the rating of SCIENCE INDEX for 2016 on the subject "Transport" — 30; on the subject "Mechanical Engineering" — 58.
http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9777
Information on the site "Autotransportnik.ru"

УДК 621.436

Ю. А. Гришин, д-р техн. наук, профессор, МГТУ им. Н. Э. Баумана
E-mail: grishin.bmstu@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСОВ ПОТОКА В ВЫПУСКНОЙ СИСТЕМЕ ДИЗЕЛЯ С ТУРБИНОЙ ТУРБОКОМПРЕССОРА

При одномерном численном моделировании нестационароного течения в выпускной системе двигателей внутреннего сгорания с турбонаддувом важное значение имеет адекватное задание граничных условий на входе в турбину. При этом моделировании необходимо рассматривать взаимодействие импульсов потока в выпускной системе дизеля с рабочим колесом турбины на окружности среднего диаметра. Численный расчет нестационарного течения производится как продолжение расчета в выпускной системе, но с учетом конфузорности и потерь в сопловом аппарате турбины. Расчет течения в сравнительно коротких каналах рабочего колеса турбины выполняется в квазистационарной постановке с помощью представления о распаде произвольного разрыва. Для больших углов атаки потока на входе в рабочее колесо турбины разработана специальная методика для учета отрывных потерь.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания, дизельный двигатель, выпускная система, система газотурбинного наддува, турбокомпрессор, турбина, нестационарное течение, граничные условия.*

By one-dimensional numerical modeling of non-stationary flow in the exhaust system of internal combustion engines with turbo charge, specifying of adequate boundary conditions at the turbine inlet plays an important part. By this modeling it is necessary to consider the interaction of the flow pulses in the diesel engine exhaust system with the turbine wheel on the circumference of the average diameter. Numerical calculation of a non-stationary flow is performed as the continuation of the calculation in the exhaust system, but the convergent and losses in the nozzle apparatus of the turbine should be taken into consideration. Calculation of the flow in relatively short channels of the turbine impeller is performed in the quasistationary statement with the concept of the decay of an arbitrary discontinuity. A special technique for accounting tear-off losses for high angles of the flow direction at the turbine impeller inlet is developed.

Keywords: *internal combustion engine, diesel engine, exhaust system, supercharging system, turbocharger, turbine, non-stationary flow, boundary conditions.*

Необходимым этапом в создании и доводке современных высокоэффективных поршневых двигателей является математическое моделирование их рабочего процесса, неотъемлемой частью которого является газообмен. При этом явления, происходящие в их впускных и выпускных системах, носят исключительно сложный, импульсный характер, и здесь используются численные методы газовой динамики в нестационарной постановке. Сложность конфигурации впускных и выпускных систем многоцилиндровых двигателей не позволяет применять *3D* моделирование во всей расчетной области, кроме того, необходимо еще выполнять многовариантные оптимизационные расчеты.

Поэтому здесь используется одномерный подход с заданием граничных условий (ГУ) на стыках отрезков труб, образующих впускную и выпускную системы. Широкое внедрение турбонаддува двигателей самого различного назначения потребовало разработки ГУ для расчета нестационарного течения на стыке выпускного коллектора с турбиной. В большом числе работ, в частности [1—3], отмечается актуальность этой проблемы, и чаще всего результаты моделирования не в полной мере соответствуют экспериментальным данным, в особенности для систем с ярко выраженными импульсными процессами.

Это обусловлено тем, что для расчета взаимодействия выпускных импульсов с турбиной обычно используются ее характеристики (карты), полученные на испытательных стендах в стационарных условиях. При этом ГУ фактически представляются сосредоточенными в одном сечении входа в турбину.

Отметим, что такой упрощенный способ не может дать удовлетворительных результатов

gz618.indd 3 07.05.2018 8:37:52

моделирования, поскольку на самом деле импульс в турбине испытывает последовательное геометрическое, расходное и энергетическое воздействие, распределенное во времени и по значительной длине. Вначале имеет место конфузорный впускной патрубок определенной длины с лопаточным или безлопаточным сопловым аппаратом. Далее — протяженный сопловой срез длиной, равной длине окружности на среднем диаметре входа в рабочее колесо, на этом участке имеет место распределенный по времени и по длине расход газа в колесо. Затем следуют каналы рабочего колеса, где происходит отбор энергии от потока. В результате распределение взаимодействия с турбиной, обусловленное протяженностью ее проточной части, может иметь длину, сравнимую с размером самого выпускного коллектора.

Представленные выше особенности взаимодействия импульса с турбиной необходимо учесть при разработке адекватных ГУ. В итоге был предложен следующий подход. Во-первых, протяженный впускной патрубок с сопловым аппаратом (СА) рассматривается как продолжение общего *1D* расчета в коллекторе, но с учетом соответствующего изменения площади проходного сечения. Во-вторых, учитывается распределение взаимодействия импульсов с рабочим колесом (РК) на протяжении окружности его расчетного диаметра на входе. В-третьих, течение в сравнительно коротких каналах РК рассматривается в квазистационарной постановке на каждом расчетном шаге с учетом значительных и переменных во времени профильных потерь, обусловленных возникновением отрывных явлений на входе.

Опыт исследований показал, что при значительных пульсациях потока РК практически не работает в расчетном режиме обтекания, на входе происходит непрерывное перестроение векторного плана скоростей с образованием значительных углов атаки и соответствующих отрывных зон на передних кромках. Это приводит к резкому росту профильных потерь в РК. Таким образом, расчет взаимодействия с турбиной может быть представлен в виде трех отдельных блоков. Соответствующая схема в виде условной развертки дается на рис. 1.

Расчет *1D* нестационарного течения в выпускном коллекторе (поз. *1*, рис. 1), где площадь проходного сечения постоянна ($F = \mathrm{const}$), может выполняться с использованием известных CFD пакетов AVL BOOST, WAVE и др. В МГТУ им. Н. Э. Баумана для этого применяется ONE DIM FLOW, основанный на численном методе

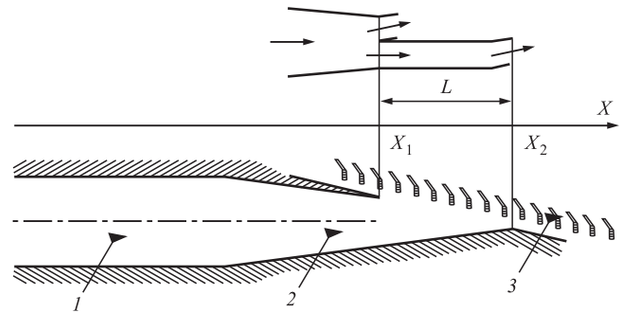

Рис. 1. Схема для расчета взаимодействия выпускных импульсов с турбиной

распада разрыва С. Годунова [4]. Расчет конфузорной части (входной патрубок и СА, поз. *2* на рис. 1) до начала соплового среза следует выполнять как продолжение *1D* CFD расчета выпускного коллектора, но уже с учетом соответствующего геометрического воздействия на поток ($F = var$). Метод распада разрыва позволяет это учитывать.

Участок развертки соплового среза между условными сечениями $X1$ и $X2$ требует нетривиального подхода. Здесь кроме геометрического воздействия на поток (проходное сечение сопловой улитки уменьшается до нуля) имеет место распределенный расход в РК. Чтобы избежать *3D* рассмотрения, используется представление с заменой распределенного по длине $L = X_2 - X_1$ стока на два сосредоточенных — в начале и в конце соплового среза (на рис. 1 — сверху). Каждый из стоков имеет площадь проходного сечения, равную половине площади проходного сечения соплового аппарата на выходе. При таком подходе участок между стоками можно представить в виде трубки с $F = \mathrm{const}$, в которой выполняется численный счет как в коллекторе.

Задача расчета течения через решетку РК (поз. *3*, рис. 1) в широком диапазоне изменения углов атаки представляет собой наиболее сложную проблему. Она весьма актуальна и имеет место не только для импульсных систем наддува транспортных двигателей, но и для изобарных систем крупных тепловозных и судовых двигателей на переходных режимах работы, а также для любых турбоагрегатов на таких режимах. Вслед за интенсивными колебаниями параметров перед турбиной в широком диапазоне изменяется расход газа и, соответственно, величина V_1 и направление (угол β_1) вектора относительной скорости на входе в колесо (рис. 2). В результате имеем нерасчетное обтекание РК с получением отрывных зон и соответствующих отрывных потерь

gz618.indd 4 07.05.2018 8:37:52

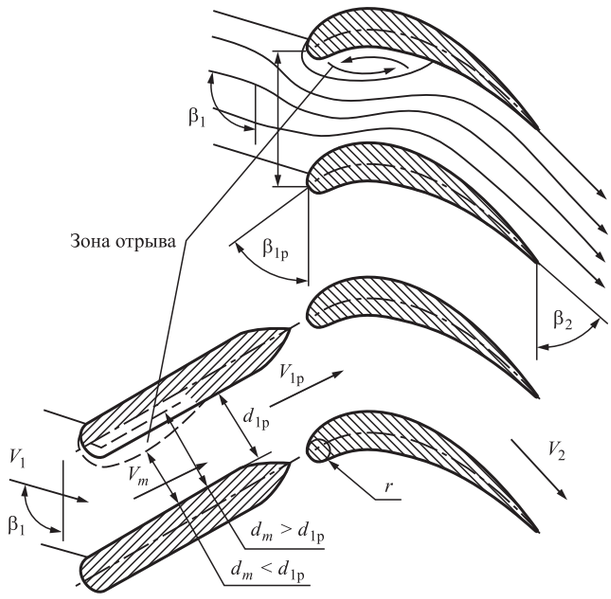

Рис. 2. Действительная (сверху) и условная схемы течения в решетке профилей при нерасчетном угле входа β_1

энергии, оцениваемых коэффициентом ς_1. Для каждого расчетного шага CFD надо правильно определять ς_1.

Рассмотрим методику определения отрывных потерь в решетках осевых турбин, которые применяются для привода компрессоров в агрегатах наддува мощных двигателей. Наибольшее распространение здесь имеет методика Г. Ю. Степанова [5], в которой суммарные профильные потери в решетке рассматриваются как сумма потерь ς_p обтекания на расчетном режиме и отрывных потерь ς_1. В результате на практике используется формула:

$$\varsigma = \varsigma_p + B\times$$
$$\times\left[\left(\frac{\sin\beta_2}{\sin\beta_1}\right)^2+\left(\frac{\sin\beta_2}{\sin\beta_{1p}}\right)^2\right]+C\left[\frac{\sin\delta\sin\beta_2}{\sin\beta_1\sin\beta_{1p}}\right]^2,$$

где B и C — эмпирические коэффициенты; β_1 и β_{1p} — действительный и расчетный (конструктивный) углы входа потока в решетку; β_2 — угол выхода потока из решетки; $\delta = \beta_{1p} - \beta_1$ — угол атаки.

К сожалению, методика не лишена недостатков. Во-первых, присутствуют изменяющиеся в широких пределах и, как правило, заранее неизвестные коэффициенты B и C. Во-вторых, не учитывается существенное влияние толщины передней кромки профилей, которое заключается в том, что потери начинают возрастать не сразу с появлением угла атаки, а только после того, как он превысит некоторое предельное значение. Правильный учет этого обстоятельства особенно важен при расчетах течений в импульсных выпускных системах двигателей, где с целью снижения потерь в широком диапазоне изменения углов атаки используются профили со значительным радиусом скругления передних кромок.

Подобно Г. Ю. Степанову представим профильные потери при нерасчетном обтекании в виде суммы потерь расчетного режима и отрывных потерь, сосредоточенных на входе. При этом последние можно рассматривать как следствие отрыва на передних кромках плоской решетки пластин, скругленных, как и профили, радиусом r. Можно считать, что при больших углах атаки вся передняя кромка пластин окружена изобарной отрывной зоной (этот факт известен из практики), причем давление в ней p_0 равно среднему статическому давлению p_m в сечении наибольшего сужения струи около зоны отрыва F_m. При этом принимается допущение о квазиодномерности течения в основных расчетных сечениях — на входе перед решеткой $F_1 = lt\sin\beta_1$, в сечении наибольшего сужения $F_m = ld_m$, в сечении $F_{1p} = l(t\sin\beta_{1p} - 2r)$ присоединения потока к поверхностям пластин после отрыва и на выходе ($F_2 = lt\sin\beta_2$). Здесь t и l — шаг и высота плоской решетки.

При получении расчетных зависимостей используются основные законы сохранения — расхода, энергии и импульса. Отметим, что при записи соответствующих соотношений через газодинамические функции от приведенной скорости λ описываемая ниже методика ранее была разработана для расчета отрывных потерь в потоке сжимаемого газа [6]. Однако при численных расчетах в поршневых двигателях для ГУ необходимо рассмотреть более простой вариант с несжимаемой жидкостью, т. е. $\rho = \text{const}$.

Для контура от входа до сечения наибольшего сужения струи уравнения расхода и энергии можно представить в виде:

$$\rho v_1 t\sin\beta_1 = \rho v_m d_m; \quad (1)$$

$$p_1/\rho + v_1^2/2 = p_m/\rho + v_m^2/2. \quad (2)$$

Здесь в уравнении энергии учитывается тот факт, что потери на участке сужения струи около зоны отрыва пренебрежимо малы и по аналогии с представлением о внезапном расширении отнесены на последующий участок рассмотрения, т. е. от F_m до сечения присоединения после отрыва F_{1p}. Поскольку для обеспечения равновесия

gz618.indd 5 07.05.2018 8:37:52

потока давление в отрывной зоне равно p_0 при условно одномерном представлении должно быть равно давлению p_m в минимальном сечении, уравнение импульсов в направлении, параллельном пластинам, можно представить в виде:

$$\rho v_1 t \sin\beta_1 v_1 \cos\delta + p_1 t \sin\beta_{1p} = \\ = \rho v_m d_m v_m + p_m d_m + p_m\left(t\sin\beta_{1p} - d_m\right). \quad (3)$$

При записи этого уравнения учитывается то обстоятельство, что при больших углах атаки линия раздела набегающих струй приходится на верхнюю поверхность пластины, и вся ее передняя кромка окружена зоной отрыва (см. рис. 1). Преобразование системы уравнений (1)—(3) позволило выразить ширину наибольшего сужения потока около зоны отрыва:

$$d_m = \frac{t\sin\beta_1}{c + \sqrt{c(c - 2\cos\delta) + 1}}. \quad (4)$$

Здесь символом c обозначено отношение $\sin\beta_1/\sin\beta_{1p}$. Очевидно, что при сравнительно небольших углах атаки расчетное значение d_m будет оказываться больше ширины канала между пластинами $d_{1p} = t\sin\beta_{1p} - 2r$. Это соответствует представлению о том, что при рассматриваемом δ сечение формальной зоны отрыва будет меньше толщины пластин (на рис. 1 этот случай обозначен штрихпунктиром внутри верхней пластины). Фактически же это означает, что при данных условиях течение между пластинами даже при наличии угла атаки будет безотрывным, так как вся возможная отрывная зона оказалась замещенной телом пластины толщиной $2r$. В данном случае отрывных потерь не будет, т. е. по условиям течения решетка оказывается в так называемой "зоне нечувствительности" по углу атаки.

Важным свойством описываемой методики является то, что впервые она позволяет расчетным путем определить значения предельных углов $\beta_{1п1}$ и $\beta_{1п2}$, ограничивающих эту зону нечувствительности. Подставив предельное значение $d_m = t\sin\beta_{1p} - 2r$ в уравнение (4) и преобразовав его с учетом соотношения $\cos\delta = \cos(\beta_{1p} - \beta_{1п}) = \cos\beta_{1p}\cos\beta_{1п} + \sin\beta_{1p}\sin\beta_{1п}$, получим:

$$\beta_{1r} = \\ = \arcsin\sqrt{\frac{2\,\mathrm{ctg}^2\beta_{1p} - a \pm 2\,\mathrm{ctg}\,\beta_{1p}\sqrt{\mathrm{ctg}^2\beta_{1p} - a - 1}}{4\,\mathrm{ctg}^2\beta_{1p} + a^2}}, \quad (5)$$

где

$$\alpha = \frac{2}{\sin\beta_{1p}\left(\sin\beta_{1p} - 2r/t\right)} - \left(\frac{1}{\sin\beta_{1p} - 2r/t}\right)^2 - 2. \quad (6)$$

Выбирая знак "–" перед внутренним радикалом в формуле (5) будем иметь значение $\beta_{1п1}$, соответствующее положительному предельному углу атаки δ, превышая который будем получать отрыв. При этом $\beta_{1п1} < \beta_{1p}$. Если задать знак "+", получим предельное значение угла $\beta_{1п2}$, соответствующее отрицательному углу атаки, здесь имеем $\beta_{1п2} > \beta_{1p}$. Из формул (5) и (6) видно, что с увеличением параметра $2r/t$, задающего толщину профиля, зона нечувствительности $\beta_{1п2} - \beta_{1п1}$ решетки будет расширяться. Это соответствует известной рекомендации о том, что для снижения потерь в импульсных турбинах, работающих в широком диапазоне изменения углов атаки, следует выбирать профили с утолщенными передними кромками. При $\beta_1 < \beta_{1п1}$ и $\beta_1 > \beta_{1п2}$ сечение наибольшего сужения основного потока d_m будет меньше d_{1p}, и вблизи входа в канале между пластинами образуется отрывная зона. Для определения потерь расширения оторвавшейся струи до сечения присоединения F_{1p} в соответствии с представлением о внезапном расширении воспользуемся теоремой Борда-Карно, согласно которой потери расширения ΔE_1 соответствуют скоростному напору от потерянной скорости $\Delta E_1 = \left(v_m - v_{1p}\right)^2/2$.

Переходя к рассмотрению течения в реальной решетке турбинных профилей, как указывалось выше, кроме отрывных потерь необходимо учесть профильные потери расчетного режима ΔE_p, фактически равные суммарному значению всех профильных потерь на участке нечувствительности к углу атаки. Отметим, что для турбин, работающих в составе двигателей со значительной пульсацией параметров на входе, по сравнению с отрывными эти потери незначительны. Следуя Г. Ю. Степанову, при расчете обтекания в широком диапазоне изменения углов атаки их будем считать неизменными и известными из опытных данных для рассматриваемых типов решеток. Согласно определению $\Delta E_1 = \varsigma_p v_{2t}^2/2$, где v_{2t} — скорость на выходе из решетки при течении без потерь. Пользуясь уравнениями расхода и энергии для сечений наибольшего сужения и выхода из решетки можно получить:

$$\varsigma = 1 - \frac{1 - \varsigma_p}{1 + \left\{t\sin\beta_2\left[1/d_m - 1/(t\sin\beta_{1p} - 2r\right]\right\}^2}, \quad (7)$$

при оценке потерь с помощью коэффициента $\psi = v_2/v_{2t}$ будем иметь:

$$\psi = \sqrt{\frac{1}{1 + \left\{t\sin\beta_2\left[1/d_m - 1/(t\sin\beta_{1p} - 2r\right]\right\}^2}} \times \\ \times\sqrt{1 - \varsigma_p} = \psi_1\psi_p \quad (8)$$

gz618.indd 6 07.05.2018 8:37:52

где $\psi_р$ — скоростной коэффициент профильных потерь безотрывного (расчетного) течения; ψ_1 — скоростной коэффициент, учитывающий отрывные потери. Если высота l каналов решетки от входа к выходу изменяется, в уравнения расхода и энергии подставляются соответствующие значения $l_{1р}$ и l_2, при этом несколько изменится вид формул (7) и (8). Проверка полученных расчетных зависимостей для отрывных потерь была произведена по описанным в литературе результатам продувок большого числа решеток.

На рис. 3 изображены расчетные характеристики $\varsigma = \varsigma(\beta_1)$ и соответствующие экспериментальные данные для шести турбинных решеток завода "Экономайзер" и Брянского машиностроительного завода [7]. Все решетки реактивного типа с последовательно возрастающим параметром $2r/t$, $\beta_{1р} = 80°$, $\beta_2 = 8°$. Продувка проводилась на режиме числа $M_{2t} = 0,5$ ($\lambda_{2t} = 0,534$).

На рис. 4 показаны расчетные характеристики $\varsigma = \varsigma(\beta_1)$ и результаты соответствующих продувок [7] реактивных и активных решеток из атласа

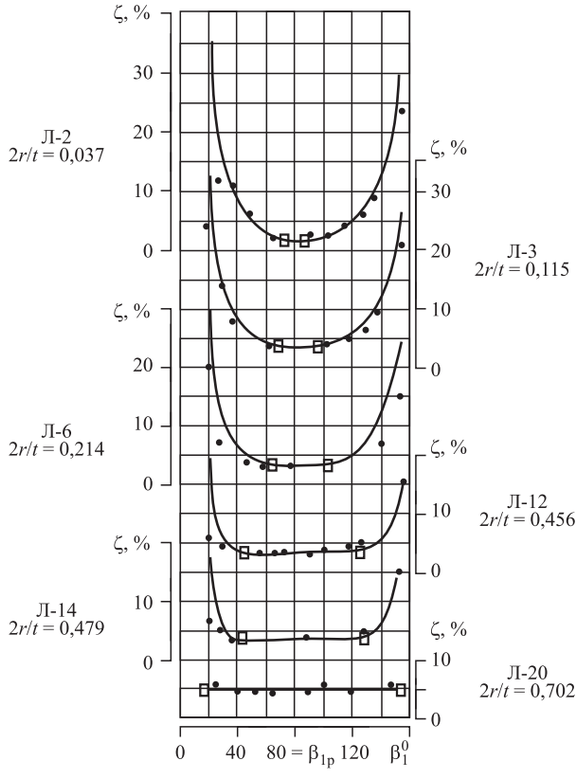

Рис. 3. Зависимость профильных потерь от угла входа потока в решетки:

• — данные экспериментов из работы [7]; — — результаты расчета потерь; □ — расчетные предельные углы отрыва $\beta_{1п}$

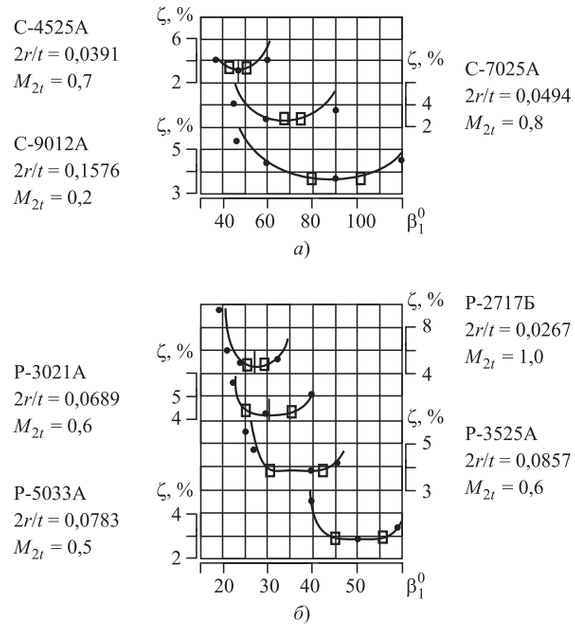

Рис. 4. Зависимость профильных потерь от угла входа в рабочие (*а*) и сопловые (*б*) решетки:

• — эксперименты М. Е. Дейча [8]; — — результаты расчета потерь; □ — расчетные предельные углы отрыва $\beta_{1п}$

М. Е. Дейча и др. [8]. Как видно из этих рисунков, расчетные и экспериментальные данные хорошо согласуются в широком диапазоне углов входа и параметра $2r/t$, определяющего зону нечувствительности к углу атаки. Отметим, что важным достоинством полученных расчетных формул является простота и отсутствие эмпирических коэффициентов.

С использованием изложенных выше основных представлений была разработана методика расчета отрывных потерь на входе в РК и для радиально-осевых турбин, которые также широко применяются в агрегатах наддува двигателей. Результаты соответствующих расчетов тоже хорошо согласуются с имеющимися экспериментальными данными [9].

Для исследования взаимодействия импульсов нестационарного течения с турбинами были разработаны специальные экспериментальные установки, состоящие из генераторов единичных импульсов (одноцикловых генераторов) и турбинных блоков, где частота вращения роторов турбин могла изменяться в широких пределах. Испущенные генераторами и отраженные от турбин импульсы записывались с помощью датчиков давления, установленных в трубопроводах, соединяющих генераторы с турбинными блоками.

На первом этапе выполнялась проверка разработанной методики расчета отрывных потерь

gz618.indd 7 07.05.2018 8:37:52

на входе в рабочую решетку. С целью повышения точности исследования эксперимент проводился без конфузорной части на входе, т. е. сопловой аппарат (СА) отсутствовал. Специальный переходник от трубы, подводящей импульсы от генератора к РК, был выполнен с постоянной площадью проходного сечения. При этом сектор взаимодействия с РК составлял 0,242 от полной окружности, т. е. имел место парциальный подвод к колесу. Это также обеспечивало повышение точности исследования, так как взаимодействие импульсов с колесом в этом случае можно считать сосредоточенным в одном сечении.

