

УДК 621.436

Обеспечение модульности конструкции системы поддерживающих кронштейнов систем впуска и выпуска дизельного двигателя внутреннего сгорания тепловозного (или судового) назначения

М.О. Захаров¹, Д.А. Козринов¹, Н.И. Григорьев²,
Д.Л. Падаляк², В.М. Кротов²

¹ Уральский федеральный университет

² ООО «Уральский Дизель-Моторный Завод»

Ensuring modularity of the design of the system of supporting brackets for the intake and exhaust systems of a diesel internal combustion engine for locomotive (or marine) purposes

M.O. Zakharov¹, D.A. Kozrinov¹, N.I. Grigoryev²,
D.L. Padalyak², V.M. Krotov²

¹ Ural Federal University

² Ural Diesel Engine Plant LLC

Современное двигателестроение требует постоянного снижения массы и повышения технологичности изделий для улучшения их экономических и эксплуатационных характеристик. Рассмотрена конструкция поддерживающих кронштейнов систем впуска и выпуска дизельного двигателя 16ДМ-185Т, имеющая такие недостатки, как избыточная масса, высокая трудоемкость сборки и недостаточный уровень унификации. Для устранения этих недостатков проведены опытно-конструкторские работы по оптимизации системы поддерживающих кронштейнов систем впуска и выпуска дизельного двигателя 16ДМ-185Т с целью снижения ее массы, обеспечения модульности, высокой взаимозаменяемости и унификации компонентов, уменьшения номенклатуры применяемых стандартных изделий и количества операций, затрачиваемых на сборку конструкции. Предложена оптимизированная система поддерживающих кронштейнов систем впуска и выпуска дизельного двигателя 16ДМ-185Т, масса которой оказалась на 28 % меньше, чем у исходной конструкции. По результатам прочностного расчета оптимизированной системы поддерживающих кронштейнов установлено, что коэффициент запаса всех ее элементов не превышает 1,3.

EDN: WQKOLG, <https://elibrary/wqkolg>

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, системы впуска и выпуска, система поддерживающих кронштейнов, модульность

The relevance of the work is driven by the constant need to reduce mass and improve manufacturability in engine building to enhance economic and operational performance. The problem was that the original design of the support brackets for the intake and exhaust systems of

the 16DM-185T engine had excessive mass, high assembly labor intensity, and an insufficient level of unification. To address this, the development work on optimizing the design and weight of the system of supporting brackets for the intake and exhaust systems of the 16DM-185T internal combustion engine was undertaken in order to reduce the mass of the structure, ensure modularity of the structure, high interchangeability and unification of components, reduce the range of standard products used, as well as reduce the number of operations required to assemble the structure. As a result of the work carried out, an optimized design of the system of supporting brackets for the intake and exhaust systems of the 16DM-185T internal combustion engine was obtained, the weight of which, in comparison with the original design, was reduced by 28%, the number of operations required to assemble the optimized design was reduced by 28 % relative to the original design. Additionally, strength calculations of the optimized design of the system of supporting brackets for the intake and exhaust systems of the 16DM-185T internal combustion engine were carried out, according to which the reserve coefficient of all structural elements has a value of at least 1.3.

EDN: WQKOLG, <https://elibrary/wqkolg>

Keywords: internal combustion engine, intake and exhaust systems, system of supporting brackets, modularity of design

Современные промышленные двигатели внутреннего сгорания, используемые в качестве силовых агрегатов железнодорожного транспорта [1], судового транспорта и тяжелой колесной техники, должны соответствовать общемировым требованиям по унификации компонентов, модульности конструкции и ремонтпригодности. При использовании двигателя такого типа немаловажное значение имеют их ресурс, межсервисный и межремонтный интервалы, количество времени, затрачиваемого на техническое обслуживание и ремонт, а также на их сборку.

Эффективным способом снижения временных и финансовых ресурсов на сборку/разборку, техническое обслуживание и ремонт двигателя внутреннего сгорания является применение модульности в конструкции, где это возможно и целесообразно.

Наличие исследований по этой теме указывает на ее актуальность. Так, в научной работе Д.С. Тельцова, С.П. Андриященко и А.С. Дмитриева рассмотрены способы разработки газовых двигателей путем их конвертации с применением модульности и CFD-расчетов [2]. В патенте К.У. Ньюмана, М.Б. Кулкарни, Д.Д. Симона и др. предложена конструкция модульного впускного коллектора [3].

