

JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 1, 2026 vol. 3

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164



RESEARCH, INNOVATION, RESULTS



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



JOURNAL OF TRANSPORT

RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164

VOLUME 3, ISSUE 1

MARCH, 2026



jot.tstu.uz

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 3, ISSUE 1 MARCH, 2026

EDITOR-IN-CHIEF

SAID S. SHAUMAROV

Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University

Deputy Chief Editor

Miraziz M. Talipov

Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University

The “**Journal of Transport**” established by Tashkent State Transport University (TSTU), is a prestigious scientific-technical and innovation-focused publication aimed at disseminating cutting-edge research and applied studies in the field of transport and related disciplines. Located at Temiryo‘lchilar Street, 1, office 465, Tashkent, Uzbekistan (100167), the journal operates as a dynamic platform for both national and international academic and professional communities. Submissions and inquiries can be directed to the editorial office via email at jot@tstu.uz.

The Journal of Transport showcases groundbreaking scientific and applied research conducted by transport-oriented universities, higher educational institutions, research centers, and institutes both within the Republic of Uzbekistan and globally. Recognized for its academic rigor, the journal is included in the prestigious list of scientific publications endorsed by the decree of the Presidium of the Higher Attestation Commission No. 353/3 dated April 6, 2024. This inclusion signifies its role as a vital repository for publishing primary scientific findings from doctoral dissertations, including Doctor of Philosophy (PhD) and Doctor of Science (DSc) candidates in the technical and economic sciences.

Published quarterly, the journal provides a broad spectrum of high-quality research articles across diverse areas, including but not limited to:

- Economics of Transport
- Transport Process Organization and Logistics
- Rolling Stock and Train Traction
- Research, Design, and Construction of Railways, Highways, and Airfields, including Technology
- Technosphere Safety
- Power Supply, Electric Rolling Stock, Automation and Telemechanics, Radio Engineering and Communications
- Technological Machinery and Equipment
- Geodesy and Geoinformatics
- Automotive Service
- Air Traffic Control and Aircraft Maintenance
- Traffic Organization
- Railway and Road Operations

The journal benefits from its official recognition under Certificate No. 1150 issued by the Information and Mass Communications Agency, functioning under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan. With its E-ISSN 2181-2438, ISSN 3060-5164 the publication upholds international standards of quality and accessibility.

Articles are published in Uzbek, Russian, and English, ensuring a wide-reaching audience and fostering cross-cultural academic exchange. As a beacon of academic excellence, the "Journal of Transport" continues to serve as a vital conduit for knowledge dissemination, collaboration, and innovation in the transport sector and related fields.

Finite element-based numerical analysis of the stress-strain state of a large-volume tractor trailer frame under complex loading conditions

A.A. Shermukhamedov ¹^a, N.T. Ergashev ¹^b, A.M. Rashidov ¹^c

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: Currently, assessing the strength and durability of vehicle components and assemblies is of great importance. Since traditional experimental methods require significant resources and time, the use of numerical simulation methods is particularly relevant. In this article, numerical simulation of the stress-strain state of a large-scale tractor-trailer frame was performed using T-Flex software. Based on the computer model, tests were conducted under various loading conditions, and the results were compared with experimental values. The results of the study confirm the accuracy and effectiveness of the numerical method.

Keywords: tractor, stress-strain, frame, trailer, semi-trailer, design, numerical analysis, stress-strain state analysis.

Численный анализ на основе метода конечных элементов напряженно-деформированного состояния рамы тракторного прицепа большой вместимости в условиях сложных нагрузок

Шермухамедов А.А. ¹^a, Эргашев Н.Т. ¹^b, Рашидов А.М. ¹^c

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация: В настоящее время оценка прочности и долговечности узлов и агрегатов транспортных средств имеет большое значение. Поскольку традиционные экспериментальные методы требуют больших затрат ресурсов и времени, использование методов численного моделирования представляется актуальным. В данной статье с помощью программного обеспечения T-Flex проведено численное моделирование напряженно-деформированного состояния крупногабаритной рамы тягача с полуприцепом. На основе компьютерной модели были проведены испытания при различных условиях нагружения, а полученные результаты сопоставлены с экспериментальными значениями. Результаты исследования подтверждают точность и эффективность численного метода.