Решетка РК имеет 40 лопаток с углами входа и выхода $\beta_{1р} = 36°$ и $\beta_2 = 24°$, расчетный диаметр $D = 150$ мм, радиус скругления передней кромки $r = 0{,}5$ мм. Поскольку конфузорная часть отсутствовала, испущенные импульсы положительной амплитуды, т. е волны сжатия, $p_2 > 0$ (задавались значения $p_2 = 24$, 48 и 73 кПа избыточного давления на гребне волны) отражались волнами разрежения $p_1 < 0$. Форма отраженных волн — гладкая деформированная полусинусоида с крутым задним фронтом, что обусловлено тенденцией к образованию ударной волны. Частота вращения РК могла изменяться от +25 000 до −10 000 мин$^{-1}$, что позволяло исследовать отражение импульсов при их взаимодействии с РК турбины в широком диапазоне изменения окружной скорости u и углов атаки δ.

На рис. 5 представлены результаты экспериментов и соответствующих численных расчетов взаимодействия импульсов с колесом турбины. Как видно из рисунка, имеет место хорошее согласование результатов расчета амплитуд отраженных волн, где используется разработанная методика определения отрывных потерь, с экспериментальными данными, хотя углы атаки достигали весьма больших значений: 25° > δ > −123°. Для сравнения представлены расчетные кривые, полученные с использованием методики расчета отрывных потерь по Г. Ю. Степанову и без учета отрывных потерь, которые показали явно неудовлетворительный результат.

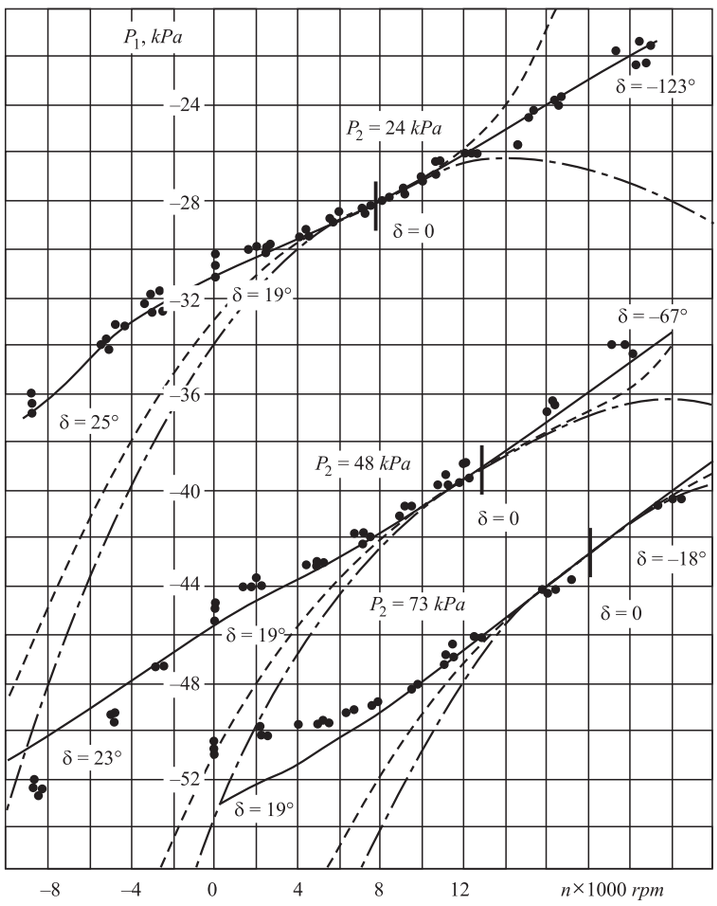

Рис. 5. Зависимость амплитуды отраженного импульса p_1 от частоты вращения n рабочего колеса турбины при различных значениях амплитуды p_2 испущенного импульса:

● — результаты экспериментов; результаты расчетов: ▬ — разработанная методика, – – — методика Г. Ю. Степанова, ▬ - ▬ - — без учета отрывных потерь

На втором этапе расчетно-экспериментальных исследований рассматривалось отражение импульсов от турбины уже со всеми элементами (1 — конфузорная часть с СА, 2 — распределение стока в сопловом срезе по окружности колеса и 3 — само колесо). Два варианта исполнения СА — конфузорная улитка (безлопаточный СА) и конфузорная улитка с лопаточной решеткой перед РК (лопаточный СА) при одинаковой общей степени конфузорности показали практически одинаковую картину отражения. Но в отличие от рассмотренного выше эксперимента без конфузорной части в данном случае отраженная волна имеет гораздо более сложную форму (рис. 6).

Сначала к цилиндру приходит характерный положительный всплеск, обусловленный отражением части фронта исходной волны от имеющего определенную протяженность конфузорного СА. Амплитуда этого всплеска не зависит от частоты вращения колеса. И только затем приходит "вакуумная" часть волны, обусловленная взаимодействием с решеткой РК, причем она имеет излом, связанный с обратным проходом через СА. Амплитуда этой части существен-

gz618.indd 8 07.05.2018 8:37:52

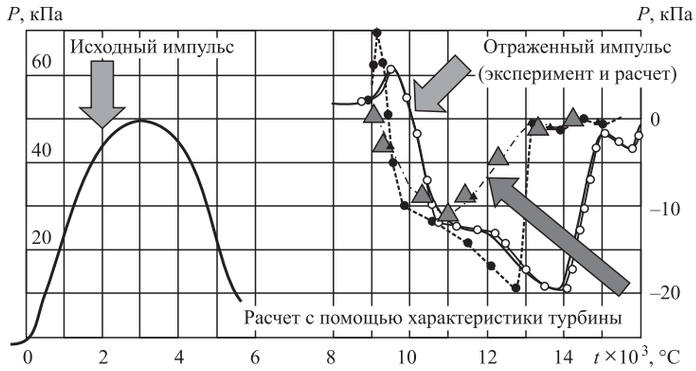

Рис. 6. Взаимодействие импульса с осевой турбиной при n = 7500 мин$^{-1}$.

Слева — исходный импульс, справа — отраженный от турбины: — — экспериментальные данные, —o— o— — расчет с учетом реальной длины L соплового среза, --•--•-- — расчет без учета распределения стока по длине соплового среза, --▲-- — расчет с использованием характеристики турбины

но зависит от частоты вращения n колеса, т. е. фактически от величины энергии, отбираемой РК от импульса. С увеличением n отбор энергии возрастает, что является как бы аналогом уменьшения пропускной способности турбины (μF), и экстремум этой части волны поднимается выше.

На рис. 6 представлены и результаты соответствующих численных расчетов отраженной волны. Наиболее точный результат получается с учетом всех трех факторов (конфузорность, 2-стоковое представление распределения взаимодействия по длине L дуги соплового среза и учет отрывных потерь). Причем фактически время этого взаимодействия соответствует двойному ходу волнового возмущения от начала до конца соплового среза.

Для сравнения был выполнен расчет с допущением о сосредоточенности взаимодействия с РК в одной точке, т. е. при $L = 0$. Соответствующие результаты также показаны на рис. 6, где видны значительные отличия от реального "растянутого" варианта. Начальный всплеск, соответствующий отражению части исходного фронта от СА, стал более резким, его амплитуда удвоилась. В целом отражение по времени сжалось в 1,7 раза, важный фактор времени прихода вершины и заднего фронта волны определяется с большой ошибкой по отношению к реальному.

Был произведен также расчет взаимодействия с турбиной с применением широко известного приема, когда в одном граничном сечении используются результаты статических испытаний турбины, т. е. ее характеристика. Результаты расчета показывают (рис. 6), что в этом случае отраженный импульс имеет упрощенную, не соответствующую реальной картине форму. Его амплитуда вдвое меньше, продолжительность в 1,7 раза короче, чем в действительности. Такой же неудовлетворительный результат получается при использовании ГУ типа "специально подобранное сопло".

В итоге можно сделать вывод, что разработанные ГУ у турбины, содержащие принципы учета протяженной конфузорной части с СА, распределения взаимодействия на длине окружности среза СА и методику расчета отрывных потерь в широком диапазоне изменения углов атаки на входе в РК, обеспечивают хорошее согласование с реальной картиной волнового взаимодействия с турбинами в широком диапазоне изменения параметров и режимов. Специально следует отметить универсальность и точность предложенной методики расчета отрывных потерь, где впервые аналитически определяются зоны нечувствительности решетки профилей к углу атаки. В целом можно констатировать, что разработанные граничные условия для расчета взаимодействия импульсов с турбинами вполне применимы для уточненного численного моделирования выпуска в импульсных системах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Grishin Y.** Unsteady Flow Pulses Interaction with a Turbine. CIMAC Congress. — Helsinki, 2016/308, June 6—10. — P. 1—11.
2. **Aymanns R., Scharf J., Uhlmann T., Pischinger S.** Turbocharger Efficiencies in Pulsating Exhaust Gas Flow // MTZ. — 2012. — Vol. 73. — N 07. P. 34—39.
3. **Palfreyman D., Martinez-Botas R. F.** The Pulsating Flow Field in a Mixed Flow Turbocharger Turbine: An Experimental and Computational Study // Transactions of ASME. Journal of Turbomachinery. — 2005. — Vol. — 127. — P. 144—155.
4. **Пирумов У. Г., Росляков Г. С.** Численные методы газовой динамики. — М.: Высшая школа, 1987. — 232 с.
5. **Степанов Г. Ю.** Гидродинамика решеток турбомашин. — М.: Физматгиз, 1962. — 512 с.
6. **Grishin Yu., Krouglov M.** Calcul des pertes de l'ecoulement et construction des caracteristiques des grilles d'aubes // Entropie. — 1979. — № 86. — P. 40—45.
7. **Кириллов И. И., Кириллов А. И.** Теория турбомашин. — Л.: Машиностроение, 1974. — 320 с.
8. **Дейч М. Е., Филиппов Г. А., Лазарев Л. Я.** Атлас решеток осевых турбин. — М.: Машиностроение, 1965. — 92 с.
9. **Гришин Ю. А.** Определение отрывных потерь в рабочих колесах радиально-осевых турбин // Сб. науч. трудов по материалам международной конференции "Двигатель-2007", посвященной 100-летию школы двигателестроения МГТУ им. Н. Э. Баумана / Под ред. Н. А. Иващенко, В. Н. Костюкова, А. П. Науменко, Л. В. Грехова. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. — С. 446—450.

gz618.indd 9 07.05.2018 8:37:52

УДК 629.113.004.67:621.892

М. Ю. Карелина, д-р техн. наук, ФГБОУ ВПО Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), **А. Б. Лагузин,** ГНЦ РФ ФГУП "НАМИ", г. Москва
E-mail: karelinamu@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПАР ТРЕНИЯ ПЕРФТОРИРОВАННЫМИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Выполнена оценка оптимальной технологии модифицирования пар трения перфторированными поверхностно-активными веществами (ПАВ). Базовой исследуемой характеристикой оптимизации был принят объем смазки, удерживаемой на поверхности — Y, которая естественным образом наиболее существенно зависит от концентрации раствора C, и шероховатость поверхности R [1—4].

Ключевые слова: *поверхностно-активные вещества, технология модифицирования, пары трения, перфторирование.*

The estimation of the optimum technology of modification of friction pairs other superficially active substances is made. The basic investigated characteristic of optimization has been accepted volume of the lubricant held on a surface — Y which naturally most essentially depends on concentration of a solution C, and roughness of a surface R [1—4].

Keywords: *superficially active substances, technology of modification, friction pairs, perftorirovanie.*

В общем случае для решения данной задачи предлагается использовать методы планирования эксперимента. Естественно, что модели линейных эффектов могут достаточно адекватно формировать зависимости, однако в ряде случаев необходимы и коэффициенты при переменных для больших степеней (квадраты, кубы и т. д.). В рамках двухфакторного эксперимента модель представляет выражение:

$$y = b_0x_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2. \quad (1)$$

Сформированные векторы x_1^2 и x_2^2 представляют единичные вектор-столбцы, которые равны фиктивному столбцу x_0 и совпадают между собой. Формально это выражается соотношением $b_0 \to \beta_0 + \sum_{i=1}^{k}\beta_{ii}$. А в целом для квадратичной схемы имеет место форма смешивания:

$$b_0 \to \beta_0 + \beta_{11} + \beta_{22};\ b_1 \to \beta_1;\ b_2 \to \beta_2;\ b_{12} \to \beta_{12}. \quad (2)$$

Следовательно, планирование эксперимента на двух уровнях не дает возможности получить раздельные оценки коэффициентов при квадратичных членах и фиктивной переменной x_0.

В общем случае при решении задачи поиска числа уровней раздельных оценок каждой из независимых переменных, число уровней должно быть больше степени интерполяционного полинома на единицу. Так, использование полных факторных планов (например, 3^n) достаточно проблематично в связи с резким увеличением количества экспериментов, а для формирования статистики физико-механических экспериментов это может быть достаточно дорогостоящей процедурой.

Восьмиугольный план (рис. 1) естественным образом расширяется для создания планов второго порядка.

При этом полный факторный эксперимент 2^n сначала дополняется центральной точкой (0, 0, ..., 0), а затем звездными, которые принадлежат сфере диаметром 2α и имеют координаты (0, 0, ..., $\pm\alpha$, ..., 0). Такая процедура формирует композиционный план второго порядка.

При формировании этих планов добавление сфер, сформированных звездными точками и центральной точкой, дает возможность получить независимые оценки b_0 и b_{ii}. При этом три сферы создают композиционный план эксперимента

gz618.indd 10 07.05.2018 8:37:52

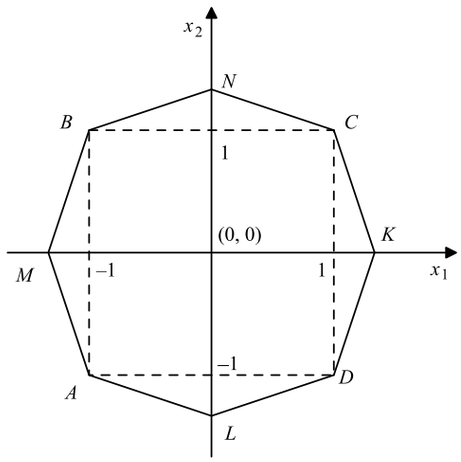

Рис. 1. Г еометрическое пред ставление в осьми-угольного плана

второго порядка. При формировании планов используются различные критерии оптимальности. В зависимости от этого имеет место ортогональное и рототабельное композиционное планирование.

Основным критерием оптимальности при построении планов служит независимость столбцов матрицы плана, что дает возможность независимого расчета коэффициентов регрессии. В общем случае ортогональность x_0 и x_i^2 может быть получена путем преобразования:

$$\hat{x}_i^2 = x_i^2 - \sum_{j=1}^{N} x_{ji}^2 \Big/ N = x_i^2 - \overline{x}_i^2,$$

которое получает следующий результат:

$$\sum_{j=1}^{N} x_{j0}^2 \hat{x}_{ji}^2 = \sum_{j=1}^{N} x_{j0}^2 \left(x_{ji}^2 - \sum_{j=1}^{N} x_{ji}^2 \Big/ N \right) = 0.$$

При этом координата α-звездной точки для анализируемых независимых переменных выбирается на основании условия ортогональности.

В рамках ортогонального композиционного планирования и, соответственно, обработки результатов экспериментов имеются некоторые особенности. Так, дисперсии оценок коэффициентов регрессии имеют различные значения для каждого коэффициента:

$$S_{b_i}^2 = S_y^2 \Big/ \left(P \sum_{j=1}^{N} z_{ji} \right),$$

где P представляет количество параллельных испытаний, а знаменатель выражения для различных коэффициентов также различен. При этом для полного квадратичного полинома уравнение регрессии имеет вид:

$$y = b_0^* + \sum_{i=1}^{n} b_i x_i + \sum_{i,i=1}^{n} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^{n} b_{ii} x_i^2, \quad (3)$$

где $b_0^* = b_0 - \sum_{i=1}^{n} b_{ii} \overline{x}_i^2$, n определяет число факторов, а дисперсия этого коэффициента b_0^* рассчитывается как $S_{b_0^*}^2 = S_{b_0}^2 + \sum_{i=1}^{n} S_{b_{ii}}^2 \overline{x}_i^2$. Для остальных коэффициентов b_i, b_{ii} и b_{ij} справедливы следующие соотношения:

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^{N} x_{ji} \overline{y}_j}{\sum_{i=1}^{n} x_{ji}}; \quad b_{ii} = \frac{\sum_{u=1}^{N} x^2{}_{ui} \overline{y}_u}{N}; \quad b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^{N} x_{ui} x_{uj} \overline{y}_u}{N}, \quad (4)$$

где $u = \overline{1, N}$ определяет количество испытаний, P — число прогонов, а $\overline{y}_u = \sum_{p=1}^{P} y_p \Big/ P$.

Оценка значимости коэффициентов рассчитывается на основании критерия Стьюдента, т. е.:

$$t_i = b_i / S_{b_i},$$

где $S_{b_i}^2 = S_y \Big/ \left(P \sum_{u=1}^{N} x_{ui} \right)$ представляет значение дисперсии для оценки коэффициента b_i. Адекватность модели выполняется на основании методики Фишера с помощью F-критерия [5].

Композиционные центральные рототабельные планы также представляют множество точек, лежащих на трех сферах: сфере звездных точек, сфере точек гиперкуба и центральных точек, лежащих на сфере нулевого радиуса. Данный эксперимент выполняется по аналогии с полным факторным экспериментом, но оценки коэффициентов регрессии вычисляются на основе собственных соотношений. Для свободного члена и диагональных членов справедливо:

$$b_0 = \frac{A}{N} \left[2\lambda^2 (n+2) \sum_{j=1}^{N} x_{j,0} \overline{y}_j - 2\lambda C \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{N} x_{j,i} \overline{x}_j \right]; \quad (5)$$

gz618.indd 11 07.05.2018 8:37:52

$$b_{ii} = \frac{A}{N}\left\{C^2\left[(n+2)\lambda - n\right]\sum_{j=1}^{N} x_{j,i}\bar{y}_j + \right.$$
$$\left. + C^2(1-\lambda)\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{N} x_{j,i}\bar{x}_j - 2\lambda C\sum_{j=1}^{N} x_{j,0}\bar{y}_j\right\}. \quad (6)$$

Для линейных членов и их несимметричных комбинаций соотношения имеют вид:

$$b_i = \frac{C}{N}\sum_{j=1}^{N} x_{j,i}\bar{y}_j;\ \ b_{ij} = \frac{C^2}{N\lambda}\sum_{u=1}^{N} x_{ui}x_{uj}\bar{y}_u. \quad (7)$$

Присутствующие в соотношениях константы A, C и λ, соответственно, равны:

$$A = \frac{1}{2\lambda\left[(n+2)(\lambda-n)\right]};\ \ C = \frac{N}{\sum_{j=1}^{N} x_{j,i}};$$

$$\lambda = \frac{nN\sum_{w=1}^{k} N_w P_w}{(n+2)\left(\sum_{w=1}^{k} N_w P_w^2\right)^2}, \quad (8)$$

где N_w — число точек на сфере радиуса P_w; k — число сфер ($k = 3$).

Проверка значимости коэффициентов выполняется на основании t-критерия Стьюдента, а оценки дисперсии и коэффициентов рассчитываются как

$$S^2_{b_0} = \frac{2A\lambda^2(n+2)S_y^2}{NP};$$
$$S^2_{b_{ii}} = \frac{A\left[(n+1)\lambda-(n-1)\right]C^2S_y^2}{NP};\ \ S^2_{b_{ij}} = \frac{C^2S_y^2}{\lambda NP}. \quad (9)$$

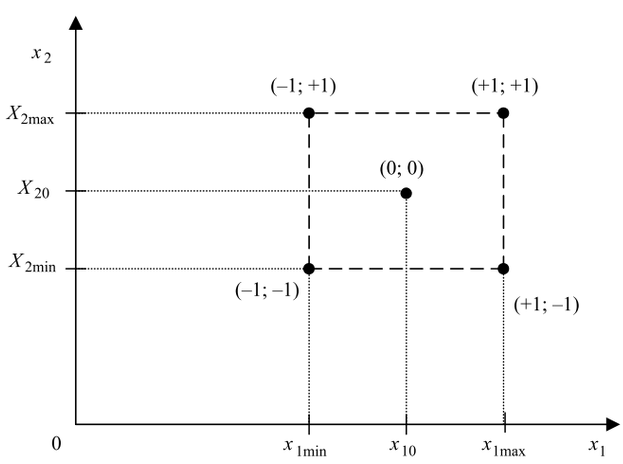

Рис. 2. Границы варьирования факторов

Таблица 1

Результаты испытаний объема смазки

№ опыта	Уровни факторов		Результаты испытаний Y для параллельных экспериментов, мг		
	Концентрация фтор-ПАВ, C, %	Шероховатость R_a, мкм	$Blok_1$	$Blok_2$	$Blok_3$
1	0,1(–)	0,1(–)	0,49	0,47	0,48
2	0,5(+)	0,1(–)	0,33	0,30	0,30
3	0,1(–)	0,3(+)	1,84	1,91	1,86
4	0,5(+)	0,3(+)	1,13	1,15	1,11
5	0,3(0)	0,2(0)	2,35	2,38	2,38
6	0,5(+)	0,2(0)	1,66	1,68	1,67
7	0,1(–)	0,2(0)	1,90	1,92	1,91
8	0,3(0)	0,3(+)	2,23	2,27	2,22
9	0,3(0)	0,1(–)	0,67	0,65	0,69

Проверка адекватности модели выполняется на основе наиболее распространенного метода Фишера [5]. В общем случае можно отметить, что рототабельные планы достаточно часто используются в практике проведения экспериментов физико-химических испытаний.

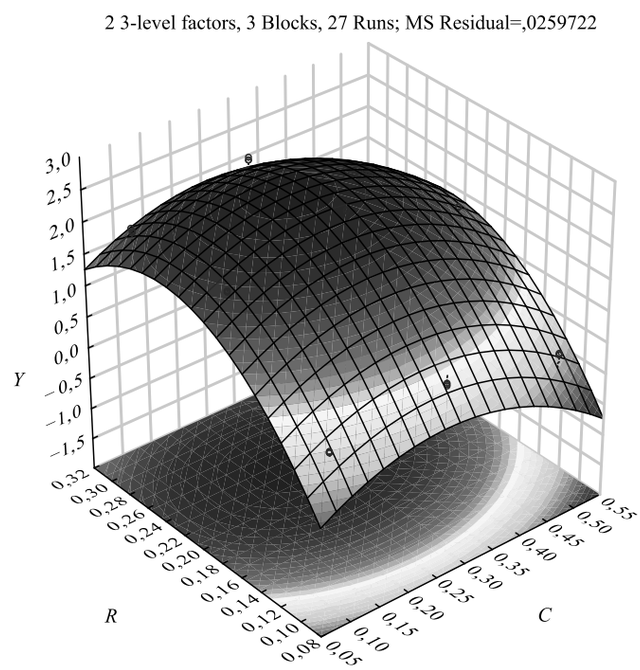

Рис. 3. Поверхность отклика объема смазки от концентрации и шероховатости

gz618.indd 12 07.05.2018 8:37:52

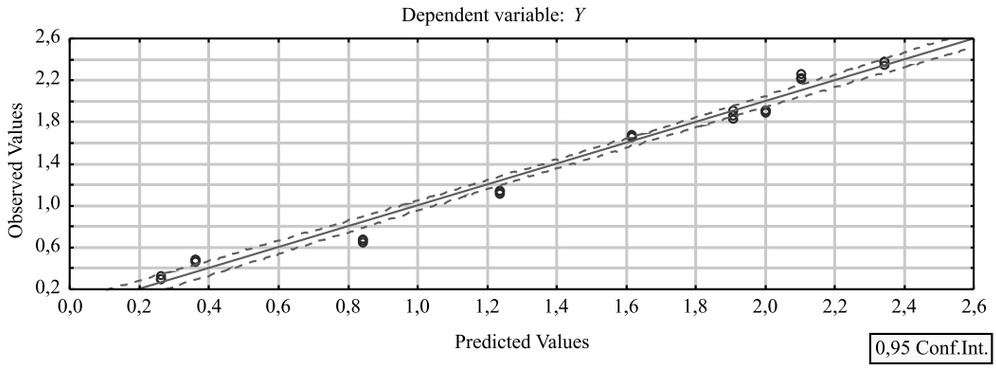

Рис. 4. График прогнозных значений относительно наблюдаемых

Диапазон варьирования факторов концентрации раствора *C* и шероховатости поверхности *R* был выбран в рамках проведения ряда испытаний и составил: 0,1 % — 0 ,5 % для нижней и верхней границ концентрации раствора *C,* 0,1 мкм — 0,3 мкм для нижней и верхней границ шероховатости поверхности *R* (рис. 2).