Цель исследования — разработка оптимизированной системы поддерживающих кронштейнов (СПК) систем впуска выпуска дизельного двигателя 16ДМ-185 [4], облегчающей доступ к головкам блока цилиндров без снятия с него компонентов систем впуска и выпуска, обеспечивающей модульность и унификацию

компонентов СПК для упрощения процедуры серийной сборки, технического обслуживания и ремонта [5–10].

В рамках исследования использованы современные методы проектирования и разработки конструкций, включающие в себя разработку параметризованных трехмерных САД-моделей, позволяющих получать различные геометрические конфигурации при задании требуемых параметров и размеров (параметрическая оптимизация), а также подготовку расчетных САЕ-моделей, дающих возможность проводить расчетные исследования по результатам параметрической оптимизации.

Объект исследования. В качестве объекта исследования выступала СПК систем впуска и выпуска (рис. 1, а) дизельного двигателя 16ДМ-185Т, предназначенного для эксплуатации в составе магистрального тепловоза 2ТЭ35А. У системы впуска количество фланцевых соединений трубопроводов равно 26, у системы выпуска — 44. Система впуска содержит две ступени наддува.

Техническая характеристика дизельного двигателя 16ДМ-185Т

Тип	2
Расположение цилиндров	V-образное
Количество цилиндров, шт.	16
Диаметр поршня, мм	185
Частота вращения коленчатого вала в режиме максимальной мощности, мин ⁻¹	1800
Максимальная мощность, кВт	3650

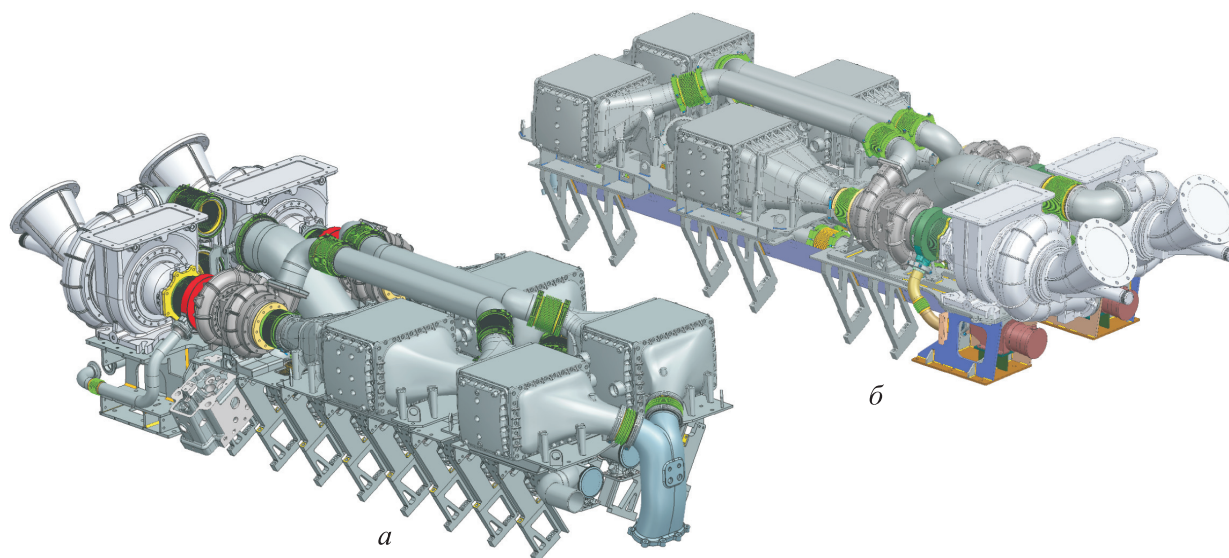


Рис. 1. Внешний вид исходной (а) и оптимизированной (б) СПК систем впуска и выпуска дизельного двигателя 16ДМ-185Т

По результатам анализа нормативно-технической документации установлено, что общая сборка СПК, систем впуска и выпуска включает в себя 31 операцию. Масса исходной конструкции СПК составляет около 800 кг.

