ISSN (Print) 2616-7263
ISSN (Online) 2663-1261

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

# ХАБАРШЫСЫ

# BULLETIN

of L.N. Gumilyov
Eurasian National University

# ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

**ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР сериясы**

**TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGY Series**

**Серия ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ**

**3 (148)/ 2024**

**1995 жылдан бастап шығады**
**Founded in 1995**
**Издается с 1995 года**

**Жылына 4 рет шығады**
**Published 4 times a year**
**Выходит 4 раза в год**

Астана, 2024
Astana, 2024

**Бас редакторы: Тогизбаева Б.Б.**
т.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан

*Бас редактордың орынбасары* **Жусупбеков А.Ж.,** *т.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан*

*Жауапты редактор* **Закирова А.Б.,** *п.ғ.к. (комп. ғылымдар), доцент, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан*

**Редакция алқасы**

| | |
|---|---|
| **Левенте Ковач** | проф., Обуда университеті, Будапешт, Венгрия |
| **Андраш Молнар** | проф., Обуда университеті, Будапешт, Венгрия |
| **Акира Хасегава** | проф., Хачинохе технологиялық институты, Хачинохе, Жапония |
| **Акитоши Мочизуки** | проф., Токусима Университеті, Токусума, Жапония |
| **Базарбаев Д.О.** | PhD, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан |
| **Дер Вэн Чанг** | проф., Тамкан Университеті, Тайбэй, Тайвань |
| **Жумагулов М.Г.** | PhD, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан |
| **Йошинори Ивасаки** | проф., Геологиялық зерттеулер институты, Осака, Жапония |
| **Калякин В.Н.** | проф., Делавэр Университеті, Ньюарк, АҚШ |
| **Сахапов Р.Л.** | проф., Қазан мемлекеттік сәулет-құрылыс университеті, Қазан, Ресей |
| **Тадатсугу Танака** | проф., Токио Университеті, Токио, Жапония |
| **Тулебекова А.С.** | PhD, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан |
| **Хое Линг** | проф., Колумбия Университеті, Нью-Йорк, АҚШ |
| **Утепов Е.Б.** | PhD, профессор, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан |
| **Чекаева Р.У.** | а.к., проф., Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан |
| **Шахмов Ж.А.** | PhD, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан |
| **Юн Чул Шин** | проф., Инчеон ұттық университеті, Инчеон, Оңтүстік Корея |

**Редакцияның мекен жайы:** 010008, Қазақстан, Астана қ., Сәтбаев к-сі, 2,
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 402 б.
**Тел.:** +7 (7172) 709-500, (ішкі: 31-315). **E-mail:** vest_techsci@enu.kz

**Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы**
**ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР сериясы**
Меншіктенуші: КеАҚ "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті"
Мерзімділігі: жылына 4 рет
Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігімен тіркелген
19.04.2021 ж. № KZ31VPY00034682 қайта есепке қою туралы куәлігі
Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Қажымұқан к-сі 13/1
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
Тел: +7 (7172)709-500 (ішкі 31-315). Сайт: http://bultech.enu.kz

© Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

**Главный редактор: Тогизбаева Б.Б.**
д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

| | |
|---|---|
| *Зам. главного редактора* | **Жусупбеков А.Ж.,** *д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан* |
| *Ответственный редактор* | **Закирова А.Б.,** *к.п.н. (комп. науки), доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан* |

**Редакционная коллегия**

| | |
|---|---|
| **Левенте Ковач** | проф., университет Обуда, Будапешт, Венгрия |
| **Андраш Молнар** | проф., университет Обуда, Будапешт, Венгрия |
| **Акира Хасегава** | проф., Технологический институт Хачинохе, Хачинохе, Япония |
| **Акитоши Мочизуки** | проф., Университет Токусима, Токусима, Япония |
| **Базарбаев Д.О.** | PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан |
| **Дер Вэн Чанг** | проф., Тамканский Университет, Тайбэй, Тайвань |
| **Жумагулов М.Г.** | PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан |
| **Йошинори Ивасаки** | проф., Институт геологических исследований, Осака, Япония |
| **Калякин В.Н.** | проф., Делавэрский Университет, Ньюарк, США |
| **Сахапов Р.Л.** | проф., Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань, Россия |
| **Тадатсугу Танака** | проф., Токийский Университет, Токио, Япония |
| **Тулебекова А.С.** | PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан |
| **Хое Линг** | проф., Колумбийский университет, Нью-Йорк, США |
| **Утепов Е.Б.** | PhD, профессор, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан |
| **Чекаева Р.У.** | к.а., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан |
| **Шахмов Ж.А.** | PhD, доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан |
| **Юн Чул Шин** | проф., Инчхонский национальный университет, Инчхон, Южная Корея |

**Адрес редакции:** 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2,
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, каб. 402
**Тел.:** +7(7172) 709-500, (вн. 31-315). **E-mail:** vest_techsci@enu.kz

**Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева**
**Серия ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ**
Собственник: НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева» Периодичность: 4 раза в год
Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан Свидетельство о постановке на переучет № KZ31VPY00034682 от 19.04.2021 г.
Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Кажымукана, 13/1,
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева
Тел.: +7(7172)709-500 (вн.31-315). Сайт: http://bultech.enu.kz

© Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

**А.К. Каукаров, Г.Б. Бакыт, Б.У. Жаманбаев, Г.К.Саменов, А.Б.Забиева, Н.С. Сауханов**
*Іштен жану қозғалтқыштарының поршеньдік тығыздағыш жұмысының тозуға төзімділігі мен тиімділігін арттыру*.....
**A.K. Kaukarov, G.B. Bakyt, B.U. Zhamanbayev, G.K.Samenov, B.U. Zabiyeva, N.S. Saukhanov**
*Improvement of wear resistance and efficiency of piston internal combustion engine*.....
**А.К. Каукаров, Г.Б. Бакыт, Б.У. Жаманбаев, Г.К.Саменов, А.Б.Забиева, Н.С. Сауханов**
*Повышение износостойкости и эффективности работы поршневого уплотнения двигателей внутреннего сгорания*..... 253

