

Научная статья  
Статья в открытом доступе  
УДК 608.3  
doi: 10.30987/2782-5957-2024-5-22-28

## КАРУСЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА АБРАЗИВНЫЙ ИЗНОС

**Марат Маликович Абжаев** ✉

Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Республика Казахстан  
Marat\_78@mail.ru

### Аннотация

При разработке новых способов создания упрочняющих покрытий на поверхностях режущих частей рабочих органов почвообрабатывающих машин главным характеристическим параметром, определяющим способность изделия долго служить, сопротивляясь внешнему воздействию среды и механическому износу, является износостойкость. При этом данный параметр должен определяться до ресурсных испытаний в полевых условиях. Для этого существуют различные стенды и установки. Каждый из них характеризуется присущими им как преимуществами, так и недостатками. Поэтому, исходя из конкретных условий производства, разрабатываются новые аналогичные устройства. В данной работе разработана карусельная установка собственной конструкции для ресурсных испытаний на абразивный износ различных деталей. На нее получен патент. Отличия этой установки от имеющихся аналогов: 1 – давление слоя абразивного материала на испытуемый образец регулируется углублением образца в абразивную среду; 2 – испытуемый образец находится под постоянным воздействием абразивного материала за счет запол-

нения емкости необходимым количеством абразивных материалов; 3 – более высокий КПД установки. Это достигается за счет меньшего потребления электроэнергии вследствие отсутствия сил трения между кронштейном образцов и абразивным материалом.

Сравнительные ресурсные испытания проводились для двух зубьев борона, исходного зуба и упрочненного. Испытания зубьев борона производили на упрощенной модели разработанной установки. Для обработки использовали экспериментальную инверторную вибродуговую установку Казанского федерального университета. Упрочнение производили с многостержневым электродом при токе дуги 60 А. Частота вибрации электрода – 100 Гц. Испытания показали, что ресурс работы упрочненных зубьев борона вибродугой с многостержневым электродом по сравнению с ресурсом работы заводских зубьев борон выше порядка в 5 – 6 раз.

**Ключевые слова:** ресурс, износостойкость, установка, упрочнение, испытание, зуб борона, абразивный износ, машина, элемент, электрод.

**Благодарность:** Автор выражает благодарность научному руководителю, д.т.н., профессору Казанского федерального университета Шарифуллину Саиду Насибулловичу за качественную консультацию и оказанную помощь в подготовке статьи.

Ссылка для цитирования:

Абжаев М.М. Карусельная установка для ресурсных испытаний на абразивный износ / М.М. Абжаев // Транспортное машиностроение. – 2024. – № 5. – С.22-28. doi: 10.30987/2782-5957-2024-5-22-28.

Original article  
Open Access Article

## ROTARY-TABLE INSTALLATION FOR LIFE TESTS OF ABRASIVE WEAR

**Marat Malikovich Abzhaev** ✉

Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan  
Marat\_78@mail.ru

## Abstract

When developing new methods to make hardening coatings on the cutting tool surfaces of tilling machines, the main characteristic parameter determining the ability to serve for a long time, resisting external environmental influences and mechanical wear, is wear resistance. At the same time, this parameter should be determined before life tests in the field. Various stands and installations are available for this purpose. Each of them is characterized by their own advantages and disadvantages. Therefore, based on the specific production conditions, new devices are being developed. In this paper, a rotary-table installation of a specific design is developed for life tests of abrasive wear of various parts. A patent is obtained for it. The differences of this installation from existing analogues are the following: 1 – the pressure of the abrasive material layer on the test sample is regulated by deepening the sample into the abrasive medium; 2 - the test sample is under constant influence of the abrasive material by filling it with the required amount of abrasive materials; 3 –

higher efficiency of the installation. This is achieved due to lower power consumption in the absence of friction forces between the sample bracket and the abrasive material.

Comparative life tests were carried out for two harrow teeth, the original tooth and the hardened one. The harrow teeth were tested on a simplified model of a developed installation. An experimental inverter vibration control unit of Kazan Federal University was used for treatment. Hardening was performed with a multi-rod electrode at an arc current of 60A. The frequency of the electrode vibration is 100 Hz. Tests show that the service life of hardened harrow teeth when treated by a vibrating arc with a multi-rod electrode is about 5-6 times higher than the service life of factory harrow teeth.