Ключевые слова: трактор, напряжение-деформация, рама, прицеп, полуприцеп, проектирование, численный анализ, анализ состояния напряжений и деформаций

1. Введение


Эффективная организация процессов производства, сбора урожая и хранения сельскохозяйственной продукции в настоящее время является одной из наиболее актуальных проблем в мировом масштабе. Рост населения и резкое увеличение спроса на продукты питания, наряду с расширением объемов производства, требуют совершенствования систем уборки урожая, транспортировки и хранения. В частности, первостепенное значение имеет разработка высокопроизводительных, экономичных и долговечных транспортных средств для перевозки сельскохозяйственной продукции [1, 2].

В последние годы крупные промышленные компании проводят масштабные научно-исследовательские и проектные работы по разработке и совершенствованию тягачей с прицепами большой грузоподъемности. В частности, такие компании, как

JOCKIN (Бельгия), Cargo (Германия) и WEBERLANE (Канада), разрабатывают прицепы большой грузоподъемности, отличающиеся высокой грузоподъемностью и эксплуатационной надежностью [3–5]. Эти технологии позволяют оптимизировать уборку и транспортировку сельскохозяйственной продукции, повысить эффективность логистики и снизить производственные затраты.

В Республике Узбекистан развитие сельского хозяйства также считается одним из приоритетных направлений государственной политики. В частности, в соответствии с Указом № ПФ-5853 планируется значительное увеличение объема экспорта сельскохозяйственной продукции. Предполагается, что он увеличится с 2,3 млрд долларов США в 2018 году до 20 млрд долларов США к 2030 году. Это требует не только увеличения объемов производства, но и совершенствования процессов уборки, транспортировки

^a <https://orcid.org/0000-0002-1119-4053>

^b <https://orcid.org/0000-0002-0353-2139>

^c <https://orcid.org/0000-0001-6192-0562>



и хранения продукции с использованием современных технологий.

Для эффективного решения этих задач необходимо оптимизировать процессы уборки и транспортировки сельскохозяйственной продукции, развивать логистические системы и создавать высокоэффективные транспортные средства. В частности, актуальной научно-практической задачей является совершенствование конструкции и эксплуатационных характеристик тракторных прицепов, используемых для перевозки крупногабаритных грузов [6,7].

В настоящее время для уборки хлопка используется хлопкоуборочная машина Case IH CPX420, обладающая высокой производительностью, объем бункера которой составляет 32,5 м³. Однако широко используемые в нашей стране полуприцепы 2ПТС-4-793А-03А объемом 12,7 м³ не позволяют в полной мере использовать возможности этой высокопроизводительной техники. В результате возникают чрезмерные потери времени при погрузочно-разгрузочных операциях, увеличивается количество транспортных средств и снижается эффективность логистики.

Поэтому разработка нового поколения тягачей с большим объемом и высокой грузоподъемностью, обеспечение их прочности и надежности конструкции, а также определение их оптимальных параметров имеют большое научное и практическое значение. Это, в свою очередь, требует тщательного анализа напряженно-деформированного состояния конструкции с использованием современных методов численного моделирования.

Основная концепция предлагаемой конструкции направлена на разработку прицепа-трейлера большой вместимости (40 м³), предназначенного для перевозки легких сельскохозяйственных грузов. Данный прицеп рассчитан на интеграцию с современной хлопкоуборочной техникой, что позволяет быстро и эффективно транспортировать урожай с полей в перерабатывающие центры с минимальными потерями. Кроме того, внедрение данной технологии в производство создаст условия для освоения АО «Ташкентский завод сельскохозяйственной техники» новых видов продукции, увеличения объемов производства и расширения экспортного потенциала.

2. Методика исследования

Обзор литературы по численным расчетам напряженно-деформированного состояния рамы прицепа с использованием метода конечных элементов

В настоящее время для оценки состояния напряжений и деформаций крупногабаритных конструкций тягачей и прицепов широко используются различные современные компьютерные программы и методы численного моделирования. В частности, метод конечных элементов (МКЭ) признан основным методом, обеспечивающим высокую точность и надежность при анализе таких конструкций. Именно этот подход использовался в многочисленных научных исследованиях, посвященных изучению механического поведения рам прицепов и полуприцепов.

