



МРНТИ 73.41.39

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

Научная статья

Автоматизированная дорожная фреза для ремонта дорожных покрытий с переменной колеиностью

Н.С.Камзанов*¹, Р.А.Козбагаров², Ахметова Ш.Д.¹, Жунисбеков Б.Д.¹,
Т.С.Бекетов¹

¹ Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, г. Алматы, Республика Казахстан,

² АЛТУниверситет имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Республика Казахстан

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

Аннотация. Колееобразование на автомобильных дорогах Республики Казахстан выступает одной из главных причин, вызывающих рост вероятности дорожно-транспортных происшествий. Выпоры колеи нередко достигают значительных размеров, угнетая водителей своей высотой и шириной. Развитие автоматизированных дорожных фрез открыло новые горизонты в борьбе с этой проблемой, позволяя эффективно производить операции фрезерования в рамках мер по обеспечению безопасности дорожного движения.

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

Разработана методика экспериментальных исследований и создан стенд с метрологическим оборудованием, которые позволяют моделировать сложный процесс фрезерования образцов асфальтобетона по силовому и координатному замыканию. В результате исследований получены уравнения регрессии, 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 регулировании», в котором установлено, что техническое регулирование осуществляется в соответствии с принципами: применения единых правил установления требований к продукции, к процессам производства, эксплуатации; единства правил и методов исследований (испытаний) и измерений при проведении процедур обязательной оценки соответствия. По данному Закону в наступивших условиях рынка требования к параметрам работ в основном должны регламентироваться в договорах, обязательные требования – в национальных стандартах.

Актуальность совершенствования конструктивных и технологических параметров таких дорожных фрез не подлежит сомнению. Необходимо в кратчайшие сроки пересмотреть требования и допуски с учетом новейших технологий и оборудования, а также адаптировать их к Закону о техническом регулировании на основе основательных опытных исследований и анализа данных.

Преобразование в управлении фрезой от кинематического замыкания по силе к замыканию по координате позволит значительно уменьшить средние отклонения и вариации, что подтвердили проведенные эксперименты. Эффективность жесткого замыкания фрезерования была продемонстрирована, 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 выполнения этих задач, особенно касающиеся автоматизированных дорожных фрез. В этой связи оптимизация конструктивных и технологических характеристик этих машин, используемых для исправления выпоров колеи, становится важной задачей, требующей решения.

На сегодняшний день для ремонта колеи на дорожных покрытиях стали использовать временную технологию фрезерования выпоров. Применение этой техники позволяет добиться необходимого коэффициента сцепления и создать ровную поверхность. Решается задача точного фрезерования выпоров и боковых бугров, расположенных рядом с колеями. Технология 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 асфальтобетонной смесью с последующим уплотнением. Точное фрезерование необходимо для обеспечения ровности и обеспечения безопасности дорожного движения. Погрешность фрезерования не должна превышать 1-3 мм/м.

В процессе фрезерования изменяется взаимное положение оси вращения фрезы относительно шасси дорожной фрезы и соответственно дорожного покрытия, осуществляется вертикальное корректирующее перемещение. Расстояние от линии резания до оси вращения фрезы будем называть уровнем размерной настройки, т.е. в

процессе фрезерования осуществляются корректирующие переменные перемещения для вертикального положения фрезы.

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

Используется бесконтактный лазерный датчик, длина базы 250 мм, с погрешностью 0.5 мм типа БОШ, который представляет собой корпус с оптическим глазком приемопередающей системы, также имеется микропроцессор 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 обратной связью применяется корректировка переменных, которая позволяет изменять уровень размерной настройки фрезы. На самом деле предлагается перейти от кинематического замыкания, основанного на силе, к кинематическому замыканию по координатам (то есть перемещениям или изменениям 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 отклонения в процессе фрезерования, но и уменьшению разброса (среднеквадратического 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 реализуют 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 позволял лишь воспроизвести или уменьшить исходное отклонение обрабатываемой поверхности дорожного покрытия при фрезеровании. Если размеры припуска и его плотность напыла становились больше, то фреза испытывала дополнительные вертикальные нагрузки и дополнительно отклонялась вверх от линии резания, из-за чего образовывались отклонения размеров сфрезерованной поверхности дорожного покрытия, которые приводят к увеличению риска возникновения ДТП. Изменения размера этих напылов 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 механических параметров напыла. Поэтому возникает задача компенсации нежелательных дополнительных вертикальных перемещений фрезы и управления уровня настройки фрезы в реальном времени.