**Keywords:** life time, wear resistance, installation, hardening, test, harrow tooth, abrasive wear, machine, element, electrode.

**Acknowledgments:** The author acknowledges his scientific supervisor, Doctor of Technical Sciences, Professor of Kazan Federal University Sharifullin Said Nasibullovich for the quality advice and assistance in preparing the paper.

## Reference for citing:

Abzhaev MM. Rotary-table installation for life tests of abrasive wear. *Transport Engineering*. 2024;5:22-28. doi: 10.30987/2782-5957-2024-5-22-28.

## Введение

Существуют десятки методов испытания изделий на износ. Например, Я Амслер [1] проводил испытания с жидкой или свободной абразивной средой. Есть метод испытаний материалов с использованием абразивной шкурки [2]. Исследования проводили в при возвратно-поступательном движении образца по шкурке. Есть и несколько видов машин трения: СМЦ-2, МИ-1М, КЕ-3, МТИ-1 и Х4-Б. Однако их недостаток в отсутствии приближений условий испытаний образцов к условиям эксплуатации. Имеется и метод царапания плоских образцов твердосплавным индентором [3-5]. Есть также методика, где для определения износа использовали трение образца о чугунный диск. При этом на поверхность образца непрерывно подавали частицы карборунда в водной струе [6]. В отличие от этих методов, существуют различные стенды и установки, позволяющие проводить ускоренные сравнительные ресурсные испытания на износ рабочих органов почвообрабатывающих машин с различной износостойкостью. Они в основном являются патентованными: RU 2 089 879, RU 2 408 865, RU 2071602, RU 87 858, SU 1

629 779, RU 2 089 879, RU 129332 и др. Принцип работы всех стендов и оборудования, разработанных для испытания на износостойкость, основан на взаимодействии имитатора почвы с режущими частями рабочего органа почвообрабатывающей машины. В качестве имитаторов почвы служат различные абразивные материалы: песок, глина, цемент, мелкие камни, песчано-гравийная смесь. Конечным результатом применения указанных стендов и установок является определение износостойкости испытываемых рабочих органов почвообрабатывающих машин. Износостойкость – это свойство материала сохранять свои основные физические и механические свойства при воздействии внешних факторов на протяжении определенного периода времени. Или по-другому, износостойкость – это способность материала (изделия) противостоять постепенному разрушению поверхностного слоя в процессе эксплуатации (изнашиванию). Ее можно оценить через скорость изнашивания или интенсивность изнашивания. Износостойкость имеет обратно пропорциональную зависимость от

этих параметров. Ее можно оценить и через весовой износ. Его можно назвать показателем интенсивности износа. При сравнении абсолютных величин износа двух материалов определяем, так называемую, относительную износостойкость.

На сегодня наиболее перспективным способом повышения износостойкости рабочих элементов почвообрабатывающих машин является плазменный метод упрочнения их режущих частей. В наших работах в технологическом процессе упрочнения используется виброплазменный метод. На сегодня виброплазменным методам упрочнения поверхностей деталей относятся методы, основанные на применении вибрационных электрических и вибродуговых разрядов. По сравнению с другими плазменными методами, методы упрочнения поверхностей изделий электроискровым и вибродуговым разрядами имеют определенные преимущества. Нет перегре-

#### **Материалы, модели, эксперименты и методы**

Сравнительные ресурсные испытания проводились для двух зубьев бороны марки БЗТ 1.0 00.005 (M16×2), исходного зуба и упрочненного. Материал зуба бороны – сталь марки 65Г. Испытания зубьев бороны производили на упрощенной модели разработанной установки. Для обработки использовали экспериментальную

#### **Результаты и обсуждения**

Проведенный патентный анализ показал, что для решения наших задач необходимо разработать карусельную установку собственной конструкции для ресурсных испытаний на абразивный износ различных деталей. Нами, совместно с научным руководителем, такая установка была разработана. На рисунках 1а и 1б представлены составляющие конструктивной схемы разработанной установки. Разработанная установка от имеющихся аналогичных установок отличается следующим: 1 – давление слоя абразивного материала на испытываемый образец регулируется углублением образца в абразивную среду; 2 – испытываемый образец находится под постоянным воздействием абразивного материала за счет заполнения емкости необходи-

ва основы изделия, но, тем не менее, изменятся физико-механические свойства поверхностного слоя материала. При этом происходит легирование в кристаллическую решетку металла элементов тугоплавких материалов, тем самым упрочняется поверхностный слой. Для получения информации по этому направлению работ можно обратиться к ряду наших публикаций [7-11].