Результаты проведения конструкторских работ. Разработана оптимизированная конструкция СПК систем впуска и выпуска дизельного двигателя 16ДМ-185Т (рис. 1, б). Общее количество операций, затрачиваемых на сборку оптимизированной конструкции СПК, не превышает 20, а масса составляет около 550 кг.

Прочностной анализ. Для подтверждения достаточной прочности выполнено расчетное исследование оптимизированной СПК методом конечных элементов в специализированном программном комплексе [11–15]. Задачами являлись построение численной модели СПК, ее прочностной расчет, оценка ударопрочности и вибропрочности элементов конструкции к внешнему воздействию.

Основные этапы создания численной модели включали в себя построение или импорт геометрической модели, ее подготовку, разбиение на расчетную сетку, задание материалов, условий взаимодействия сопрягаемых деталей, граничных условий и нагрузок.

Сетка исследуемых деталей из листового материала — кронштейнов и элементов платформы, — элементов крепления и сварных швов выполнена гексаэдрическими конечными эле-

ментами. Выбор элемента такого типа обусловлен тем, что он обеспечивает более точное распределение напряжения в конечном элементе при меньшем количестве узлов, чем тетраэдрический. Однако для сложной геометрической топологии реализация конечно-элементной сетки с гексаэдрическими элементами вызывает дополнительные трудозатраты. Поэтому в не исследуемых деталях со сложной топологией (патрубки, турбокомпрессор, имитатор блока цилиндров) применены конечные элементы типа тетраэдр.

Конечно-элементные модели исследуемых деталей — стойки охладителя наддувочного воздуха и платформы турбокомпрессора первой ступени — показаны на рис. 2, а и б.

При прочностном расчете в численной модели учитывались такие физические свойства материалов деталей, как модуль упругости E , ГПа, и плотность ρ , кг/м³. При расчете требовалось также учесть массы трубопроводов и таких агрегатов, установленных на платформе, как охладители наддувочного воздуха и турбокомпрессоры. Ввиду громоздкости сборок этих агрегатов, геометрические модели части из них созданы условно, а массы учтены в модели в виде точечных масс, приложенных в центре масс.

Взаимодействие деталей модели (головок болта, агрегатов установленных на СПК, частей, стягиваемых болтами и т. д.) выполнено при условии непроникновения с учетом коэффициента трения в зависимости от материала кон-

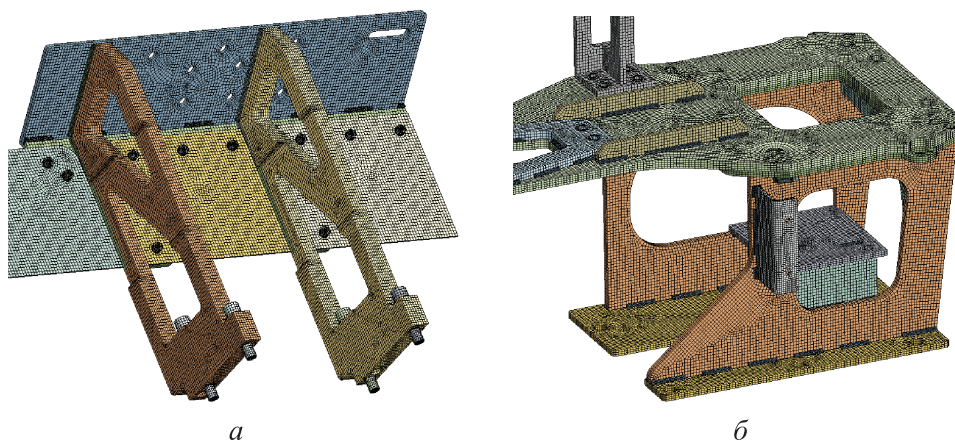


Рис. 2. Конечно-элементные модели стойки охладителя наддувочного воздуха (а) и платформы турбокомпрессора первой ступени (б)

тактирующих поверхностей. Резьба в болтовых соединениях отсутствует в явном виде, и в модели это взаимодействие реализовано условием неразрывности контактных поверхностей тел в зоне резьбы. Процесс сварки элементов СПК допускает наличие зазора между соединяемыми деталями: для одной части соединений — в номинале, для другой — в пределах допуска. Поэтому в численной модели взаимодействие деталей в свариваемых зонах реализовано только по сварному шву с условием неразрывности контактирующих поверхностей.

