

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОПРОФИЛЯ ДОРОГ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Макаров В. С., Гончаров К. О., Беляков В. В., Зезюлин Д. В.,  
Беляев А. М., Папунин А. В., Редкозубов А. В.

*ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева», г. Нижний Новгород, Россия (603950, ГСП-41, Н. Новгород, ул. Минина, д.24), e-mail: [makvl2010@gmail.com](mailto:makvl2010@gmail.com)*

В статье описывается микропрофиль дорог. Он характеризуется статистическим функциям амплитуды и частоты неровностей, а также корреляционной функцией. Приведены примеры корреляционных функций для дорог типа «stone-road». Делается вывод, что для грунтовых дорог и дорог с не усовершенствованным дорожно-грунтовым покрытием математическое модели, в которых микропрофиль заменяется на сумму гармоник разной частоты и амплитуды, в значительной мере теряют адекватность. Делается вывод о целесообразности применения теории фракталов. Для создания же адекватных моделей коллективом авторов был осуществлен замер и сбор данных по микропрофилю различных дорог на примере грунтовых дорог Нижегородской области. В статье приведена часть исследования, описывающая дороги типа «поле ровное» и «поле заболоченное». Даны характеристики этих участков. Исследование проведено в рамках проекта РФФИ «Организация и проведение полевых работ по определению характеристик микропрофиля дорог, предназначенных для движения транспортно-технологических машин» № 12-08-10004-к.

Ключевые слова: микропрофиль дорог, подвижность.

## DEFINITION OF CHARACTERISTICS OF THE MICROPROFILE OF THE ROADS INTENDED FOR MOVEMENT OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL VEHICLES

Makarov V. S., Goncharov K. O., Belyakov V. V., Zezyulin D. V.,  
Belyaev A. M., Papunin A. V., Redkozubov A. V.

*Nizhny Novgorod State Technical University. R. E. Alekseyev, Nizhny Novgorod, Russia (603950, Nizhny Novgorod, street Minin, 24), e-mail: [makvl2010@gmail.com](mailto:makvl2010@gmail.com)*

The paper describes the microprofile roads. It is characterized by statistical functions of the amplitude and frequency of the irregularities, and the correlation function. The examples of the correlation functions for the road type «stone-road». It is concluded that for dirt roads and roads with no improved road and unpaved mathematical models in which microprofile replaced by the amount of harmonics of different frequencies and amplitudes, significantly lose value. The conclusion on the feasibility of applying the theory of fractals. To create the same adequate models, a group of authors was carried out measurements and data collection on various microprofile roads as an example of dirt roads of the nizhny novgorod region. This article is a portion of the study, describing the roads of type «field of smooth» and «swampy field». Given the characteristics of these areas. The study was conducted in the framework of RFBR «organization of field work on the characterization microprofile road reserved for motor traffic and technological machinery» № 12-08-10004-к.

Key words: microprofile road, mobility.

Одним из важнейших свойств, характеризующих транспортные средства, является подвижность. *Подвижность можно определить как интегральное эксплуатационное свойство транспортно-технологических машин (ТТМ), определяющее способность ТТМ выполнять поставленную задачу с оптимальной адаптивностью к условиям эксплуатации и состоянию самой машины.* [1-3, 6]. Можно выделить потерю подвижности по живучести и мобильности. *Живучесть (подвижности по живучести)* – это отказная надежность транспортного средства ТС. *Мобильность (подвижности по мобильности)* –

эксплуатационная надежность ТС. При этом проходимость – это эксплуатационное свойство, определяющее возможность движения автомобиля в ухудшенных дорожных условиях, по бездорожью, а также при преодолении различных препятствий, которая относится к критическим условиям подвижности машины по мобильности.

Одной из характеристик, определяющих подвижность ТС, является плавность хода, которая будет зависеть от характеристик микропрофиля опорного основания. Микропрофиль дороги характеризуется статистическими функциями амплитуды и частоты неровностей, а также корреляционной функцией. Данный метод разработан и используется еще с середины прошлого века, экспериментальные данные в большинстве потеряны, и на сегодняшний день остались только уже переработанные аналитические функции, представляющие дорогу как совокупность гармоник разной частоты и амплитуды. Так, например, для дороги типа «stone-road» графики корреляционных зависимостей будут выглядеть следующим образом (рис. 1) [4, 5, 7].

