

Научная статья  
УДК 630.233

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТРЕХМЕРНОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Алексей Юрьевич Шаров<sup>1</sup>, Виктор Вячеславович Копанов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> Shaiu1972@mail.ru

<sup>2</sup> Vitktorkopanov@mail.ru

**Аннотация.** Современные самоходные фрезы при производстве работ по фрезерованию дорожного покрытия используют метод копирования, что приводит к повторению продольного профиля ремонтируемого участка автомобильных дорог. Использование системы 3D нивелирования при фрезеровании позволит установить заданный профиль и значительно сэкономить асфальтобетонную смесь.

**Ключевые слова:** безопасность дорожного движения, современные технологии, экономия ресурсов, экономическая целесообразность

**Для цитирования:** Шаров А. Ю., Копанов В. В. Использование системы трехмерного пространственного нивелирования при фрезеровании асфальтобетонного покрытия для ремонта автомобильных дорог // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVI Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 320–325.

Original article

## THE USE OF A THREE-DIMENSIONAL SPATIAL LEVELING SYSTEM FOR MILLING ASPHALT CONCRETE PAVEMENT FOR AUTOMOBILE ROAD REPAIRS

Aleksey Yu. Sharov<sup>1</sup>, Viktor V. Kopanov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> Shaiu1972@mail.ru

<sup>2</sup> Vitktorkopanov@mail.ru

**Abstract.** Modern self-propelled milling cutters use the copying method in the production of road surface milling, which leads to the repetition of the longitudinal profile of the repaired section of automobile roads. The use of a 3D leveling system during milling will allow to set a given profile and significantly reduce the asphalt concrete mixture.

**Keywords:** road safety, modern technologies, resource savings, economic feasibility

**For citation:** Sharov A. Yu., Kopanov V. V. (2025) Ispolzovanie sistemy trehmernogo prostranstvennogo nivelirovaniya pri frezerovaniya asfaltobetonnogo pokrytiya dlya remonta avtomobilnyh dorog [The use of a three-dimensional spatial leveling system for milling asphalt concrete pavement for automobile road repairs]. *Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii* [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : proceedings of the XVI International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 320–325. (In Russ).

Одной из проблем дорожной отрасли является высокая стоимость производимого ремонта. Асфальтобетонные смеси составляют большую часть затрат. Снижение стоимости асфальтобетона без ухудшения его качества остается нерешенной задачей – удешевление может быть достигнуто благодаря экономичному использованию асфальтобетона, за счет внедрения существующих ресурсосберегающих технологий.

На региональных и городских автомобильных дорогах ремонт покрытия сводится к замене изношенных слоев покрытий [1]. Основными технологическими операциями при ремонте автомобильных дорог являются: фрезерование покрытия, устройство выравнивающего или нижнего слоя и устройство верхнего слоя покрытия [2].

Глубина фрезерования и толщина выравнивающего слоя устанавливаются исходя из текущего состояния дороги: глубины колеи, размерам выбоин и т. д. Как правило, толщина выравнивающего слоя не превышает 8 см, толщина верхнего слоя – 5 см [3]. Исходя из заданных толщин покрытия выбирается и глубина фрезерования.

Фрезерование покрытия производится методом холодного фрезерования самоходными дорожными фрезами. Само фрезерование основано на методе копирования, т. е. профиль создаваемой поверхности повторяет профиль существующей дороги, но с углублением на заданную величину.

Копирование профиля происходит путем считывания поверхности и передачи положения считывающей поверхности на рабочий орган фрезы. В качестве считывающей поверхности на фрезах используются кожухи фрезерного барабана – при механическом считывании поверхности и система ультразвукового нивелирования при цифровом. Работа системы

ультразвукового нивелирования заключается в контроле положения фрезерного барабана для снятия дорожного покрытия на требуемом уровне. Комплект системы нивелирования включает панель управления и три ультразвуковых датчика, установленные и подключенные на борту машины, обеспечивая автоматическую регулировку положения фрезерного барабана.