В частности, в исследованиях, проведенных

Шивакумаром М.М. и его коллегами, был проведен всесторонний анализ состояния напряжений и деформаций рам шасси в различных условиях эксплуатации. Они исследовали режимы нагружения, влияние геометрических параметров модели и процессы усталости, а на основе полученных результатов внесли существенные изменения для улучшения конструкции. Исследования показывают, что уточнение расчетных моделей и их приближение к реальным условиям эксплуатации имеет решающее значение для достижения оптимальных конструктивных решений.

Кроме того, широко распространено использование программного комплекса ABAQUS для решения задач нелинейного анализа, поскольку он позволяет осуществлять постепенное изменение нагрузок и определять пределы прочности конструкции. Данное программное обеспечение обеспечивает точность и стабильность решения за счет автоматической корректировки расчетных параметров в процессе анализа.

Вышеупомянутые научные исследования и практические подходы указывают на то, что тщательный анализ напряженно-деформированного состояния крупногабаритных рамок тягачей является решающим фактором в обеспечении их надежности и долговечности.

В исследованиях, проведенных Гаутамом и соавторами [10], динамические характеристики каркасных конструкций анализировались в программной среде ANSYS 14.5 с использованием как теоретического подхода, так и метода конечных элементов. В ходе исследования были определены собственные частоты и соответствующие формы колебаний, при этом была отмечена высокая степень корреляции между результатами, полученными двумя методами. Расчеты проводились для различных граничных условий, включая рамы с простыми опорами, простыми креплениями и полным ограничением. В данном анализе в качестве конечного элемента использовался элемент Solid-185, и формы колебаний были определены для всех рассматриваемых случаев.

Кроме того, в исследованиях, проведенных Хоп и Фаги [11], изучалось динамическое поведение рам с двумя поперечными открытыми трещинами. В частности, был проанализирован влияние глубины трещины на собственные частоты и формы колебаний конструкции. Исследования включали моделирование как свободных, так и полностью закрепленных рам, при этом результаты были получены с использованием программного обеспечения ANSYS. Для обеспечения достоверности расчетных результатов были также проведены экспериментальные испытания, которые подтвердили численные результаты с незначительными отклонениями.

Среди современных программ численного моделирования среда T-Flex также обладает рядом отличительных преимуществ. В частности, русскоязычный интерфейс программы делает её использование более удобным для местных пользователей. Кроме того, стандартная библиотека элементов программы является исчерпывающей: ее конструктивные элементы разработаны в соответствии с государственными стандартами (ГОСТ) и соответствуют действующим в нашей стране техническим требованиям [12].



В данной статье рассматривается численный анализ напряженно-деформированного состояния каркаса крупногабаритного автопоезда при вертикальных нагрузках. В рамках исследования с помощью компьютерного моделирования оценивается механическое поведение конструкции рамы и выявляются зоны критических напряжений и деформаций.

Методика численного расчета напряженно-деформированного состояния рамы прицепа на основе метода конечных элементов

В программной среде T-Flex процесс численного расчета конструкции рамы следует определенной последовательности и реализуется с использованием алгоритмического подхода. Основные этапы этого алгоритма показаны на рис 1.

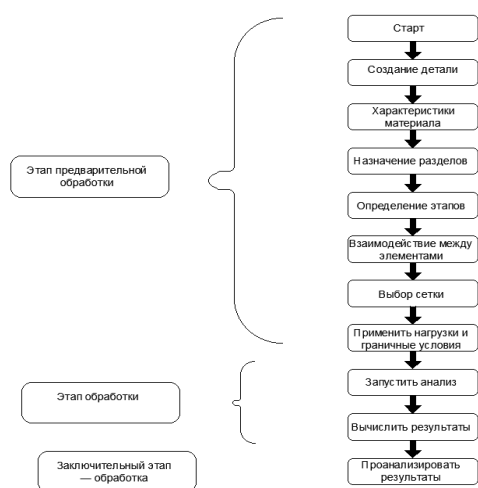


Рис. 1. Схема модели численного анализа для проектов в рамках программы T-Flex

В программной среде T-Flex была создана трехмерная геометрическая модель рамы большегрузного тягача с полуприцепом; эта модель представлена на рисунке 2а данной статьи. Эта модель была создана с учетом реальных геометрических размеров и основных конструктивных элементов конструкции и служит основой для последующих численных расчетов.