Для численной модели СПК в качестве внешнего воздействующего фактора применено ускорение в различных направлениях, имитирующее перегрузки. Уровень перегрузки для каждого из направлений определен по ГОСТ 30631-99 [16] для соответствующего механического исполнения. Максимальная амплитуда ускорения для каждого из направлений определена по ГОСТ 17516.1-90 [17].

Вибропрочность модели оценивали по эквивалентному статическому ускорению

$$a_{\text{эkv}} = K_d a_{\text{тр}}.$$

Здесь $a_{\text{тр}}$ — ускорение, установленное для данной группы механического исполнения согласно ГОСТ 30631-99; K_d — коэффициент динамичности на низшей резонансной частоте конструкции в целом или ее узла,

$$K_d = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{p^2}\right)^2 + \left(\frac{\delta}{\pi}\right)^2 \left(\frac{\omega}{p}\right)^2}},$$

где ω — собственная частота конструкции в целом или ее узла; p — частота внешнего воз-

действия; δ — логарифмический декремент колебаний.

Моделируемое внешнее воздействие для оценки ударопрочности основано на принятой методике расчета максимального ускорения с учетом коэффициента передачи при ударе. Например, если на колебательную систему со стороны основания воздействует полусинусоидальный ударный импульс, то максимальное ускорение в момент удара определяется как

$$a_{\text{max}} = \frac{2Na}{(a^2 + 1)} \cos \frac{\pi}{2a}.$$

Здесь N — амплитуда ударного импульса для данной группы механического исполнения согласно ГОСТ 30631-99; a — коэффициент расстройки,

$$a = T/2\tau,$$

где T — период собственных колебаний системы/узла системы; τ — длительность ударного импульса для данной группы механического исполнения

Наличие форм колебаний в узлах модели с частотами, попадающими в регламентированный государственным стандартом диапазон, проверяли по результатам модального анализа конструкции. В качестве внутренних нагрузок выступали преднатяги в болтовых соединениях.

Исследуемые детали выполнены из пластичного материала (стали), и значительные остаточные деформации могут привести к нарушению работы СПК. Поэтому в качестве критерия использован запас по условному пределу текучести деталей из пластичных материалов $\sigma_{0,2}$ при всех режимах эксплуатации

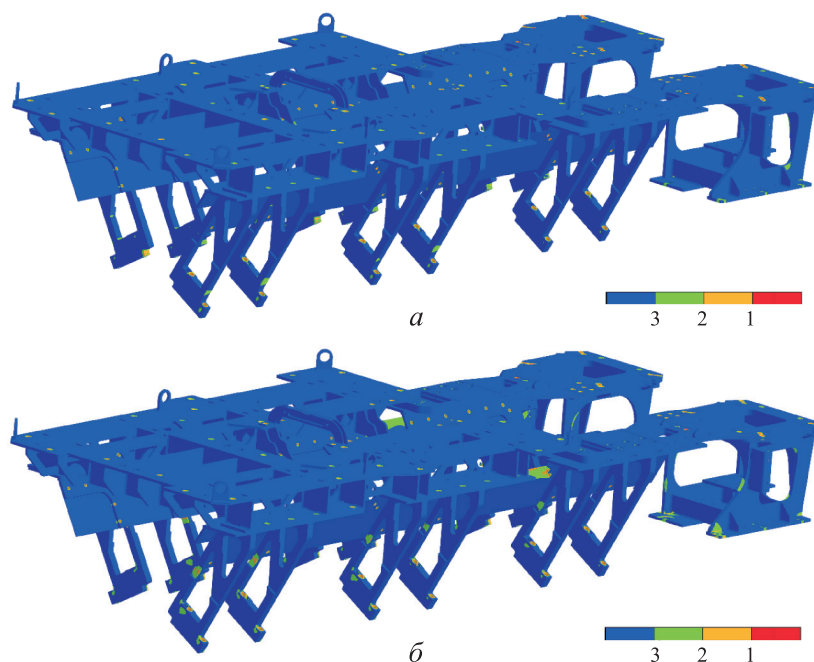


Рис. 3. Результаты расчетного исследования коэффициентов запаса по ударо- (а) и вибропрочности (б)

$$\eta_{\tau} = \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_{\text{экв max}}^{\text{VM}}} \geq [\eta],$$

где $\sigma_{\text{экв max}}^{\text{VM}}$ — максимальное действующее эквивалентное напряжение в конструкции по четвертой теории прочности; $[\eta]$ — нормативный коэффициент запаса прочности.

