

JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 1, 2025 vol. 2

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 2, ISSUE 1

MARCH, 2025



jot.tstu.uz

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 2, ISSUE 1 MARCH, 2025

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'Ichilar 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.

Investigation of the effect of spark plug orientation on the operation of an internal combustion engine

A.A. Ernazarov¹^a, S. S. Musurmonov²^b, E.B. Khaytbaev²^c

¹Jizzakh Polytechnic Institute, Jizzakh, Uzbekistan

²Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: The article examines the problem of optimizing the operation of an internal combustion engine by adjusting the orientation of a set of spark plugs in the combustion chamber. The calculation of the combustion process of the fuel-air mixture has been performed. Mathematical models that describe complex combustion processes in an internal combustion engine are considered. The effect of the angle of the spark plug electrodes on fuel efficiency and environmental performance of spark-ignition engines has been studied. The conducted experimental studies with a change in the orientation of the spark plugs can significantly speed up the combustion process as a whole, which leads to increased efficiency, as well as increase the anti-knock properties of the engine.

Keywords: Internal combustion engine, sparking process, spark plugs, combustion chamber, fuel consumption

Исследование влияния ориентации свечей зажигания на работу двигателя внутреннего сгорания

Эрназаров А.А.¹^a, Мусурмонов С.С.²^b, Хайтбаев Э.Б.²^c

¹Джизакский политехнический институт, Джизак, Узбекистан

²Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, Ташкент, Узбекистан

Аннотация: В статье исследована проблема оптимизации работы двигателя внутреннего сгорания за счет настройки ориентации комплекта свечей зажигания в камере сгорания. Произведен расчет процесса сгорания топливовоздушной смеси. Рассмотрены математические модели, которые описывают сложные процессы сгорания в ДВС. Исследовано воздействие угла расположения электродов свечи зажигания топливную экономичность и экологические показатели двигателей с искровым зажиганием. Проведенные экспериментальные исследования с изменением ориентации свечей зажигания позволяет значительно ускорить процесс сгорания в целом, что приводит к повышению КПД, а также повысить антидетонационные свойства двигателя.

Ключевые слова: Двигатель внутреннего сгорания, процесс искрообразования, свечи зажигания, камера сгорания, расход топлива

1. Введение

На скорость распространения очага горения при воспламенении топливовоздушных смесей в цилиндре двигателя внутреннего сгорания большое влияние имеет индуктивная фаза искрового разряда, а также характеристики выделения энергии. Исследование характеристик искрообразования и их распространение, дает возможность повысить технико-экономические показатели ДВС за счет усиления образования начального очага горения.

Одним из основных процессов, определяющих эффективность рабочего процесса двигателя, является процесс сгорания. Так как экспериментально процесс сгорания исследовать достаточно сложно, широко используют математическое моделирование. На сегодняшний день существуют следующие

математические модели, которые описывают сложные процессы сгорания в ДВС [1-3]:

- однозонные модели сгорания;
- двухзонные модели сгорания;
- многозонные модели сгорания;
- модели турбулентного сгорания.


В случаях двух и многозонных моделей применяется подход, который можно называть, реакторным. Объем, который моделируется необходимо разделить зоны с гомогенным распределением параметров.

Однозонная модель характеризуется следующими положениями:

- состав рабочего тела и термодинамические параметры в момент времени неизменяем по объему цилиндра;
- топливовоздушная смесь полностью перемешивается и сгорает с мгновенно.

Так при расчетах модель описывается следующими уравнениями:

^a  <https://orcid.org/0000-0002-4188-2084>

^b  <https://orcid.org/0009-0009-8618-1722>

^c  <https://orcid.org/0009-0002-2798-6220>



- уравнение расчета материального баланса:

$$\frac{dm}{d\varphi} = \frac{dm_{vx}}{d\varphi} - \frac{dm_{vix}}{d\varphi}, \quad (1)$$

- уравнение расчета сохранения энергии:

$$\frac{d(m,u)}{d\varphi} = h_{vx} \frac{dm_{vx}}{d\varphi} - h_{vix} \frac{dm_{vix}}{d\varphi} + p \frac{dV}{d\varphi} + \frac{dQ_w}{d\varphi}, \quad (2)$$

- уравнение расчета состояния идеального газа:

$$\frac{dP}{d\varphi} = \frac{mR}{V} \cdot \frac{dT}{d\varphi} + \frac{mT}{V} \cdot \frac{dR}{d\varphi} + \frac{RT}{V} \cdot \frac{dm}{d\varphi} - \frac{P}{V} \cdot \frac{dV}{d\varphi}, \quad (3)$$