Но в работе делается вывод о том, что для грунтовых дорог и дорог с не усовершенствованным дорожно-грунтовым покрытием модели, в которых микропрофиль заменяется на сумму гармоник разной частоты и амплитуды, в значительной мере теряют адекватность. Делается вывод о целесообразности применения теории фракталов.

Использование теории фрактального исчисления позволит смоделировать все неровности, как они есть. На сегодняшний день такой подход не используется и является новшеством применительно к моделированию опорных оснований. Еще одно преимущество предлагаемого метода это то, что можно описать трехмерные модели.

Таким образом, существующие модели трасс движения транспортно-технологических машин разработаны недостаточно в области представления микропрофиля дорог. И развитие данных направлений необходимо с целью приближения математических моделей к реальным условиям эксплуатации.

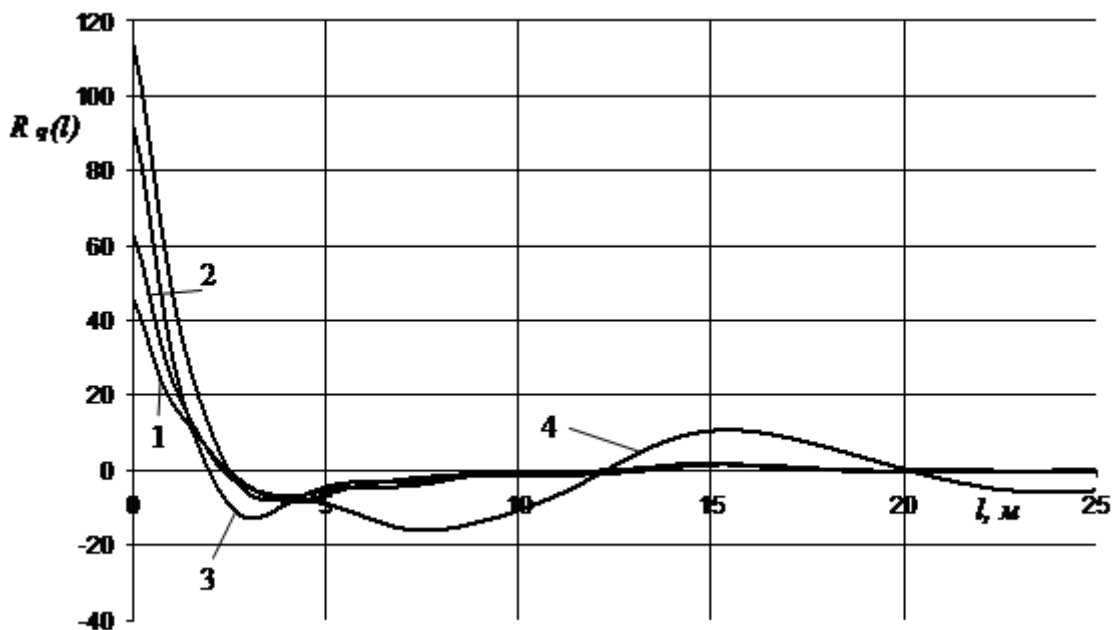


Рис.1. Графики корреляционной функции, «stone-road» в зависимости от угла наклона опорного основания: 1 – угол наклона 0,05 рад, 2 – угол наклона 0,10 рад, 3 – угол наклона 0,15 рад, 4 – угол наклона 0,20 рад

Для создания же адекватных моделей необходим большой объем данных, который можно получить только путем проведения полевых работ по замеру микропрофиля. Поэтому группой авторов был осуществлен замер и сбор данных по микропрофилю различных дорог на примере грунтовых дорог Нижегородской области.