В проведения плана испытаний использовалась модель регрессии второго порядка:

$$y = b_0x_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 \quad (10)$$

с использованием ортогонального трехуровневого Box-Behnken плана для трехкратного повторения (табл. 1). Построенная поверхность отклика (рис. 3) и график прогнозных значений относительно наблюдаемых (рис. 4) показывает, что квадратичная аппроксимация является вполне адекватной моделью для данной зависимости.

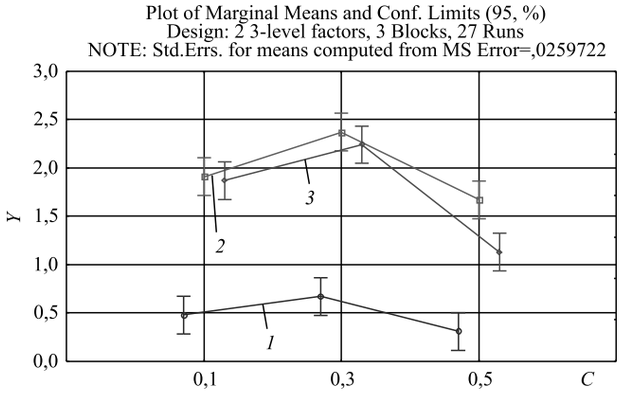

Рис. 5. Диаграмма разброса *Y*(*C*|*R*):
1 — *R*1; *2* — *R*2; *3* — *R*3

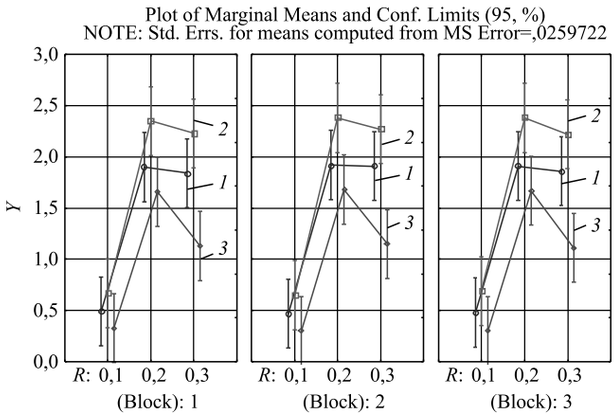

Рис. 6. Диаграмма разброса *Y*(*R*|*C*) для всех блоков:
1 — *C*1; *2* — *C3*; *3* — *C*5

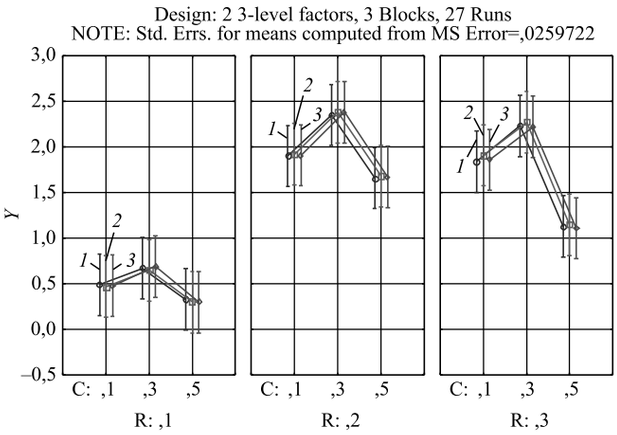

Рис. 7. Сравнительный анализ испытаний по блокам:
1 — block 1; *2* — block 2; *3* — block 3

gz618.indd 13 07.05.2018 8:37:53

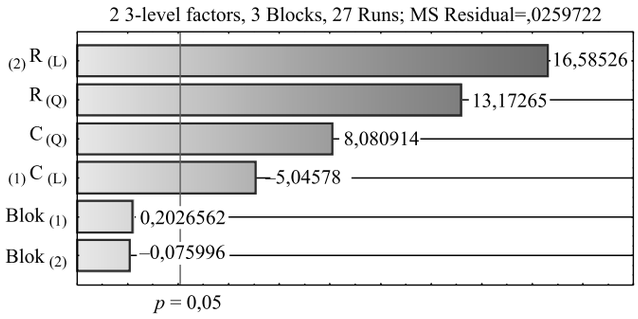

Рис. 8. Парето-диаграмма оценки эффектов факторов

Таблица 2

Оценка параметров регрессии

Factor	Effect	Std.Err.	t(20)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
Effect Estimates; Var.: Y; R-sqr=,96425; Adj:,95352 (CR_5.sta) 2 3-level factors, 3 Blocks, 27 Runs; MS Residual=,0259722 DV: Y						
Mean/Interc.	1,406	0,031	45,318	0,000	1,341	1,470
Blok(1)	0,018	0,088	0,203	0,841	-0,165	0,201
Blok(2)	-0,007	0,088	-0,076	0,940	-0,190	0,176
(1)C(L)	-0,383	0,076	-5,046	0,000	-0,542	-0,225
C(Q)	0,532	0,066	8,081	0,000	0,394	0,669
(2)R(L)	1,260	0,076	16,585	0,000	1,102	1,418
R(Q)	0,867	0,066	13,173	0,000	0,729	1,004

Более детальное представление зависимости в различных разрезах доверительных интервалов представлено на рис. 5—7.

В целом, видно, что эффект блока практически отсутствует, что подтверждается Парето-диаграммой (рис. 8).

В рамках проведенного анализа факторного плана получены значения всех параметров регрессии (табл. 2).

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать выводы, что на маслоудержание влияет концентрация фтор-ПАВ в рабочем растворе и шероховатость. Максимальный эффект достигается при концентрации 0,346 % и шероховатости 0,238 мкм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гайдар С. М.** Применение нанотехнологий для повышения надежности машин и механизмов // Грузовик. — 2010. — № 10. — С. 38—41.
2. **Гайдар С. М.** Характеристика и показатели наноматериалов для снижения износа деталей сельхозмашин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 2009. — № 12. — С. 20—22.
3. **Гайдар С. М.** Модификация консистентных смазок с использованием нанотехнологии // Техника в сельском хозяйстве. — 2010. — № 2. — С. 38—40.
4. **Карелина М. Ю., Гайдар С. М.** Исследование эффективности триботехнических препаратов на основе наноматериалов // Грузовик. — 2015. — № 4. — С. 17—29.
5. **Гайдар С. М.** Планирование и анализ эксперимента: учебник. — М.: Изд-во ФГБНУ "Росинформагротех", 2015. — 548 с.

Коленчатые валы для легковых иномарок

Кузнечный завод ПАО "КАМАЗ" успешно прошел аудит двухдневного производства, организованный представителями компании "Фольксваген Груп Рус", и получил одобрение на производство коленчатых валов для легковых автомобилей.

Со следующего года кузнечный завод будет работать с партнерами из Калуги в статусе постоянного поставщика. По словам заместителя директора кузнечного завода по качеству Александра Чеха, финальному аудиту предшествовала гигантская подготовительная работа и целая серия визитов аудиторов. Основная тяжесть задач легла на конструкторско-технологическую службу завода, которой предстояло с нуля спроектировать новую поковку, создать документацию, прописать все техпроцессы и организовать подготовку производства. Все — в соответствии с требованиями и стандартами мирового уровня. В результате в партнерстве с одним из ведущих мировых производителей реализован серьезный коммерческий проект.

Директор кузнечного завода Александр Калашников отметил, что в плане инженерии найдено очень много новых решений по проектированию продукта и оснастки. "Изделия столь высокой точности на кузнечном заводе еще не изготавливались. Сегодня это отлаженный серийный процесс, — подчеркнул он. — Создан хороший задел: в будущем году на четверть вырастут наши объемы продукции диверсификации, а это — загруженность персонала и определенная страховка в плане уменьшения рисков в связи с колебаниями на рынке".

Главный итог финального аудита в том, что представители заказчика убедились: весь процесс настроен и действительно обеспечивает серийность производства поковки коленчатого вала на легковой автомобиль с требуемым качеством и в требуемых объемах. "Пока, соизмеряясь с силами действующего оборудования, оцениваем свои возможности в 150 тыс. поковок в год, — рассказал Калашников. — А дальнейшее развитие и наращивание объемов связываем с проектом модернизации, закупкой нового оборудования. Работа уже началась".

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ

gz618.indd 14 07.05.2018 8:37:53

УДК 629.113.004.67:621.892

А. В. Дунаев, канд. техн. наук, Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка" (ФГБНУ ГОСНИТИ), e-mail: dunaev135@mail.ru, **В. Э. Шалимов,** д-р техн. наук, e-mail: badim62@mail.ru, **А. И. Дворцов,** научно-исследовательский испытательный центр (исследований и перспектив развития АТ ВС РФ) 3 Центрального научно-исследовательского института Минобороны России. г. Бронницы Московской области, e-mail: ya.damaskus@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОМОДИФИКАТОРОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ УЛУЧШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ АВТОМОБИЛЕЙ

В статье рассматриваются результаты исследований использования трибопрепаратов на основе геомодификаторов при безразборном восстановлении изношенных сопряжений в агрегатах автомобильной техники. Изложен метод, который позволяет проводить восстановление работоспособности и существенное продление ресурса изношенного парка автомобилей в режиме штатной эксплуатации без какого-либо технологического оборудования, с минимальными затратами времени и средств, специалистами средней квалификации.

Ключевые слова: *геомодификатор, триботехника, трибосостав, реагент восстановительного действия.*

Results of the studies of the use tribopreparations are considered in article on base geomodifications for recovering without takedown the worn-out interfacing in unit of the car technology. It is specified method, which allows to conduct reconstruction to capacity to work and essential extension of the resource worn-out parka cars in mode of the staff usage without some technological equipment, with minimum expenses of time and facilities, specialist to average qualification.

Keywords: *geomodification, tribotechnology, tribocomposition, reagent of the reconstruction action.*

(Рисунки на 2-й полосе обложки)

Эффективность управления техническим состоянием автомобилей находится в прямой зависимости от организации ее эксплуатации.

Важнейший вопрос совершенствования управления техническим состоянием машин — это выбор прогрессивных технологий и систем обеспечения их надежности.

Традиционные смазочные материалы, достигнув высочайшего совершенства, почти исчерпали свои возможности, а повышение энергонапряженности узлов и агрегатов машин требует более высокой, порой экстремальной их работоспособности.

Присадки в смазочных материалах оказывают недостаточное влияние на триботехнические параметры поверхностей трения, не образуют на них прочные защитные покрытия. А возможности повышения качества даже синтетических масел с присадками почти исчерпаны. Вместе с тем масла и смазки не устраняют изнашивание, обусловленное нестационарностью трения, разнообразием условий эксплуатации и окружающей среды.

Геомодификаторы — это отдельная группа антифрикционных восстанавливающих продуктов.

Из курса геологии известно, что в природе слоистые силикаты (в частности, серпентины) играют роль граничных смазок — зеркал скольжения — континентальных плит при тектонических подвижках и смещениях. В течение последних 45 лет российскими учеными был сделан ряд открытий и изобретений (Гаркунов, Крагельский 1969 г., Силин и др. 1971 г., Маринич Т. Л. и др. 1981 г.), направленность которых определила возможность технической реализации "зеркал скольжения", аналогичных природным, на поверхностях трения в реально действующих механизмах и послужило основой для появления геомодификаторов. Современные методы исследований подтвердили практическую действенность и значимость свойств геомодификаторов, изготовленных из древнейших горных пород.

История появления различных по составу геомодификаторов с использованием указанных групп минералов насчитывает сегодня более 10 продуктов. Эти трибосоставы с разными

gz618.indd 15 07.05.2018 8:37:53

результатами подтвердили свою работоспособность на практике.

Однако все они по-разному ведут себя с разными материалами и сопряжениями. Поэтому подбор соответствующих трибосоставов или создание более универсального соединения минералов, способного создавать "зеркала скольжения" на различных видах сопряжений, условий работы пар трения, а также материалов, из которых эти пары изготовлены, является очень важной задачей.

Геомодификаторы в силу своей уникальности способны предотвращать возникновение основных первичных разрушающих факторов, таких как:

— электрохимическая коррозия;

— механическое изнашивание;

— водородное охрупчивание и др.

Исследованиями установлено, что использование геомодификаторов на основе серпентина снижает потери на трение до 30 %, повышает износостойкость в 1,5—3 раза, увеличивает ресурс смазок в 1,5—3 раза, экономит энергоресурсы на 15...20 %, уменьшает шумовые и виброхарактеристики, у двигателей внутреннего сгорания снижает токсичность отработавших газов. Серпентин — это групповое название минералов, силикатов сложного строения (анигорит, лизардин, хризонит) основная часть горной породы — серпентина. Химический состав этих минералов включает: окись магния (MgO) 43 %, двуокись кремния (SiO_2) 44,1 %, вода (H_2O) 12,9 %. Часто присутствуют в виде примеси окиси железа и никеля.

Для создания защитного покрытия на поверхностях трения их вводят в масла и смазки агрегатов машин и оборудования при техническом обслуживании, текущем ремонте в небольшом количестве (модификаторы в масла в основном 0,01...0,40, до 3 %, а в смазки до 4 %).

Толщина этих пятен относительно мала, так как в реакцию вступает незначительное количество частиц реагента восстановительного действия (РВД) вследствие их ограниченности в зоне трения. По мере продолжения поступления частиц РВД в паре трения процесс изменения трущихся поверхностей увеличивается.

Практика показала, что особая структура микрочастиц РВД способствует более качественной очистке микрорельефа поверхностей, чем это достигается современными моющими средствами, которые смывают загрязнения с поверхности, но не вычищают микрорельеф. Уже через час приработки РВД можно зафиксировать изменения в параметрах работы восстанавливаемого механизма. Продукты распада РВД модифицируют поверхность на глубину 1...3 мкм и образует зеркало скольжения.

Все вышеуказанные процессы протекают практически одновременно и имеют место до тех пор, пока в носителе не иссякнет РВД или пока в системе не наступит равновесие, т. е. все зазоры будут выбраны до оптимальной величины, определяемой термодинамическими процессами, протекающими в каждой точке локального контакта данной системы. Теперь в местах контакта вместо трения "металл—металл" будет металл—модифицированный слой, а эта пара имеет существенно низкий коэффициент трения и гораздо высокую износостойкость.

Высокое удельное электрическое сопротивление обработанной поверхности способствует снижению электрохимических и электромагнитных явлений, способствующих снижению износа.

Высокие пьезоэлектрические свойства способствуют подавлению трибоэлектрического эффекта.

Кроме того, после обработки составом РВД существенно меняется роль масла, оно сводится в основном к отводу тепла от пар трения. Поэтому в ряде случаев, когда не слишком сильно нарушаются температурные режимы, агрегаты кратковременно могут работать вообще без масла. В обычном случае это может привести к катастрофическим последствиям.

В условиях лаборатории триботехнических исследований кафедры "Технический сервис" ФГОУ ВПО "Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д. К. Беляева" проводились испытания моторного масла М-10ДМ с добавлением геомодификаторов различных производителей на деталях "диск (ролик) — колодка (гильза)".

Материалы деталей: ролик — сталь 40Х HPC 55...59 (диаметром 60 мм); колодка — чугун специальный (гильза Д-240 диаметром 110 мм).

Смазочный материал: М-10ДМ (ГОСТ), объем ванночки 100 мл.

На рис. 1 и 2 представлены зависимости момента трения от пути трения при нагрузке $N = 300$ Н, $V_{ск} = 3{,}14$ м/с ($pV = \text{const}$), температуры в зоне контакта от пути трения при нагрузке $N = 300$ Н, $V_{ск} = 3{,}14$ м/с ($pV = \text{const}$) и коэффициента трения от нагрузки в паре трения "ролик-

gz618.indd 16 07.05.2018 8:37:53

колодка" в присутствии смазочных материалов и смазочных композиций в условиях ступенчатого нагружения (интервал 5 мин) при $V_{ск}$ = 3,14 м/с.

Самый низкий и стабильный момент трения, а также выделение тепла в зоне трения имеют масла М-10ДМ с добавлением геомодификаторов от производителей РВД (ООО "Триггер", г. Ногинск Московской обл., "Бемит" и "RUTEC REISER" (VICCO, ЗАО "КРИК").

На сегодняшний день технология РВД, используемая некоторыми автохозяйствами, предприятиями и другими структурами, показывает улучшение эксплуатационных свойств, их автомобилей, станков и различных механизмов, экономию топливно-смазочных материалов. Это подтверждено многочисленными актами, фотографиями и отзывами (рис. 3—5).

Таким образом, намечен путь к формированию прочных защитных пленок на любых поверхностях металлов, с использованием дешевых природных катализаторов. Это может иметь большое народно-хозяйственное значение для многих отраслей, для получения сверхпрочных нанопокрытий на металлоконструкциях.

Это инновационное направление обладает очень высокой рентабельностью (500...800 %) и подлежит безусловному применению в техническом сервисе автомобильного парка. Для реализации таких возможностей требуется доработка НТД на техническую эксплуатацию автомобилей.

Выявленные возможности нетрадиционной триботехники позволяют не только совершенствовать теорию трения, но и развивать теорию безызносности. Однако сегодня достоверного понимания геотрибомодификации сопряжений трения в смазках и насухую еще нет. Состав, структура геомодифицированных поверхностей, механизм работы геомодификаторов трения, методы управления им, пределы их возможностей требуют углубленного исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Белый И. Ф., Меркулов А. Ф., Белый В. И., Голубев И. Г.** Эффективное использование антифрикционных добавок к трансмиссионным и моторным маслам. — М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2011. — 52 с.
2. **Васильков Д. В., Пустовой И. Ф., Пустовой Н. И.** Анализ поверхностного слоя, формируемого минеральными модификаторами поверхности трения // Труды ГОСНИТИ. — 2011. — Т. 107, Ч. 2. — С. 11—13.
3. **Ващенок А. В., Казарезов В. В., Таловина И. В., Костенко В. В.** Серпентины в триботехнике // Минералогия. — 2002. — № 1. — С. 12—17.
4. **Герман А. Ю.** Нетрадиционный ремонт двигателей // Инструмент. — 1996. — № 1. — С. 28.
5. **Долгополов К. Н., Потеха В. Л., Любимов Д. Н.** Трибология геомодифицированных смазочных материалов: монография. — Гродно: ГГАУ, 2013. — 430 с.
6. **Новая** противоизносная и антифрикционная ресурсовосстанавливающая композиция присадок к смазочным материалам / Ю. Н. Дроздов, И. А. Буяновский, М. Н. Зеленская, Ю. В. Гостев, В. И. Новиков, Н. Р. Заславский и др. // Проблемы машиностроения и надежности машин. — 2004. — № 5. — С. 50—53.
7. **Дунаев А. В., Шарифуллин С. Н.** Модернизация изношенной техники с применением трибопрепаратов. — Казань: Издание Казанского университета. — 2013. — 272 с.
8. **Зуев В. В.** Конституция, свойства минералов и строение земли (энергетические аспекты). — СПб.: Наука, 2005. — 400 с.
9. **Кобыльсков И. П.** "РВС-технология" в промышленности и на транспорте // Ж. "МТС". — 2009. — № 1. —С. 65—67.
10. **Ладиков В. В., Дунаев А. В., Чечет В. А. и др.** Безразборные технологии увеличения эксплуатационного ресурса автотранспортной техники. — М.: VICCO, 2004. — 52 с.
11. **Лазарев С. Ю.** О концептуальных вопросах исследований в области трибологии природных минеральных материалов // Труды ГОСНИТИ. — Т. 124, Ч. 2. — С. 47—52.
12. **Павлов О. Г.** Инновационная технология безразборного ремонта узлов трения промышленного оборудования и автотехники // Инженерный Клуб Санкт-Петербурга. — 2013. — № 3. — С. 42—45.

gz618.indd 17 07.05.2018 8:37:53

УДК 629.113

В. Н. Козловский, д-р техн. наук, **Д. В. Айдаров,** канд. техн. наук, СамГТУ, г. Самара,
М. М. Васильев, канд. экон. наук, МИР, г. Самара, **В. В. Дебелов,** канд. техн. наук,
НАМИ, г. Москва
E-mail: kozlovskiy-76@mail.ru

РАЗВИТИЕ ПРОЕКТОВ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И АВТОМОБИЛЕЙ С КОМБИНИРОВАННОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКОЙ

В работе представлены результаты исследования технических и технологических изменений в автомобильной промышленности в контексте развития проектов электромобилей и автомобилей с комбинированной энергоустановкой.

Ключевые слова: *автомобилестроение, электромобиль, автомобиль с комбинированной энергоустановкой.*

The paper presents the results of a study of technical and technological changes in the automotive industry in the context of the development of projects for electric vehicles and hybrids.

Keywords: *motor industry, electric car, hybrid.*

Развитие проектов электромобилей (ЭМБ) и автомобилей с комбинированной энергоустановкой (АКЭУ) представляет собой направление, несущее серьезные изменения для традиционной автомобильной промышленности, ее конструкторской и технологической базы. Эти фундаментальные преобразования обеспечивают более крупные научно-технические прорывы, чем реализация любых новых проектов в рамках традиционных форм.

В гораздо большей степени такая тенденция характерна для проектов АКЭУ. Большой интерес при этом представляет собой решение задачи взаимодействия электромобилей и соответствующей структуры электроснабжения. Кроме того, существуют проблемы обеспечения качества и надежности таких автомобилей по причине отсутствия специальных инструментов, ориентированных на данный сегмент транспортных средств [1—4].

Развитие "зеленых технологий" выводит на рынок целый ряд новых игроков — производителей соответствующих компонентов и услуг, изменяется конкурентная среда. Даже в большей степени, чем можно было бы предполагать.

Важнейшее значение для успешного внедрения электромобилей и автомобилей с комбинированной энергоустановкой по всему миру приобретает взаимосвязь между тремя наборами технологий, а также проблема качества их обеспечения. Первичными проблемами проектов таких автомобилей являются: хранение электроэнергии, обеспечение привода колес, а также реализация алгоритмов оптимального управления движением в различных режимах [5].

Существует также целый ряд вторичных проблем, которыми необходимо заниматься для обеспечения эффективности транспортных средств: снижение веса, анализ затрат и выгод от использования новых дорогостоящих материалов и т. д.

Повышение уровня плотности энергии, хранимой в тяговых аккумуляторных батареях (ТАБ), при снижении массы транспортного средства позволяет обеспечить конкурентные преимущества экологичных автомобилей в сравнении с традиционными. Однако в последнее десятилетие, в связи с повышением значимости электронных компонентов в автомобильной промышленности, наряду с обозначенными выше задачами вскрываются проблемы оптимизации управления системами ЭМБ и АКЭУ, и обеспечение соответствующего уровня качества управления [6].

Плотность энергии ТАБ все еще далека от оптимальной, и поэтому все аспекты проектирования электромобилей и автомобилей с КЭУ должны быть тщательно проанализированы, с целью получения продукта с приемлемым диапазоном технических параметров и стоимости. Стоимость

gz618.indd 18 07.05.2018 8:37:53

ТАБ имеет тенденцию доминировать над соответствующими экономическими параметрами других компонентов. Поэтому высокую актуальность приобретают проекты, имеющие средний технический уровень при обеспечении снижения массы транспортного средства. Другим направлением развития технологий является активное развитие системы взаимодействия транспортных средств и обеспечивающей инфраструктуры. Так, для покрытия сети электрических заправок в условиях крупной городской агломерации требуются значительные изменения в энергетической инфраструктуре. Данное обстоятельство отражает необходимость реализации мер поддержки "зеленых технологий" со стороны государства [5, 6].

Именно поэтому до сих пор ЭМБ и АКЭУ зачастую доступны только в премиум классе. Покупка соответствующего транспортного средства классом ниже спонсируется со стороны некоторых государств. Для массового производства и эксплуатации автомобилей с "зелеными технологиями" требуется разработка и реализация эффективных инструментов управления качеством работы энергетических сетей, внедрение интеллектуальных комплексов измерения. Все это обеспечивает возможности для более эффективного управления общей загрузкой сети. Инфраструктурные вопросы должны рассматриваться вместе с вопросами проектирования и производства соответствующей техники.

Уже сейчас в некоторых европейских городах начинают реализовывать программы индукционной зарядки электромобилей на специально выделенных "медленных" полосах движения.

Таким образом, несмотря на наличие существенных проблем в области создания и эксплуатации ЭМБ и АКЭУ, необходимо отметить, что соответствующие сегменты рынка находятся в фазе активного развития. Уже сейчас становится понятным, что внедрение экологических видов транспорта в первую очередь затрагивает крупные городские агломерации Северной Америки, Западной Европы, Китая и Японии.