**Н.С.Камзанов, Р.А.Козбагаров, Ахметова Ш.Д., Жунисбеков Б.Д., Т.С.Бекетов**
*Айналы жол төсемдерін жөндеуге арналған автоматтандырылған жол кескіші* .....
**N.S. Kamzanov, R.A. Kozbagarov, Sh D. Akhmetova, B.D.Zhunisbekov, T.S.Beketov**
*Automated road milling cutter for the repair of road surfaces with variable trackage*.....
**Н.С.Камзанов, Р.А.Козбагаров, Ахметова Ш.Д., Жунисбеков Б.Д., Т.С.Бекетов**
*Автоматизированная дорожная фреза для ремонта дорожных покрытий с переменной колейностью* ..... 265

*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің ХАБАРШЫСЫ.*
*ISSN: 2616-7263. eISSN: 2663-1261*
**ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР СЕРИЯСЫ / TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGY SERIES/ СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ**

МРНТИ 73.41.39
Научная статья

*DOI: https://doi.org/10.32523/2616-7263-2024-148-3-265-278*

# Автоматизированная дорожная фреза для ремонта дорожных покрытий с переменной колейностью

**Н.С.Камзанов*[1], Р.А.Козбагаров[2], Ахметова Ш.Д.[1], Жунисбеков Б.Д.[1], Т.С.Бекетов[1]**

*[1] Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, г. Алматы, Республика Казахстан,*
*[2] ALT университет имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Республика Казах-стан*

*(E-mail:* n.kamzanov@satbayev.university)*

**Аннотация.** Колееобразование на автомобильных дорогах Республики Казахстан выступает одной из главных причин, вызывающих рост вероят-ности дорожно-транспортных происшествий. Выпоры колеи нередко до-стигают значительных размеров, угнетая водителей своей высотой и ши-риной. Развитие автоматизированных дорожных фрез открыло новые го-ризонты в борьбе с этой проблемой, позволяя эффективно производить операции фрезерования в рамках мер по обеспечению безопасности до-рожного движения.

За прошедший 30-летний период модифицировалась техника и предлага-ется использовать уже новую технику. Это автогрейдеры с автоматизиро-ванной системой «Профиль», самоходные катки с широкой возможностью по скоростному режиму и вибрации, мощные отечественные и импортные фрезы, ресайклеры, автоматизированные современные асфальтоукладчи-ки, перегружатели асфальтобетонной смеси и т. д.

Разработана методика экспериментальных исследований и создан стенд с метрологическим оборудованием, которые позволяют моделировать слож-ный процесс фрезерования образцов асфальтобетона по силовому и коор-динатному замыканию. В результате исследований получены уравнения ре-грессии, описывающие параметры фрезерования образцов асфальтобетона.

Установлено, что при переходе от силового (упругого) замыкания технологической системы к жесткому (координатному) уменьшаются погрешности фрезерования до 15 %, а их разброс – до 30 %.

**Ключевые слова:** фреза дорожная, покрытие асфальтобетонное, ямочный ремонт, режущий элемент, автомобильная дорога, рабочий орган, колея.

**Поступила 16.09.2024. Доработана 17.09.2024. Одобрена 17.09.2024. Доступна онлайн 30.09.2024**

**[1]*автор по корреспонденции**

**Введение**

В Республике Казахстан был принят Закон «О техническом регулиро-вании», в котором установлено, что техническое регулирование осуществ-ляется в соответствии с принципами: применения единых правил установ-ления требований к продукции, к процессам производства, эксплуатации; единства правил и методов исследований (испытаний) и измерений при проведении процедур обязательной оценки соответствия. По данному За-кону в наступивших условиях рынка требования к параметрам работ в ос-новном должны регламентироваться в договорах, обязательные требова-ния – в национальных стандартах.

Актуальность совершенствования конструктивных и технологиче-ских параметров таких дорожных фрез не подлежит сомнению. Необходи-мо в кратчайшие сроки пересмотреть требования и допуски с учетом но-вейших технологий и оборудования, а также адаптировать их к Закону о техническом регулировании на основе основательных опытных исследова-ний и анализа данных.

Преобразование в управлении фрезой от кинематического замыка-ния по силе к замыканию по координате позволит значительно уменьшить средние отклонения и вариации, что подтвердили проведенные экспери-менты. Эффективность жесткого замыкания фрезерования была продемон-стрирована, что создаст условия для более качественного строительства и ремонта дорог, обеспечивая их долговечность и безопасность.

Вместе с изменениями в требованиях к профилированию дорожных покрытий произошли и изменения в технических средствах для выполне-ния этих задач, особенно касающиеся автоматизированных дорожных фрез. В этой связи оптимизация конструктивных и технологических харак-теристик этих машин, используемых для исправления выпоров колеи, ста-новится важной задачей, требующей решения.

На сегодняшний день для ремонта колей на дорожных покрытиях стали использовать временную технологию фрезерования выпоров. При-менение этой техники позволяет добиться необходимого коэффициента сцепления и создать ровную поверхность. Решается задача точного фрезе-рования выпоров и боковых бугров, расположенных рядом с колеей. Тех-нология фрезерования непосредственно колеи остается без изменений.

Обычно колея заполняется смесью для ямочного ремонта (катионная эмульсия с мелким щебнем, размер фракции 5-10 мм) либо фрезеруется на заданную глубину без требования точности и заполняется асфальтобетон-ной смесью с последующим уплотнением. Точное фрезерование необходи-мо для обеспечения ровности и обеспечения безопасности дорожного дви-жения. Погрешность фрезерования не должна превышать 1-3 мм/м.