В данной работе описана карусельная установка собственной конструкции для ресурсных испытаний на абразивный износ различных деталей. На нее получен патент на изобретение РФ № 2736702 [12]. Необходимость разработки такой установки связана с тем, что вышеприведенные испытательные стенды и установки являются экспериментальными, в продаже отсутствуют и разработаны для конкретных предприятий и конкретных условий их производства.

инверторную вибродуговую установку Казанского федерального университета. Упрочнение производили с многостержневым электродом при токе дуги 60 А. Частота вибрации электрода – 100 Гц. Для измерений использовались весы марки *Newacalox* весом 500 г. с точностью до 0,01 г.

мым количеством абразивных материалов; 3 – более высокий КПД установки. Это достигается за счет меньшего потребления электроэнергии вследствие отсутствия сил трения между кронштейном образцов и абразивным материалом. 4 - горизонтальное расположение емкости абразивных материалов, что создает удобство обслуживания; 5 – установка расположена на тележке. Это позволяет передвижение установки в целях производственной необходимости.

Ниже приводится краткое описание конструкции устройства. Она состоит из рамы 1, на которой расположен контейнер 2, содержащий абразивный материал 10. Внутри контейнера 2 находятся приводной вал 4 и ведущий вал 5. Приводной вал 4

используется для вращения рычага (коромысла) 3 на испытуемом образце 6. Положение рычага 3 на приводном валу 4 можно регулировать с помощью крепежного болта. Приводной вал 4 соединен с контейнером 2 посредством подшипников 8 и 9. Соединение осуществляется через корпуса подшипников 8 и 9. Приводной вал 4 приводится в движение мотор-редуктором 7, установленным в контейнере 2. Мотор-редуктор 7 установлен на нижней стороне контейнера 2. Станок оснащен колесными опорами 5 для перемещения установки в процессе производства.

Уникальность разработанного оборудования в том, что оно позволяет проводить сравнительные ресурсные испытания рабочих органов почвообрабатывающих машин на износ. Данные испытания проводятся следующим образом. Перед началом работы пользователь должен провести внешний осмотр, чтобы проверить рабочее состояние машины и наличие заземления. Далее пользователь должен подготовить

машину к работе. Для этого сначала отрегулируйте положение кронштейна (коромысла) с помощью крепежных болтов. Установите кронштейн (коромысло) 3 на требуемую высоту на приводном валу 4, а затем установите контрольную деталь 6 с помощью соответствующего инструмента. Закрепите контрольную деталь 6 на кронштейне (коромысле) 3 с помощью соответствующих инструментов. Установите кронштейн (коромысло) 3. Затем засыпьте абразивный материал 10 в контейнер 2. Абразивный материал должен быть подобран таким образом, чтобы он образовывал достаточно толстый слой на заготовке 6 для оказания необходимого давления. Выбор марки абразивного материала по существу не имеет значения. Технический результат достигается не за счет использования конкретной марки абразива, а за счет сравнительных испытаний рабочих органов с различной износостойкостью. К альтернативным абразивам относятся графитовые смеси и кварцевый песок.

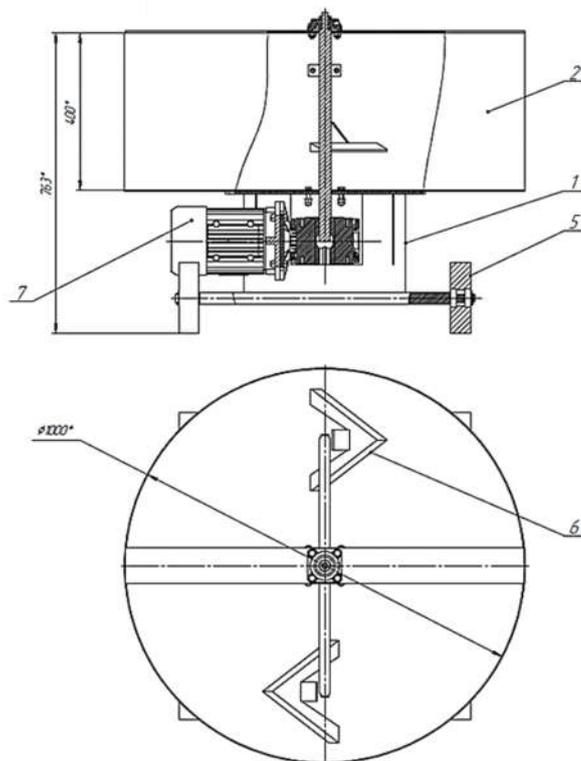


Рис. 1а. Главный вид установки:

- 1 – рама; 2 – емкость с абразивным материалом; 5 – колесные опоры;  
6 – испытуемые рабочие элементы; 7 – мотор-редуктор

*Fig. 1a. Main installation type:*

- 1 – frame; 2 – container with abrasive material;  
5 – wheel supports; 6 – tested working elements; 7 – gear motor*

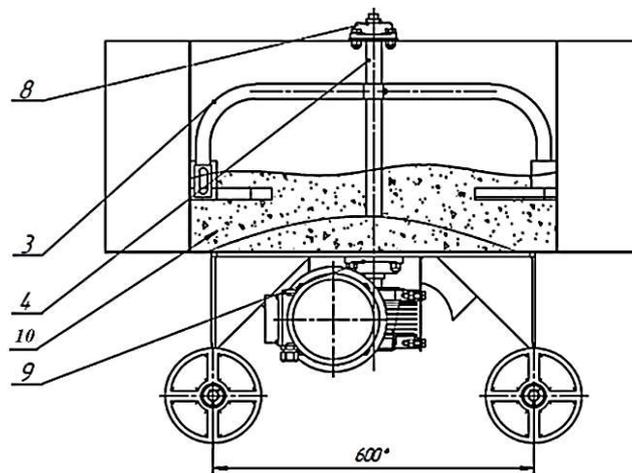


Рис. 1б. Вид справа установки: 3 – кронштейн (коромысло); 4 – приводной вал;  
8, 9 – корпусные подшипники; 10 – смесь абразивная  
*Fig. 1b. Installation right view: 3 – bracket (rocker arm); 4 – drive shaft;  
8, 9 – case bearings; 10 – abrasive mixture*

После подготовки подключите прибор к электросети с напряжением 380 В и частотой 50 Гц. Электрическая часть выполняется в соответствии со стандартной программой и не влияет на технические результаты, поэтому на структурной схеме она не показана. Запустите мотор-редуктор 7 и обработайте испытуемый образец абразивным материалом. При этом оборудование периодически останавливается для проверки состояния испытуемых изделий и регистрации их диагностических (технических) параметров, например, для сравнения их весовых характеристик с помощью измерительного прибора. В случае с рабочими органами плужного оборудования испытание проводится до тех пор, пока образец с меньшей износостойкостью не достигнет предельного состояния, то есть не станет непригодным для дальнейшего использования. Затем сравниваются

параметры двух образцов, например, износ массы, и делаются выводы о сроке службы испытуемого изделия. Для практической проверки предпочтительно продолжать испытания более износостойкого образца до предельного состояния. Сравнивая время обработки двух образцов, можно определить количественную характеристику срока службы.

В связи с техническими трудностями изготовления разработанного устройства, зубы бороны были испытаны на упрощенной модели с использованием карусельного устройства. На рис. 2 представлены фотографии двух зубов бороны. Оригинальный изготовленный зуб (а) и зуб, упрочненный вибродуговой плазмой (б). На рисунке 3 показаны фотографии зубов бороны после сравнительных испытаний. Общее время испытаний составило 150 часов.

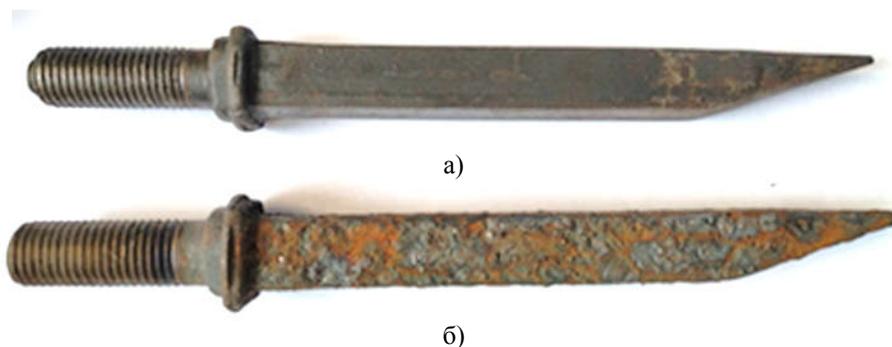


Рис. 2. Фотографии двух испытуемых зубьев бороны - исходного заводского а – и упрочненного вибродуговой плазмой б - до испытаний  
*Fig. 2. Photographs of two tested harrow teeth - the original factory one a – and strengthened by vibrating arc plasma b - before testing*