Как было отмечено ранее, развитие технологий в вопросах проектирования и производства ЭМБ и АКЭУ обеспечивает существенные изменения и преобразования в автомобильной отрасли в целом. На первый план выходят проблемы, связанные с комплексной оптимизацией всего транспортного средства. Важнейшая компонентная область при этом определяется системами: хранения электроэнергии, электропривода и электроникой управления транспортным средством. С учетом особой важности проблемы оптимизации массы автомобилей уже сейчас можно предположить, что в ближайшей перспективе произойдут технологические прорывы в направлениях оптимизации кузова, трансмиссии, подвески и т. д. Решение ключевых проблем развития новых технологий лежит в области комплексной интеграции технологических решений [1].

Потенциальные технологические проблемы при проектировании новых электромобилей и автомобилей с КЭУ заключаются в необходимости решения задач: распределения массы автомобиля, влияющей на динамику транспортного средства; оптимального распределения комплектующих изделий внутри автомобиля, которое может повлиять на показатели безопасности; электропередачи от ТАБ к приводу, влияющей на энергоэффективность; электромагнитной совместимости, влияющей на качество функционирования транспортного средства в целом, а также представляющей потенциальную опасность для здоровья водителя и пассажиров; общих вопросов обеспечения надежности транспортного средства, с учетом недостаточно высокого уровня качества автомобильного электрооборудования [2, 3].

Одной из главных проблем в развитии новых технологий автомобилестроения является то, что в цепочке создания ценности появляются новые игроки, которые в некоторых случаях не имеют необходимого опыта в управлении качеством и надежностью существующих в автомобильной промышленности. Решение данной проблемы требует налаживания новых отношений и передачи соответствующего опыта работы. Однако специфика проектирования и производства электромобилей и автомобилей с КЭУ подразумевает необходимость разработки нового комплекса инструментов, обеспечивающего требуемый уровень качества и надежности продуктов и услуг.

Несомненно, отправной точкой в реализации данной задачи является использование прогрессивных технологий управления качеством и надежностью сложившихся при проектировании и производстве компонентов системы электрооборудования традиционных автомобилей. При этом необходимо учитывать и инфраструктурные изменения, носителями которых являются новые требования по обеспечению эксплуатационной эффективности таких транспортных средств.

Производители автомобильных компонентов для сохранения собственных конкурентных позиций, диверсифицируя свои бизнес-проекты, вступают в альянсы с новыми компаниями, реализующими инновационные проекты в области экологичного автотранспорта. Новым направлением развития при этом является комплексная работа по развитию производственно-сбытовой сети, определяющая необходимость разработки единых стандартов обеспечения инфраструктурных процессов для автомобилей, с учетом их совмещения с традиционными производственными и обслу-

gz618.indd 19 07.05.2018 8:37:53

живающими структурами. Одной из ключевых остается задача поддержания качества функционирования соответствующих процессов [1—3].

Общий анализ развития новых технологий в автомобилестроении показывает, что одним из важных вопросов является определение перспективных конструкций силовых агрегатов. Сегодня лидеры рынка рассматривают широкий спектр технологических решений в данной области, которые в основном связаны с источниками энергии: биотопливо, топливные элементы, электротехнологии и т. д.

Mercedes-Benz, GM, VW, Toyota и другие производители рассматривают технологии, основанные на применение топливных элементов, с целью достижения долгосрочных перспектив развития, с учетом сложности решения инфраструктурных проблем эксплуатации ЭМБ и АКЭУ [7]. Тем не менее успех топливных элементов зависит от разработки экономически эффективных технологий использования водорода, а также решения примерно тех же инфраструктурных вопросов. Биотопливо также находится под пристальным вниманием автопроизводителей, однако его широкое применение ограничено недостаточными производственными мощностями получения и переработки ресурсов.

С точки зрения обеспечения рабочего цикла транспортных средств не так явно просматриваются преимущества ЭМБ и АКЭУ по сравнению с другими технологиями. В современных условиях использование электротехнологий в качестве способа снижения выбросов CO_2 по-прежнему экономически дорогое решение. Пока еще можно говорить о повышении топливной и экологической эффективности традиционных автомобилей с ДВС. Однако в ближайшей перспективе электротехнологии могут стать более предпочтительными по причинам:

— наличия большого исследовательского потенциала в данной области;

— реализации развитыми странами государственных программ поддержки соответствующих технологий;

— понимания автопроизводителей и компонентного кластера, что расширение спектра технологий приведет к усложнению структуры рынка и конкуренции между производителями разных транспортных средств.

Анализ экспертных прогнозов развития автомобилестроения показывает, что потребуется значительное время для того, чтобы новые технологии стали доминирующими. Основной причиной такого положения является то, что автопроизводители не слишком заинтересованы в глобальных изменениях и не всегда готовы осуществить кардинальный переход от технологий, которые разрабатывались и применялись десятилетиями [7].

Также необходимо отметить, что несмотря на значительный исторический задел в вопросах проектирования и производства электромобилей и автомобилей с КЭУ, технологически мы находимся на относительно ранней стадии развития.

В настоящее время в мире проходит формирование инновационных центров развития соответствующих технологий. И если провести общую классификацию данного процесса, то можно выделить США, Японию, Германию и Францию как центр научно-технического развития, а Китай как основной центр промышленной реализации инженерных проектов. Причем Китай активно наращивает инженерный потенциал и достаточно скоро может выйти на позиции научного центра. Уже сейчас КНР является крупнейшим в мире производителем бытовой электроники, а кроме этого, корпорация BYD занимает одно из лидирующих мест по объему производства электрических транспортных средств и в качестве собственной стратегической цели развития заявляет комплексное управление всех уровней цепочки жизненного цикла автомобилей, начиная от проектирования и заканчивая утилизацией. Еще одним аргументом в пользу быстрого развития "зеленых технологий" в Китае является то, что около 80 % мировых разведанных запасов редкоземельных металлов, необходимых в производстве электрических машин высокой мощности, находятся на территории данного государства. В Китае действует государственная программа поощрения покупателей в случае приобретения ЭМБ и АКЭУ. Размер премии установлен на уровне 8800 долл. США. Китайское правительство по существу видит в процессе электрификации автомобилей решение проблем собственной энергетической безопасности и загрязнения окружающей среды в крупных городах.

В силу своих специфических особенностей ЭМБ и АКЭУ представляют собой транспортные средства с пока еще недостаточным уровнем обеспечения надежности рабочих процессов [7]. Следовательно, существуют определенные риски, связанные с безопасностью. В таких условиях автомобильные корпорации должны быть более осторожными, чтобы избежать преждевременного выхода на рынок новых продуктов, которые не обладают соответствующими показателями. Опасности, связанные с высокой энергией, хранимой тяговыми аккумуляторными батареями (ТАБ), известны, но их можно избежать, обеспечивая высокое качество процессов проектирования и производства. Другой специфической особенностью рассматриваемых проектов автомобилей являются дополнительные риски, связанные с возможной аварийной ситуацией на дороге, например ДТП, а также отсутствие обеспечения надлежащего технического обслуживания и ремонта.

gz618.indd 20 07.05.2018 8:37:53

Оценка таких рисков до сих пор проведена не в полном объеме. Считается, что сервисные службы должны быть готовы к решению подобных задач. Практика показывает, что сервис в технологическом и инженерном планах существенно отстает от производства, а соответственно вывод на рынки новых продуктов должен быть обеспечен внедрением целого ряда предупреждающих мер.

Следующим важным вопросом безопасности эксплуатации ЭМБ и АКЭУ является надежность процесса обеспечения энергией. Сегодня задачи, связанные с повышением производства электроэнергии, пока еще не рассматриваются в контексте перехода на электрический транспорт. Следовательно эксперты в области энергетики не в полной мере представляют последствия такого перехода. Ближайшая перспектива заключается в постепенном росте нагрузки бытовых сетей, а соответственно усугубления проблем коммунального хозяйства. Можно предположить, что решение данной задачи заключается в использовании интеллектуальных технологий в процессе перераспределения мощности, а также постепенное обновление энергосетей.

Локальным, но достаточно эффективным решением обозначенной проблемы является подготовка предприятий сервисно-сбытовой сети к выполнению соответствующего комплекса работ, начиная от технического обслуживания и ремонта, заканчивая обеспечением текущей эффективности эксплуатации транспортных средств через зарядку и диагностику.

Электропривод и ТАБ на экологичном автотранспорте становятся наиболее важными элементами. Именно поэтому наибольшие усилия компонентного кластера направлены на обеспечение высокого уровня качества данных элементов. Большая часть успеха в расширении рынка ЭМБ и АКЭУ сегодня зависит от решения проблемы повышения надежности и долговечности функционирования выделенных компонентов. Такое критическое определение данной проблемы не случайно. Традиционно аккумуляторы не играли ключевую роль в транспортных системах с ДВС. Роль аккумуляторов была ограничена обеспечением пуска и зажигания ДВС, наружным и внутренним освещением. Остальные ключевые процессы в течение долгого времени реализовывались бензиновыми или дизельными силовыми агрегатами.

Повышение доли электронных и электротехнических компонентов на борту транспортного средства потребовало повышения выходной мощности генераторной установки, а также улучшения технических параметров ТАБ. Однако это ни в какое сравнение не идет с процессами перехода транспорта на электротехнологии. По сути, сегодня требуется переосмысление архитектуры транспортного средства. При существенных ограничениях в массе и габаритах автомобиля необходимо обеспечить установку системы хранения электроэнергии, а также решить задачу ограничения энергопотребления. Так, в традиционных конструкциях автомобилей с ДВС функцией тормозной системы является собственно обеспечение эффективного торможения транспортного средства. Для ЭМБ и АКЭУ данная функция расширяется благодаря реализации электротехнической системы рекуперации энергии.

Улавливание пиков электроэнергии в течение короткого промежутка времени, а также ее надежное хранение является функцией ТАБ, но даже современные технологии литий-ионных батарей, используемых на транспорте, ограничены в способности принимать энергию высокого заряда в течение короткого промежутка времени. Существенная часть энергии рекуперации не сохраняется в ТАБ, а излучается в виде тепла. Еще одной проблемой в данном случае является перегрев и деградация современных ТАБ при воздействии высоких токов. Существуют несколько направлений решения данных проблем: разработка и внедрение электронных систем управления работой ТАБ; использование суперконденсаторов (например, как на автомобиле Supra HV-R Hybrid) для захвата пиков энергии. Однако высокая стоимость таких технологий ограничивает их применение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Заятров А. В., Козловский В. Н.** Комплексная оценка качества и надежности электрооборудования транспортных средств: монография. — Самара: Издательство СамНЦ РАН, 2014. — 176 с.
2. **Козловский В. Н., Панюков Д. И.** Комплекс обеспечения качества системы электрооборудования автомобилей: монография. — Saarbrucken, Palmarium Academic Publishing, AV Akademikerverland GmbH&Co., Deutschland, 2014. — 360 с.
3. **Козловский В. Н., Строганов В. И.** Обеспечение качества электромобилей и гибридов в эксплуатации. — Saarbrucken, Palmarium Academic Publishing, AV Akademikerverland GmbH&Co., Deutschland, 2015. — 397 с.
4. **Строганов В. И., Козловский В. Н.** Инновационные методы исследования качества и надежности электромобилей и автомобилей с гибридной силовой установкой: монография. — М.: МАДИ, 2012. — 228 с.
5. **Комплекс** электронных систем управления движением легкового автомобиля с комбинированной силовой установкой. Часть 1 / В. И. Строганов, В. Н. Козловский, В. В. Дебелов, М. А. Пьянов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. — 2014. — № 1. — С. 40—49.
6. **Строганов В. И., Козловский В. Н.** Анализ основных проектных решений при разработке электромобилей // Электроника и электрооборудование транспорта. — 2014. — № 2. — С. 10—15.
7. **The electric** vehicles report. 2011 edition.

gz618.indd 21 07.05.2018 8:37:53

УДК 629.423.14

Ф. Р. Исмагилов, д-р техн. наук, профессор, **В. Е. Вавилов,** канд. техн. наук, e-mail: s2_88@mail.ru, **А. Х. Минияров,** аспирант, e-mail: miniar-a@ya.ru, **К. А. Барабанов,** магистрант, ФГБОУ ВО "Уфимский государственный авиационный технический университет", e-mail: kb5233@yandex.ru

ВЫБОР КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

В данной работе проведены исследования возможного проектного облика высокооборотных (частота вращения 6000 мин$^{-1}$) генераторов мощностью 150 кВт, с возможностью использования в грузовых гибридных автомобилях. Проведен обзор и проработка оптимальных типов высокооборотных генераторов с высококоэрцитивными постоянными магнитами.

Ключевые слова: *гибридная силовая установка, многофазный стартер-генератор, высококоэрцитивные постоянные магниты.*

In this work, we studies investigations of the possible appearance design of high-speed (rotation speed of 6000 rpm) 150 kW generators, with the possibility of use in cargo hybrid vehicles. The authors reviewed and development of the most appropriate types of high-speed generators with high-coercivity permanent magnates.

Keywords: *hybrid power plant, multiphase starter-generator, high-coercive permanent magnets.*

(Рисунки на 3-й и 4-й полосах обложки)

Введение

Одним из перспективных направлений развития транспортных средств (ТС), а также специальной техники, которое позволяет повышать их экологичность, бесшумность и топливную эффективность, является использование гибридных силовых установок (ГСУ). Данное направление развивается в последние несколько лет. Созданы гибридные городские автомобили: Toyta Prius, Lexus RX 400h, Honda Insight, выпускаются большегрузные автомобили с гибридной силовой установкой, такие как "Белаз" [1—5]. Особый интерес представляет применение ГСУ для спецтехники, так как это обеспечивает ее бесшумность, живучесть и децентрализацию привода колес.

Суть ГСУ заключается в том, что двигатель внутреннего сгорания (ДВС) в ТС используется только для вращения стартер-генератора (СГ), который, в свою очередь, питает электродвигатели, связанные с колесами ТС или являющиеся мотор-колесами ТС. То есть движение ТС обеспечивается благодаря преобразованию электрической энергии в механическую, а первичным источником для выработки электрической энергии служит ДВС.

Во многом эффективность ТС с ГСУ определяется характеристиками СГ, который обеспечивает и пуск ДВС, и выработку электроэнергии для движения ТС. Поэтому задачам исследования, выбора и оптимизации характеристик СГ посвящено множество публикаций отечественных и зарубежных авторов [6—14].

В то же время все работы в области исследований СГ для ТС с ГСУ ограничиваются анализом какой-либо одной конструктивной схемы СГ и обоснованию ее эффективности. Причем в большинстве работ СГ ТС рассматривается как отдельный объект без анализа и выбора его системы управления.

Целью данной работы, в отличие от известных [6—14], являются исследования характеристик СГ для ТС с ГСУ при различном уровне выходного напряжения, числе фаз и выбор на основе данных исследований эффективной конструктивной схемы СГ с оптимальным уровнем напряжения. Причем в данной работе СГ рассматривается не как автономный элемент, а как часть системы, поэтому оптимальная схема СГ ГСУ выбирается совместно с блоком выпрямителя.

gz618.indd 22 07.05.2018 8:37:53

Объект исследований и методика выбора оптимальной конструктивной схемы

Из анализа известных технических решений, а также промышленно используемых СГ ГСУ видно, что наиболее эффективным в качестве СГ ГСУ является применение СГ с высококоэрцитивными постоянными магнитами (ВПМ). Это обусловлено тем, что им не требуется дополнительная энергия для возбуждения, они обладают высокой надежностью и минимальными массогабаритными показателями. При этом с целью повышения надежности, СГ ГСУ выполняются многофазными. В данной работе при выборе оптимальной конструктивной схемы рассматривается СГ ГСУ с количеством фаз 3, 6 и 9. Основные характеристики СГ приведены в табл. 1.

Для обеспечения равных условий сравнения для рассматриваемых СГ с различным уровнем напряжения и числом фаз, все исследуемые конструктивные схемы обладают примерно одинаковыми электромагнитными нагрузками (разница не превышает 5 %). Они обладают практически одинаковой линейной токовой нагрузкой, магнитной индукцией в воздушном зазоре, плотностью тока, магнитной индукцией в зубцах статора и спинке статора. Также все рассматриваемые конструктивные схемы имеют воздушное охлаждение с одинаковой скоростью и мощностью потока воздуха.

В качестве критериев эффективности при выборе оптимальной конструктивной схемы используются следующие характеристики СГ и блока выпрямителей (характеристики приведены по релевантности от наиболее важных к наименее важным).

1. **Надежность.** Для ТС с ГСУ, а особенно для специальной техники, показатели надежности являются одной из основных характеристик, которая определяет оптимальность той или иной конструктивной схемы. Данный показатель для наземной техники является более приоритетным по сравнению с массовыми характеристиками.

2. **Себестоимость системы.** ТС с ГСУ, за исключением специальной техники, является коммерческим продуктом. Эффективность коммерческих продуктов определяется именно их себестоимостью.

3. **Габаритные размеры.** Размеры места для установки СГ на ТС всегда ограничены, поэтому СГ должен обладать минимальными габаритными размерами.

4. **Массовые характеристики СГ и системы выпрямления.**

5. **Минимальные потери на вихревые токи в ВПМ и бандажной оболочке ротора.** Это требование обусловлено тем, что теплоотвод от ротора СГ с ВПМ затруднителен и перегрев ВПМ вследствие больших потерь на вихревые токи может привести к выходу из строя СГ.

6. **Коэффициент полезного действия.**

Для решения поставленных задач были произведены многодисциплинарные расчеты СГ при различном числе фаз и уровне напряжения. Исходя из приведенных критериев была выбрана оптимальная конструктивная схема СГ и блока выпрямителей.

Расчеты СГ с ВПМ осуществлялись методом конечных элементов в программном комплексе Ansys Maxwell. Предварительные геометрические размеры СГ с ВПМ были рассчитаны с помощью аналитических методик. Компьютерное моделирование производилось в генераторном режиме при частоте вращения ротора 6000 мин$^{-1}$.

Выбор СГ ГСУ основывается на методе весовых коэффициентов. Эффективность каждой из рассматриваемых конструктивных схем определяется двумя функциями:

$$Q_{\min} = \sum_{m=1}^{m} k_n F_m^*; \quad (1)$$

$$Q_{\max} = \sum_{n=1}^{n} k_n F_n^*, \quad (2)$$

где Q — оценка конструктивной схемы; k_n — весовой коэффициент критерия оптимальности электрической машины; F_n^* — относительный критерий оптимальности электрической машины, величина которого должна быть максимальна; F_m^* — относительный критерий оптимальности электрической машины, величина которого должна быть минимальна.

Таблица 1

Основные характеристики стартер-генератора

Мощность в генераторном режиме, кВт	150
Частота вращения ротора, мин$^{-1}$	6000
Количество полюсов	10
Число фаз	3...9
Номинальное напряжение, В	200, 400, 600, 1000
Внешний диаметр ротора, мм	200
Активная длина, мм	250
Плотность тока, А/мм^2	4

gz618.indd 23 07.05.2018 8:37:53

В выражение (1) входят все критерии оптимальности, которые должны быть минимальны, а в выражение (2) — максимальны. Тогда очевидно, что из двух конструктивных схем СГ систем эффективнее та, у которой $Q_{\min}$ меньше, чем у конкурирующего варианта, при этом $Q_{\max}$ больше, чем у конкурирующего варианта. Так как в рассматриваемом случае надежность является наиболее релевантным критерием, то основным условием оптимальности будет являться именно максимум надежности. Но при этом остальные критерии должны незначительно уступать конкурентным вариантам.

Так как все эти критерии имеют различные единицы измерения, то при оценке они рассматривались в относительных единицах:

$$F_n^* = \frac{F_n}{F_y}, \quad (3)$$

где F_n — рассчитанный для определенного СГ критерий в размерных единицах; F_y — желаемая величина данного критерия, установленная в техническом задании.

Компьютерное моделирование конструктивных схем СГ осуществлялось с учетом нагрузки, а также с учетом размагничивающего действия реакции якоря. При расчетах учитывалось снижение энергетических характеристик ВПМ ротора под действием температуры. При электромагнитных расчетах рассматривался номинальный режим работы СГ с ВПМ, без учета перегрузок.

При проектировании СГ для ГСУ необходимо уделять особое внимание активным материалам, а именно типу ВПМ и электротехнической стали для магнитопровода статора. В рассматриваемых СГ используется электротехническая сталь марки 2421 с толщиной листа 0,18, так как она обладает невысокими удельными потерями при частоте 1000 Гц и достаточно невысокой стоимостью. Потери данной стали при частоте 1000 Гц составляют 24 Вт/кг. В качестве магнитов используются постоянные магниты на основе сплава SmCo с рабочей температурой 200 °С.

Выбор конструктивной схемы стартер-генератора

В табл. 2 и 3 представлены результаты моделирования в программном комплексе Ansys Maxwell для СГ ГСУ с распределенной обмоткой с числом фаз 3 и 9. На рис. 1 и 2 приведены сравнения рассматриваемых схем СГ по массовым характеристикам и коэффициенту полезного действия.

Таблица 2

Результаты моделирования для трехфазного генератора с распределенной обмоткой с напряжениями 200 В, 400 В, 600 В, 1000 В

U_d, В	200	400	600	1000
Мощность, кВт	150	150	150	150
Количество фаз	3	3	3	3
Число пазов	24	24	24	24
$U_ф$, В	243	484,5	725,78	1208,48
$I_ф$, А	208	104,6	70,02	41,85
Частота, Гц	1000	1000	1000	1000
Плотность тока А/мм^2	3,89914	3,8976	3,869	3,7214
Индукция на зубцах В, Тл	1,208	1,382	1,42	1,34
Индукция на спинке В, Тл	1,916	1,948	1,948	1,94
Индукция на ротор В, Тл	0,894	1,19	1,1905	1,26
Индукция в воздушном зазоре В, Тл	0,5249	0,5595	0,559	0,558
Диаметр статора внешний, мм	280	275	270	273
Диаметр расточки статора, мм	203	202,5	202	202
Диаметр ротора, мм	200	200	200	200
Коэффициент заполнения паза, %	68,7	64,111	70,7565	77,18
Число проводников в пазу	5	9	13	22
Потери в обмотке, Вт	638,652	592,066	542,739	536,5

gz618.indd 24 07.05.2018 8:37:53

Окончание табл. 2

Потери в железе статора, Вт	710,88	667,512	567,664	633,86
Потери в ВПМ на вихревые токи, Вт/м^3	$1{,}847\cdot10^8$	$2{,}143\cdot10^8$	$3{,}233\cdot10^8$	$2{,}236\cdot10^8$
cosφ	0,97	0,97	0,97	0,97
кпд, %	98,571	98,652	98,6805	98,654
Масса железа статора, кг	29,62	27,813	23,641	26,411
Масса обмотки, кг	20,5421	18,0669	18,2669	19,382
Масса ВПМ, кг	12,8448	12,3857	18,089	18,08
Общая масса, кг	71,74	70,6237	69,3929	72,2546

Таблица 3

Результаты моделирования для девятифазного генератора с распределенной обмоткой с напряжениями 200 В, 400 В, 600 В, 1000 В

U_d, В	200	400	600	1000
Мощность, кВт	150	150	150	150
Количество фаз	9	9	9	9
Число пазов	72	72	72	72
$U_ф$, В	205,71	408,37	612,07	1019,44
$I_ф$, А	81,024	40,812	27,23	16,3488
Частота, Гц	1000	1000	1000	1000
Плотность тока А/мм^2	3,9	3,95	3,952	3,96
Индукция на зубцах В, Тл	1,35	1,495	1,495	1,62
Индукция на спинке В, Тл	1,89	1,94	1,956	1,85
Индукция на ротор В, Тл	1,23	1,2	1,07	1,14
Индукция в воздушном зазоре В, Тл	0,52	0,516	0,527	0,556
Диаметр статора внешний, мм	284	284	284	285
Диаметр расточки статора, мм	205	203	202	202
Диаметр ротора, мм	200	200	200	200
Коэффициент заполнения паза, %	65,8979	68,451	65,9579	62,307
Число проводников в пазу	5	9	13	21
Потери в обмотке, Вт	720,39	653,76	630,512	626,769
Потери в железе статора, Вт	648,72	655,176	691,1008	688,536
Потери в ВПМ на вихревые токи, Вт/м^3	$1{,}833\cdot10^7$	$4{,}218\cdot10^7$	$4{,}8801\cdot10^7$	$7{,}776\cdot10^7$
cosφ	0,97	0,97	0,97	0,97
кпд, %	98,558	98,598	98,593	98,594
Масса железа статора, кг	27,03	27,299	27,877	28,689
Масса обмотки, кг	23,57	20,851	20,2968	19,6774
Масса ВПМ, кг	17,6794	17,679	17,6794	17,6794
Общая масса, кг	81,9568	79,482	79,5609	79,698

Из анализа рис. 1 и 2, а также табл. 2 и 3 видно, что трехфазный СГ при уровне напряжения 400...600 В обладает минимальными массовыми характеристиками и максимальным кпд. Но трехфазный СГ обладает наиболее низкой надежностью (блоки выпрямителей), и он является неэффективным. Кроме того, в трехфазном СГ имеют место максимальные потери на вихревые токи в ВПМ. Так как данные потери индуцируются на роторе, а теплоотвод от ротора затруднен, то это значительно снижает эффективность трехфазного СГ. Из рассматриваемых многофазных СГ наиболее эффективным является девятифазный СГ с уровнем напряжения 400 В или 600 В.

gz618.indd 25 07.05.2018 8:37:53

Он обладает минимальными массовыми характеристиками (а следовательно, и минимальной себестоимостью). При этом девятифазный СГ обладает максимальной надежностью и минимальными потерями на вихревые токи в ВПМ, что обеспечивается минимизацией зубцовых гармоник при увеличении числа фаз. Также нами были рассмотрены СГ с более высоким числом фаз и при этом было установлено, что масса СГ начинает возрастать. Это обусловлено сложностью размещения обмотки в пазах статора. Поэтому в диапазоне мощностей от 150 до 800 кВт оптимальным будет применение девятифазного СГ с ВПМ с уровнем напряжения 400...600 В.