В процессе фрезерования изменяется взаимное положение оси враще-ния фрезы относительно шасси дорожной фрезы и соответственно дорож-ного покрытия, осуществляется вертикальное корректирующее перемеще-ние. Расстояние от линии резания до оси вращения фрезы будем называть уровнем размерной настройки, т.е. в

процессе фрезерования осуществля-ются корректирующие переменные перемещения для вертикального поло-жения фрезы.

Линия резания лежит на уровне исходной поверхности дорожного по-крытия вне колеи [1] для того, чтобы не было риска возникновения до-рожно-транспортных происшествий (ДТП) и для соответствия техническим требованиям проекта на ремонт колейности. Наплыв представляет собой массу асфальтобетонной смеси, выдавленной из места колеи вправо или влево с разными размерно-механическими характеристиками (высота, ши-рина, плотность, форма, прочность, наличие трещин, выкрашиваний, по-ристость). Будем считать, что переднее и заднее колеса фрезы едут по ров-ному участку дороги вне колеи. В новых СДМ применяется компьютерное управление с приводами и рабочими органами. Кроме этого, можно сде-лать дополнительные контуры управления, независимо от основного ком-пьютера, на базе микроконтроллера или промышленного компьютера. Управление приводом вертикальных перемещений будет осуществляться путем сложения сигналов, поступающих от основного компьютера и от контура компенсации отклонении размеров фрезерования. Фрезу обычно с конструкцией типа Виртген (ФРГ) [6] рекомендуется использовать в сво-бодно-компоновочные зубья фрезы в корпусе крепления для уменьшения диффузионного износа. Свободно вращающийся режущий элемент посто-янно сдвигается нагретой точкой контактирования в бок, вне зоны контак-тирования участок фрезы успевает остыть. Поэтому не происходит моле-кулярного диффузионного обмена, а обычный механический износ для жесткозакрепленных инструментов значителен.

Используется бесконтактный лазерный датчик, длина базы 250 мм, с по-грешностью 0.5 мм типа БОШ, который представляет собой корпус с оп-тическим глазком приемо-передающий системы, также имеется микропро-цессор и выход на компьютерную технику. В системе управления задается установка для сигнала, получаемого с датчика, разница с которой этого сигнала дает отклонения размеров фрезерования. Для управления обрат-ной связью применяется корректировка переменных, которая позволяет изменять уровень размерной настройки фрезы. На самом деле предлагает-ся перейти от кинематического замыкания, основанного на силе, к кинема-тическому замыканию по координатам (то есть перемещениям или измене-ниям перемещений фрезы), поскольку это даст возможность в полной мере использовать потенциал системы числового программного управления дорожной фрезы.

Такой подход способствует снижению не только текущего среднего откло-нения в процессе фрезерования, но и уменьшению разброса (среднеквад-ратического отклонения, который является корнем из дисперсии).

Решается задача обеспечения только ровности, задача обеспечения коэффициента сцепления не ставится и не обсуждается.

Для традиционных конструкций строительно-дорожных машин (СДМ) характерен отбор мощности от главного двигателя или применения дополнительного двигателя. В ручном управлении обратную связь реали-зуют через приспособление машиниста к изменяющимся условиям среды. Ранее фактически использовалось кинематическое замыкание по силе (по отбору мощности гидро, пневмодавления или по отбору

мощности через вращательные элементы). Фактически этот способ управления СДМ позво-лял лишь воспроизвести или уменьшить исходное отклонение обрабатыва-емой поверхности дорожного покрытия при фрезеровании. Если размеры припуска и его плотность наплыва становились больше, то фреза испыты-вала дополнительные вертикальные нагрузки и дополнительно отклоня-лась вверх от линии резания, из-за чего образовывались отклонения раз-меров сфрезерованной поверхности дорожного покрытия, которые приво-дят к увеличению риска возникновения ДТП. Изменения размера этих наплывов могут быть 1-17 см и отличаться на участке ремонта дороги на 5-10 раз. Соответственно, в разы меняется дополнительно вертикальная составляющая сила резания, вызванная изменением размерных механиче-ских параметров наплыва. Поэтому возникает задача компенсации нежела-тельных дополнительных вертикальных перемещений фрезы и управления уровня настройки фрезы в реальном времени.

Используется задание цифровой модели поверхности дорожного по-крытия. Как исходная информация для определения уровня размерности настройки фрезы, существующие компоновки фрез предполагают работу режущих элементов фрезы в системе координат фрезы, если взаимодей-ствие происходит через фрезу и колеса или, что более прогрессивно, через фрезу и ролики, катящиеся по дорожному покрытию вне колеи. Фактиче-ски второй способ позволяет фрезеровать в системе координат дорожного покрытия и без упругих элементов в виде колес. От СДМ идет только от-бор мощности. Но это не позволяет компенсировать износ режущих эле-ментов фрезы, ошибки в наладке, температурные деформации. Поэтому сканирующие системы определяют цифровую модель дорожного покры-тия вне колеи и производят расчет траектории линий резания. Относитель-но этой виртуальной линии производятся автоматические или виртуальные наладки вылетов инструментов так, чтобы вершины инструментов лежали на этой расчетной линии. Наладка может быть произведена вручную.

Раньше управление проводилось по мгновенной высоте – среднему значению отклонения фрезерных размеров, а сейчас мы к дополнительно к этому занимаемся уменьшением разброса отклонений фрезерованной по-верхности. Впервые применяется точностное управление фрезерования конкретных элементов автомобильной дороги – устранение наплывов сбо-ку от колеи, использован принцип управления дорожной фрезой по об-ратной связи.

При задании закона управления в системе числового программного управления СДМ необходимо задать или определить в реальном времени исходную информацию по среде.