Результаты расчетного исследования коэффициентов запаса по ударо- и вибропрочности приведены на рис. 3, а и б.

Анализ напряжений, возникающих в элементах СПК под действием внешних воздействующих факторов (удара, вибрации) показал, что в рассматриваемых деталях имеется достаточный запас прочности при заданных условиях эксплуатации.

По результатам исследования разработана конструкторская документация на компоненты СПК систем впуска и выпуска дизельного двигателя 16ДМ-185Т.

Выводы

1. Предложена оптимизированная конструкция СПК систем впуска и выпуска дизельного двигателя 16ДМ-185Т.

2. По результатам расчетного исследования установлено, что сборка оптимизированной конструкции СПК систем впуска и выпуска дизельного двигателя 16ДМ-185Т требует меньше операций, чем сборка исходной конструкции СПК.

3. Анализ данных прочностного расчета показал, что разработанная конструкция удовлетворяет требованиям прочности.

4. Дальнейшие исследования будут направлены на изготовление компонентов, сборку и подтверждение полученных параметров при натурных испытаниях СПК.

Литература

- [1] Тепловоз 2ТЭ35А. *railtrain.pro: веб-сайт*. URL: <https://railtrain.pro/2tye35a> (дата обращения: 16.10.2025).
- [2] Тельцов Д.С., Андриященко С.П., Дмитриев А.С. Способы создания газовых двигателей на основе модульности и CFD-моделирования. *Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока*, 2022, № 1, с. 18–19.
- [3] Ньюман К.У., Кулкарни М.Б., Симон Д.Д. и др. Модульный входной коллектор, способ обеспечения такого коллектора и узел двигателя и впускной системы для транспортного средства. Патент РФ 2709006. Заявл. 07.12.2015, опубл. 13.12.2019.

- [4] ДМ-185 — ресурс и запас прочности на уровне современных двигателей. *korabel.ru: веб-сайт*. URL: https://www.korabel.ru/news/comments/dm-185_-_resurs_i_zapas_prochnosti_na_urovne_sovremennyh_dvigatelay.html (дата обращения: 16.10.2025).
- [5] Прокопенко Н.И. *Экспериментальные исследования двигателей внутреннего сгорания*. Санкт-Петербург, Лань, 2010. 592 с.
- [6] Чайнов Н.Д., Краснокутский А.Н., Мягков Л.Л. *Конструирование и расчет поршневых двигателей*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 536 с.
- [7] Лихачев В.Г., Смирнов А.С., Шатальников П.В. и др. *Судовые двигатели внутреннего сгорания и их эксплуатация*. Санкт-Петербург, Лань, 2025. 204 с.
- [8] Гоголе Г.В. *Эксплуатация судовых дизельных установок*. Москва, Вологда, Инфра-Инженерия, 2024. 460 с.
- [9] Дружинин А.М. *Модернизация двигателей внутреннего сгорания*. Москва, Инфра-Инженерия, 2017. 150 с.
- [10] Лизин В.Т., Пяткин В.А. *Проектирование тонкостенных конструкций*. Москва, Машиностроение, 1994. 384 с.
- [11] Шерман А.Д., Жуков А.А., ред. *Чугун*. Москва, Металлургия, 1991. 574 с.
- [12] Сорокин В.Г., ред. *Марочник сталей и сплавов*. Москва, Машиностроение, 1989. 640 с.
- [13] Шебастинов М.П., Абраменко Ю.Е., Бех Н.И. *Высокопрочный чугун в автомобилестроении*. Москва, Машиностроение, 1988. 216 с.
- [14] Бидерман В.Л. *Теория механических колебаний*. Москва, Высшая школа, 1980. 408 с.
- [15] Денисов М.А. *Компьютерное проектирование. Ansys*. Екатеринбург, Изд-во Уральского университета, 2014. 77 с.
- [16] ГОСТ 30631–99. *Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам при эксплуатации*. Москва, Изд-во стандартов, 1999. 31 с.
- [17] ГОСТ 17516.1–90. *Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам*. Москва, Стандарт-информ, 2007. 44 с.