Рис. 3. Фотографии зубьев бороны после сравнительных испытаний:  
 а – исходный заводской зуб бороны, б – упрочненный вибродуговой плазмой зуб бороны  
 Fig. 3. Photos of harrow teeth after comparative tests: a - original factory harrow tooth,  
 b - harrow tooth strengthened by vibro-arc plasma

Сравнение фотографий (а) и (б) на рис. 2 и 3 показывает, что заводской зуб (а) имеет значительный износ после испытания, в то время как закаленный зуб (б) практически не поврежден. Измерения веса показывают, что износ заводского зуба

составил 30 граммов, а упрочненного - всего 5 граммов. Это означает, что срок службы зубьев бороны, обработанных вибродуговой плазмой, в 5-6 раз превышает срок службы заводских зубьев бороны.

#### Вывод:

1. Совместно с научным руководителем разработана карусельная установка для ресурсных испытаний на абразивный износ. Она позволяет провести ресурсные испытания на абразивный износ любых рабочих органов почвообрабатывающих машин.

2. На упрощенной модели разрабо-

танного оборудования были проведены сравнительные ресурсные испытания на износ зубьев бороны. Результаты испытаний показали, что срок службы зубьев бороны, упрочненных вибродуговой плазмой, в 5...6 раз превышает срок службы заводских зубьев.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зацаринин А.А. Повышение ресурса трапецидальных лемехов плугов общего назначения: дис. ... канд. техн. наук /А.А. Зацаринин. Москва, 2006. 122 с.
2. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов /Н.Е. Резник. М.: Машиностроение, 1975. 311 с.
3. Ляхов А.П. Обоснование конструктивно-технологических параметров рабочих органов пропашного культиватора. Автореферат дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 /А.П. Ляхов. СтГАУ: 2009. 22 с.
4. Магомедов Р.А. Повышение ресурса плужных лемехов формированием износостойкого покрытия на основе чугуна: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 /Р.А. Магомедов. Зерноград, 2013. 140 с.
5. Мамедова М.Д. Работа дизеля на сжиженном газе /М.Д. Мамедова. М.: Машиностроение, 1980. 151 с.
6. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин /В.Н. Ткачев. – М.: Машиностроение, 1984. 264 с.
7. Sharifullin S.N. Metallographic studies of samples made of 65G steel subjected to complex treatment by electrospark and vibration arc discharges using cermet powders /S.N. Sharifullin, N.R. Adigamov, E.Yu. Kudryashova, I.V. Romanov, A.T. Bainiyazova, M.M. Abzhaev //Journal of Agriculture and Environment, 2019. № 4 (12). Pp. 1-13.
8. Байниязова А.Т. Виброплазменное упрочнение рабочих органов сельскохозяйственных машин /А.Т. Байниязова, М.М. Абжаев, Е.Ю. Кудряшова, И.А. Файзрахманов, С.Н. Шарифуллин //Технический сервис машин, 2020. № 1 (138). С. 132-142. DOI: 10.22314/2618-8287-2020-58-1-132-142.
9. Bayniyazova A.T. Hardening of the working bodies of agricultural machines by electric spark and vibratory arc processing /A.T. Bayniyazova, M.M. Abzhaev, S.N. Sharifullin //IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 915 (2020) 012006 doi:10.1088/1757-899X/915/1/012006.

10. Sharifullin S.N. Nanostructuring of the surface layer of the working bodies of agricultural machines with alloyed elements by the method of vibroplasma treatment /S.N. Sharifullin, V.A. Denisov, R.N. Zadorozhny, V.A. Zuevskiy, M.M. Abzhaev, A.T. Bayniyazova //International Journal of Nanotechnology (IJNT) 2021, Volume 18, No. 9/10. Pp. 903-914. DOI: 10.1504/IJNT.2021.118164
11. Sharifullin S.N. Simulation of the Process of Electric Spark Hardening of the Surfaces of

Machine Parts and Mechanisms /S.N. Sharifullin, M.M. Abzhaev, A.T. Bayniyazova //High Energy Chemistry, 2023, Vol. 57, Pp. 193-199.