Для автоматизированных дорожных фрез широко применяются неме-ханические кинематические связи [4]. Например, по проводам или радио-сигналам. Раньше использовались зубчатые передачи. Как правило, новые виды приводов могут работать с различными видами кинематических за-мыканий. Например, по скорости, по приращению перемещений, по мо-менту, по мощности (реализуемой электроэнергии). В работе в качестве основного выбрано управление по приращению перемещений. В немеха-нических кинематических связях важен принцип управления. Управление рассматривается по обратной связи и по возмущениям. Выбрано управле-ние по обратной связи, которое заключается в измерении выходного па-раметра, определении

отклонения фрезерования, умножения на коэффици-ент подналадки и реализации этого корректирующего переменного при-ращения через привод вертикального перемещения (корректирующего переменного приращения перемещения) фрезы.

Проведены сравнительные имитационные испытания резания ас-фальтобетонных образцов при упругом и координатном замыкании. При их постановке, реализации и обработке результатов использованы хорошо отработанные и современные методы экспериментальных исследований [2]. Конкретно методика экспериментальных исследований была разрабо-тана профессором А.В. Кочетковым [5].

**Методология**

Экспериментальный стенд реализован на базе вертикально-фрезерного станка в лаборатории металлорежущих станков СГТУ. Путем его переналадки ось вращения режущего инструмента была установлена в горизонтальном положении. В качестве модели фрезерного барабана были выбраны типовые дисковые фрезы диаметром 110 и 230 мм (металлоре-жущий инструмент). Фотографии разработанного стенда представлены на следующих рисунках 1 и 2.

Рисунок 1. Процесс замера деформаций образца асфальтобетонного покрытия с помощью магнитной измерительной головки

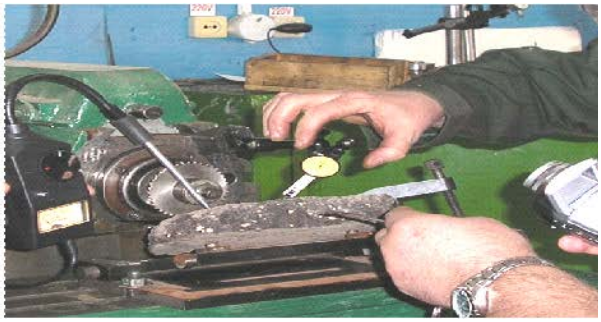


Рисунок 2. Измерение виброакустических колебаний в процессе резания с помощью виброизме-рительной системы (США)

На первом рисунке проиллюстрирован процесс измерения деформаций образца асфальтобетонного покрытия с использованием универсальной магнитной измери-тельной головки. Второй рисунок демонстрирует анализ виброакустических коле-баний во время резания, проводимого с помощью виброизмерительной системы, произведенной в США. В ходе исследования было проведено две серии экспериментов с эластичным и жестким соединением. В первом эксперименте между магнитным зажимом и фрезерным столом располагался резиновый лист толщиной 5 мм. Во втором эксперименте магнитное зажимное устройство крепилось непо-средственно к столу фрезерного станка без промежуточных деталей. Для эксперимента были выбраны дисковая фреза и образец асфальтобетона с неровной текстурой.

Пример, в реальный момент времени отклонение размера фрезерова-ния составляло 10 мм, умножаем его на коэффициент подналадки, равный - 0,5, получаем 5 мм - величину

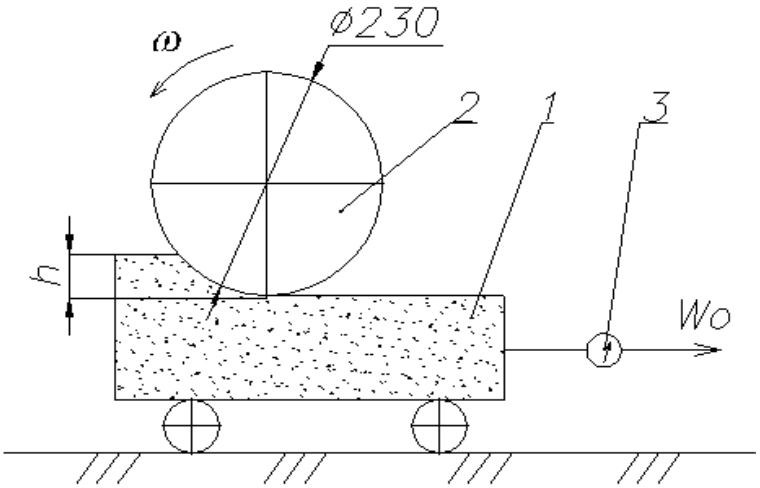
переменного корректирующего приращения и добавляем его к существующему уровню размерной настройки фрезы.

Этим самым компенсируются случайные изменения размерных механических параметров наплыва колеи, также компенсируются изменения давления в пневмошинах, компенсируются износ режущих элементов, тепловые температурные деформации рабочего органа и самой СДМ, компенсируются изменения массовых характеристик фрезы. Фактически компенсируется детерменированная (линейная) и периодическая (коррелирующая) составляющая последовательность отклонения фрезерования. Случайной составляющей управлять нельзя [6].

**Результаты и Обсуждение**

Проведены сравнительные имитационные испытания резания асфаль-тобетонных образцов при упругом и координатном замыкании.

Разработаны методика исследования основных параметров фрезеро-вания. Исследования были направлены на определение зависимости между глубиной фрезерования (h) и скоростью подачи диска (V) на сопротивле-ние подачи (Wo). Эксперименты были проведены на специально изготовленном стенде (рисунок 3).