В программном обеспечении T-Flex процесс расчета конструкций основан на методе конечных элементов (МКЭ). Данный метод представляет собой эффективный численный подход к решению уравнений в частных производных и широко используется для решения сложных инженерных задач. В частности, метод конечных элементов обеспечивает высокоточные результаты при моделировании деформируемой механики твердого тела, теплопередачи, механики жидкостей и жидкостей и электромагнитных процессов.

В ходе расчета конструкция, изначально рассматриваемая как сплошная среда, дискретизируется и разбивается на набор взаимосвязанных элементов малого объема. В данном исследовании каркасная конструкция разбита на тетраэдральные конечные элементы (рис. 2б), для каждого элемента формулируются уравнения равновесия, которые интегрируются в глобальную систему. В результате получается система алгебраических уравнений, позволяющая определить состояние напряжений и

деформаций конструкции.

Таким образом, с помощью метода конечных элементов можно точно оценить механическое поведение каркасной конструкции сложной геометрической формы в реальных условиях эксплуатации.

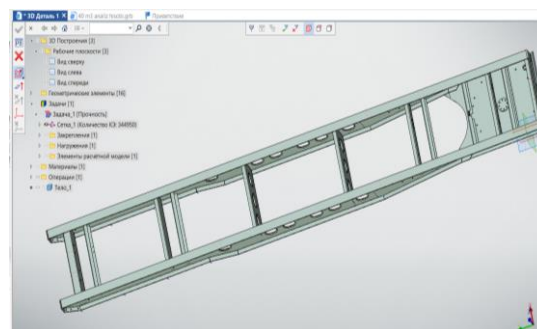


Рис 2а.

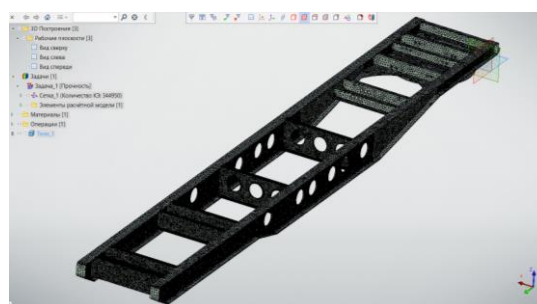


Рис 2б.

При проведении численных расчетов в программной среде T-Flex сначала определяются физико-механические свойства материала, выбранного для изготовления рамы прицепа, а затем к модели применяются соответствующие начальные и граничные условия. Эти параметры являются решающим фактором, обеспечивающим точность и достоверность результатов расчета.

В процессе эксплуатации рама крупногабаритного автопоезда подвергается различным динамическим и статическим нагрузкам. Поэтому материал, из которого она изготовлена, должен обладать высокой прочностью, хорошей пластичностью и усталостной прочностью. Исходя из этих требований, в качестве конструкционного материала для данного исследования была выбрана сталь 09G2С.

Данный материал отличается высокой механической прочностью, надежностью при низких температурах и хорошей свариваемостью. Основные физико-механические свойства выбранного материала представлены в таблице 1 статьи и служат исходными параметрами для построения численной модели.



Таблица 1

Характеристики стали 09G2C, выбранной для изготовления рамы тракторного прицепа большой вместимости

	09G2C
Модуль упругости	2.0Ye+011 Н/м ²
Коэффициент Пуассона	0.29
Модуль деформации	8.1Ye+010 Н/м ²
Теплопроводность	0 Вт (м•К)
Коэффициент теплового расширения	1.1Ye-005 1/°C
Плотность	7800 кг/м ³
Предел текучести	3.05Ye+008 Н/м ²
Предел прочности при сжатии	4.6Ye+008 Н/м ²
Предел прочности при растяжении	4.6Ye+008 Н/м ²
Удельная теплоемкость	0 Ж• (кг•К)

Таким образом, с помощью численного моделирования было проведено исследование состояния напряжений и деформаций конструкции из стали 09G2C рамы большегрузного тягача при заданных условиях нагружения. В ходе расчетов к конструкции рамы прикладывалась вертикальная внешняя сила 120 кН, а ее механическая реакция определялась в программной среде T-Flex. На основе полученных результатов было проведено визуальное анализирование состояний напряжений и деформаций конструкции. В частности, на рис. 3а показано распределение эквивалентных напряжений, возникающих в конструкции рамы, что позволяет выявить наиболее нагруженные и потенциально опасные участки конструкции. По этому распределению напряжений оценивается коэффициент безопасности относительно пределов прочности материала.