В данной статье приведены исследования грунтовых дорог (поверхностей движения) типа «поле». Было произведено необходимое число замеров для составления адекватных моделей. В результате были получены экспериментальные значения неровностей для различных типов грунтовых дорог типа «поле». В зависимости от степени заболоченности можно рассматривать «поле ровное» и «поле заболоченное» как два крайних случая. Для первого характерно наличие равномерного травяного покрова, для второго – наличие уже характерных кочек.

Для регистрации высот неровностей был использован строительный лазерный нивелир. Выбор именно такой конструкции (в отличие от общепринятых методик) позволяет, при необходимости, проводить замеры даже одному участнику. Также применение именно данного решения было обусловлено ценовыми факторами, так как данный проект изначально предполагался как инициативный.

В соответствии с рекомендациями ГОСТ 12.2.002-91, ГОСТ12.1.049-86 и пр. были произведены замеры микропрофиля.



Рис. 2. Поле ровное. Проведение замеров



Рис. 3. Поле заболоченное. Проведение замеров

После записи и обработки результатов были получены данные о характере неровностей. Примеры нормированных значений микропрофиля для дорог типа «поле» приведены на рис. 4 и 5.

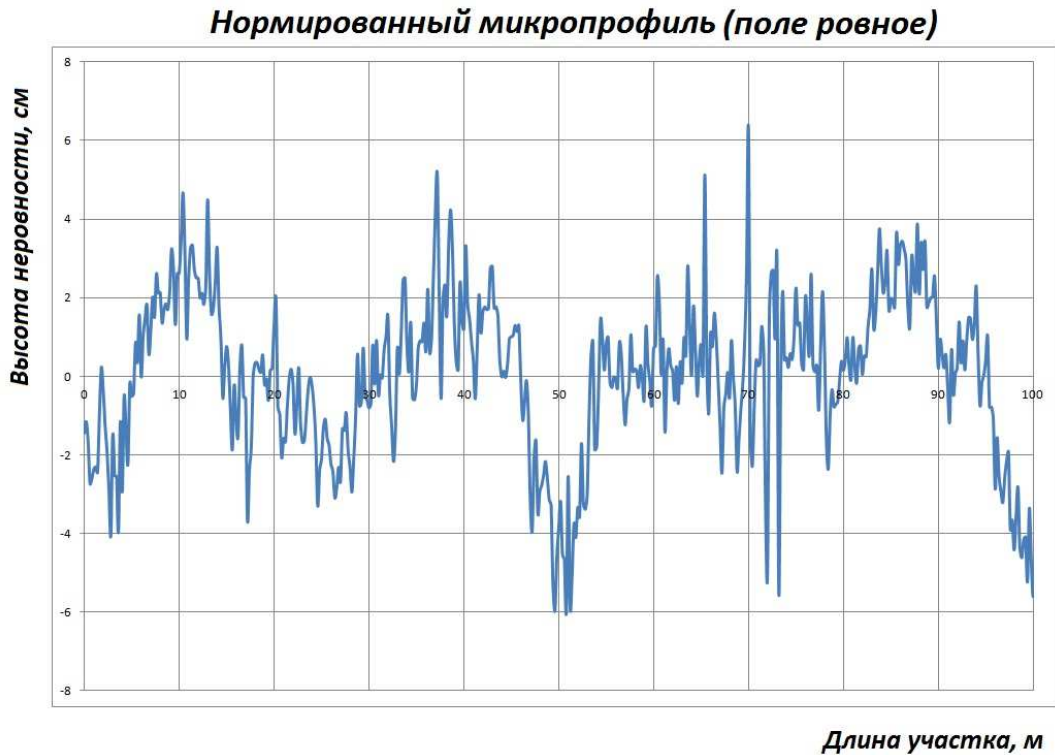


Рис. 4. Пример нормированного микропрофиля. Поле ровное



Рис. 5. Пример нормированного микропрофиля. Поле заболоченное

После преобразований были получены характерные нормированные корреляционные функции. По ним можно судить о преобладающих низких частотах неровностей дороги. Но как показали полученные значения, то для дорог типа «поле» значения этих частот составляют порядка  $\beta = 0,015 - 0,04 \text{ м}^{-1}$  или длины волны порядка  $l = 0,025 - 0,065 \text{ м}$ . При этом, как показали исследования, то для естественных дорог эти величины постоянны на участках 50 – 200 м и могут составлять 1 – 4 полных волны, в последующем изменяясь случайным образом. Для амплитуд низкочастотных колебаний характерна следующая связь: для дорог типа «поле ровное» составляет  $A = 0,02 - 0,06 \text{ м}$ , а для «поля заболоченного»  $A = 0,04 - 0,1 \text{ м}$