Выбор конструктивной схемы блока выпрямителей

При выборе блока выпрямителей рассматривалось две схемы: Миткевича и Ларионова.

Для определения оптимальной схемы выпрямления было проведено имитационное моделирование выпрямителей для различных параметров генераторов и различных параметров фильтров в среде MatLab Simulink.

По результатам моделирования были получены фазные напряжения для генераторов с различным числом фаз. На основе полученных результатов можно сделать вывод: при частоте тока генератора 1000 Гц величина пульсаций напряжения для обеих схем выпрямления и различных параметров фильтров является очень низкой (0,0001...0,09 %). Сравнивая схемы выпрямления между собой, можно отметить несколько особенностей. Одна из них — форма кривой тока. С точки зрения влияния высших гармоник форма выпрямленного тока в выпрямителе по схеме Ларионова лучше, чем по схеме Миткевича.

Для оценки эффективности блока выпрямителей представляется целесообразным оценить суммарную массу и стоимость выпрямительных блоков для различных значений числа фаз СГ. Оценка производится для блока выпрямителей на основе отечественных и зарубежных комплектующих (представлены в табл. 4 и 5).

При расчетах рассматривалась только масса активных элементов выпрямителя.

По результатам сравнения можно сделать следующие заключения.

Выпрямители по схеме Ларионова превосходят выпрямители Миткевича. При одинаковых условиях (количество фаз генератора, выпрямленное

Таблица 4

Суммарная масса и стоимость выпрямителя на основе отечественного выпрямительного модуля М6Д-250

Количество фаз генератора	Перечень элементов	Суммарная масса, кг	Суммарная стоимость, руб.
3	М6Д-250 — 1 шт. Охладитель О56 — 1 шт. Индуктивность СН-200 Конденсатор 947D102K102DJRSN	31,37	31 727
6	М6Д-250 — 2 шт. Охладитель О56 — 1 шт. Индуктивность СН-200 Конденсатор 947D102K102DJRSN	31,77	34 277
9	М6Д-250 — 3 шт. Охладитель О56 — 1 шт. Индуктивность СН-200 Конденсатор 947D102K102DJRSN	32,17	36 827
12	М6Д-250 — 4 шт. Охладитель О56 — 1 шт. Индуктивность СН-200 Конденсатор 947D102K102DJRSN	32,57	39 377

Таблица 5

Суммарная масса и стоимость выпрямителя на основе зарубежного выпрямительного модуля MD250S16M3-BPMS-ND

Количество фаз генератора	Перечень элементов	Суммарная масса, кг	Суммарная стоимость, руб.
3	MD250S16M3-BPMS-ND — 1 шт. Охладитель О55-260 — 1 ш. Индуктивность СН-200 Конденсатор 947D102K102DJRSN	28,94	32143
6	MD250S16M3-BPMS-ND — 2 шт. Охладитель О55-300 — 1 шт. Индуктивность СН-200 Конденсатор 947D102K102DJRSN	29,17	35 095
9	MD250S16M3-BPMS-ND — 3 шт. Охладитель О55-350 — 1 шт. Индуктивность СН-200 Конденсатор 947D102K102DJRSN	29,4	38 047
12	MD250S16M3-BPMS-ND 4 шт. Охладитель О55-300 — 2 шт. Индуктивность СН-200 Конденсатор 947D102K102DJRSN	34,83	43 799

gz618.indd 26 07.05.2018 8:37:53

напряжение). Пульсации напряжения в выпрямителе по схеме Ларионова меньше. В экономическом и массогабаритном плане выгоднее использовать силовые модули, выполненные по схеме Ларионова, чтобы не составлять фильтр из отдельных диодов, как этого требует схема Миткевича.

Наиболее рациональными и эффективными являются значения напряжения в 400 В и 600 В. Значения в 200 В имеют довольно большие прямые токи, а при значении в 1000 В возникнут большие обратные напряжения. Эти особенности требуют выбора специальных и соответственно более дорогих компонентов.

В случае увеличения числа фаз для рассматриваемого СГ необходимо ставить больше силовых модулей, что увеличивает стоимость блока выпрямителей на СГ средней мощности. Для СГ мощностью более 300 кВт с увеличением числа фаз стоимость блока выпрямителей будет снижаться, так как будет снижаться токовая нагрузка на каждый диод, а диоды с более низкой токовой нагрузкой имеют более низкую стоимость.

Таким образом, наиболее эффективным будет блок выпрямителей с напряжением 600 В и с 9 фазами. Этот вывод соответствует результатам оптимизации СГ. Поэтому по результатам исследований можно сделать итоговый вывод: оптимальной конструктивной схемой СГ для ГСУ будет являться девятифазный СГ с зубцовой обмоткой. Она обладает максимальной надежностью и минимальными габаритными размерами. Особенно эффективной данная конструктивная схема будет при мощности более 300 кВт, так как в этом случае цена блока выпрямителей значительно снизится.

Обоснование оптимальной схемы стартера-генератора гибридной силовой установки с блоком выпрямителей

Исходя из представленной выше методики, необходимо произвести полную оценку системы "СГ — выпрямитель" и выбрать оптимальный вариант для ГСУ ТС. С целью незагромождения работы в табл. 6 приведено сравнение только четырех конструктивных схем трехфазного СГ с уровнем напряжения 400 и 600 В и девятифазного с уровнем напряжения 400 и 600 В.

Таким образом видно, что трехфазные СГ обладают более низкими массовыми характеристиками, но при этом не обеспечивают необходимой надежности. Из двух вариантов девятифазного СГ оптимальным является СГ с номинальным напряжением 600 В. На рис. 3 приведены результаты компьютерного моделирования девятифазного СГ с напряжением 600 В.

Таблица 6

Результаты сравнения четырех конструктивных схем трехфазного и девятифазного СГ с уровнем напряжения 400 и 600 В

Критерии	Желаемые значения	Весовой коэффициент	$m = 3$, 400 В	$m = 3$, 600 В	$m = 9$, 400 В	$m = 9$, 400 В
Надежность	1	0,3	0,98	0,98	0,995	0,995
Себестоимость системы, руб.	300 000	0,25	1,1	1,11	1,01	1009
Габаритные размеры, мм	350	0,2	1	1,02	1	1,04
кпд, %	98	0,03	1,066	1,067	1,067	1,063
Минимальные потери на вихревые токи в ВПМ, Вт	500	0,07	1,6	1,66	1,04	1,07
Массовые характеристики системы, кг	90	0,15	1,1	1,07	1,2	1,19
$\sum_{m=1}^{m} k_n F_m^*$	—	—	0,7199	0,723	0,69	0,702
$\sum_{n=1}^{n} k_n F_n^*$	—	—	0,294	0,294	0,2985	0,2985

gz618.indd 27 07.05.2018 8:37:53

Приведенные данные моделирования доказывают работоспособность выбранной конструкции СГ с ВПМ.

Выводы и заключение

В результате исследований определено оптимальное число фаз — 9 и уровень напряжения для системы ГСУ — 600 В, девятифазный СГ с блоком выпрямителя обладает минимальными массогабаритными показателями, высокой надежностью и максимальной мощностью. Кроме того, предложенная конструктивная схема не требует дополнительной системы охлаждения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Odvarka E., Mebarki A., Gerada D., Brown N., Ondrusek C.** Electric motor-generator for a hybrid electric vehicle // Engineering Mechanics. —2009. — Vol. 16. —No. 2. — P. 131—139.
2. **Гибридные автомобили** — решение экологической проблемы автомобильного транспорта / В. В. Селифонов, К. Е. Карпухин, А. И. Филонов, Е. Е. Баулина, Е. В. Авруцкий // Известия МГТУ "МАМИ". — 2007. — № 2 (4). — С. 30—44.
3. **Раков В. А.** Гибридный автомобиль. исследование эксплуатационной надежности гибридных автомобилей. — Saarbrcken, 2014, 170 с.
4. **Хаким М., Двадненко В. Я.** Особенности конверсии автомобиля с ДВС в гибридный автомобиль // Автомобиль и Электроника. Современные Технологии. — 2013. — № 2 (5). — С. 17—21.
5. **Mantriota G.**: Fuel consumption of a vehicle with power split CVT system // Int. Journal of Vehicle Design. — 2005. — Vol. 37. — No. 4. — P. 327—342.
6. **Bottiglione F., Mantriota G.** MG-IVT: an infinitely variable transmission with optimal power flows // ASME Journal of Mechanical Design. — 2008. — Vol. 130. — No. 11.
7. **Chin Y. K.** A Permanent Magnet Synchronous Motor for Traction Application of Electric Vehicle // Electric Machines and Drive Conference, IEEE int. — 2003. — Vol. 2. — P. 1035—1041.
8. **Gieras J. F.** High speed machines // Advancements in Electric Machines (Power Systems). — 2008. — P. 81—113.
9. **Lahne H.-Ch., Gerling D.** Investigation of High-performance Materials in Design of a 50000 rpm Highspeed Induction Generator for Use in Aircraft Applications // AST. — 2015. — P. 1—10.
10. **Bailey C., Saban D., Guedes-Pinto P.** Design of High-Speed Direct-Connected Permanent-Magnet Motors and Generators for the Petrochemical Industry // IEEE Transactions on Industry Applications. — 2009. — Vol. 45. — No. 3. — P. 1159—1165.
11. **Borisavljevic A., Polinder H., Ferreira J.** On the Speed Limits of Permanent-Magnet Machines // IEEE Transactions on Industrial Electronics. — 2010. — Vol. 57. — No. 1. — P. 220—227.
12. **Abdi B., Milimonfared J., Moghani J.** Simplified Design and Optimization of Slotless Synchronous PM Machine for Micro-Satellite Electro-Mechanical Batteries // Advances in Electrical and Computer Engineering. — 2009. — Vol. 9. — No. 3. P. 84—88.
13. **Microw J.** Optimal design of a set of permanent magnet generators with the same cross-section // Optoelectron. Electromagn. Appl. — 2013. — Vol. 12. — No. 2. P. 678—693.
14. **Zhu Z. Q., Howe D.** Electrical Machines and Drives for Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles // Proceedings of the IEEE. — 2007. — Vol. 95. — Issue 4. — P. 746—765. DOI: 10.1109/JPROC.2006.892482.

ИЗДАТЕЛЬСТВО

"ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ"

принимает подписку на журнал

"ГРУЗОВИК"

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС. СПЕЦТЕХНИКА

на 2018 год

Подписавшись в издательстве, вы:
1) получаете без задержек журнал с первого номера;
2) экономите на стоимости почтовой доставки;
3) получаете скидку до 5 %.

Наши реквизиты:
E-mail: realiz@mashin.ru
Тел.: 8 (495) 785-60-69.
Отдел продаж, маркетинга, рекламы
WWW.MASHIN.RU

gz618.indd 28 07.05.2018 8:37:53

СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОПИЛОТИРУЕМЫХ КОЛОНН

Компания Scania разработала системы для автопилотируемых колонн транспортных средств. Для проведения тестирования автономной грузовой техники в Стокгольме была использована взлетно-посадочная полоса, на которой проверяли эффективность тормозной системы, а также способность автономных машин реагировать на появление посторонних автомобилей.

Для испытания были выбраны четыре автономных грузовика Scania. Во время теста грузовики двигались вместе, образуя одну линию. Первый автомобиль, которым управляет водитель, выполнял функцию ведущего транспортного средства. В кабинах следующих за ним машин водители также присутствовали, однако, благодаря системе Slipstream, они не управляли своими транспортными средствами.

Slipstream — система, использующая беспроводную связь для управления грузовиками. Благодаря этому машины могут безопасно и эффективно следовать за лидером на минимальном расстоянии друг от друга без помощи человека. Такой порядок движения позволяет колонне сократить занимаемое место на дороге, тем самым увеличивая ее пропускную способность.

Чтобы продемонстрировать надежность системы, Гуннар Торнмальм (Gunnar Tornmalm), руководитель отдела автоматизации разработки Scania, сел за руль автомобиля-нарушителя. На своем автомобиле он "вклинивался" в колонну, и беспилотники автоматически увеличивали расстояние между собой до безопасного. Когда он покидал колонну, грузовики снова автоматически сокращали дистанцию. Во время испытания тормозов система срабатывает быстро и четко. Как только поступал сигнал о торможении ведущего грузовика, остальные автомобили в колонне реагировали мгновенно.

Проведенные испытания доказали эффективность технологии. Система не только помогает четырем грузовикам двигаться без отклонений в одной автономной колонне, но также способна справляться с реальными неожиданно возникающими препятствиями. Каждый тест приближает технологии автопилотируемых колонн к их массовому выводу на дороги общего пользования.

"Я надеюсь, что первые более масштабные испытания начнутся уже через три года и будут проходить на дорогах общего пользования", — говорит Гуннар Торнмальм.

В компании верят, что транспорт будущего — это не одно, а целый комплекс решений, где автопилотируемые колонны могут стать одним из самых мощных инструментов для эффективной оптимизации транспортной логистики.

Пресс-служба ООО "Скания-Русь"

ТЯЖЕЛАЯ ТЕХНИКА НА АККУМУЛЯТОРАХ

Компании Scania и Northvolt заключили соглашение о совместной разработке и коммерческой реализации технологии, предусматривающей применение аккумуляторных батарей для электрических автобусов и грузовых автомобилей. Компания Scania инвестирует в проект 10 млн евро, чтобы ускорить его дальнейшее развитие и поддержать создание демонстрационного поля и исследовательской площадки Northvolt.

Компания Northvolt была основана в 2016 г. в Стокгольме для создания самых экологичных батарей с минимальным углеродным следом и широкими возможностями для переработки. На сегодняшний день электрификация транспортных средств представляет собой быстро развивающееся направление, которое открывает путь к более экологичным транспортным решениям. Исходя из этого, для достижения оптимального эффекта и удовлетворения разнообразных потребностей требуется развивать технологии, связанные с применением батарей и аккумуляторов.

"Электрификация будет играть ключевую роль в переходе на транспортную систему без использования ископаемых видов топлива. Однако существующая технология аккумуляторных батарей должна развиваться для удовлетворения бизнес-потребностей клиентов, которые используют автобусы и грузовые автомобили. Мы верим, что в сотрудничестве с Northvolt сможем сделать огромный шаг вперед", — говорит Хенрик Хенрикссон (Henrik Henriksson), президент и генеральный директор Scania.

Компании Scania и Northvolt планируют создать команду экспертов, которая будет работать на исследовательской площадке Northvolt, в лаборатории Northvolt Labs в г. Вестерос, Швеция. Ее деятельность будет направлена на разработку и коммерческую реализацию аккумуляторных батарей, оптимизированных для коммерческих автомобилей. Компании также подписали соглашение о закупке аккумуляторных батарей.

"Мы уверены, что, объединив опыт Scania в производстве продукции и бизнесе в сочетании с нашими ультрасовременными производственными технологиями, мы сможет производить экономичные и экологичные аккумуляторные батареи высшего качества для рынка коммерческих автомобилей", — говорит Петер Карлссон (Peter Carlsson), один из основателей и генеральный директор Northvolt.

Производство аккумуляторных батарей энергозатратно, а в Швеции существуют возможности для стабильных поставок экономичной и экологичной энергии. Поэтому эта страна хорошо подходит для крупномасштабного производства экологичных батарей. Northvolt строит завод нового поколения в г. Шелефтео на севере Швеции, где будут изготавливаться высококачественные экологичные батареи. Планируется, что предприятие будет оставлять минимальный углеродный след и располагать широкими возможностями для переработки отходов.

Пресс-служба ООО "Скания-Русь"

gz618.indd 29 07.05.2018 8:37:53

УДК 621.436, 629.424, 621.45

В. А. Марков, д-р техн. наук, профессор, e-mail: vladimir.markov58@yandex.ru,
Ф. Б. Барченко, канд. техн. наук, доцент, МГТУ им. Н. Э. Баумана, e-mail: barchenco@mail.ru,
Е. Ф. Поздняков, канд. техн. наук, ген. дир. ЗАО "Форант-сервис", г. Ногинск Московской обл., e-mail: pef07@mail.ru, **А. Ю. Епишин,** старший преподаватель, Российская открытая академия транспорта (МИИТ), e-mail: auep2014@yandex.ru, **С. В. Плахов,** зам. ген. дир., гл. программист ООО "ППП Дизельавтоматика", г. Саратов, e-mail: dizavt@owerta.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ. ЧАСТЬ 1

Разработана математическая модель системы автоматического регулирования дизеля с регуляторами различных типов. Проведены расчеты переходных процессов дизеля с этими регуляторами. Показана возможность улучшения динамических свойств системы автоматического регулирования частоты вращения дизеля промышленного транспортного средства при ее оснащении регулятором с корректирующими звеньями.

Ключевые слова: *дизель-генераторная установка, дизельный двигатель, система автоматического регулирования, топливная экономичность, переходный процесс, тепловоз.*

A mathematical model of the automatic control system for a locomotive diesel engine with regulators of various types is developed. Calculations of transient processes for the diesel engine with these regulators are conducted. An opportunity of improving of the automatic control system dynamic properties of the locomotive diesel engine when it is equipped with a regulator with corrective links is shown.

Keywords: *diesel generator set, diesel engine, automatic control system, fuel efficiency, transient process locomotive.*

Одной из важнейших систем дизельных двигателей энергетических установок различного назначения является система автоматического регулирования (САР) частоты вращения коленчатого вала. Наиболее жесткие требования к постоянству частоты вращения вала дизеля предъявляются в электроагрегатах (в частности, в дизель-генераторных установках), вырабатывающих переменный электрический ток [1, 2]. Этим обеспечиваются требования нормативных документов (ГОСТ или ТУ) к частоте вырабатываемого дизель-генераторной установкой (ДГУ) переменного электрического тока. Поэтому очень важно точно поддерживать скоростной режим работы дизеля независимо от внешних нагрузок.

Для этой цели двигатели оснащаются системой регулирования частоты вращения, но и наличие такой системы не всегда обеспечивает необходимые статические и динамические показатели дизеля. Указанная потребность улучшения эксплуатационных качеств тепловозных дизелей связана также с ужесточением требований к токсичности их отработавших газов (ОГ) и необходимостью улучшения показателей топливной экономичности. Это обусловлено тем, что улучшение динамических показателей дизелей приводит к сокращению длительности переходных процессов, которые отличаются худшими показателями топливной экономичности и токсичности ОГ [3]. Поэтому сокращение продолжительности неустановившихся режимов (переходных процессов) позволяет улучшить и указанные эксплуатационные показатели дизелей.

Наиболее значимыми показателями динамических качеств дизеля являются время переходного процесса $t_п$ и заброс частоты вращения в переходном процессе σ [2, 4]. Время переходного процесса $t_п$ определяется быстродействием САР. Заброс параметра в переходном процессе характеризуется перерегулированием σ, вычисляемым в виде относительного заброса частоты вращения в переходном процессе к ее установившемуся значению. В общих технических требованиях, предъявляемых к дизелям различного назначения, показатели динамических качеств обычно не регламентируются. Но существует ГОСТ на САР частоты вращения дизелей (ГОСТ Р 55231—2012), который предусматривает ограничение по времени переходного процесса и перерегулирования в зависимости от класса точности САР (табл. 1) [4].

gz618.indd 30 07.05.2018 8:37:53

Таблица 1

Предельные показатели динамических качеств САР дизелей (ГОСТ Р 55231—2012)

Показатель	Класс точности САР			
	1	2	3	4
Время переходного процесса $t_п$, с	2,0	3,0	5,0	10,0
Перерегулирование σ, %	5,0	7,5	10,0	15,0
Нестабильность частоты вращения ν, %, при относительной нагрузке до 25 %	0,8	1,0	1,5	3,0
Нестабильность частоты вращения ν, %, при относительной нагрузке от 25 до 100 %	0,6	0,8	1,0	2,0
Диапазон изменения наклона регуляторной характеристики (ее общей степени неравномерности) δ, %	2...4*	2...4*	2...4**	2...4**

* по согласованию между изготовителем и потребителем (заказчиком) пределы изменения δ могут быть расширены до δ = 0...6 %;

** по согласованию между изготовителем и потребителем пределы изменения δ могут быть расширены до δ = 0...12 %

Характерными переходными процессами дизелей, используемых в ДГУ (САР первого класса точности), являются сбросы и набросы нагрузки.

Важнейшим параметром САР частоты вращения дизелей является статическая ошибка регулирования $x_{ст}$. Этот параметр САР определяется ее статическими характеристиками — наклоном регуляторной характеристики, оцениваемым ее общей степенью неравномерности δ. Наклон предельной регуляторной характеристики вычисляется в виде отношения разницы максимальной угловой скорости вращения вала двигателя на режиме холостого хода $\omega_{д\ хх}$ и ее номинального значения $\omega_{д\ ном}$ к величине $\omega_{д\ ном}$. Эти требования к динамическим качествам дизеля предопределяют и принципы построения САР.

Наиболее известны регуляторы частоты вращения, работающие по принципу Ползунова-Уатта (по отклонению регулируемого параметра от его заданного значения) и называемые пропорциональными регуляторами. Но во многих случаях применение традиционных пропорциональных регуляторов не позволяет достичь требуемого качества процесса регулирования. Поэтому необходимо оснащение энергетических установок с дизелями более совершенными САР.

В настоящее время наиболее распространенным типом регуляторов дизелей являются регуляторы, реализующие пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) закон регулирования [5—8]. Но и эти регуляторы не всегда обеспечивают необходимое качество процесса регулирования. В частности, при оснащении тепловозных дизелей такими регуляторами возможно появление колебаний в переходном процессе (рис. 1) [8], вызванных наличием в структуре ПИД-регуляторов интегральной составляющей. В связи с этим целесообразно рассмотреть возможности использования и регуляторов других типов. Одним из направлений совершенствования регуляторов тепловозных дизелей является включение в их структуру корректирующих звеньев [5—7].

Следует отметить, что вследствие ограниченности функциональных возможностей механических и гидромеханических регуляторов частоты вращения дизелей в настоящее время преимущественное распространение получили электронные регуляторы, построенные на микропроцессорной элементной базе [2, 8, 9]. Применение этих регуляторов позволяет реализовать более сложную структуру САР, в том числе — создать пропорциональный регулятор с последовательно включенными корректирующими звеньями.

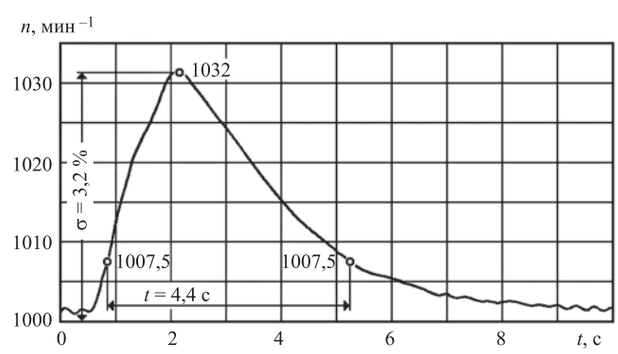

Рис. 1. Переходный процесс сброса нагрузки тепловозного дизеля Д49 с ПИД-регулятором частоты вращения

gz618.indd 31 07.05.2018 8:37:53

Наибольшее применение нашли пассивные электрические корректирующие устройства, представляющие собой звенья из *R*-, *C*- и *L*-элементов, не содержащие дополнительных источников электродвижущих сил. При формировании структуры регулятора с последовательно включенными корректирующими звеньями используется несколько типов таких звеньев [6, 7].