References

- [1] Teplovoz 2TE35A [Diesel locomotive 2TE35A]. *railtrain.pro: website*. URL: <https://railtrain.pro/2tye35a> (accessed: 16.10.2025). (In Russ.).
- [2] Teltsov D.S., Andryushchenko S.P., Dmitriev A.S. Modular inlet header, method of providing such manifold and engine and intake system assembly for vehicle. *Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dalnego Vostoka*, 2022, no. 1, pp. 18–19. (In Russ.).
- [3] Nyuman K.U., Kulkarni M.B., Simon D.D. et al. *Modulnyy vkhodnoy kollektor, sposob obespecheniya takogo kollektora i uzel dvigatelya i vpusknoy sistemy dlya transportnogo sredstva* [Modular inlet header, method of providing such manifold and engine and intake system assembly for vehicle]. Patent RU 2709006. Appl. 07.12.2015, publ. 13.12.2019. (In Russ.).
- [4] ДМ-185 — ресурс и запас прочности на уровне современных двигателей [DM-185 – service life and safety margin on par with modern engines]. *korabel.ru: website*. URL: https://www.korabel.ru/news/comments/dm-185_-_resurs_i_zapas_prochnosti_na_urovne_sovremennyh_dvigatelay.html (accessed: 16.10.2025). (In Russ.).
- [5] Prokopenko N.I. *Ekspperimentalnye issledovaniya dvigateley vnutrennego sgoraniya* [Experimental studies of internal combustion engines.]. Sankt-Peterburg, Lan Publ., 2010. 592 p. (In Russ.).
- [6] Chaynov N.D., Krasnokutskiy A.N., Myagkov L.L. *Konstruirovaniye i raschet porshnevnykh dvigateley* [Design and calculation of piston engines.]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2018. 536 p. (In Russ.).
- [7] Likhachev V.G., Smirnov A.S., Shatalnikov P.V. et al. *Sudovye dvigateli vnutrennego sgoraniya i ikh ekspluatatsiya* [Marine internal combustion engines and their operation.]. Sankt-Peterburg, Lan Publ., 2025. 204 p.
- [8] Gogole G.V. *Ekspluatatsiya sudovykh dizelnykh ustanovok* [Operation of marine diesel plants.]. Moscow, Vologda, Infra-Inzheneriya Publ., 2024. 460 p. (In Russ.).

- [9] Druzhinin A.M. *Modernizatsiya dvigateley vnutrennego sgoraniya* [Modernization of internal combustion engines]. Moscow, Infra-Inzheneriya Publ., 2017. 150 p. (In Russ.).
- [10] Lizin V.T., Pyatkin V.A. *Proektirovanie tonkostennykh konstruktsiy* [Design of thin-walled structures]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1994. 384 p. (In Russ.).
- [11] Sherman A.D., Zhukov A.A., eds. *Chugun* [Cast iron.]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1991. 574 p. (In Russ.).
- [12] Sorokin V.G., ed. *Marochnik staley i splavov* [Brand book of steels and alloys.]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1989. 640 p. (In Russ.).
- [13] Shebatinov M.P., Abramenko Yu.E., Bekh N.I. *Vysokoprochnyy chugun v avtomobilestroenii* [High-strength cast iron in the automotive industry]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1988. 216 p. (In Russ.).
- [14] Biderman V.L. *Teoriya mekhanicheskikh kolebaniy* [Theory of mechanical oscillations.]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1980. 408 p. (In Russ.).
- [15] Denisov M.A. *Kompyuternoe proektirovanie. Ansys* [Computer-aided design. Ansys.]. Ekaterinburg, Izd-vo Uralskogo universiteta Publ., 2014. 77 p. (In Russ.).
- [16] GOST 30631–99. *Obshchie trebovaniya k mashinam, priboram i drugim tekhnicheskim izdeliyam v chasti stoykosti k mekhanicheskim vneshnim vozdeystvuyushchim faktoram pri ekspluatatsii* [General requirements for machines, instruments and other industrial products as to environment mechanical stability]. Moscow, Izd-vo standartov Publ., 1999. 31 p. (In Russ.).
- [17] GOST 17516.1–90. *Izdeliya elektrotekhnichesknie. Obshchie trebovaniya v chasti stoykosti k mekhanicheskim vneshnim vozdeystvuyushchim faktoram* [Electrical articles. General requirement for environment mechanical stability]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 44 p. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 20.11.2025

Информация об авторах

ЗАХАРОВ Михаил Олегович — главный конструктор. Уральский федеральный университет (620062, Екатеринбург, Российская Федерация, ул. Мира, д. 19, e-mail: mikhail.zakharov@urfu.ru).