- уравнение расчета первого закона термодинамики применяемый для закрытых систем:

$$d(m, c_v, T) = dQ_w + dQ_w + dQ_x - p dV, \quad (4)$$

где m , dm_{vx} , dm_{vix} -общая масса рабочего тела и его массы, подводимые и отводимые через впускной и выпускной клапаны;

u - внутренняя энергия рассчитываемого рабочего тела;

h_{vx}, h_{vix} - соответственная удельные энтальпии потоков при входе и выходе в цилиндр рабочего тела;

R , T , p , V , c_v - давление, температура, изохорная теплоемкость и объем рабочего тела;

Q_w , dQ_w - изменение теплоты, проводимая стенкам камеры сгорания;

Q_x , dQ_x -изменение теплоты, которая выделяется во время сгорания топлива;

Используя, указанные выше уравнения появляется возможность решить две задачи расчета исследуемого рабочего процесса [4,5]:

1. Рассчитать изменение возникающего давления в цилиндре двигателя (рис 1). Необходимо применить закон теплообмена dQ_w и закон тепловыделения dQ_x для нахождения количество теплоты, необходимой для передачи рабочему телу которая используется для повышения внутренней энергии. Решение данной задачи называют прямой задачей расчета действительного рабочего процесса.

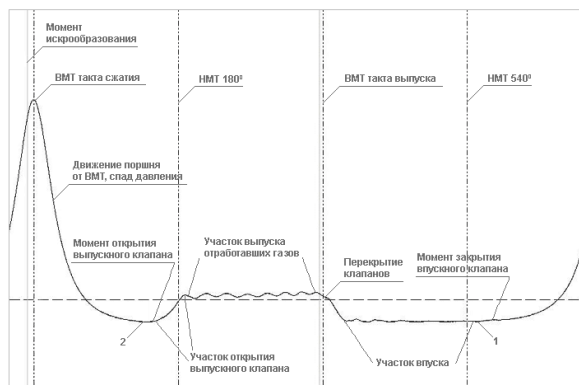


Рис. 1 Изменение возникающего давления в цилиндре двигателя

2. Рассчитать тепловыделение, применяя закон изменения давления, данные которого получены расчетным или экспериментальным путем. Данную задачу является обратной задачей расчета исследуемого рабочего процесса. Выделяемое при сгорании изменение тепла dQ_x , представлено скоростью неравномерного видимого тепловыделения. Так в основу зависимостей необходимо применить положены случаи общего закона вероятности случайной величины:

$$\frac{dx}{d\varphi} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{A_i}{\varphi_i^{n_i}} \cdot \varphi^{n_i-1} \cdot \exp \left[B_i \cdot \left(\frac{\varphi}{\varphi_i} \right) \right] \right), \quad (5)$$

где n_i , φ_i - величины, применяемые непосредственно для каждого конкретного закона;

A_i , B_i - определяемые коэффициенты при $X_{\max}=1$.

Такой подход к расчету характеристики тепловыделения был предложен проф. К. Нейманом [94]:

$$x = (3 - 2 \cdot \frac{t}{t_z}) \cdot (\frac{t}{t_z})^2 \quad (6)$$

где x - доля топлива, сгоревшего к моменту времени t ;

t_z - продолжительность сгорания, с;

t - текущее время, с.

Из общего закона были получены и другие широко известные зависимости, которые позволяют произвести расчет эффективности сгорания топлива [6,7].

Поскольку статистические методы определения характеристик тепловыделения в двигателе не учитывают изменения состава топливовоздушной смеси и низшей теплоты сгорания поэтому было решено для расчета рабочего процесса двигателя с искровым зажиганием за работы в режиме малых нагрузок на бензине использовать такую методику, в которой на основе экспериментальных индикаторных диаграмм можно определить продолжительность всех фаз сгорания [8].

Целью экспериментальных исследований является определение воздействия угла расположения электродов свечи зажигания топливную экономичность и экологические показатели двигателей с искровым зажиганием.

2. Методология исследования

Анализ процессов документооборота в перевозке грузов

В соответствии с целью и задачами экспериментальных исследований программа включает:

1. Определение характеристик двигателей в режиме холостого хода от угла расположения электродов свечи зажигания с оценкой топливной экономичности и экологических показателей.

2. Определение характеристик механических потерь двигателя при различных положениях угла расположения электродов свечи зажигания.