На рисунке 3б, в свою очередь, показано распределение дополнительных эквивалентных напряжений, что позволяет провести более глубокий анализ сложных напряженных состояний, возникающих в конструкции. Эти результаты особенно важны для выявления участков конструкции, на которых возникают локальные напряжения.

Кроме того, на рисунке 3с показана общая деформация каркасной конструкции и значения смещений. Распределение смещений позволяет оценить уровень жесткости конструкции, определить ее соответствие эксплуатационным требованиям и контролировать пределы деформации.

В целом результаты численного анализа позволяют провести комплексную оценку рабочих характеристик рамы большегрузного тягача с полуприцепом при заданных условиях нагружения, выявить закономерности распределения напряжений и сделать важные выводы для совершенствования конструкции.

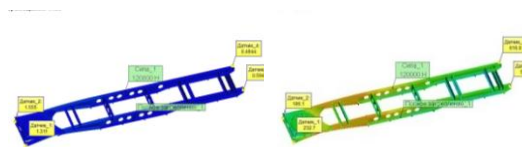


Рис а

Рис б

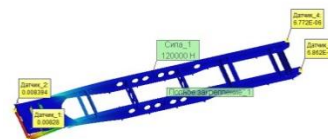


Рис с

На рисунках 3а, 3б и 3с показаны состояния напряжений и деформаций в конструкции рамы прицепа под воздействием приложенной нагрузки.

Таким образом, с помощью численного моделирования было проведено исследование состояния напряжений и деформаций конструкции из стали марки 09G2C рамы большегрузного тягача при заданных условиях нагружения. В ходе расчетов к конструкции рамы прикладывалась вертикальная внешняя сила 120 кН, а ее механическая реакция определялась в программной среде T-Flex.

На основе полученных результатов было проведено визуальное анализирование состояний напряжений и деформаций конструкции. В частности, на рис. 3а показано распределение эквивалентных напряжений, возникающих в конструкции рамы, что позволяет выявить наиболее нагруженные и потенциально опасные зоны конструкции. По этому распределению напряжений оценивается коэффициент безопасности относительно пределов прочности материала.

На рисунке 3б, в свою очередь, показано распределение дополнительных эквивалентных напряжений, что позволяет провести более глубокий анализ сложных напряженных состояний, возникающих внутри конструкции. Эти результаты особенно важны для выявления участков конструкции, в которых возникают локальные напряжения.

Кроме того, на рисунке 3с показана общая деформация каркасной конструкции и величины её смещений. Распределение смещений позволяет оценить уровень жесткости конструкции, определить ее соответствие эксплуатационным требованиям и контролировать пределы деформации.

В целом результаты численного анализа позволяют провести комплексную оценку рабочих характеристик рамы большегрузного тягача с полуприцепом при заданных условиях нагружения, выявить закономерности распределения напряжений и сделать важные выводы для совершенствования конструкции.

3. Заключение

По результатам численного анализа с достаточной точностью оценено состояние напряжений и деформаций конструкции из стали 09G2C при воздействии вертикальной нагрузки 120 кН на раму большегрузного тягача с полуприцепом. Расчеты



показали, что максимальное эквивалентное напряжение в конструкции составит 285 МПа.

Затем был оценен коэффициент безопасности конструкции путем сравнения этого результата с допустимым значением напряжения материала. С учетом коэффициентов динамической нагрузки значение допустимого напряжения составляет 307 МПа, что, в свою очередь, подтверждает безопасность конструкции при существующих условиях нагружения. По результатам расчетов общая надежность конструкции составляет около 92%, что свидетельствует о полном соответствии техническим требованиям по прочности.

Кроме того, полученные результаты подтверждают, что конструктивное решение для рамы большегрузного тягача с полуприцепом было выбрано правильно и способно обеспечить надёжную работу в реальных эксплуатационных условиях. Распределения напряжений и деформаций, определенные с помощью численного моделирования, служат важной основой для выявления наиболее нагруженных зон конструкции, разработки мер локального усиления там, где это необходимо, и проведения общей оптимизации конструкции.