Рис. 6. Полученные нормированные корреляционные функции

Высокие же преобладающие частоты имеют более постоянные величины, и их можно охарактеризовать следующими значениями  $\beta = 1 - 5 \text{ м}^{-1}$ . Для амплитуд же этих колебаний характерна следующая связь: для дорог типа «поле ровное» составляет  $A = 0,01 - 0,02 \text{ м}$ , а для «поля заболоченного»  $A = 0,02 - 0,05 \text{ м}$ .

Анализ полученных данных показывает, что в действительности замена микропрофиля дороги суммой гармоник не всегда целесообразна. Например, для рассмотренных участков, в рамках данных низких частот неровностей, целесообразнее задаваться некоторой ломаной кусочно-линейной функцией. Это дает меньшие значения отклонений.

Используя полученные данные, можно спрогнозировать плавность хода транспортно-технологических машин на дорогах данного типа.

Данное исследование проведено в рамках поддержанного проекта РФФИ «Организация и проведение полевых работ по определению характеристик микропрофиля дорог, предназначенных для движения транспортно-технологических машин» № 12-08-10004-к.

### Список литературы

1. Беляков В. В. Оценка эффективности специальных транспортных средств при движении по снегу / В. В. Беляков, Д. А. Галкин, А. С. Зайцев, Д. В. Зезюлин, Е. М. Кудряшов, В. С. Макаров // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2012. – №2 – С. 156-166.
2. Беляков В. В. Подвижность специальных транспортных средств по дорогам типа «stone-road» / В. В. Беляков, У. Ш. Вахидов, Д. А. Галкин, А. С. Зайцев, Е. М. Кудряшов, В. С. Макаров // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2012. – №1 – С. 143-151.
3. Вахидов У. Ш., Беляков В. С., Макаров В. С. Моделирование трасс движения транспортных средств, характерных для территории Северного Кавказа / Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2011. – №7. – С. 24-26.
4. Вахидов У. Ш., Макаров В. С., Беляков В. В. Математическое описание дорог типа «stone-road» // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3; URL: [www.science-education.ru/103-6376](http://www.science-education.ru/103-6376) (дата обращения: 05.06.2012).
5. Вахидов У. Ш., Макаров В. С., Беляков В. С. Определение характеристик микропрофиля в поймах рек Северного Кавказа // Интеллектуальные системы в производстве. – 2011. – № 1. – С. 82-87.
6. Зезюлин Д. В. Влияние параметров движителей на показатели эффективности колесных машин при движении по снегу / Д. В. Зезюлин, У. Ш. Вахидов, В. С. Макаров, В. В. Беляков // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5; URL: [www.science-education.ru/105-6927](http://www.science-education.ru/105-6927) (дата обращения: 17.09.2012).
7. Макаров В. С., Гончаров К. О., Беляков В. В. Математическое моделирование трасс движения транспортных средств на примере дорог типа «stone-road» // Известия Академии инженерных наук РФ им. акад. А. М. Прохорова. Юбилейный том, посвященный 20-летию Академии инженерных наук РФ / Под ред. Ю. В. Гуляева. – М.; Н. Новгород: НГТУ, 2011. – С. 129 – 134.

**Рецензенты:**

Молев Ю. И., д.т.н., профессор кафедры «Строительные и дорожные машины» ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева», г. Нижний Новгород.

Барахтанов Л. В., д.т.н., профессор кафедры «Автомобили и тракторы» ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева», г. Нижний Новгород.