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с ГОСТ 14846-2020. Испытания проводились на обкатанном двигателе серийного производства, укомплектованный штатным вспомогательным оборудованием. В процессе испытаний не проводились работы по регулировке, за исключением работ по ТО двигателя согласно установленному регламента и программе испытаний.

При проведении эксперимента атмосферное давление, температура воздуха, барометрическое давление, а также влажность воздуха соответствовала нормам.

Экспериментальные исследования проводились на марке топлива, моторного масла, а также технологических жидкостях, предусмотренных в технических условиях на двигатель. Измерения расхода топлива проводились весовым методом. Погрешности в измерениях соответствуют нормативам.

Экспериментальные исследования на содержание СН в отработанных газах проводились при помощи



газоанализатор ЭЛАН-50. Показания анализатора при испытаниях на различных режимах не отклонялись от номинального значения калибровочной точке не более чем на $\pm 2\%$ показаний с учетом погрешности калибровочных газов.

Эксперимент проводился с замерами работы двигателя с различной ориентацией положения

электродов свечей. В первом эксперименте комплект свечей ориентировались открытой частью искрового зазора в противоположную сторону от камеры сгорания. Во втором эксперименте комплект свечей ориентирован на камеру сгорания. В третьем, комплект свечей имеет боковую ориентацию.

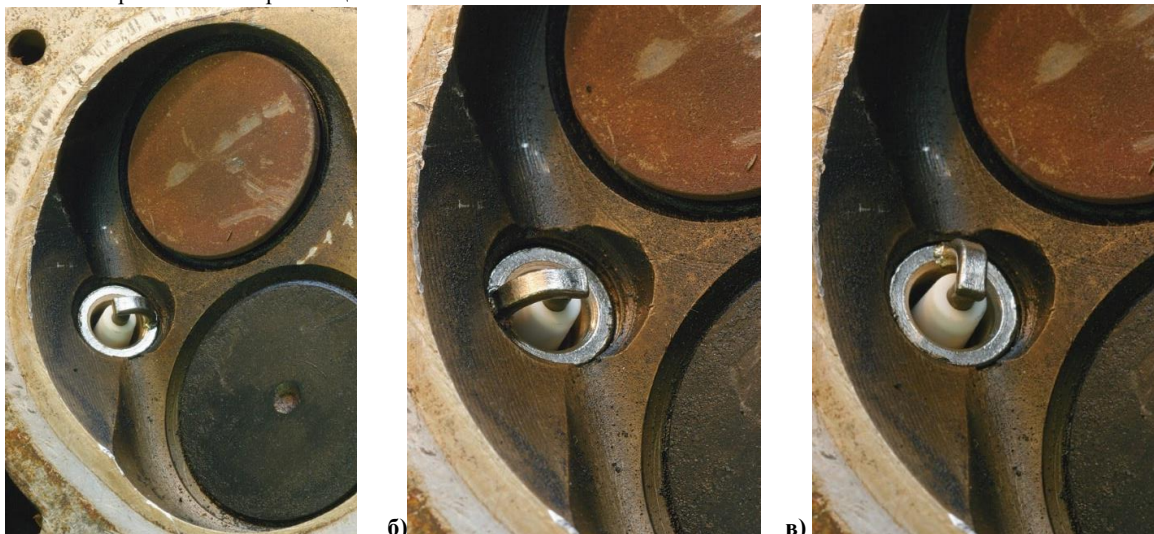


Рис 1. Расположение свечи зажигания а) в противоположную сторону от камеры сгорания, б) в сторону камеры сгорания, в) в сторону впускного клапана

3. Результаты исследования

По результатам эксперимента установлено, ориентация электрода свечи влияет на процесс распространения, тем самым закрывая искру от топливоздушную смеси, что на режимах холостого хода и при малых нагрузках вызывает рост удельного расхода топлива, а содержание несгоревших углеводородов (СН) в выхлопных газах растет.

Таблица 1

Удельный расход топлива при направлении комплекта свеч в противоположную сторону от камеры сгорания

| Крутящий момент, Нм | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Удельный расход топлива, кг/кВт | 0,56 | 0,36 | 0,32 | 0,29 | 0,28 | 0,27 |

Таблица 2

Удельный расход топлива при направлении комплекта свеч в сторону впускного клапана

| Крутящий момент, Нм | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Удельный расход топлива, кг/кВт | 0,48 | 0,35 | 0,29 | 0,28 | 0,27 | 0,26 |

Таблица 3

Удельный расход топлива при направлении комплекта свеч в сторону камеры сгорания

| Крутящий момент, Нм | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Удельный расход топлива, кг/кВт | 0,47 | 0,32 | 0,28 | 0,27 | 0,26 | 0,25 |