1 – тележка с образцом асфальтобетона, 2 – алмазный диск, 3 – динамометр
Рисунок 3. Схема экспериментального стенда для определения основных параметров фрезерования

В качестве константы в экспериментах была взята частота вращения диска, которая обеспечивала линейную скорость резания до 50 м/с. При этом скорость подачи алмазного диска изменялась от 1,8 м/мин до 3 м/мин, а глубина фрезерования h – от 10 до 60 мм. Эксперименты выполнялись с трехкратной повторностью в соответствии с разработанным планом факторного эксперимента, представленном в таблице 1 с результатами опытов.

Таблица 1. План и результаты экспериментов

| № | План в натуральных переменных | | Усилие подачи Wo, (кН) | Остаточные деформации | |
|---|---|---|---|---|---|
| | h, мм | V, м/с | | жесткое закрепление | закрепление через упругий элемент |
| 1 | 10 | 0,03 | 3,8 | 1,8 | 1,6 |
| 2 | 60 | 0,03 | 20,6 | 2,8 | 2,4 |
| 3 | 10 | 0,05 | 4,2 | 2,0 | 1,7 |
| 4 | 60 | 0,05 | 22,7 | 2,1 | 1,5 |
| 5 | 7,68 | 0,04 | 2,6 | 1,7 | 2,4 |
| 6 | 77,68 | 0,04 | 26,2 | 2,8 | 4,6 |
| 7 | 35 | 0,023 | 11,2 | 2,1 | 3,0 |
| 8 | 35 | 0,047 | 13,1 | 2,2 | 3,1 |
| 9 | 35 | 0,04 | 11,7 | 2,6 | 3,1 |
| 10-13 | 35 | 0,04 | 12,0 | 2,7 | 3,3 |

Научным результатом является регистрация факта увеличения разброса остаточных деформаций резания (погрешностей) в сравнении жесткого и упругого силовых замыканий.

После обработки результатов эксперимента были получены математические зависимости (усилия подачи *Wo* от глубины фрезерования h и скорости подачи V)

$$Wo = 0,35h + 0,1hV. \quad (1)$$

На основе зависимости (1) было определено среднее значение сопро-тивления фрезерования *qo* как

$$qo=W0/hB, \quad (2)$$

где *B* – ширина фрезерования.

Значения qo составляет 60-80 кПа и может использоваться для опреде-ления мощности привода *N*

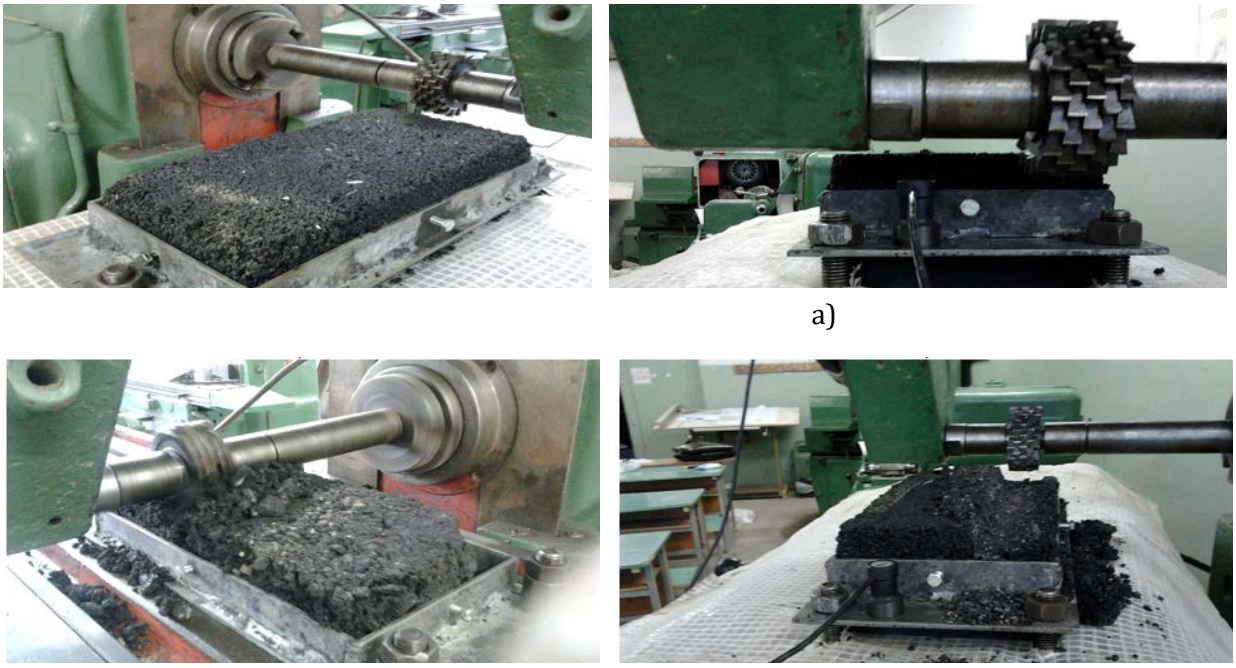
$$N = 0,5qo\ hBDw, \quad (3)$$

где D – диаметр диска, w - угловая скорость вращения диска.

Экспериментальный стенд выполнен на базе горизонтального фрезер-ного станка 6М82Г. При этом ставилась задача воспроизвести процесс взаимодействия фрезерного инструмента и асфальтобетона, наиболее близко к реальному [7].

В качестве модели барабана дорожной фрезы была выбрана сборная фреза, соотношением диаметра и ширины аналогичная рабочим органам существующих машин.

Фреза собиралась из типового металлорежущего инструмента, с учётом особенностей обработки асфальтобетона, были выбраны диски с большим зубом для воспроизведения эффекта выкрашивания (выламывания), а не резания образца.