12. Патент № 2736702 Российская Федерация, МПК G01N 3/56 (2006.01). Установка для сравнительных ресурсных испытаний на абразивный износ рабочих органов почвообрабатывающих машин с различной износостойкостью: № 2020117910: заявл. 01.06.2020: 19.11.2020 /С.Н. Шарифуллин, А.Т. Байниязова, М.М. Абжаев; заявитель КФУ. 9 с.

## REFERENCES

1. Zatsarinin AA. Increasing the resource of trapezoid ploughshares of general purpose ploughs [dissertation]. [Moscow (RF)]: 2006.
2. Reznik NE. The theory of blade cutting and the basics of calculating cutting devices. Moscow: Mashinostroenie; 1975.
3. Lyakhov AP. Substantiation of the constructive and technological parameters of the working bodies of a row cultivator [abstract of dissertation]. [Stavropol (RF)]; Stavropol State Agrarian University; 2009.
4. Magomedov RA. Increasing the resource of plowshares by forming a wear-resistant coating based on cast iron [dissertation]. [Zernograd (RF)]: 2013.
5. Mamedova MD. Diesel operation on liquefied gas. Moscow: Mashinostroenie; 1980.
6. Tkachev VN. Wear and increase in durability of soil tiller elements. Moscow: Mashinostroenie; 1984.
7. Sharifullin SN, Adigamov NR, Kudryashova EYu, Romanov IV, Bainiyazova AT, Abzhaev MM. Metallographic studies of samples made of 65G steel subjected to complex treatment by electro-spark and vibration arc discharges using cermet powders. Journal of Agriculture and Environment. 2019;4(12):1-13.
8. Bayniyazova AT, Abzhaev MM, Kudryashova EYu, Fayzrakhmanov IA, Sharifullin SN. Vibroplasma hardening of working elements of agricul-

tural machines. Machinery Technical Service. 2020;1(138):132-142. DOI: 10.22314/2618-8287-2020-58-1-132-142.

9. Bayniyazova AT, Abzhaev MM, Sharifullin SN. Hardening of the working bodies of agricultural machines by electric spark and vibratory arc processing. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 915: 2020. doi:10.1088/1757-899X/915/1/012006.
10. Sharifullin SN, Denisov VA, Zadorozhny RN, Zuevskiy VA, Abzhaev MM, Bayniyazova AT. Nanostructuring of the surface layer of the working bodies of agricultural machines with alloyed elements by the method of vibroplasma treatment. International Journal of Nanotechnology (IJNT). 2021;18(9/10):903-914. DOI: 10.1504/IJNT.2021.118164
11. Sharifullin SN, Abzhaev MM, Bayniyazova AT. Simulation of the process of electric spark hardening of the surfaces of machine parts and mechanisms. High Energy Chemistry. 2023;57:193-199.
12. Sharifullin SN, Bayniyazova AT, Abzhaev MM. RF patent for innovation No. 2736702 МПК G01N 3/56 (2006.01). Installation for comparative resource tests of abrasive wear of soil tiller elements with different wear resistance. 2020 Nov 19.

## Информация об авторе:

**Абжаев Марат Маликович** – старший преподаватель Кызылординского университета имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан, тел. +79600529040, +77757968970.

**Abzhaev Marat Malikovich** – Senior Lecturer at Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan, phone: +79600529040, +77757968970.

**Статья опубликована в режиме Open Access.  
Article published in Open Access mode.**

**Статья поступила в редакцию 08.04.2024; одобрена после рецензирования 12.04.2024; принята к публикации 26.04.2024. Рецензент – Шалыгин М.Г., доктор технических наук, доцент Брянского государственного технического университета, член редсовета журнала «Транспортное машиностроение».**

**The article was submitted to the editorial office on 08.04.2024; approved after review on 12.04.2024; accepted for publication on 26.04.2024. The reviewer is Shaligin M.G., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of Technical Sciences, Associate Professor of Bryansk State Technical University, member of the Editorial Council of the journal *Transport Engineering*.**