Таблица 4

Содержание СН в отработавших газах при направлении комплекта свеч в противоположную сторону от камеры сгорания

| Крутящий момент, Нм | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Удельный расход топлива, кг/кВт | 225 | 180 | 160 | 170 | 180 | 190 |

Таблица 5

Содержание СН в отработавших газах при направлении комплекта свеч в сторону впускного клапана

| Крутящий момент, Нм | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Удельный расход топлива, кг/кВт | 170 | 120 | 125 | 140 | 150 | 160 |



Таблица 6
Содержание СН в отработавших газах при направлении комплекта свеч в сторону камеры сгорания

| Крутящий момент, Нм | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Удельный расход топлива, кг/кВт | 150 | 100 | 125 | 155 | 185 | 210 |

Результаты эксперимента графически приведены в рисунках 2 и 3.

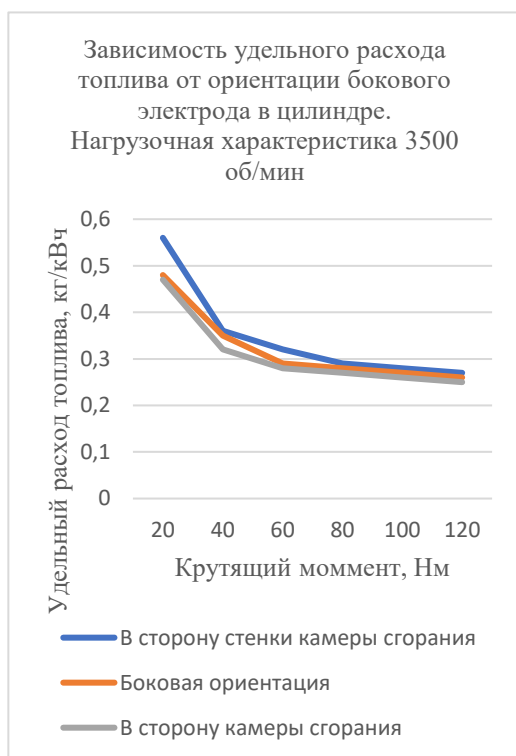


Рис. 2. Зависимость удельного расхода топлива от ориентации бокового электрода в цилиндре

Так, в случае, когда комплект свечей направлен в сторону стенки цилиндра, двигатель не работает стабильно на оборотах режимах холостого хода с оборотами менее 1200 об/мин!

4. Заключение

В процессе эксплуатации автомобильных двигателей одним из основных факторов является качество сгорания топливовоздушной смеси бензиновых двигателей с точки зрения топливной экономии и экологических показателей, а потому необходимым и актуальным является поиск и применение мер, которые улучшают работу двигателей в этих режимах. Одной из таких мер является интенсификация процесса сгорания предполагается регулировка ориентации электродов свечи в камере сгорания двигателя. По результатам проведенных экспериментальных исследований бензиновых двигателей с различной ориентацией свечей зажигания установлено улучшение топливной экономии: двигателя 5...8%, а суммарные массовые выбросы ВВ на

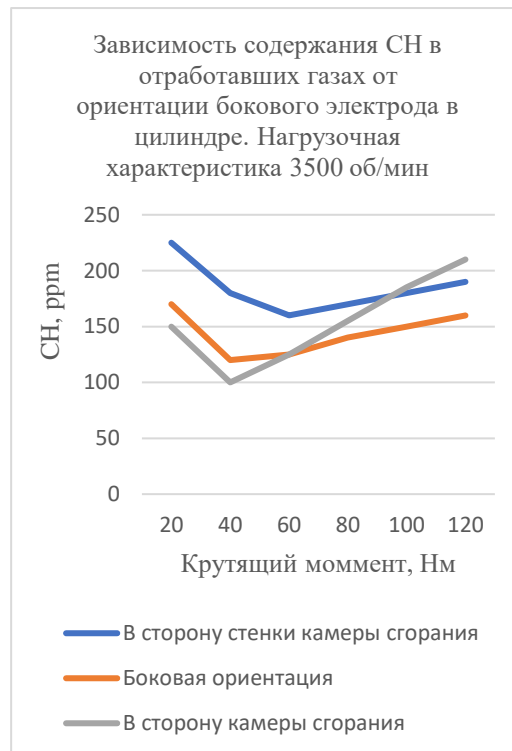
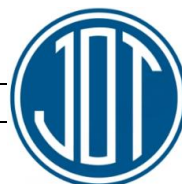


Рис. 3. Зависимость содержания СН в отработавших газах от ориентации бокового электрода в цилиндре

4%. Проведенные экспериментальные исследования с изменением ориентации свечей зажигания позволяет значительно ускорить процесс сгорания в целом, что приводит к повышению КПД, а также повысить антидетонационные свойства двигателя.