а)

в) г)

Рисунок 4. Эксперимент по имитационному фрезерованию асфальтобетонных образцов

Были проведены две серии экспериментов с использованием упругого и жесткого замыкания. Фрезерование осуществлялось в направлении, противоположном подаче на обрабатываемую поверхность. Рассматривались два режима:

– первый режим включал использование упругого элемента (резиновое основание толщиной 20 мм) (рисунок 4 а, б), который имитировал фрезерование при силовом замыкании. Образец фиксировался на специ-ально спроектированном экспери-ментальном столе, установленном на ос-новании через упругий элемент. В этом случае отмечался более высокий разброс значений параметров фрезерования и увеличенная средняя высота профиля отфрезерованной поверхности;

– второй режим заключался в жестком закреплении образца с асфальтобетоном (рисунок 4 в, г), что имитировало координатное замыкание. При этом наблюдалось снижение разброса отклонений размеров фрезерования примерно в 2 раза.

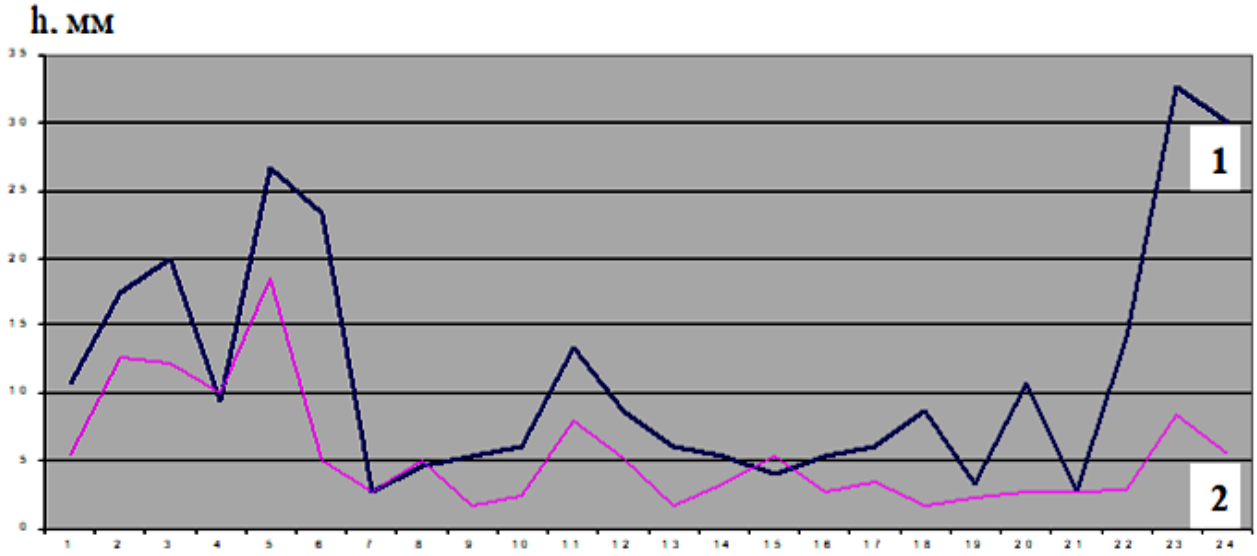
Эти результаты подтверждают эффективность перехода от силового замыкания к координатному замыканию или управлению по перемещению.

Фотографии части экспериментов представлены на рисунке 4.

Вне плана эксперимента было проведено фрезерование асфальтобетонного образца по силовому замыканию с использованием в качестве упругих элементов пружин

переменной жёсткости, имитирующих различную жёсткость системы ФИП. Наблюдение показало, что влияние жёсткости системы ФИП на отклонение профиля фрезерования не линейно и нарастает лавинообразно с уменьшением жёсткости системы (повышением её упругости).

Возможно использование разработанных алгоритмов адаптивных знаковых и пропорциональных подналадок. В результате моделирования по исходной выборке было получено уменьшение среднего значения от фрезерованной поверхности выпоров на 20 % при использовании знаковых пульсирующих подналадок переменным импульсом. Сравнение результатов фрезерования асфальтового покрытия дорожными фрезерами для гибкого (силового) и постоянного (координатного) короткого замыкания (рис.5).




1 – упругое замыкание, 2 – жесткое замыкание

Рисунок 5. Сравнение результатов фрезерования дорожного покрытия с применением дорожных фрез.

Разработана схема технологического фрезерования выпоров колеи дорожного полотна, подтверждена эффективность жесткого координатного замыкания схемы технологического фрезерования по сравнению с упругим (силовым) методом.

Результаты проведенных работ позволяют обеспечить необходимые транспортно-эксплуатационные характеристики, безопасность дорожного движения и сохранность дорожного полотна за счет более эффективной работы, связанной со строительством, ремонтом и обслуживанием автомо-бильных дорог.

## Заключение

На основе системного анализа существующих автоматических до-рожных фрез был выявлен основной фактор, определяющий взаимное расположение рабочего органа

машины и дорожного покрытия в процессе фрезерования поверхностей с переменной высотой, который снижает плос-костность профильной поверхности покрытия.

Предложена концепция дорожной фрезы как автоматизированного дорожного транспортно-технологического манипулятора, осуществляю-щего коррекцию уровня размерной настройки вертикальными перемеще-ниями рабочего органа, на основании которой разработана новая конструкция автоматизированной дорожной фрезы для ремонта дорожных покрытий с переменной колейностью с возможностью регулирования рабочего органа по высоте.

**Вклад авторов:**

**Н.С Камзанов** – концепция, методология, корректировка, получение финансирования.

**Р.А.Козбагаров –** разработка программы, проведение эксперимента, сбор и обработка данных.

**Ш.Ахметова –** моделирование, интерпретация, обработка результа-тов.

**Б.Д.Жунисбеков, Т.С.Бекетов –** визуализация, анализ, получение финансирования.

**Список литературы**

1. R.A. Kozbagarov, K.A. Zhussupov, E.B. Kaliyev, M.N. Yessengaliyev, A.V. Kochetkov, N.C. Kamzanov. Development of control suspension of attachment of a bulldozer. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. Volume 4, Number 442 (2020), P. 166-174, https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.97

2. M.S.Kulgildinov, R.A. Kozbagarov, A.U. Dauletkulova, N.S.Kamzanov. Improvement of parameters of road mills for repair works on elimination of ruts on road surfaces. №11/2019 The Scientific Journal of the Modern Education & Research Institute. The Kingdom of Belgium, 2019, P. 31-36.