Используется задание цифровой модели поверхности дорожного покрытия. Как исходная информация для определения уровня размерности настройки фрезы, существующие компоновки фрез предполагают работу режущих элементов фрезы в системе координат фрезы, если взаимодействие происходит через фрезу и колеса или, что более прогрессивно, через фрезу и ролики, катящиеся по дорожному покрытию вне колеи. Фактически второй способ позволяет фрезеровать в системе координат дорожного покрытия и без упругих элементов в виде колес. От СДМ идет только отбор мощности. Но это не позволяет компенсировать износ режущих элементов фрезы, ошибки в наладке, температурные деформации. Поэтому сканирующие системы определяют цифровую модель дорожного покрытия вне колеи и производят расчет траектории линий резания. Относительно 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 поверхности. Впервые применяется точностное управление фрезерования конкретных элементов автомобильной дороги – устранение напылов сбоку от колеи, использован принцип управления дорожной фрезой по обратной 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 неmechanические кинематические связи [4]. Например, по проводам или радио-сигналам. Раньше использовались зубчатые передачи. Как правило, новые виды приводов могут работать с различными видами кинематических замыканий. Например, по скорости, по приращению перемещений, по моменту, по мощности (реализуемой электроэнергии). В работе в качестве основного выбрано управление по приращению перемещений. В неmechanических кинематических связях важен принцип управления. Управление рассматривается по обратной связи и по возмущениям. Выбрано управление по обратной связи, которое заключается в измерении выходного параметра, определении

отклонения фрезерования, умножения на коэффициент подналадки и реализации этого корректирующего переменного приращения 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 разработана 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 (металлорежущий 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 виброизмерительной системы (США)

На первом рисунке проиллюстрирован процесс измерения деформаций образца асфальтобетонного покрытия с использованием универсальной магнитной измерительной головки. Второй рисунок демонстрирует анализ виброакустических колебаний 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 непосредственно 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 фрезерования составляло 10 мм, умножаем его на коэффициент подналадки, равный - 0,5, получаем 5 мм - величину

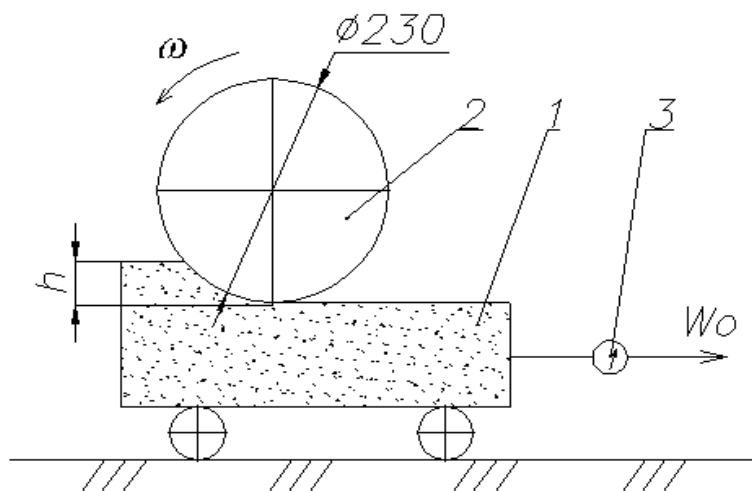
переменного корректирующего приращения и добавляем его к существующему уровню размерной настройки фрезы.

Этим самым компенсируются случайные изменения размерных механических параметров напыла 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 детерминированная (линейная) и периодическая (коррелирующая) составляющая последовательности 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 фрезерования. Исследования были направлены на определение зависимости между глубиной фрезерования (h) и скоростью подачи диска (V) на сопротивление подачи (W_0). 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 W_0 , (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 W_0 от глубины фрезерования h и скорости подачи V)

$$W_0 = 0,35h + 0,1hV. \quad (1)$$

На основе зависимости (1) было определено среднее значение сопротивления фрезерования q_0 как

$$q_0 = W_0/hB, \quad (2)$$

где B – ширина фрезерования.

Значения q_0 составляет 60-80 кПа и может использоваться для определения мощности привода N

$$N = 0,5q_0 hBDw, \quad (3)$$

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

Экспериментальный стенд выполнен на базе горизонтального фрезерного 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.