Форсирующее (пассивное дифференцирующее) звено имеет передаточную функцию вида:

$$W(p) = \frac{(T/\tau)(1+\tau p)}{1+T_p},$$

где p — комплексная переменная преобразования Лапласа; T и τ — постоянные времени; $\tau = R_1C$; $T = R_1R_2C/(R_1 + R_2)$; $\tau > T$. Электрическая схема этого звена показана рис. 2, *а*, механическая аналогия — на рис. 2, *б*, переходная характеристика и логарифмические частотные характеристики — на рис. 2, *в*, *г*. Название "форсирующее звено" связано с видом переходного процесса, который форсируется в своей начальной части (см. рис. 2, *в*).

Подавляющее (интегро-дифференцирующее или режекторное) звено описывается передаточной функцией вида:

$$W(p) = \frac{(1+\tau_1 p)(1+\tau_2 p)}{(1+T_1 p)(1+T_2 p)},$$

где $\tau_1 = R_1C_1$; $\tau_2 = R_2C_2$; $T_1T_2 = \tau_1\tau_2$; $T_1 + T_2 = \tau_1 + (1 + R_1/R_2)\tau_2$. Это звено имеет электрическую схему (рис. 3, *а*), механическую аналогию

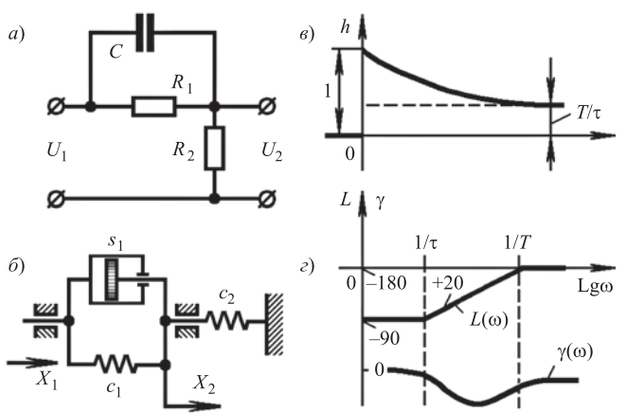

Рис. 2. Схемы и характеристики форсирующего звена:

а — электрическая схема; *б* — механический аналог; *в* — переходная характеристика; *г* — логарифмические амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики (ЛАЧХ и ЛФЧХ); U_1, U_2 — входное и выходное напряжения; *C* — конденсатор; *R* — сопротивление; X_1, X_2 — входное и выходное перемещения; *c* — жесткость пружины; *s* — площадь гидропоршня; *h* — переходная функция; *L* — ЛАЧХ; γ — ЛФЧХ; ω — частота

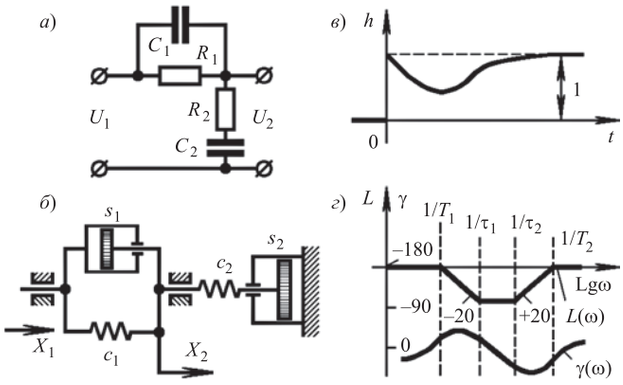

Рис. 3. Схемы и характеристики интегро-дифференцирующего звена:

а — электрическая схема; *б* — механический аналог; *в* — переходная характеристика; *г* — ЛАЧХ и ЛФЧХ

(рис 3, *б*), переходную характеристику и логарифмические частотные характеристики (рис. 3, *в*, *г*). Одно из названий этого звена — "подавляющее звено" связано с видом ЛАЧХ, которая равна нулю в области малых частот и в области больших частот, на которых входной сигнал подавляется (см. рис. 3, *г*).

Эффективность использования рассмотренных корректирующих звеньев выше регуляторов в дизелях различного назначения в значительной степени зависит от типа и параметров энергетической установки, преимущественных режимов ее работы и наиболее характерных для этих двигателей переходных процессов. Оценка влияния структуры регулятора на динамические свойства САР частоты вращения дизеля Д49 (12 ЧН 26/26) дизель-генераторной установки 21-29ДГ тепловоза 2ТЭ25К проведена с использованием методов математического моделирования. При этом использована разработанная математическая модель САР комбинированного двигателя. В разработанной модели дифференциальные уравнения наиболее значимых элементов дизеля с турбонаддувом используются в виде [2, 10—13]:

— поршневая часть двигателя:

$$J_д \frac{d\omega_д}{dt} = M_д - M_с; \quad (1)$$

— турбокомпрессор:

$$J_т \frac{d\omega_т}{dt} = M_т - M_к; \quad (2)$$

— впускной трубопровод:

$$\frac{V_{вп}}{R_в T_к}\frac{dp_к}{dt} = G_к - G_д; \quad (3)$$

gz618.indd 32 07.05.2018 8:37:53

— выпускной трубопровод:

$$\frac{V_{вып}}{R_г T_г}\frac{dp_т}{dt} = G_г - G_т, \quad (4)$$

где $J_д$ и $J_т$ — моменты инерции валов дизеля с потребителем и турбокомпрессора соответственно; $\omega_д$ и $\omega_т$ — угловая скорость вращения валов дизеля и турбокомпрессора; $M_д$, $M_с$, $M_т$, $M_к$ — моменты: крутящий дизеля, сопротивления потребителя, развиваемый турбиной, потребляемый компрессором; $V_{вп}$ и $V_{вып}$ — объемы впускного и выпускного трубопроводов; $p_к$ и $p_т$ — давления наддувочного воздуха на выходе из компрессора и ОГ на входе в турбину; $R_в$ и $R_г$ — газовые постоянные наддувочного воздуха и ОГ; $T_к$ и $T_г$ — температуры наддувочного воздуха и ОГ; $G_д$, $G_к$, $G_г$, $G_т$ — расходы воздуха через двигатель и компрессор, газов через двигатель и турбину.

Значения параметров двигателя, входящих в правые части уравнений (1)...(4), в соответствии с рекомендациями работ [2, 10, 11, 12, 13] определялись в виде следующих функциональных зависимостей:

$$\begin{gathered} M_д = f(\omega_д, G_{топл}, p_к) \quad M_т = f(\omega_т, G_{топл}, p_т); \\ M_к = f(\omega_т, p_к); G_к = f(\omega_т, p_к); \\ G_д = f(\omega_д, p_к); G_г = f(\omega_д, p_т, p_к); \\ G_т = f(p_т, G_{топл}) \end{gathered} \quad (5)$$

Функциональные зависимости (5) являются нелинейными, однако работа дизелей дизель-генераторных установок с электрогенератором переменного тока организуется в узком диапазоне скоростных режимов, что обеспечивает примерное постоянство частоты вырабатываемого электрического тока [1, 2]. Причем для дизелей дизель-генераторных установок характерными являются переходные процессы наброса и сброса нагрузки, в которых частота вращения двигателя также изменяется в сравнительно узких пределах. В связи с этим для оценки показателей САР дизеля в указанных переходных процессах использована линейная математическая модель САР.

При разработке математической модели САР частоты вращения дизеля ДГУ проведена линеаризация функциональных зависимостей (5), входящих в правые части уравнений (1)—(4). При этом использована методика, представленная в работах [2, 10—13]. После линеаризации уравнения (1)—(4) приобретают вид:

— поршневая часть двигателя:

$$T_д\frac{d\varphi}{dt} + \varphi = k_{д1}к + k_{д2}\rho - k_{д3}\alpha_д; \quad (6)$$

— турбокомпрессор:

$$T_т\frac{d\varphi_т}{dt} + \varphi_т = k_{т1}\zeta + k_{т2}к - k_{т3}\rho; \quad (7)$$

— впускной трубопровод:

$$T_в\frac{d\rho}{dt} + \rho = k_{в1}\varphi_т - k_{в2}\varphi; \quad (8)$$

— выпускной трубопровод:

$$T_г\frac{d\zeta}{dt} + \zeta = k_{г1}\varphi + k_{г2}\rho - k_{г3}к, \quad (9)$$

где $\varphi = \Delta\omega_д/\omega_{до}$ — относительное изменение частоты вращения коленчатого вала двигателя $\omega_д$; $\varphi_т = \Delta\omega_т/\omega_{то}$ — относительное изменение частоты вращения ротора турбокомпрессора $\omega_т$; $\rho = \Delta p_к/p_{ко}$ — относительное изменение давления наддувочного воздуха после компрессора $p_к$; $\zeta = \Delta p_г/p_{го}$ — относительное изменение давления ОГ перед турбиной $p_г$; $к = \Delta h_р/h_{ро}$ — относительное изменение положения дозирующей рейки топливного насоса высокого давления (ТНВД) $h_р$; $\alpha_д = \Delta N/N_о$ — относительное изменение настройки потребителя N; $T_д$, $T_т$, $T_в$, $T_г$ — постоянные времени собственно двигателя, турбокомпрессора, впускного и выпускного трубопроводов соответственно; $k_{д1}$, $k_{д2}$, $k_{д3}$, $k_{т1}$, $k_{т2}$, $k_{т3}$, $k_{в1}$, $k_{в2}$, $k_{г1}$, $k_{г2}$, $k_{г3}$ — коэффициенты усиления собственно двигателя, турбокомпрессора, впускного и выпускного трубопроводов по соответствующим воздействиям.

Для записи уравнений (6)—(9) в операторной форме они были преобразованы по Лапласу. Поле обозначения операции дифференцирования d/dt символом p, дифференциальные уравнения основных элементов комбинированного двигателя можно записать в операторной форме:

— поршневая часть двигателя:

$$(T_д p + 1)\varphi = k_{д1}к + k_{д2}\rho - k_{д3}\alpha_д; \quad (10)$$

— турбокомпрессор:

$$(T_т p + 1)\varphi_т = k_{т1}\zeta - k_{т2}к + k_{т3}\rho; \quad (11)$$

— впускной трубопровод:

$$(T_в p + 1)\rho = k_{в1}\varphi_т - k_{в2}\varphi; \quad (12)$$

— выпускной трубопровод:

$$(T_г p + 1)\zeta = k_{г1}\varphi - k_{г2}\rho - k_{г3}к, \quad (13)$$

где p — оператор Лапласа. Выражения в скобках в правых частях уравнений (10)—(13) являются ха-

gz618.indd 33 07.05.2018 8:37:54

рактеристическими многочленами или собственными операторами соответствующих элементов комбинированного двигателя. В дальнейшем приняты следующие обозначения собственных операторов:

— поршневая часть двигателя:

$$d_{д}(p) = T_{д}p + 1; \quad (14)$$

— турбокомпрессор:

$$d_{т}(p) = T_{т}p + 1; \quad (15)$$

— впускной трубопровод:

$$d_{в}(p) = T_{в}p + 1; \quad (16)$$

— выпускной трубопровод:

$$d_{г}(p) = T_{г}p + 1. \quad (17)$$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Дизельные двигатели** для электроагрегатов и электростанций / Б. Е. Поликер, Л. Л. Михальский, В. А. Марков, В. К. Васильев, Д. И.; под ред. Б. Е. Поликера. М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2006. — 328 с.
2. **Грехов Л. В., Иващенко Н. А., Марков В. А.** Топливная аппаратура и системы управления дизелей. — М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2005. — 344 с.
3. **Марков В. А., Баширов Р. М., Габитов И. И.** Токсичность отработавших газов дизелей. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 376 с.
4. **ГОСТ Р 55231—2012.** Системы автоматического регулирования частоты вращения (САРЧ) судовых, тепловозных и промышленных двигателей внутреннего сгорания. Общие технические условия. — М.: Стандартинформ, 2013. — 18 с.
5. **Методы** классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5 томах / А. И. Баркин, Е. М. Воронов, В. Г. Коньков и др.; под ред. К. А. Пупкова, Н. Д. Егупова. Т. 1. Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. 656 с.
6. **Поздняков Е. Ф.** Анализ эффективности использования регулятора частоты вращения с последовательно включенными корректирующими звеньями в дизельном двигателе дизель-генераторной установки. Дисс. ... канд. техн. наук. 05.04.02. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. — 150 с.
7. **Марков В. А., Поздняков Е. Ф., Шленов М. И.** Улучшение показателей качества системы автоматического регулирования частоты вращения дизель-генератора // Известия вузов. Машиностроение. — 2007. — № 1. — С. 29—39.
8. **Коссов Е. Е., Шапран Е. Н., Фурман В. В.** Совершенствование режимов работы силовых энергетических систем тепловозов. — Луганск: Изд-во Восточноукраинского национального университета им. В. Даля, 2006. — 280 с.
9. **Володин А. И., Сергеев С. В., Кирьяков М. Н.** Применение микропроцессорных систем управления электропередачей тепловозов для реализации оптимальных режимов работы дизелей // Известия Транссиба. — 2012. — № 3. — С. 18—23.
10. **Машиностроение.** Энциклопедия. Том IV. Двигатели внутреннего сгорания / Л. В. Грехов, Н. А. Иващенко, В. А. Марков и др.; под ред. А. А. Александрова, Н. А. Иващенко. М.: Машиностроение, 2013. — 784 с.
11. **Крутов В. И.** Автоматическое регулирование и управление двигателей внутреннего сгорания. — М.: Машиностроение, 1989. — 416 с.
12. **Статические** характеристики и переходные процессы дизель-генераторной установки тепловоза / В. А. Марков, Ф. Б. Барченко, А. Ю. Епишин, В. А. Неверов, Д. Г. Кибизов // Двигателестроение. — 2017. — № 3. — С. 3—8.
13. **Крутов В. И.** Двигатель внутреннего сгорания как регулируемый объект. — М.: Машиностроение, 1978. — 472 с.
14. **Виртуальные** учебно-исследовательские лаборатории / О. С. Козлов, И. П. Норенков, В. А. Трудоношин и др. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. — 36 с.
15. **Козлов О. С., Скворцов Л. М.** Исследование и проектирование автоматических систем с помощью программного комплекса "МВТУ" // Информационные технологии. — 2006. — № 8. — С. 10—12.

gz618.indd 34 07.05.2018 8:37:54

УДК 339

В. А. Подхалюзина, канд. экон. наук, **М. А. Дрейцен,** канд. экон. наук, **Н. А. Шуба,** студент, МАДИ
E-mail: valya74@rambler.ru

РОССИЙСКИЙ ТРАНСПОРТ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Грузовой транспорт — одна из наиболее важных отраслей экономики России. Значение грузового транспорта, конечно же, определяется объективной потребностью перевозки грузов от производителя продукции к потребителю. Как известно, в экономическом смысле произведенные товары не являются полностью готовыми, пока они не доставлены своему конечному потребителю. В результате роль транспорта играет в этом процессе значимую роль. В современных условиях дальнейшее развитие российской экономики невозможно без отлаженного транспортного сообщения. Надежная работа российского транспорта во многом влияет на промышленные предприятия, строительные компании и, конечно же, на сельскохозяйственный сектор.

Ключевые слова: *транспорт, грузовой транспорт, грузовые перевозки, грузооборот.*

Freight transport is one of the most important sectors of the Russian economy at the present time. The value of freight transport, of course, determined by the objective need of the transportation of goods from the manufacturer to the consumer. As you know, in an economic sense, goods produced are not fully ready until they are delivered to your end user. As a result, the role transport plays in this process an important role. In modern conditions, in the course of globalization, the further development of Russian economy is impossible without well-functioning transport. Reliable operation of the Russian transport affects industrial enterprises, construction companies and the agricultural sector.

Keywords: *transport, cargo transport, freight, cargo turnover.*

В настоящее время наблюдаются следующие тенденции в российской экономике:

— падение реальных доходов населения;

— ввод новых налоговых сборов;

— нестабильная политическая ситуация.

В результате транспорт вынужден не только подстроиться под текущую обстановку, но и выжить.

Услуги российского транспорта входят в себестоимость любого произведенного товара, а значит, если увеличиваются транспортные налоги и сборы, то это скажется на ценах товаров на прилавках магазинов.

В ближайшей перспективе ожидается повышение сборов "ПЛАТОН" на 25 %. На крупные и средние транспортные компании, которые пользуются двенадцатитонными автомобилями, это, конечно же, повлияет. Однако не так, как на мелких предприятиях, которые имеют одну-две машины, и у которых в значительной мере падает рентабельность перевозок. Как следствие, некоторые предприниматели возможно уйдут из отрасли.

В целом же наблюдается рост грузовых перевозок в России. Так, в 2016 г. он вырос на 1,8 % по сравнению с показателем 2015 г. (табл. 1).

Анализ данных, представленных в табл. 1, позволяет заключить, что:

— максимальный прирост наблюдается на воздушном транспорте (22,2 %), минимальный — на автомобильном (0,64 %);

— максимальный объем грузооборота приходится на трубопроводный транспорт (2489,1 т·км), а минимальный — на воздушный (6,6 т·км);

— второе место занимает железнодорожный транспорт с объемом перевозок 2343,8 т·км;

— третье место принадлежит автомобильному транспорту с объемом грузооборота 234,5 т·км.

Наибольший грузооборот имеют трубопроводный и железнодорожный транспорт, в то время как автомобильный транспорт находится на третьем месте, но его доля значительно меньше, что можно объяснить следующими факторами:

— спецификой российской экономики (экономика направлена на продажу углеводородов);

— дешевый курс рубля в 2016 г. стимулировал экспорт из России, а одним из основных товаров, которые экспортируются за рубеж, являются углеводороды;

Таблица 1

Грузооборот транспорта России в 2016 г. и сравнение с предыдущим годом

Показатель	Значение, т·км	Прирост, % к 2015 г.
Грузооборот транспорта	5181,5	1,78
в том числе:		
железнодорожного	2343,8	1,64
автомобильного	234,5	0,64
морского	42,8	1,90
внутреннего водного	64,7	1,09
воздушного	6,6	22,22
трубопроводного	2489,1	1,85

Источник: составлено автором по данным Росстата.

gz618.indd 35 07.05.2018 8:37:54

Таблица 2

Сравнение структуры грузооборота за 2015 и 2016 гг.

Показатель	2016	2015	Структура, %		Δ, %
			2016	2015	
Грузооборот транспорта	5181,5	5091	100,00	100,00	
в том числе:					
железнодорожного	2343,8	2306	45,23	45,30	−0,06
автомобильного	234,5	233	4,53	4,58	−0,05
морского	42,8	42	0,83	0,82	0,00
внутреннего водного	64,7	64	1,25	1,26	−0.01
воздушного	6,6	5,4	0,13	0,11	0,02
трубопроводного	2489,1	2444	48,04	48,01	0,03

Источник: составлено автором по данным Росстата.

Таблица 3

Перевозка грузов в России в 2016 г.

Показатель	Значение, млн т	Прирост, % к 2015 г.
Перевозки грузов транспортом	7591,7	0,17
в том числе:		
железнодорожным	1227	−7,67
автомобильным 5	138,2	1,93
морским	23,8	25,26
внутренним водным	113,8	−5,95
воздушным	1	−16,67
трубопроводным	1088	1,59

Источник: составлено автором по данным Росстата.

— средние расстояния железнодорожного транспорта и трубопроводного транспорта гораздо выше. Можно также добавить большую протяженность России с запада на восток.

Сравним структуру грузооборота за 2015 и 2016 гг. (табл. 2).

Данные табл. 2 показывают, что структура грузооборота в 2016 г. осталась неизменной по сравнению с 2015 г.

Что же касается изменений в структуре, то в перевозках больше всего сократилась доля железнодорожного транспорта и автомобильного транспорта в структуре грузооборота (0,06 % и 0,05 % соответственно), в то время как произошло увеличение доли трубопроводного и воздушного транспорта (0,03 % и 0,02 % соответственно). Совершенно не изменилась доля морского транспорта. И лишь незначительные изменения коснулись внутреннего водного транспорта и составили −0,01 %.

Далее сравним объемы перевозок грузов в 2015 и 2016 гг. (табл. 3).

Как видно из табл. 3, наибольший прирост перевозок в 2016 г. показал морской транспорт (+25,26 %), в то время как наибольшее падение наблюдается у воздушного транспорта (−16,67 %).

Таблица 4

Сравнение структуры перевозок за 2015 и 2016 гг.

Показатель	2016	2015	Структура, %		Δ, %
			2016	2015	
Перевозки грузов	7591,7	7579	100,00	100,00%	
в том числе:					
железнодорожным	1227	1329	16,16	17,54	−1,37
автомобильным 51	38,2	5041	67,68	66,51	1,17
морским	23,8	19	0,31	0,25	0,06
внутренним водным	113,8	121	1,50	1,60	−0,10
воздушным	1	1,2	0,01	0,02	0,00
трубопроводным	1088	1071	14,33	14,13	0,20

Источник: составлено автором по данным Росстата.

gz618.indd 36 07.05.2018 8:37:54

Автомобильный транспорт имеет незначительное положительное изменение (+1,93 %). Общее же изменение объема перевозок тоже незначительно (+0,17 %).

Максимальную долю в структуре составляет автомобильный транспорт, 68 % всех перевозок приходится именно на него. После автомобильного транспорта следует железнодорожный транспорт и трубопроводный, 16 % и 14 % соответственно. Наименьшую долю имеет воздушный транспорт (>1 %).

Сравним структуры перевозок в 2015 и 2016 гг. (табл. 4).

Анализируя табл. 4, можно заключить, что:

— максимальное увеличение доли в общей структуре перевозок приходится на автомобильный транспорт (1,17 %);

— минимальное — на железнодорожный транспорт (−1,37 %);

— доля воздушного транспорта осталась неизменной;

— изменения долей остальных видов транспорта незначительны.

Представим структуру перевозок в 2016 г. графически (рис. 1).

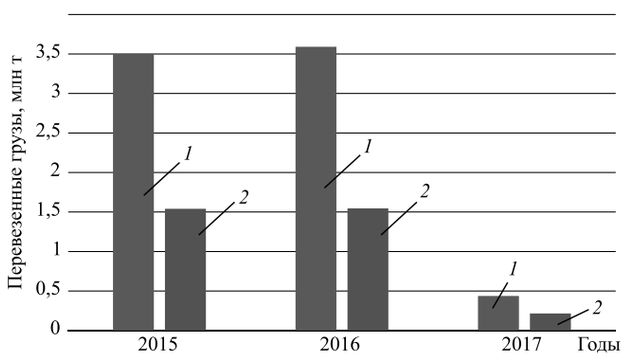

Рис. 1. Структура перевозок России в 2016 г.:

1 — некоммерческие перевозки; *2* — коммерческие перевозки (составлено автором по данным Росстата)

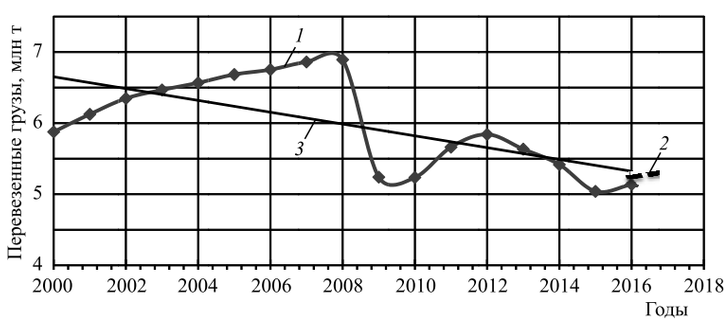

Рис. 2. Динамика перевозок грузов автомобильным транспортом в 2000—2016 гг.:

1 — перевезенные грузы; *2* — прогноз перевозок на ближайшие годы; *3* — усредненный объем грузовых перевозок (составлено автором по данным Росстата)

Если рассматривать грузовые перевозки с точки зрения коммерческих и некоммерческих, то доля первых за 2016 г. уменьшилась на 0,46 %. При этом доля некоммерческих совершенно не изменилась.

Рассмотрим динамику перевозок грузов автомобильным транспортом в 2000—2016 гг. и экстраполируем эти значения на 2017 г. (рис. 2)

В ходе разработанного прогноза, показанного на рис. 2, наблюдаем увеличение грузовых перевозок автомобильным транспортом в 2017 г.