При механическом копировании длина выравниваемого участка равна длине копирующего органа, на фрезе – это щека фрезерного барабана. Длина щеки на фрезе с шириной барабана 2 м составляет 2,0 – 2,3 м [4]. Таким образом неровности, продольный размер которых превышает 2,3 м, повторяются (рис. 1).

При копировании системой ультразвукового нивелирования датчики расположены в носовой, центральной и хвостовой частях корпуса фрезы. Для фрез с шириной барабана 2,0 м расстояние между крайними датчиками составляет от 5,0 до 7,0 м [4], и длина выравниваемого участка в таком случае не превышает 7,0 м (рис. 2). Данный метод является более точным в сравнении с механическим копированием, однако дефекты продольного профиля более 5 м повторяются на формируемой поверхности.

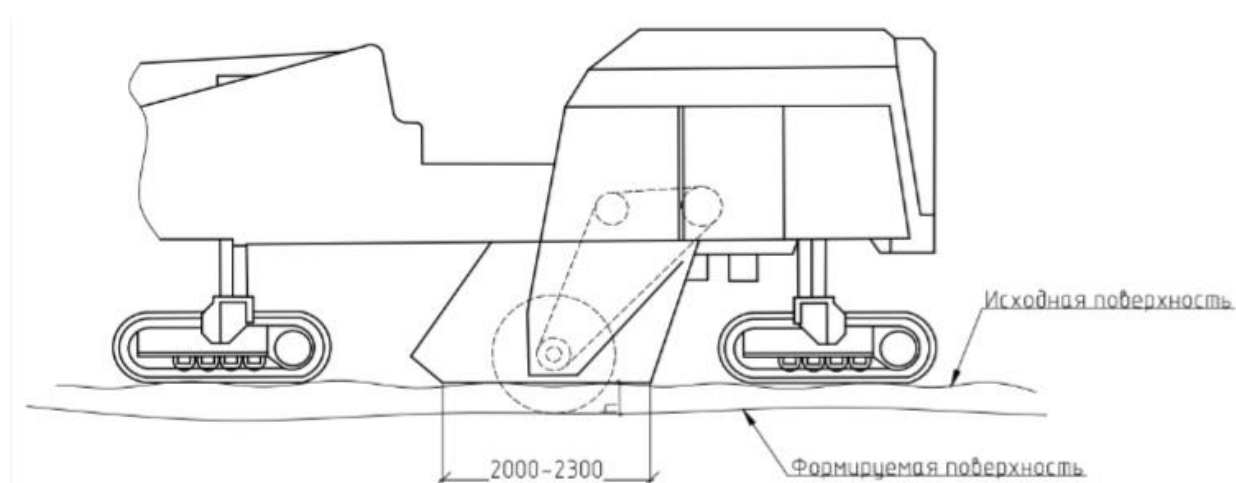


Рис. 1. Схема работы самоходной фрезы при механическом копировании поверхности

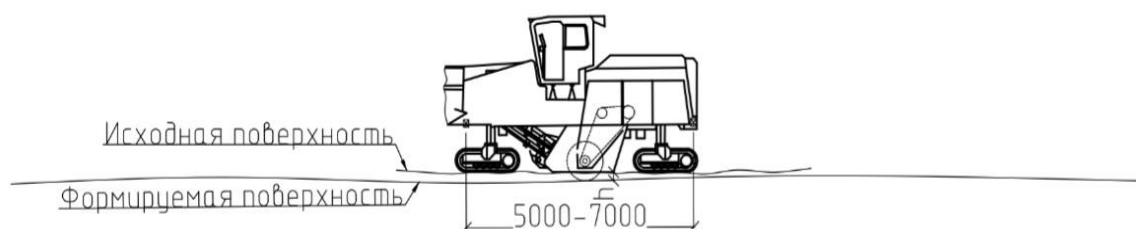


Рис. 2. Схема работы самоходной фрезы при копировании системой ультразвукового нивелирования

Существует метод фрезерования дорожного покрытия по струне. Он основан также на методе копирования. Копируется в данном случае про-