КОЗРИНОВ Дмитрий Александрович — ведущий конструктор. Уральский федеральный университет (620062, Екатеринбург, Российская Федерация, ул. Мира, д. 19, e-mail: d.a.kozrinov@urfu.ru).

ГРИГОРЬЕВ Никита Игоревич — технический директор. ООО «Уральский Дизель-Моторный Завод» (620017, Екатеринбург, Российская Федерация, ул. Фронтových Бригад, д. 18, e-mail: grigoryevni@udmw.ru).

ПАДАЛЯК Дмитрий Леонидович — главный конструктор. ООО «Уральский Дизель-Моторный Завод» (620017, Екатеринбург, Российская Федерация, ул. Фронтových Бригад, д. 18, e-mail: padalyakdl@udmw.ru).

Information about the authors

ZAKHAROV Mikhail Olegovich — Chief Designer. Ural Federal University (620062, Yekaterinburg, Russian Federation, Mira St., Bldg. 19, e-mail: mikhail.zakharov@urfu.ru).

KOZRINOV Dmitrii Aleksandrovich — Leading Designer. Ural Federal University (620062, Yekaterinburg, Russian Federation, Mira St., Bldg. 19, e-mail: d.a.kozrinov@urfu.ru).

GRIGOREV Nikita Igorevich — Technical Director. Ural Diesel Engine Plant LLC (620017, Yekaterinburg, Russian Federation, Frontovyykh Brigad St., Bldg. 18, e-mail: grigoryevni@udmw.ru).

PADALIYAK Dmitrii Leonidovich — Chief Designer. Ural Diesel Engine Plant LLC (620017, Yekaterinburg, Russian Federation, Frontovyykh brigad St., Bldg. 18, e-mail: padalyakdl@udmw.ru).

КРОТОВ Владимир Михайлович — заместитель главного конструктора. ООО «Уральский Дизель-Моторный Завод» (620017, Екатеринбург, Российская Федерация, ул. Фронтových Бригад, д. 18, e-mail: krotovvm@udmw.ru).

KROTOV Vladimir Mikhailovich — Deputy Chief Designer. Ural Diesel Engine Plant LLC (620017, Yekaterinburg, Russian Federation, Frontovyykh brigad St., Bldg. 18, e-mail: krotovvm@udmw.ru).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Захаров М.О., Козринов Д.А., Григорьев Н.И., Падаляк Д.Л., Кротов В.М. Обеспечение модульности конструкции системы поддерживающих кронштейнов систем впуска и выпуска дизельного двигателя внутреннего сгорания тепловозного (или судового) назначения. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2026, № 8, с. 116–123.

Please cite this article in English as:

Zakharov M.O., Kozrinov D.A., Grigoryev N.I., Padalyak D.L., Krotov V.M. Ensuring modularity of the design of the system of supporting brackets for the intake and exhaust systems of a diesel internal combustion engine for locomotive (or marine) purposes. *BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2026, no. 8, pp. 116–123.



**Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
предлагает читателям монографию**
**«Технологии высокопроизводительных
интеллектуальных систем
мультимодальной аналитической обработки
разнородных данных»**

Авторы: А. Н. Алфимцев, Д. В. Березкин и др.

Представлены результаты исследований развития аппаратных и программных средств для создания высокопроизводительных интеллектуальных систем. Описаны перспективные технологии искусственного интеллекта, способные обрабатывать графы знаний, имеющие более совершенные аналитические возможности, приближенные к деятельности человека, в частности искусственные нейро-, синергетические и семантические сети. Рассмотрены методы эмерджентной самоорганизации мультиагентных систем. Проанализированы возможности применения технологий искусственного интеллекта для обеспечения безопасности авиаполетов.

Для профессорско-преподавательского состава вузов, научно-педагогических работников и исследователей цифровых технологий и искусственного интеллекта.

По вопросам приобретения обращайтесь:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

Тел.: +7 499 263-60-45, факс: +7 499 261-45-97;

press@bmstu.ru; <https://press.bmstu.ru>