По данным Министерства экономического развития, которое учитывает ситуацию, сложившуюся в транспортном комплексе России, а также спрогнозировало темпы роста промышленного производства в стране и ВВП, в среднесрочной перспективе прогнозируется стабильный рост показателей деятельности российского транспортного комплекса. При этом объем коммерческих грузовых перевозок в 2019 г. министерство оценивает на уровне 3,7 млрд т (+4,2 %), а объем грузооборота — 2,7 трлн т·км (+6,7 %).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Дрейцен М. А.** Особенности механизма формирования инвестиции на основе прогнозирования объемов перевозок пассажирского автотранспортного предприятия // Транспортное дело России. — 2014. — № 1. — С. 216—217.
2. **Дрейцен М. А.** Прогноз развития спроса на транспортные услуги по перевозке пассажиров на перспективу // Транспортное дело России. — 2014. — № 6. — С. 190—191.
3. **Дрейцен М. А.** Стратегическое планирование — необходимый элемент хозяйственного механизма развития в современных условиях // Транспортное дело России. — 2017. — № 1. — С. 71—72.
4. **Подхалюзина В. А.** Автомобильный транспорт. Особенности функционирования в России. — Saarbrucken: LAP LAMBERT, 2015. — 320 с.
5. **Подхалюзина В. А.** Методика научной формы предвидения будущего состояния транспорта региона // Грузовик. — 2016. — № 12. — С. 21—25.
6. **Подхалюзина В. А.** Методика оценки инвестиционной активности отрасли на примере транспорта некоторых стран // Грузовик. — 2016. — № 8. — С. 37—40.
7. **Подхалюзина В. А**. Экономика России: регулирование, планирование, прогнозирование. — Saarbrucken: LAP LAMBERT, 2015. — 472 с.
8. **Подхалюзина В. А., Ипатов А. А.** Российский транспорт в условиях интеграции в международную транспортную систему // Грузовик. — 2015. — № 8. — С. 30—32.
9. **Прогноз** социально-экономического развития Российской Федерации на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов // Министерство экономического развития Российской Федерации. URL: http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/9dd9931d-3960-454c-a8db-ec6fc1ab4bfc/prognoz_2017_2019.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=9dd9931d-3960-454c-a8db-ec6fc1ab4bfc
10. **Федеральная служба** государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/

gz618.indd 37 07.05.2018 8:37:54

УДК 629.113

А. Б. Комов, канд. техн. наук, доцент, **П. Б. Комов,** канд. техн. наук, доцент, АДИ ГОУ ВПО Донецкий национальный технический университет (ДонНТУ)
E-mail: volga4388@yandex.ru

ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ ИДЕОЛОГИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Проведен анализ и сформулированы предложения по организации работы, направленной на формирование корпоративной идеологии образовательных учреждений дорожно-транспортного комплекса.

Ключевые слова: *организация, дорожно-транспортный комплекс, идеология, образовательные программы, малое предпринимательство, телематика.*

The analysis is conducted and the offers of the work organization which aimed at forming a corporate ideology of educational institutions of the road and transport complex is formulated.

Keywords: *organization, road and transport complex, ideology, educational programs, small business, telematics.*

Постановка проблемы

Термин "идеология" предложил в 1796 г. Дестют де Траси и, согласно его взглядам, — это наука о том, как сознание производит идеи из ощущений [1]. Однако многие не относят идеологию к науке — она объективна и беспристрастна, а идеология субъективна и поэтому ее считают политикой [2].

Проблема состоит в том, что сегодня основная масса студенчества — деполитизирована. Политикой интересуются лишь 20...30 % студентов, которых часто считают маргиналами. Поэтому в 2007 г. "Русский журнал" в рамках Дней русской политической культуры организовал круглый стол на тему "Философия политики: государственная идеология и высшее образование", где в основном докладе Н. Гараджи — "Тезисы в пользу идеологизации высшего образования" было сказано: "Сегодня мы стоим перед следующей дилеммой: или будет идеологизирована нынешняя система образования, или будет создана параллельная система, которая ее вытеснит, как некогда потешные полки Петра I вытеснили регулярное стрелецкое войско" [3].

В 2012 г. в г. Москве состоялось совещание на тему "Теология в вузах: взаимодействие Церкви, государства и общества", где Патриарх Московский и всея Руси Кирилл отметил [4]: "Люди утрачивают прежние ориентиры. Будущее вызывает скорее беспокойство, чем уверенность в позитивном развитии. В глобальном масштабе соперничают различные мировоззрения и проекты мироустройства, в том числе и религиозные. В этой ситуации ни одно общество, ни одна нация не выживет, если не определит стратегию своего развития".

Анализ последних исследований и публикаций

События осени 2013 г. на Украине вызвали в обществе всплеск дискуссии по вопросу идеологизации системы образования. Так, в России было распространено решение Совета ректоров г. Санкт-Петербурга и опубликован документ главы Совета — письмо ректора Санкт-Петербургского государственного технологического института к ректорам других учебных учреждений о назначении ответственных за идеологическую работу в высших учебных заведениях (вузах). При этом организация такой работы в Российской Федерации (РФ) была в целом признана как не противоречащая ст. 13 Конституции РФ, что является главным итогом специально проведенной научно-практической конференции "Современный конституционализм: вызовы и перспективы", которая была созвана Конституционным Судом РФ совместно с Ассоциацией юристов. Наличие ст. 13, по мнению полномочного представителя Совета Федерации в Конституционном суде РФ, является наследием страха перед тоталитарным режимом и его идеологией, что насаждалось в момент разработки Конституции. Однако сегодня такой подход не актуален. В соответствии с чем ректор Санкт-Петербургского гуманитарного универси-

gz618.indd 38 07.05.2018 8:37:54

тета профсоюзов опубликовал в "Российской газете" статью, которая содержит развернутое обоснование необходимости идеологической работы в вузах [5].

Главная составная часть национальной идеи России, способствующая самоидентификации страны в мировом сообществе — патриотизм [6], который созвучен Православию, где основная задача, как отмечал Патриарх Алексий II, — это созидание собственной страны [1]. Поэтому в 2016 г. Президент России В. В. Путин на встрече с предпринимателями подчеркнул: "У нас нет никакой, и не может быть никакой другой объединяющей идеи, кроме патриотизма" [7].

Россия имеет статус светского государства и здесь действует принцип свободы совести и вероисповедания. В соответствии с чем, посредством права и соответствующей политики, светское пространство страны призвано быть нейтральным в отношении мировоззренческих ценностей. Однако следует понимать, что у системы образования, равно как и у многих других сфер деятельности современного человека, должна существовать своя собственная идеология. Так, по мнению участников круглого стола "Философия политики: государственная идеология и высшее образование" [3], смешно говорить, что идеология отсутствует, например, в духовной академии или духовной семинарии. Здесь обязательно существует имманентная или корпоративная идеология, которая также есть и у любого светского, университетского образования — это некоторая их конструктивистская установка или корпоративная субидеология, с которой необходимо считаться. Она не имеет ничего общего с "правильной государственной политикой" — это субидеология свободного академического образования и свободной науки, где речь идет о воспитании свободно мыслящего человека, способного критически-рефлексивно относиться к любым, в том числе идеологическим, спущенным сверху, снизу, откуда угодно, конструкциям.

"Воспитание патриотизма, мобильности, готовности к принятию активной жизненной позиции в условиях современного общества" — это одна из основных целей образовательной программы специалистов РФ по направлению подготовки 23.05.01 (ранее 190109) — Наземные транспортно-технологические средства. При этом, согласно Государственному образовательному стандарту, выпускники программы специалитета должны обладать такими общекультурными компетенциями (ОК) и, соответственно, способностями:

— использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (ОК-2);

— анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции (ОК-3).

Цель статьи

Формулирование основ формирования гражданской позиции выпускников образовательных учреждений дорожно-транспортного комплекса (ДТК) в условиях его корпоративной идеологии, определяемой сменой парадигмы комплекса.

Основной раздел

Термин "гражданская позиция" с точки зрения социологии [10] означает совокупность внутренних общечеловеческих ценностей, приобретенных в процессе социализации личности, что помогает:

во-первых, самостоятельно принимать решения в выполнении функциональных задач профессиональной деятельности, гражданского долга, активного участия в общественной жизни, прогнозируя возможные последствия таких решений;

во-вторых, нести личную и социальную ответственность за эти принятые решения.

Особенность решения функциональных задач профессиональной деятельности специалистами академического сообщества ДТК состоит в бурной смене его парадигмы, т. е. концепций, стиля мышления и методологий, а в целом отраслевых концептуальных моделей постановки проблем и их решения. При этом все это происходит в совокупности со сменой парадигмы образования. В современном мире она характеризуется появлением не только новых педагогических понятий, терминов (личностно-ориентированное обучение, инновационные, педагогические и психологические технологии, мониторинг профессионального развития, организация учебно-пространственной среды и др.), но и, прежде всего, появлением абсолютно новых требований к стандартам образования, основой которых являются требования научно-технического прогресса (НТП) [11].

Главная цель обучения и воспитания специалистов XXI в. — формирование "нового экономического человека" в виде предпринимателя современной формации. Это род руководителя, который должен действовать в оптимальном режиме, т. е. рисковать там, где это действительно имеет результативный смысл, но во всем остальном пользоваться лишь научно обоснованными методами постановки проблемы и их решения [12].

Необходимость подготовки предпринимателей обусловлена в современном мире одноименным этапом его развития (1980 г. ... наши дни [13]), где главной задачей вузов является формирование у абсолютно каждого будущего врача, учителя, инженера или у другого выпускника высшей школы, стремления к созданию "своего дела", т. е. [14]:

во-первых, приобретение той специальности и профессии, которые однозначно будут востребо-

gz618.indd 39 07.05.2018 8:37:54

ваны на рынке труда как в государственном, так и в частном секторе предпринимательской экономики;

во-вторых, создание малого частного предприятия (больницы, школы, станции технического обслуживания техники, *Internet*-магазина, и др.), что рассматривается современным миром науки и практики как пока единственный действенный выход из сложной общепланетарной ситуации в борьбе с безработицей.

В ДТК доля предприятий малого и среднего предпринимательства (МСП), согласно целевой программе Минтранса РФ, должна составлять в общем объеме перевозок: 50,8 % (грузовые); 53 % (пассажирские регулярные). Услуги (стоимость продукции) МСП на рынке международных перевозок уже составляют 93 %. Например, среди предприятий по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей рациональными структурами МСП (по количеству рабочих) являются [15]: < 5 чел. — 70 %; > 5 и < 20 чел. — 15...20 %; > 21 и < 50 чел. — 10 %; >50 чел. — 2...3 %.

Сегодня только малые предприятия систематически создают рабочие места в современном мире экономики. Так, за период 1981—1990 гг. они добавили, например, в США 60 % рабочих мест. Именно малые предприятия нанимают здесь более половины частной рабочей силы. Поэтому из 20 млн предприятий США, малых — 90 %. Однако, что естественно, на их долю приходится лишь 8 % валового дохода и лишь 5 % экспорта, т. е. не малые предприятия, а предприятия капитало- и наукоемких отраслей (авиа- и автомобилестроения, металлургии, электротехники, химической промышленности и др.) — база экономического роста всех ведущих стран мира [16, 17].

Следуя основам грамотной организации современной экономики, президент РФ В. В. Путин, нацеливая страну на создание наукоемких индустриальных производств, объявил о необходимости организации в России "налоговых и контрольно-надзорных каникул" для малого бизнеса [18]. Это является неизбежным в условиях развития РФ на основе достижений НТП, где активная борьба общества с безработицей практически полностью ложится на плечи молодежи. Именно молодежи свойственно быстро и, порой, без особых раздумий принимать в свою жизнь все неизведанное, самое сложное и новое, что потом становится привычным и обыденным для повседневной жизни каждого человека.

Поэтому требование по формированию вузами "нового экономического человека" официально сформулировано на достаточно высоком международном уровне — это организация ЮНЕСКО, где в докладе ее Международной комиссии по образованию и документе "Реформирование и развитие высшего образования" сказано [19]:

"...предпринимателям нужна не квалификация, которая с их точки зрения, слишком часто ассоциирует с умением осуществить те или иные операции материального характера, а компетенция, которая рассматривается как своего рода коктейль навыков, свойственных каждому индивиду, в котором сочетаются квалификация в строгом смысле этого слова, социальное поведение, способность работать в группе, инициативность и любовь к рынку".

В соответствии с чем, в стандартах образования России и мира существует по каждой специальности достаточно широкий спектр профессионально-специализированных компетенций, ориентирующих выпускников вузов на активную, научно и экономически обоснованную предпринимательскую деятельность в различных отраслях экономики.

Дорожно-транспортный комплекс (ДТК) — это отрасль экономики, которая в буквальном смысле формирует лицо любой страны. Именно здесь на основе новейших космических систем и систем наземной телефонной связи создаются сегодня системы мониторинга техники, региональные транспортно-логистические центры, что, наряду с безопасностью, обеспечивает эффективность комплекса и охраняет окружающую его среду [20]. Современный ДТК представляет в обществе воплощение самых передовых достижений мысли человека в его повседневный быт. Например, уже сегодня здесь широко используются беспилотные транспортные средства и другие сложные системы.

Естественно, что будущее такого комплекса в руках лишь грамотной молодежи, которая в лекционных залах, учебных аудиториях и лабораториях, а также на практике обязана осваивать современные науки, чтобы затем эффективно воплощать свои знания в жизнь общества.

Специалистов в сфере ДТК готовят многие учебные заведения — это абсолютное большинство училищ, техникумов, а также многие образовательные учреждения высшего профессионального образования, где приоритет отдан государственным заведениям образования. Поэтому именно наука может стать в ДТК "реальным рычагом" его ускоренного инновационного развития, где главная задача каждого учебного подразделения состоит не только в том, чтобы его выпускники приобрели необходимые современные компетенции. Главное — в том, чтобы каждый молодой специалист стал патриотом своей профессии и смог успешно реализовать себя в своей стране.

Анализ зарубежного развития предпринимательства показал, что высокоэффективной и, прежде всего, востребованной формой реализации разнообразных и многоплановых предпринимательских идей в современном обществе есть создание технополисов, которые призваны реа-

gz618.indd 40 07.05.2018 8:37:54

лизовывать на научной основе обычные "земные идеи" как настоящих, так и будущих предпринимателей. При этом для успешного воплощения этих идей специалисты технополисов обязаны находить в них "зерна инновационного развития", либо сеять эти зерна, если они отсутствуют [21].

Сегодня бесспорным "зерном инновационного развития" ДТК являются интеллектуальные транспортные системы (Intelligent Transport Systems — ITS), т. е. системы транспортной телематики [22, 23], где круг вопросов, решаемых этими системами в современном мире, не ограничивается лишь проблемами безопасности дорожного движения — это также [20]:

— создание условий для эффективного выполнения работы предприятиями, осуществляющими регулярные грузовые и пассажирские перевозки, эксплуатацию дорожно-уличной сети, вывоз твердых и жидких бытовых отходов, а также страхование подвижного состава (ПС), его продажу и сервисное обслуживание, многое др.;

— планирование, диспетчерское управление государственным и муниципальным транспортом (транспорт пассажирский; жилищно-коммунальный; скорой помощи; и т. п.);

— автоматический контроль фактов нарушения регламентов работ, выполняемых ПС;

— информирование водителей о нарушении ими правил движения, эксплуатации ПС, а также о текущем и краткосрочном прогнозе состояния условий дорожного движения;

— другое.

Поэтому ITS (их разработка, создание и эксплуатация) могут сегодня стать во многих регионах России их глобальным молодежным проектом и, соответственно, системообразующей составляющей их регионально-отраслевых технополисов. Эффективной формой такой организации в современном ДТК являются виртуальные предприятия (ВП). В целом, это элементы электронного бизнеса, представляющие в отрасли виртуальные логистические центры (Virtual Logistics Center — VLC) [24], что, как показывает международная практика, позволяет привлечь именно профессионалов (автомобилистов, дорожников, программистов, системотехников, электронщиков и специалистов многих других профессий), находящихся в различных уголках страны и даже мира, к разработке и реализации бизнес-проектов.

Научная основа организации VLC/ВП в ДТК — это структурная схема, предложенная японским ученым Н. Окино [25], которая на единой базе данных, формируемой ITS, способна постоянно и беспрепятственно наращивать спектр задач, направленных на активное вовлечение молодежи республики в инновационное развитие отрасли.

"Правовым примером" в деле организации VLC/ВП является приказ Министерства транспорта РФ от 01.02.2013 г. № 19 "О мерах по реализации постановления Правительства Российской Федерации от 21.12.2012 г. № 1367 ... ". Согласно приказу, для информационно-навигационного обеспечения деятельности автотранспорта (предоставления информации в Ространснадзор, а также водителям, пешеходам и другим пользователям) предусмотрено на базе технологии ГЛОНАСС/GPS создание на территории РФ региональных навигационно-информационных систем (РНИС) — инновационного инструмента повышения в регионах безопасности и эффективности перевозок пассажиров и грузов транспортными средствами категорий M и N [26].

Проблема при внедрении РНИС, по словам заместителя генерального директора навигационного холдинга СпейсТим (разработчика РНИС) — это наличие в РФ множества операторов, предоставляющих услуги мониторинга транспорта [27], что может быть решено на следующих примерах:

В Чеченской Республике создана единая внедренческая организация (научно-исследовательский институт (НИИ) Прикладной Телематики) [28].

В Республике Беларусь фирма Gurtam осуществлят разработку для всего мира программных комплексов по оптимальному управлению материальными и информационными потоками транспортных систем на базе спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS [29].

Однако для эффективного решения инновационных задач, основой функционирования РНИС/VLC/ВП должны стать, прежде всего, специалисты, ответственные за формирование в вузах их современной корпоративной идеологии — это грамотные профессионалы, которые одновременно обязаны быть людьми неравнодушными к судьбе своей страны и ее будущему — молодежи.

Главная задача идеологов РНИС/VLC/ВП и, соответственно, организаторов современных технополисов ДТК состоит в окончательной и бескомпромиссной ликвидации у выпускников высшей школы потребительского отношения к государству. У современной молодежи это выражается в желании получения государственных гарантий трудоустройства, что под воздействием НТП безвозвратно ушло в прошлое.

Сегодня РНИС/VLC/ВП призваны стать связующим звеном между "практикой отрасли" и системой образования страны, где выполнение требования ЮНЕСКО по формированию "нового экономического человека" является главной задачей вузов, которые путем активного взаимодействия с РНИС/VLC/ВП, обязаны еще на сту-

gz618.indd 41 07.05.2018 8:37:54

денческой скамье интегрировать каждого своего выпускника в мир инновационных бизнес-идей.

Официальный итог такой интеграции — наличие у каждого выпускника "личного бизнес-плана", т. е. утвержденной государственной аттестационной комиссией, выпускной дипломной работы (проекта), где их главной "внешней" особенностью, как альтернативы отраслевому наименованию и, соответственно, исполнению работы, должно быть наличие международного кода вида сферы экономической деятельности, отвечающей требованиям рыночной экономики.

Идея интеграции молодежи на основе ее активного участия в инновационных проектах может быть эффективно реализована путем создания "корпоративными идеологами" совместно, например, с профсоюзными организациями вузов, постоянно действующих ("круглогодичных") студенческих строительных отрядов (ССО), участвующих в разработке государственных научно-исследовательских работ (НИР).

Главным и безальтернативным условием эффективности таких ССО должно стать совместное с РНИС/VLC/ВП обязательное формирование актуального для общества, но, прежде всего, нужного малому бизнесу перечня НИР, где роль профсоюзов состоит в выполнении своих прямых функций по контролю, поощрению и развитию необходимой для вузов деятельности, формирующей среди молодежи "новых экономических людей".

Историческим примером такой профсоюзной работы есть организация в городах, районах, а также на отдельных предприятиях дворцов труда (впоследствии — дворцов культуры, а сегодня технополисов). Именно в профсоюзных структурах на заре советской власти трудящиеся молодой страны получали возможность активного участия не только в культурно-массовых мероприятиях, но и возможность освоения нужной Родине профессии.

Так, дворцы труда в 30-х годах "принесли в массы" и воплотили в молодежную среду важный для страны лозунг: "Молодежь на самолет!". В современном ДТК этот лозунг должен звучать несколько иначе — это: "Молодежь на телематику!", что составляет суть корпоративной идеологии академического сообщества комплекса.

«"Термин "телематика" — это производное от слов "телекоммуникации" и "информатика". Соответственно, понятие "транспортная телематика" охватывает область использования возможностей телекоммуникационных технологий и информатики при решении технологических задач на транспорте. Основными технологиями, используемыми в системах транспортной телематики на автомобильном транспорте и в дорожной отрасли, являются: координатно-временные и навигационные технологии; геоинформационные технологии; телекоммуникационные технологии, включая технологии мобильной связи, технологии сбора, хранения и обработки информации на ЭВМ"» [22].

Богатый международный опыт союза ДТК и телематики показывает, что наиболее распространенными и быстро окупаемыми проектами здесь являются: сбор доходов; первичный учет транспортной работы; диспетчерское управление, а важнейшим фактором эффективности — обеспечение квалификации персонала, адекватной применяемым информационным системам. Сегодня инженерный персонал отрасли должен уметь грамотно формулировать и ставить задачи программистам, выполнять, с помощью компьютерной техники и программ общего назначения, анализ данных, вносить предложения по развитию и совершенствованию действующих на предприятиях информационных систем. При этом все эти требования устойчиво распространяются не только на крупные, но и на мелкие транспортные, ремонтные и сервисные компании ДТК, где создание современных информационных систем позволяет [23]:

— сократить на 25...35 % затраты на программное обеспечение и эксплуатацию информационных комплексов;

— унифицировать и сократить в 3—4 раза количество вторичных документов;

— исключить дублирование информации в первичных документах;

— обеспечить контроль исполнения принятых решений и получение оперативных данных об отклонениях в системе управления предприятием.

Особенность современных систем транспортной телематики, т. е. ITS состоит в том, что сегодня они представляют не какое-нибудь отдельное изделие или проект — речь идет о широкомасштабной системе мероприятий, которые касаются, прежде всего, изменения взглядов общества на высокие требования, предъявляемые временем к обеспечению безопасности и, соответственно, эффективности работы транспорта. Речь идет об "интеллектуальном способе решения задач", заключающемся в соединении различных технологий, направленных на выполнение требований современного общества. При этом, согласно решению Европейской конференции министров транспорта, прошедшей 21 и 22 апреля 1997 г. в г. Берлине, для развития в Европе интегральной транспортной системы необходимо сформировать соответствующий политический форум [20], что характеризует ITS, т. е. системы телематики

gz618.indd 42 07.05.2018 8:37:54

транспорта как именно идеологию современного ДТК.

Следует учесть, что такая идеология, например, в США лишит рабочих мест 1,7 млн водителей грузовиков в течение ближайших 10 лет. При этом по оценке ООН, в целом роботы и автоматизированные системы управления лишат работы 65 % рабочей силы в развитых странах мира [30]. Главное — неполная занятость населения вызовет стагнацию экономики. Любой экономике нужны потребители, а безработные не могут быть потребителями по определению.

В соответствии с чем, первостепенной и безальтернативной задачей каждого государства является формирование терциарной экономики — это интенсивное развитие сферы услуг, где именно МСП представляет ту действенную основу, которая способна создать серьезное сопротивление безработице в современных социально-экономических условиях развития общества, определяемых необратимыми процессами НТП.

Необходимо подчеркнуть, что сегодня "экстремизм робототехники" формирует четыре возможных сценария развития общества, где наиболее вероятным и опасным в условиях ограниченных земных ресурсов является вариант появления огромной массы лишних людей, что связывает будущее мира лишь с мудрой политикой, проводимой его государствами [31].

Поэтому формирование гражданской позиции, представляющей по определению В. Т. Лисовского [32]: "...осознанное участие человека в жизни общества, отражающее его сознательные реальные действия в отношении окружающего в личном и общественном плане, направленное на реализацию общественных ценностей при разумном соотношении личностных и общественных интересов" — это тот путь, который сегодня должен пройти каждый молодой человек, чтобы занять достойное место и стать гражданином своей страны.

Для ДТК это означает убежденность выпускников его вузов в отсутствии альтернативы развитию отрасли на основе достижений НТП и обязательное стремление специалистов отрасли к инновационной деятельности, посредством организации соответствующих малых предприятий.

Для формирования такой гражданской позиции в условиях высокой чувствительности ДТК к конъюнктуре, определяемой постоянной дифференциацией и диверсификацией потребительских свойств услуг и, соответственно, беспрерывным обновлением компетенций на современном рынке труда, необходимо формирование терциарных вузов в уже сложившейся образовательной сети, что явилось бы проявлением современного уровня корпоративной идеологии.

Термин "терциарное образование" ("tertiary education") — понятие рынка. В отличие от понятия "высшее образование" ("higher education"), предполагающего процесс преподавания и получения концептуальных гуманитарных и точных знаний и умений по ограниченному числу профессий и университетских исследований, терциарное образование предусматривает четкую уровневую и содержательную диверсификацию университетских программ и организационных структур для обеспечения тесного взаимодействия с внешней средой и со всем спектром предложений рынка труда. Терциарные университеты предлагают по всему миру огромное количество инновационных учебных образовательных программ, сертифицированных и аккредитованных независимыми аудиторами. Программы имеют широкий, по выбору потребителей, диапазон "вариантов доставки", продолжительности и результатов образования [33].