филь установленной вдоль ремонтируемого участка струны. Положение струны считывается ультразвуковыми датчиками, либо механическими. Профиль задается геодезистом, устанавливающим колышки (вехи) и закрепляющим на них струну. С помощью струны задается необходимый профиль. Данный метод является более точным по сравнению с указанными ранее, однако также имеет ряд существенных недостатков: трудоемкий процесс установки струны, короткие захваты фрезерования, ограниченные длиной струны, вехи могут быть сбиты или сдвинуты в процессе работы, что может привести к неправильному формированию поверхности.

Чтобы обеспечить требуемую нормативными документами продольную ровность покрытия, для дальнейшего выравнивания после фрезерования проектируется устройство выравнивающего слоя [5]. Объем асфальтобетонной смеси, а значит и толщина укладываемого выравнивающего слоя зависит от степени износа рассматриваемой автомобильной дороги и может достигать толщины 7–8 см [5].

Так, например, на участке автомобильной дороги длиной 12 км, шириной 9 м, с плотностью асфальтобетонной смеси  $2,64 \text{ т/м}^3$  при устройстве выравнивающего слоя толщиной 7 см расход асфальтобетонной смеси на площадь  $108\,000 \text{ м}^2$  составит 19 959 т. При толщине выравнивающего слоя 3 см расход смеси на ту же площадь 8 554 т. Разность 11 405 т, при стоимости асфальтобетонной смеси А16НТ в 2024 г. 7 050 руб., экономия составит 80 405 250 руб. [6].

Для уменьшения толщины выравнивающего слоя до 3 см, обеспечивая при этом необходимую продольную ровность, выравнивание покрытия необходимо выполнять фрезерованием по заданным координатам с использованием трехмерного моделирования и системы спутникового пространственного позиционирования.

Данная технология относится к автоматизированным системам управления строительной техникой и уже давно широко используется при строительстве автомобильных дорог. Она позволяет контролировать положение рабочего органа строительной машины и управлять им при минимальном участии оператора. Применимо к фрезерованию дорожного покрытия, технологию можно назвать системой 3D фрезерования.

Принцип работы такой системы состоит из нескольких этапов [7]:

1. Создание трехмерной модели дорожного покрытия: сканирование дорожного покрытия лазерным сканером или другим методом, затем с использованием полученных данных – создание трехмерной модели дороги.

2. Установка спутниковых приемников на самоходной фрезе: спутниковые приемники с помощью системы позиционирования (например, GPS) определяют точное местоположение фрезерного барабана на дороге.

3. Интеграция данных из спутниковых приемников и трехмерной модели: данные о положении фрезерного барабана, полученные от спутни-

ковых приемников, обрабатываются и сравниваются с трехмерной моделью дороги. В результате получается точная информация о том, где находится фрезерный барабан относительно модели и какую долю покрытия следует удалить.

4. Навигация фрезерного барабана по трехмерной модели: на основе данных, полученных из спутниковых приемников и трехмерной модели, система позиционирования направляет фрезерный барабан по дороге, указывая ему точные координаты и глубину фрезерования.

5. Контроль качества фрезерования: система трехмерного моделирования и спутникового позиционирования позволяет в реальном времени контролировать точность фрезерования. Если фрезерный барабан отклоняется, система автоматически корректирует его положение.

Система позволяет повысить точность и эффективность фрезерования дорожного покрытия, уменьшить ошибки, снизить затраты на ремонт дорог, позволяет выполнять фрезерование сразу несколькими фрезами без дополнительной настройки. При создании 3D-модели участка дороги существует возможность установить необходимые параметры будущей поверхности: задать глубину фрезерования, продольные и поперечные уклоны, спроектировать вираж (рис. 3).