3. R.A. Kozbagarov, M.V. Taran, K.A Zhussupov, A.E. Kanazhanov, N.S. Kamzanov, A.V. Kochetkov. Increasing the efficiency of motor graders work on the basis of working elements perfection. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. Volume 1, Number 445 (2021), 98 – 105, https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.14

4. R.A. Kozbagarov, N.S. Kamzanov, Sh.D. Akhmetova, K.A. Zhussupov, Zh. Kh. Dainova. Improving the methods of milling gauge on highways. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. Volume 3, Number 447 (2021), 87-93, https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.14

5. Кульгильдинов М.С., Камзанов Н.С., Бегимкулова Э.А. Аналитический обзор методов фрезерования колеи дорожного покрытия и ее выпоров// Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева (специальный выпуск). Том 1. Алматы, 2020. С.77-82.

6. Кульгильдинов М.С., Камзанов Н.С., Бегимкулова Э.А. Пути совершенствования технологии и алгоритмов автоматического управления фрезерованием колеи. Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева (специальный выпуск). Том 1. Алматы, 2020 г. С. 207-214.

7. Кульгильдинов М.С., Кочетков А.В., Камзанов Н.С., Бегимкулова Э.А. Жол фрезасының жұмыс органының координаттық тұйықталуы кезін-де фрезерлеу процесін эксперименттік зерттеу: материалы XLIV междуна-родной научно-практической конференции «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика», КазАТК, Алматы, 17.04.2020 г. С. 100-103.

**Н.С.Камзанов*[1], Р.А.Козбагаров[2], Ахметова Ш.Д.[1], Жунисбеков Б.Д.[1], Т.С.Бекетов[1]**

*[1]Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы*

*[2]ALT M. Тынышпаев атындағы университет, Алматы қ., Қазақстан Республикасы*

**Айналы жол төсемдерін жөндеуге арналған автоматтандырылған жол кескіші**

**Аңдатпа.** Қазақстан Республикасының автомобиль жолдарында жол түзілуі жол-көлік оқиғалары ықтималдығының өсуіне себеп болатын басты себептердің бірі болып табылады. Калибрлердің шығуы көбінесе айтарлықтай мөлшерге жетеді, жүргізушілерді биіктігі мен еніне қысым жасайды. Автоматтандырылған жол фрезерлерін дамыту жол қозғалысы қауіпсіздігін қамтамасыз ету шаралары шеңберінде фрезерлеу операцияларын тиімді жүргізуге мүмкіндік бере отырып, осы проблемамен күресте жаңа көкжиектер ашты.

Өткен 30 жыл ішінде техника өзгертілді және жаңа техниканы қолдану ұсынылады. Бұл автоматтандырылған "Профиль" жүйесі бар автогрейдерлер, жылдамдық режимі мен діріл бойынша кең мүмкіндігі бар өздігінен жүретін роликтер, қуатты отандық және импорттық фрезерлер, ресайклерлер, автоматтандырылған заманауи асфальт төсегіштер, асфальтбетон қоспасын шамадан тыс жүктегіштер және т. б.

Эксперименттік зерттеулер әдістемесі әзірленді және асфальтбетон үлгілерін күш пен координаталық тұйықталу бойынша фрезерлеудің күрделі процесін модельдеуге мүмкіндік беретін метрологиялық жабдығы бар стенд құрылды. Зерттеулер нәтижесінде асфальтбетон үлгілерін фрезерлеу параметрлерін сипаттайтын регрессия теңдеулері алынды.

Технологиялық жүйенің күштік (серпімді) тұйықталуынан қатты (координаталық) тұйықталуға ауысқан кезде фрезерлеу қателіктері 15%-ға дейін, ал олардың таралуы 30%-ға дейін азаятыны анықталды.

**Түйін сөздер:** жол фрезасы, асфальтбетон жабыны, шұңқырды жөндеу, кескіш элемент, автомобиль жолы, жұмыс органы, табан.

**N.S. Kamzanov*[1], R.A. Kozbagarov[2], Sh D. Akhmetova[1], B.D.Zhunisbekov[1], T.S.Beketov[1]**
*[1]Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty, Republic of Kazakhstan*
*[2]ALT M. Tynyshpayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan*

**Automated road milling cutter for the repair of road surfaces with variable trackage**

**Abstarct.** Road formation on the roads of the Republic of Kazakhstan is one of the main reasons for the increase in the likelihood of road accidents. The output of calipers often reaches a significant size, putting drivers under pressure in height and width. The development of automated road milling machines has opened up new horizons in the fight against this problem, making it possible to effectively carry out milling operations within the framework of measures to ensure road safety.

Over the past 30 years, the technique has been modified and the use of new techniques is proposed. These are motor graders with an automated "profile" system, self-propelled rollers with a wide range of speed modes and vibration, powerful domestic and imported milling machines, resiclers, automated modern asphalt pavers, asphalt concrete mixture overloads, etc.

A methodology for experimental research has been developed and a stand with Metrological equipment has been created that allows you to simulate the complex process of milling asphalt concrete samples by force and coordinate circuit. As a result of the research, regression equations were obtained that characterize the parameters of milling asphalt concrete samples.

It was found that when switching from a power (elastic) Circuit of the technological system to a solid (coordinate) circuit, milling errors are reduced by up to 15%, and their distribution is reduced by up to 30%.