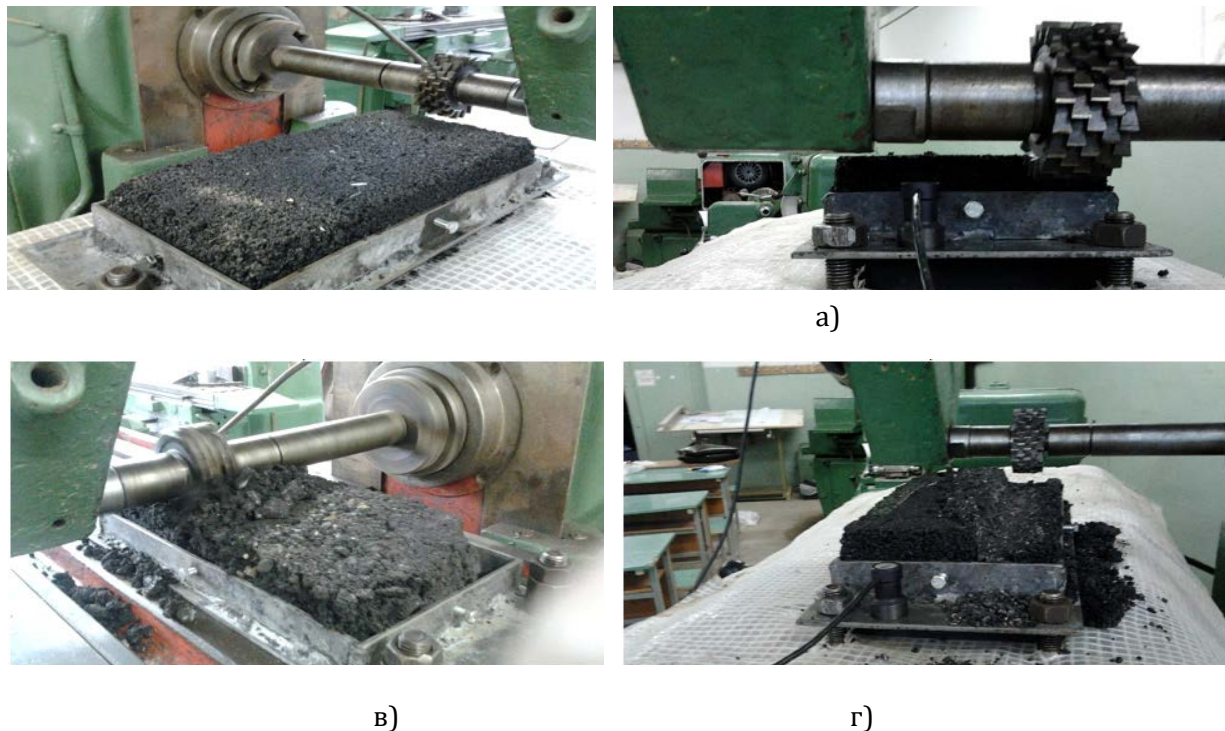


Рисунок 4. Эксперимент по имитационному фрезерованию асфальтобетонных образцов

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 экспериментальном 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.

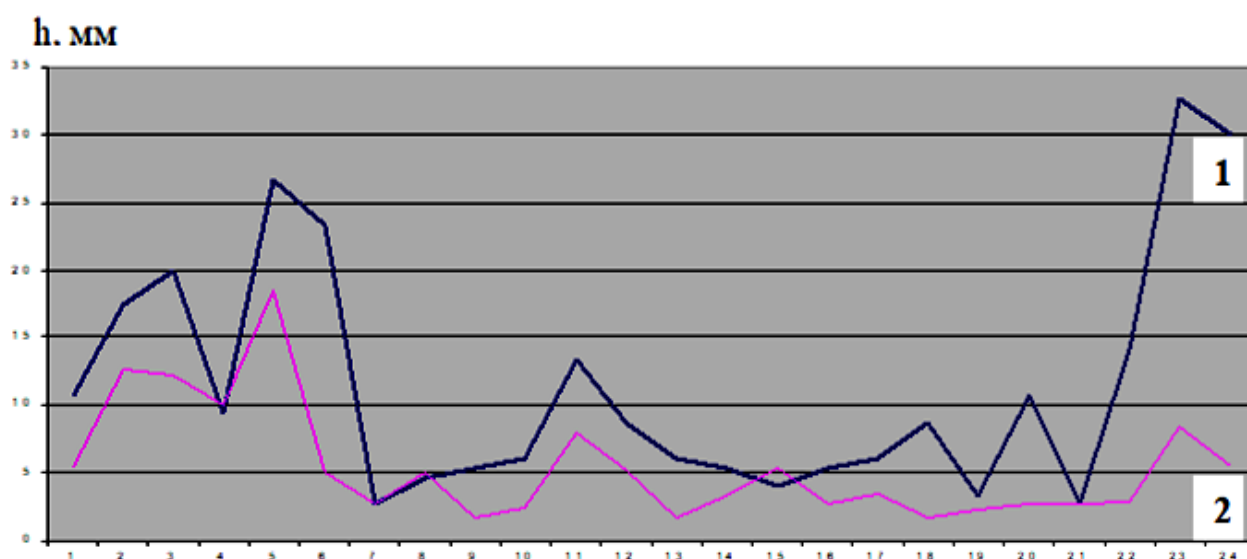
Эти результаты подтверждают эффективность перехода от силового замыкания к координатному замыканию или управлению по перемещению.

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 дорожных 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, осуществляющего коррекцию уровня размерной настройки вертикальными перемещениями рабочего органа, на основании которой разработана новая конструкция автоматизированной дорожной фрезы для ремонта дорожных покрытий с переменной колеиностью 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 результатов.

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.S. 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 кезінде 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.Козбагаров², Ахметова Ш.Д.¹, Жунисбеков Б.Д.¹, Т.С.Бекетов¹

¹Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,

Алматы қ., Қазақстан Республикасы

²АЛТ М. 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. Kozbagarov², Sh D. Akhmetova¹, B.D.Zhunisbekov¹, T.S.Beketov¹

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

Abstract. 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, resiclors, 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", Kazatk, 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, АЛТ 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. Сатпаева, 22, 050060, Алматы, Казахстан.

Жунисбеков Б.Д. – докторант, Казахский национальный исследовательский 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 Engineering", Associate Professor, K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical 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 Research Technical University, 22 Satpayev str., 050060, Almaty, Kazakhstan

Zhunisbekov B.D. – doctoral student, K.I. Satpayev Kazakh National Research 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 АЛТ 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 Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).