Использованная литература / References

- [1] Особенности математической модели процессов сгорания в поршневых ДВС / Д. В. Тимошенко // Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ» 2014, Том 5, № 1, С. 311 – 318.
- [2] El Khalfi, Ahmed. (2024). Mathematical model for dynamic analysis of internal combustion engines. 54. 607-622. 10.22059/JCAMECH.2023.367595.897.
- [3] Paul N. Blumberg, George A. Lavoie, Rodney J. Tabaczynski, Phenomenological models for reciprocating internal combustion engines, Progress in Energy and Combustion Science, Volume 5, Issue 2, 1979, Pages 123-



167, ISSN 0360-1285, [https://doi.org/10.1016/0360-1285\(79\)90015-7](https://doi.org/10.1016/0360-1285(79)90015-7).

[4] Бердников А.А., Нагайцев Д.С., Титков Н.В. ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С НЕТРАДИЦИОННЫМ РАБОЧИМ ЦИКЛОМ // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 2. – С. 21-25; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41350> (дата обращения: 22.01.2025).

[5] Уткин Ю.С., Уткин Ю.С., Герасимов А.Р., Гурия В.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛАЗЕРНОГО ЗАЖИГАНИЯ В ДВС // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. ; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=12863> (дата обращения: 28.01.2025).

[6] Мракин А.Н., Афанасьева О.В., Кулешов О.Ю. Расчет интенсивности теплообмена топлив // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334. – № 5. – С.109-115.

[7] Pavel Diti, Calculations of CO2 emission and combustion efficiency for various fuels, Energy, Volume 290, 2024, 130044, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.130044>.

[8] Z.H Kodah, H.S Soliman, M Abu Qudais, Z.A Jahmany, Combustion in a spark-ignition engine, Applied Energy, Volume 66, Issue 3, 2000 Pages 237-250, ISSN 0306-2619, [https://doi.org/10.1016/S0306-2619\(99\)00129-4](https://doi.org/10.1016/S0306-2619(99)00129-4).

Информация об авторах/ Information about the authors

Эрназаров Азиз Алибаевич / Ernazarov Aziz Alibayevich
Джизакский политехнический институт, доцент кафедры «Инженерия транспортных средств».
E-mail: aziz-ernazarov@mail.ru
Тел.: +998939404123
<https://orcid.org/0000-0002-4188-2084>

Мусурмонов Сарвар Собир угли / Musurmonov Savar Sobir ugli
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, базовый докторант кафедры «Техника оказания услуг».
E-mail: musurmonovsarvarbek2@gmail.com
Тел.: +998991051695
<https://orcid.org/0009-0009-8618-1722>

Хаитбоев Эргаш Бахтиер угли / Khaytbaev Ergash Bakhtiyor ugli
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, базовый докторант кафедры «Техника оказания услуг».
E-mail: ergashhayitboyev@gmail.com
Тел.: + 998883254550
<https://orcid.org/0009-0002-2798-6220>



| | |
|--|------------|
| Sh. Tadjibayev, N. Begmatov <i>Improvement of erosion protection technology using geosynthetic materials on the railway track.....</i> | 95 |
| F. Abdukadirov, T. Khasanov <i>Approximation of the general model of bridge supports to finite elements taking into account the specified loads. Analysis of the capabilities provided by the “Lira-Sapr” software complex to solve the tasks set.....</i> | 98 |
| S. Sattorov, Sh. Saidivaliyev, R. Bozorov, M. Tashmatova <i>The question of the location of technical stations, taking into account the traction shoulder of locomotives.....</i> | 103 |
| A. Ernazarov, S. Musurmonov, E. Khaytbaev <i>Investigation of the effect of spark plug orientation on the operation of an internal combustion engine.....</i> | 108 |
| L. Tursunboev, A. Nabiev <i>Characteristics and analysis of drum machine designs for polishing leather semi-finished products.....</i> | 113 |
| E. Shchipacheva, S. Shaumarov, A. Ukatamov <i>Modern trends in the formation of student dormitory architecture in the context of sustainable urban development.....</i> | 119 |
| Sh. Tadjibaev, N. Begmatov <i>Selection of constructive, technological and organizational solutions for strengthening railway track slopes.....</i> | 125 |