Результаты данного исследования получены в рамках крупного прикладного проекта «Создание промышленного прототипа прицепа-трейлера большой грузоподъемности для современных хлопкоуборочных машин», код IL-462106970, на 2021–2023 гг. Они имеют научное и практическое значение для разработки нового поколения сельскохозяйственных транспортных средств. Полученные результаты исследований могут быть использованы в будущем при проектировании высокопроизводительных, надежных и экономически эффективных тракторных прицепов.

Использованная литература / References

[1] Шермухамедов А.А., Тогаев А.А., Астанов Б.Ж. Выбор конструктивных параметров тракторных прицепов категории ОЗ. // Вестник ТАДИ. -2012 №1-2 С. 60-65.

[2] Abdulaziz, S., & Nurillo, E. (2022). Analysis of studies on the justification of the parameters of the brake system of autotractor trailers. *research and education*, 1(6), 91-94.

[3] <https://weberlane.com/industrial/gravel-trailers/>.

[4] <http://ru.annaburger.de/WechselsystemMultiLandPlus.html>.

[5] https://kobzarenko.com.ua/about_en.html

[6] Shermukhamedov, A., Ergashev, N., & Azizov, A. (2021). Substantiating parameters brake system of the tractor trailer. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 264, p. 04019). EDP Sciences.

[7] Shermukhamedov, A., Azizov, A., Ergashev, N., Shermukhamedov, Y., & Abdukhamidovich, A. K. (2022, June). Substantiation of the parameters of the wheel propeller tread lugs. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2432, No. 1, p. 030089). AIP Publishing LLC.

[8] Shivakumar M.M, Nirmala L, “Fatigue Life Estimation of Chassis Frame FESM Bracket for Commercial

Vehicle”, *International Journal of Science and Research (IJSR)*, Volume 3 Issue 8, August 2014.

[9] Sayed M S and Sajjad S R, “Analytical Study of Reinforced Concrete Beams Tested under Quasi-Static and Impact Loadings”, *Applied Science*, 2019.

[10] Ankit Gautam and at all, “Modal analysis of beam through analytically and FEM”, *International Journal of Innovative Research in Science and Engineering*, 2016, Vol. No.2, page 373-381.

[11] I.A. Khan and D.R. Parhi, “Finite Element Analysis of Double Cracked Beam and its Experimental Validation,” *Procedia Engineering*, vol. 51, pp. 703–708, 2013.

[12] Мелиев, Х.О., Исмадиёров, А.А., Шермухамедов, А.А., & Эргашев, Н.Т. (2021). Универсал шассии трактор тиркамаси кузов платформасининг легирланган ва оддий углеродланган пўлат материаллардан фойдаланган ҳолда кучланганлик-деформатсияланиш ҳолатини сонли таҳлили. *Academic research in educational sciences*, 2(11), 1107-1113.

Информация об авторах/ Information about the authors

Шермухамедов Абдулазиз / Abdulaziz Shermukhmadov	Ташкентский государственный транспортный университет, профессор кафедры «Автомобильная и производственная инженерия», (DSc) E-mail: sheraziz@mail.ru Tel.: +9989946496984 https://orcid.org/0000-0002-1119-4053
---	--

Эргашев Нурилло / Nurillo Ergashev	Ташкентский государственный транспортный университет, дотцент кафедры «Автомобильная и производственная инженерия», (PhD) E-mail: ergashevnurillo@gmail.com Tel.: +9989997201094 https://orcid.org/0000-0002-0353-2139
--	---

Рашидов Азизжон / Azizjon Rashidov	Ташкентский государственный транспортный университет, дотцент кафедры «Автомобильная и производственная инженерия» E-mail: azicko@gmail.com Tel.: +998919733635 https://orcid.org/0000-0001-6192-0562
--	--



Z. Alimova, A. Abdurazakov, Z. Usmonov, O. Ashurov <i>Oil quality studies of hydraulic systems of agricultural machinery in conditions of dusty air</i>	258
A. Shermukhamedov, N. Ergashev, A. Rashidov <i>Finite element-based numerical analysis of the stress-strain state of a large-volume tractor trailer frame under complex loading conditions</i>	263
G. Ubaydullaev, N. Ergashev, O. Ashurov <i>Influence of Heat on Machining Errors in Mechanical Parts</i>	268
J. Gulyamov, M. Hamzaev <i>Designing an adaptive test program for knowledge assessment in UML</i>	273