Одним из эффективных направлений в практике терциарных вузов является оказание посредством технополисов консультационных и, в том числе платных услуг промышленности и правительствам разных уровней, а также исследовательское содействие социально-экономическому развитию регионов, что особенно важно в условиях становления Донбасса, где развитие ДТК его республик обязано опираться на долгосрочные государственные планы и одновременно оперативно реагировать на вызовы времени [34].

Отечественным примером для вузов ДТК может являться Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, где широкий спектр факультетов, кафедр, посредством интегрированных отраслевых научно-образовательных структур, активно формирует "под заказчика" свои мультидисциплинарные образовательные программы подготовки специалистов с профессиональными компетенциями, определяемыми НТП [35].

Выводы

Идеологическое воспитание молодежи, направленное на формирование патриотов, — важнейшая цель современных образовательных учреждений России. Задача дорожно-транспортных вузов страны состоит в формировании у специалистов отрасли гражданской позиции по осознанному, на основе разумного соотношении личностных и общественных интересов, выполнению функциональных задач профессиональной деятельности, что требует наличия:

1) института идеологов для формирования корпоративной идеологии вузов;

gz618.indd 43 07.05.2018 8:37:54

2) идеологической работы, основанной на интеграции вузов в систему инновационного развития страны, путем создания регионально-отраслевых технополисов РНИС/VLC/ВП/ССО и терциарных вузов для реализации мультидисциплинарных образовательных программ;

3) научно-практической деятельности вузов совместно с РНИС/VLC/ВП/ССО в направлении формирования терциарной экономики отрасли, где основой качества услуг ДТК является транспортная телематика;

4) личного бизнес-плана у каждого выпускника вуза в виде инновационной НИР, оформленной и представленной государственной аттестационной комиссии в виде дипломной работы или проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Радько Т. Н.** Проблемы теории государства и права: учебник. — М.: Изд-во "Проспект", 2016. — 600 с.
2. **Буровский А.** Отречемся от старого мира. Самоубийство Европы и России — М.: Изд-во "Яуза". 2011. — 570 с.
3. **Стенограмма** круглого стола "Философия политики: государственная идеология и высшее образование". Русский журнал [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.russ.ru/pole/Gosudarstvennaya-ideologiya-i-vysshee-obrazovanie.
4. **Патриарх Московский** и всея Руси Кирилл. Теология в вузах: взаимодействие Церкви, государства и общества // Церковь и время. — 2012. — № 61. — С. 7—22.
5. **Запесоцкий А. С.** Гражданин с дипломом // Российская газета. — 2014. — № 6293.
6. **Национальная** идея России / В. И. Якунин, С. С. Сулакшин, В. Э. Багдасарян, М. В. Вилисов, С. Г. Кара-Мурза, В. Н. Лексин. — М.: Научный эксперт, 2012. — 752 с.
7. **Патриотизм.** Материал из Википедии — свободной энциклопедии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Патриотизм.
8. **Березутский Ю. В., Щепочкин Н. С.** Гражданская позиция молодежи региона: опыт социологического анализа // Власть и управление на Востоке России. 2011. — № 1. — С. 151—159.
9. **Комов А. Б., Комов П. Б.** Усовершенствование организации технической эксплуатации автомобилей в условиях информатизации автомобильного транспорта // Грузовик. — 2017. — № 9. — С. 31— 36.
10. **Семененко А. И., Сергеев В. И.** Логистика. Основы теории: учебник для вузов. — СПб.: Изд-во "Союз", 2001. — 544 с.
11. **Щеткин Г. В.** Управление бизнесом: Экспресс-курс для деловых людей — К.: Изд-во МЗУУ, 1994. — 104 с.
12. **Комов П. Б.** Дисциплина "Организация предпринимательской деятельности" в подготовке инженеров-механиков автомобильного транспорта // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. — 2006. — № 1. — С. 23—29.
13. **Марков О. Д.** Організація автосервісу. — Львів, 1998. — 332 с.
14. **Мочерний С. В., Устенко О. А., Чеботар С. .** Основи підприємницької діяльності: Посібник. — К.: Видавничий центр "Академія", 2001. — 280 с.
15. **Кузнецов О. В.** Букварь предпринимателя. — СПб.: Питер, 2004. — 237 с.
16. Стенограмма Заседание Государственного совета по вопросам развития малого и среднего бизнеса от 07.04.2015 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://kremlin.ru/events/president/news/49214.
17. **Делор Ж.** Образование — сокрытое сокровище. — М.: Московская школа политических исследований, 2002. — 472 с.
18. **Пржибыл П., Свитек М.** Телематика на транспорте. — М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2003. — 539 с.
19. **Интеграция** технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем / В. П. Волков, В. П. Матейчик, О. Я. Никонов, П. Б. Комов, И. В. Грицук, Ю. В. Волков, Е. А. Комов. — Донецк: Изд-во "Ноулидж", 2013. — 400 с.
20. **Власов В. М., Ефименко Д. Б., Богумил В. Н.** Информационные технологии на автомобильном транспорте: учебник для студ. учреждений высш. образования. — М.: Издательский центр "Академия", 2014. — 256 с.
21. **Власов В. М., Николаев А. Б., Постолит В. М.** Информационные технологии на автомобильном транспорте / Под общ. ред. В. М. Приходько; МАДИ (ГТУ). — М.: Наука, 2006. — 283 с.
22. **Логистика** автомобильного транспорта / В. С. Лукинский, В. И. Бережной, Е. В. Бережная и др.: учеб. пособие. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 368 с.
23. **Судов Е. В., Левин А. И.** Концепция развития *CALS*-технологий в промышленности России / НИЦ *CALS*-технологий "Прикладная логистика". — М., 2002. — 131 с.
24. **Региональные системы:** РНИС ГЛОНАСС [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://space-team.com/rnis/
25. **Официальный сайт** M2M Телематика Рязань. Развитие РНИС регионов обсудили в Рязани [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.m2m-rzn.ru/novosti.html
26. **Официальный сайт** компании СпейсТим. Взгляд экспертов НИИ ПТ на развитие РНИС. Совещание в Доме Правительства РФ [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://space-team.com/pressa/detail/vzglyad_nii_pt_rnis/
27. **Официальный сайт** компании Gurtam [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://gurtam.com/ru
28. **ООН:** роботы станут причиной массовой безработицы [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ktovkurse.com/a-vy-kurse/oon-roboty-stanut-prichinoj-massovoj-bezrabotitsy
29. **Какое будущее подарит миру роботизация** [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ktovkurse.com/a-vy-kurse/kakoe-budushhee-podarit-miru-robotizatsiya-4-stsenariya
30. **Лисовский В. Т.** Социология молодежи. — СПб.: СПбГУ, 2009. — 254 с.
31. **Дудина И. А.** Развитие международного рынка академических услуг и товаров в условиях глобализации // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 3, Экон. Экол. — 2009. — № 2 (15). — С. 70—78.
32. **Говорущенко Н. Я., Чальцев М. Н., Комов П. Б., Кононов С. А.** Организация инженерно-технической службы пассажирского автомобильного транспорта общего пользования в региональных программах безопасности дорожного движения// Матеріали ІІІ науково-практичної конф. "Донбас-2020: наука і техніка — виробництву". Донецк: Дон НТУ Міністерства освіти і науки. — 2005. — С. 732—735.
33. **Бром А. Е.** Проектирование комплекса интегрированной логистической поддержки жизненного цикла наукоемкой продукции // Вестник Волжского университета имени В. Н. Татищева. — 2015 — № 1 (23). — С. 5—10.

gz618.indd 44 07.05.2018 8:37:54

УДК 656.073.7

И. М. Рябов, д-р техн. наук, профессор, **В. В. Горина,** аспирант, Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия
E-mail: im_ia@mail.ru

НОВАЯ ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Статья посвящена оценке эффективности функционирования автомобильного транспорта в смешанных перевозках при обслуживании получателей и отправителей контейнеров по существующей и предлагаемой технологии. Показано, что существующая технология контейнерных перевозок в смешанном сообщении имеет существенный недостаток, который заключается в большом количестве этапов (16 этапов) доставки. Предложена новая технология, основанная на использовании разработанного авторами контейнера со складывающимися грузоподъемными стойками, позволяющая почти вдвое сократить число технологических этапов. Проведено сравнение существующей и предлагаемой технологии доставки контейнеров по используемому оборудованию и подвижному составу и анализ факторов, определяющих эффективность функционирования автомобильного транспорта при обслуживании получателей и отправителей контейнеров. Проведенная оценка показала, что предлагаемая технология доставки контейнеров позволяет достичь социального и экономического эффекта.

Ключевые слова: *смешанные перевозки, транспортабельный контейнер, контейнерные перевозки, грузоподъемные стойки, терминальные комплексы, доставка грузов, оценка качества обслуживания.*

The article is devoted to the assessment of the performance of road transport in multimodal transport with the service recipients and senders of containers on existing and proposed technologies. It is shown that the existing technology of container intermodal transport has a significant drawback, which is that a large number of stages (16 stages) of delivery. The new technology based on the use developed by the authors of the container with foldable load lifting struts, which allows almost halve the number of technological stages. A comparison of the existing and proposed shipping containers on used equipment and rolling stock and the analysis of the factors determining the efficiency of road transport in servicing the recipients and senders of the containers. The evaluation showed that the proposed technology for delivery of containers allows to reach social and economic effect.

Keywords: *multimodal transport, transportable container, container transportation, lifting racks, terminal facilities, cargo delivery, evaluation of service quality.*

Смешанные перевозки (европейский термин, используемый в странах Европейского Союза, — мультимодальные перевозки) — это наивысший по сложности вид перевозок с участием в различных сочетаниях не менее двух различных видов транспорта. Они позволяют использовать преимущества каждого вида транспорта. Применение в таких перевозках грузов контейнеров дает значительный экономический эффект и выигрыш во времени доставки [1].

В мировой практике наиболее распространены следующие схемы мультимодальных перевозок с участием автомобильного транспорта:

1) автотранспорт — авиатранспорт — автотранспорт;

2) автотранспорт — железнодорожный транспорт — автотранспорт;

3) железнодорожный транспорт — авиатранспорт — автотранспорт;

4) железнодорожный транспорт — морской транспорт — автотранспорт;

5) железнодорожный транспорт — автотранспорт — авиатранспорт — автотранспорт.

В России наибольшее распространение получила вторая схема (рис. 1).

Автомобильный транспорт в смешанном грузовом контейнерном сообщении является связую-

Рис. 1. Погрузка контейнеров

gz618.indd 45 07.05.2018 8:37:54

щим звеном между отправителями (получателями) и магистральным транспортом. Однако в работе [1] показано, что существующая технология контейнерных перевозок имеет существенный недостаток, который заключается в большом количестве этапов (16 этапов) доставки и предложена новая технология, основанная на использовании разработанных авторами контейнеров [2] со складывающимися грузоподъемными стойками (рис. 2), позволяющая почти вдвое сократить число технологических этапов.

Грузоподъемные стойки имеют электропривод и позволяют за счет энергии аккумулятора подвижного состава (ПС) или сети станции поднять контейнер, а затем опустить на платформу автомобиля,

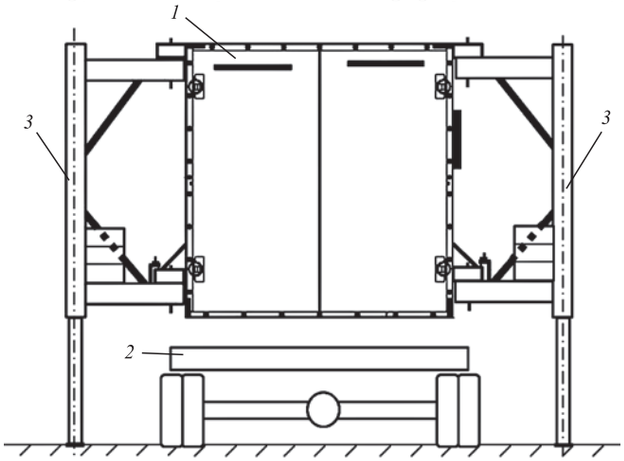

Рис. 2. Саморазгружающийся контейнер с гидравлическими грузоподъемными складывающимися стойками:

1 — транспортабельный контейнер; *2* — платформа автотранспортного средства; *3* — гидравлические грузоподъемные стойки

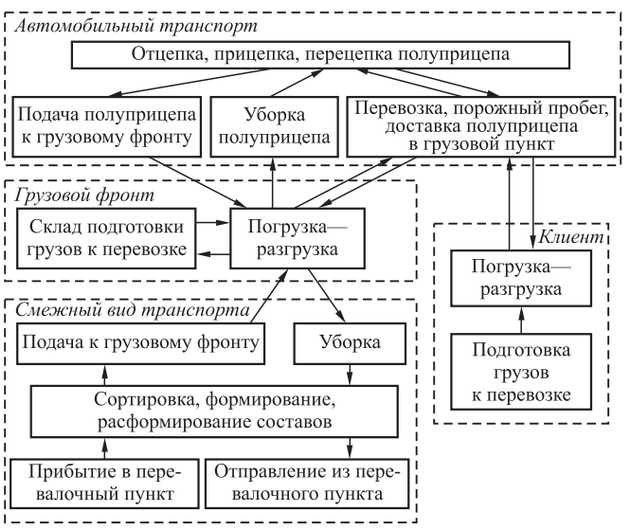

Рис. 3. Схема функционирования автомобильного транспорта при обслуживании получателей и отправителей контейнеров

которым контейнер доставляется в пункт назначения [2—4] как в транспортном узле, так и у клиента.

В связи с этим несомненный интерес представляет оценка эффективности функционирования автомобильного транспорта при смешанных перевозках контейнеров по существующей и предложенной технологии.

Схема функционирования автомобильного транспорта при обслуживании получателей и отправителей контейнеров приведена на рис. 3.

Сравнение существующей и предлагаемой технологии доставки контейнеров по используемому оборудованию и подвижному составу представлено в табл. 1. Анализ таблицы показывает, что для осуществления доставки контейнеров по новой технологии требуется меньше технических устройств и возможно применение неспециализированного автомобильного подвижного состава.

Проведем анализ факторов, определяющих эффективность функционирования автомобильного транспорта при обслуживании получателей и отправителей контейнеров (рис. 4).

Показателем "Надежность" можно оценить гарантию выполнения операций, последовательность и своевременность их выполнения и определяется выражение:

$$S_{\text{над}} = \frac{У_{\text{выпол}}}{У_{\text{заяв}}}, \quad (1)$$

где $У_{\text{выпол}}$, $У_{\text{заяв}}$ — количество заявок, выполненных с достаточной степенью надежности, и общее количество заявок на услуги соответственно [10].

Показатель, характеризующий надежность выполнения операций "точно в срок", определяется выражением:

$$S_{\text{над}t} = \frac{t_{\text{ном}}}{t_{\text{факт}}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{ном}}$, $t_{\text{факт}}$ — номинальное и фактическое время выполнения операций соответственно.

Номинальное время выполнения операций принимается на основе нормативных требований с учетом условий работы транспортного комплекса, а также пожеланий клиентов [10].

Критерий безопасности, прежде всего, характеризует степень обеспечения безопасности движения в местах расположения транспортных комплексов и определяется выражением:

$$S_{\text{без}} = \frac{1}{k}\left(\frac{F_{\text{под.норм}}}{F_{\text{под}}} + \frac{F_{\text{ст.норм}}}{F_{\text{общ}}} + \left(1 - Д_{ТСОД}\right)\right), \quad (3)$$

где $F_{\text{под}}$, $F_{\text{под.норм}}$ — фактическое и нормативное количество подъездов транспорта с контейнерами к местам перегрузки соответственно; $F_{\text{общ}}$, $F_{\text{ст.норм}}$ — общее количество терминальных комплексов (ТК) и количество ТК, оборудованных

gz618.indd 46 07.05.2018 8:37:54

Таблица 1

Сравнение существующей и предлагаемой технологии доставки контейнеров по используемому оборудованию и подвижному составу

№	Операция	Используемое оборудование и подвижной состав	
		Существующая технология	Предлагаемая технология
1	Загрузка грузов в контейнер	Универсальные погрузчики (например, вилочные)	
2	Погрузка контейнера на ПС	Специальные погрузочные устройства (например, фронтальные и боковые контейнерные погрузчики)	—
3	Перевозка контейнера потребителю и на терминальный комплекс	Специализированные полуприцепы-контейнеровозы	Специализированные полуприцепы-контейнеровозы, универсальная грузовая платформа
4	Снятие контейнера с ПС	Специальные разгрузочные устройства (например, козловые краны)	—
5	Выгрузка грузов из контейнера	Ручная погрузка-выгрузка, с помощью тележек или погрузчиков	

в соответствии с нормативными требованиями; $Д_{ТСОД.}$ — частный коэффициент дефектности, определяется по наличию и соответствию требованиям необходимых технических средств и условий обслуживания контейнеров в ТК (при полном соответствии $Д_{ТСОД.} = 0$); k — количество учитываемых частных критериев безопасности подъезда, перегрузки контейнеров и отъезда транспорта [10].

Критерий комфортности представляет собой комплекс оценочных параметров обстановки и условий предоставления услуги с точки зрения удобства для потребителя и определяется с помощью социологических исследований [10].

Для оценки процессов функционирования автомобильного транспорта при доставке контейнеров согласно ГОСТ Р 9001—2008 и ГОСТ Р 51004—96, были выбраны 12 частных показателей оценки, которые учитывают надежность, уровень комфортности, скорость и своевременность операций, социально-экономические показатели, безопасность и информационное обеспечение эффективности указанных процессов:

1) надежность и качество операций;
2) технологическая оснащенность;

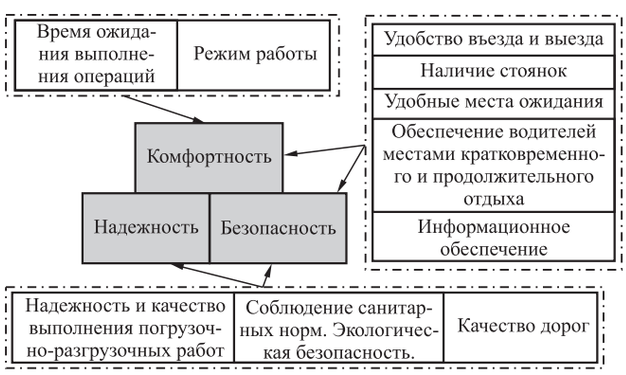

Рис. 4. Факт оры, определяющие эфф ективность функционирования автомобильного транспорта при доставке контейнеров

3) время ожидания перегрузки;
4) удобство въезда и выезда;
5) наличие стоянок и свободных мест;
6) соблюдение санитарных норм;
7) дополнительные услуги;
8) наличие мест ожидания операций;
9) информационное обеспечение;
10) необходимая компетентность и профессионализм персонала;
11) культура обслуживания;
12) доступность цен.

Для количественной оценки приведенных частных показателей и определения комплексного показателя эффективности функционирования автомобильного транспорта при доставке контейнеров выбрана методика, основанная на применении для сбора исходной информации регистрационных методов и методов социологии (опросы, анкетирование, использование шкал), с последующей обработкой методами математической статистики и применения расчетных методов [7, 9].

В табл. 2 представлена оценка экспертами факторов эффективности функционирования автомобильного транспорта при доставке контейнеров по существующей и предлагаемой технологии на основании мнения экспертов по 12-балльной шкале (1 — низкое значение показателя, 12 — высокое значение показателя). Абсолютное изменение показателей эффективности определяется по формуле

$$\Delta_{абс.j} = A_{предл.j} - A_{сущ.j}, \quad (4)$$

где j — номер показателя; $A_{сущ.j}$, $A_{предл.j}$ — балльная оценка, присвоенная j-му показателю экспертом по существующей и предлагаемой технологии доставки соответственно.

Темп прироста показателей качества определяется по формуле

$$T_{ПР} = \frac{\Delta_{абс\,j}}{A_{сущ\,j}} 100\ \%. \quad (5)$$

gz618.indd 47 07.05.2018 8:37:55

Таблица 2

Оценка эффективности функционирования автомобильного транспорта в транспортном узле при доставке контейнеров по существующей и предлагаемой технологии на основании мнения экспертов

№	Факторы	Экспертная оценка		Изменения	
		Существующая технология	Предлагаемая технология	Абсолютные величины	Темп прироста, %
1	Надежность и качество операций	7	11	4	57,1
2	Технологическая оснащенность	9	12	3	33,3
3	Время ожидания перегрузки	12	1	–	–91,7
4	Удобства въезда и выезда	8	10	2	25,0
5	Наличие стоянок и свободных мест	7	12	5	71,4
6	Соблюдение санитарных норм	11	12	1	9,1
7	Дополнительные услуги	7	9	2	28,6
8	Наличие мест ожидания операций	6	11	5	83,3
9	Информационное обеспечение	10	10	0	0
10	Компетентность и профессионализм персонала	11	11	0	0
11	Культура обслуживания	8	9	1	12,5
12	Доступность цен	5	10	5	100,0

Оценка эффективности функционирования автомобильного транспорта при доставке контейнеров по существующей и предлагаемой технологии на основании мнения экспертов показала, что применение новой технологии доставки контейнеров позволяет:

— в 2 раза повысить доступность цен на операции;

— сократить до минимума время ожидания перегрузки;

— увеличить число мест ожиданий перегрузки, стоянок и свободных мест;

— повысить надежность и качество операций.

Таким образом, проведенная оценка показала, что предлагаемая технология доставки контейнеров позволяет достичь социального и экономического эффекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Рябов И. М., Горина В. В.** Анализ обслуживания пассажиров автобусами в России и за рубежом // Мир транспорта. — 2016. — № 4. — С. 52—61.
2. **П. м. 168036 Российская Федерация**, МПК B65D90/14, B60 P1/64. Погрузочно-разгрузочное устройство транспортабельного контейнера / И. М. Рябов, В. В. Горина. — ВолгГТУ, 2017.
3. **Горина В. В.** Расширение возможностей использования контейнеров за счет грузоподъемных стоек и совершенствование технологии их доставки // XXI Региональная конференция молодых исследователей Волгоградской области (г. Волгоград, 8—11 ноября 2016 г.): тез. докл.; редкол.: А. В. Навроцкий (отв. ред.) [и др.]; Комитет молодежной политики Волгогр. обл., Совет ректоров вузов Волгогр. обл., Волгоградский гос. техн. ун-т. — Волгоград, 2016. — С. 65—66.
4. **Горина В. В.** Расширение возможностей использования транспортабельных контейнеров за счет совершенствования их конструкции // Смотр-конкурс научных, конструкторских и технологических работ студентов Волгоградского государственного технического университета (г. Волгоград, 10—13 мая 2016 г.): тез. докл.; редкол.: А. В. Навроцкий (отв. ред.) [и др.]; ВолгГТУ, Совет СНТО. — Волгоград, 2016. — С. 120—121.
5. **Грузовые автомобильные перевозки**: учебник для вузов / А. В. Вельможин [и др.]. — М.: Горячая линия — Телеком, 2006. — 560 с.
6. **Автотранспортные** и погрузочно-разгрузочные средства: учеб. пособие / В. В. Горина, В. А. Гудков, С. А. Ширяев, В. Н. Тарновский: ВолгГТУ. — Волгоград, 1996. — 98 с.
7. **Гудков В. А., Ширяев С. А., Ганзин С. В.** Автоматизированные системы управления автомобильными перевозками: учебное пособие. — Волгоград: ВолгГТУ, 1993. — 119 с.
8. **Основы логистики:** учебник для вузов / В. А. Гудков [и др.]. — М.: Горячая линия — Телеком, 2004. — 351 с.
9. **Контейнеризация перевозок**. [Электронный ресурс]: http://www.alternativa.in/container/konteynernye-perevozki-prirastayut-za-schet-khimicheskikh-i-nalivnykh-gruzov.html (дата обращения 25.04.2017).
10. **Кузнецов Е. А.** Управление технической эксплуатацией автомобилей. — М.: Транспорт, 1990. — 272 с.
11. **Серова Е. Ю**. Обеспечение качественного придорожного обслуживания водителей и пассажиров на основе эффективной организации системы предприятий сервиса: Автореф. дис. ... канд. техн. наук (05.22.10). — Волгоград: Типография ИУНЛ, 2011. — 16 с.

Художественный редактор *Д. С. Рыбакова*. Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Е. В. Комиссарова*.
Сдано в набор 15.03.2018. Подписано в печать 25.04.2018. Формат 60 × 88 1/8. Усл. печ. л. 5,88.
Отпечатано в ООО "Канцлер", 150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.
Оригинал-макет: ООО "Адвансед солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: **www.aov.ru**

gz618.indd 48 07.05.2018 8:37:55