**Keywords:** road milling machine, asphalt concrete coating, pit repair, cutting element, Highway, working body, foot.

**References**

1. R.A. Kozbagarov, K.A. Zhussupov, E.B. Kaliyev, M.N. Yessengaliyev, A.V. Kochetkov, N.C. Kamzanov. Development of control suspension of attachment of a bulldozer. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. Volume 4, Number 442 (2020), P. 166-174, https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.97

2. M.S.Kulgildinov, R.A. Kozbagarov, A.U. Dauletkulova, N.S.Kamzanov. Improvement of parameters of road mills for repair works on elimination of ruts on road surfaces. №11/2019 The Scientific Journal of the Modern Education & Research Institute. The Kingdom of Belgium, 2019, P. 31-36.

3. R.A. Kozbagarov, M.V. Tagap, K.A Zhussupov, A.E. Kanazhanov, N.S. Kamzanov, A.V. Kochetkov. Increasing the efficiency of motor graders work on the basis of working elements perfection. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. Volume 1, Number 445 (2021), 98 – 105, https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.14

4. R.A. Kozbagarov, N.S. Kamzanov, Sh.D. Akhmetova, K.A. Zhussupov, Zh. Kh. Dainova. Improving the methods of milling gauge on highways. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. Volume 3, Number 447 (2021), 87-93, https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.14

5. Kulgildinov M. S., Kamzanov N. S., Begimkulova E. A. analytical review of the methods of milling of a column of road clearance and output. Vestnik Kazatk (Special Edition) Volume 1, the Kazakh Academy of transport and Communications named after M. Tynyshpayeva. Almaty, 2020 G. S. 77-82.

6. Kulgildinov M. S., Kamzanov N. S., Begimkulova E. A. put the improvement of technology and algorithms for automatic milling control in kolei. Vestnik Kazatk (Special Edition) Volume 1, the Kazakh Academy of transport and Communications named after M. Tynyshpayeva. Almaty, 2020 G. S. 207-214.

7. Kulgildinov M. S., Kochetkov A.V., Kamzanov N. S., Begimkulova E. A. experimental study of the milling process in the coordinate Circuit of the working body of a road milling machine. Materials of the XLIV international scientific and practical conference "innovative technologies in transport: education, science, practice", Kazatc, Almaty, 17.04.2020 G. S. 100-103.

**Сведения об авторах:**

***Камзанов Н.С.*** **–** автор по корреспонденции, PhD, руководитель ОП «Транспортная инженерия», ассоциированный профессор, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, ул. Сатпаева, 22, 050060, Алматы, Казахстан.

***Козбагаров Р.А.*** **–** ассоциированный профессор, ALT университет имени М. Тынышпаева, ул. Шевченко, 97, 050026, Алматы, Казахстан.

***Ахметова Ш.Д.*** **–** ассоциированный профессор, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, ул. Сат-паева, 22, 050060, Алматы, Казахстан.

***Жунисбеков Б.Д.*** **–** докторант, Казахский национальный исследователь-ский технический университет имени К.И. Сатпаева, ул. Сатпаева, 22, 050060, Алматы, Казахстан.

***Бекетов Т.С.*** **–** докторант, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, ул. Сатпаева, 22, 050060, Алматы, Казахстан.

***Kamzanov N.S.*** **–** corresponding author, PhD, Head of OP "Transport Engi-neering", Associate Professor, K.I. Satpayev Kazakh National Research Tech-nical University, 22 Satpayev str., 050060, Almaty, Kazakhstan

***Kozbagarov R.A.*** **–** associate Professor, M. Tynyshpaev ALT University, 97 Shevchenko str., 050026, Almaty, Kazakhstan

***Akhmetova, Sh.D.*** **–** associate Professor, K.I. Satpayev Kazakh National Re-search Technical University, 22 Satpayev str., 050060, Almaty, Kazakhstan

***Zhunisbekov B.D.*** **–** doctoral student, K.I. Satpayev Kazakh National Re-search Technical University, 22 Satpayev str., 050060, Almaty, Kazakhstan

***Beketov T.S.*** **–** doctoral student, K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, 22 Satpayev str., 050060, Almaty, Kazakhstan

***Камзанов Н.С.*** **–** хат-хабар авторы, PhD докторы, «Көліктік инженерия» ББ басшысы, қауымдастырылған профессор, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Сәтбаев көшесі 22, 050060, Алматы, Қазақстан

***Козбагаров Р.А.*** **–** қауымдастырылған профессор, М. Тынышбаев атындағы ALT университеті, Шевченко көшесі 97, 050026, Алматы, Қазақстан

***Ахметова Ш.Д.*** **–** қауымдастырылған профессор, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Сәтбаев көшесі 22, 050060, Алматы, Қазақстан

***Жунисбеков Б.Д.*** **–** докторант, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Сәтбаев көшесі 22, 050060, Алматы, Қазақстан

***Бекетов Т.С.*** **–** докторант, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Сәтбаев көшесі 22, 050060, Алматы, Қазақстан

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribu-tion (CC BY NC) license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Бас редакторы: Б.Б. Тогизбаева
Компьютерде беттеген: Д. Нурушева

Авторларға арналған нұсқаулықтар,
жарияланым этикасы журнал сайтында берілген: http://bultech.enu.kz

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.
Техникалық ғылымдар және технологиялар сериясы.
– 3 (148)/2024 – Астана: ЕҰУ. – 279 б. Шартты б.т. – 34,3. Таралымы – сұраныс бойынша.

Басуға қол қойылды: 29.09.2024 ж.
Ашық қолданыстағы электронды нұсқа: http://bultech.enu.kz

Мазмұнына типография жауап бермейді
Редакция мекен-жайы: 010008, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Сәтбаев көшесі, 2.
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
Тел.: +7(71-72) 70-95-00 (ішкі 31-315)

Л.Н. Гумилев атындағы
Еуразия ұлттық университетінің баспасында басылды.