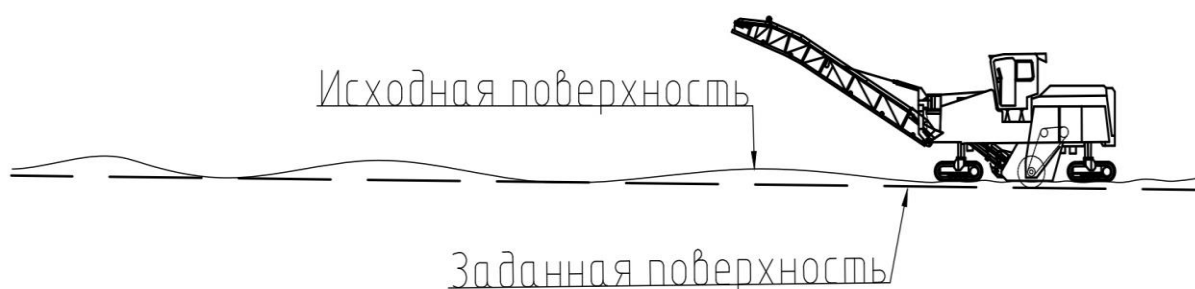


Рис. 3. Схема работы самоходной фрезы по заданной модели

С помощью программного обеспечения можно точно установить объем фрезерованной поверхности и вычислить массу перевозимого асфальтогранулята, определить точный объем асфальтобетонной смеси для устройства покрытия.

В заключение можно сделать вывод о том, что трехмерное моделирование и спутниковое позиционирование при фрезеровании покрытия позволяют более эффективно использовать ресурсы, тем самым, сократить расходы на ремонт автомобильных дорог. За счет высокой точности обеспечить требуемую ровность покрытия, что позволит увеличить эксплуатационные характеристики автомобильной дороги и повысить безопасность участников дорожного движения. 3D-системы также способны воспроизводить профили и уклоны дорожного полотна с точностью до миллимет-

ров в соответствии с заданными инженером допусками, что значительно повышает качество покрытия.

## *Список источников*

1. Об утверждении классификации работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог : Приказ Минтранса России от 16.11.2012 N 402. М., 2012. 20 с.
2. ТР 103-07 Технические рекомендации по устройству и ремонту дорожных конструкций с применением асфальтобетона. М. : НИИМосстрой, 2007. 109 с.
3. СП 34.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. М. : Стандартинформ, 2013. 99 с.
4. Wirtgen group : [сайт]. URL: <https://www.wirtgen-group.com/en-de/> (дата обращения: 19.10.2024).
5. СТО АВТОДОП 2.25-2016. Каталог типовых конструкций нежесткой дорожной одежды. М. : Доринжсервис, 2016. 127 с.
6. Прайс-лист // АБЗ Линт: официальный сайт. URL: <https://www.abzlint.ru/price> (дата обращения: 10.10.2024).
7. Topcon. официальный сайт. URL: [https://www.topcon.pro/stroitelstvo/Milling\\_machine\\_3DLPS](https://www.topcon.pro/stroitelstvo/Milling_machine_3DLPS) (дата обращения: 10.10.2024).

## *References*

1. Order of the Ministry of Transport of Russia dated 16.11.2012 № 402 «On approval of the classification of works on major repairs, repair and maintenance of highways».
2. TR 103-07. Technical recommendations for the construction and repair of road structures using asphalt concrete. M. : NII-Mosstroy. 2007. 109 p.
3. SP 34.13330.2012. Code of rules. Auto roads. M. : Standartinform, 2013. 99 p.
4. Wirtgen group : [site]. URL: <https://www.wirtgen-group.com/en-de/> (accessed: 19.10.2024).
5. СТО АВТОДОП 2.25-2016. Catalog of standard designs of flexible road surfaces. M. : Doringservis. 2016. 127 p.
6. Price list // ABZ Lint [site]. URL: <https://www.abzlint.ru/price/> (accessed: 10.10.2024).
7. Topcon. Official website: [site]. URL: [https://topcon.pro/stroitelstvo/Milling\\_machine\\_3DLPS/](https://topcon.pro/stroitelstvo/Milling_machine_3DLPS/) (accessed: 10.10.2024).