

Министерство образования и науки Российской Федерации
Российская академия транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»
Автодорожный факультет

МОДЕРНИЗАЦИЯ И НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ТРАНСПОРТНОМ КОМПЛЕКСЕ

Материалы
международной научно-практической конференции

г. Пермь, 23–24 апреля 2015 г.

Под редакцией М.Ю. Петухова

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2015

Представлены материалы международной научно-практической конференции «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе», состоявшейся 23–24 апреля 2015 г. в Пермском национальном исследовательском политехническом университете. Конференция проводилась в рамках одного из приоритетных направлений развития ПНИПУ – «Урбанистика».

Освещены результаты теоретических и практических исследований по актуальным вопросам проектирования, эксплуатации, сервиса транспортно-технологических машин и комплексов; организации транспортных систем; технологии транспортных процессов и безопасности движения; городского строительства и защиты окружающей среды.

Предназначено для научных и инженерно-технических работников проектных, дорожно-строительных организаций и вузов, а также для студентов и аспирантов, обучающихся по направлениям «Наземные транспортно-технологические комплексы», «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», «Технология транспортных процессов», «Строительство», «Техносферная безопасность».

Редакционная коллегия: канд. техн. наук, доцент *М.Ю. Петухов* (отв. редактор), канд. техн. наук, доцент *И.Н. Тапкинова* (зам. отв. редактора); д-р техн. наук, проф. *А.В. Кочетков*; проректор, д-р техн. наук, проф. *В.Н. Кортаев*; проректор, д-р техн. наук, проф. *Н.В. Лобов*; канд. техн. наук, проф. *Б.С. Юшков*; д-р мед. наук, проф. *Я.И. Вайсман*; д-р техн. наук, проф. *Л.В. Рудакова*; канд. техн. наук, доцент *А.О. Добрынин*; канд. техн. наук, доцент *Л.В. Янковский*; канд. техн. наук, доцент *И.В. Глушков*; отв. секретарь *Т.И. Мальцева*.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

В.Ю. Петров, д-р техн. наук, действительный член РАТ, президент ПНИПУ, профессор – **председатель конференции**; *М.Ю. Петухов*, канд. техн. наук, декан АДФ ПНИПУ – **ученый секретарь конференции**; *Б.С. Юшков*, канд. техн. наук, действительный член РАТ, профессор, зав. каф. АДМ ПНИПУ; *Л.В. Рудакова*, д-р техн. наук, профессор, зав. каф. ООС ПНИПУ; *М.Г. Бояршинов*, д-р техн. наук, профессор, зав. каф. АТМ ПНИПУ; *Л.М. Тимофеева*, д-р техн. наук, действительный член РАТ, профессор каф. АДМ ПНИПУ; *Я.И. Вайсман*, д-р мед. наук, действительный член РЭА, профессор каф. ООС ПНИПУ; *К.Г. Пугин*, канд. техн. наук, доцент каф. АТМ ПНИПУ; *А.В. Кочетков*, д-р техн. наук, председатель Поволжского отделения РАТ, профессор ПНИПУ и СГТУ; *А.Г. Галкин*, д-р техн. наук, председатель Уральского отделения РАТ, ректор УрГУПС, профессор (г. Екатеринбург); *Владимир Цудечкис*, почётный председатель Латвийской ассоциации управления отходами (Латвия); *Константин Диденко*, профессор Рижского технического университета (Латвия); *Кристоф Вюни*, профессор, зав. каф. управления отходами Технического университета Дрездена (Германия); *Ю.Б. Матвеев*, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, Институт технической теплофизики Национальной академии наук Украины (Украина); *Е.Б. Узненко*, д-р техн. наук, профессор ХНАДУ, г. Харьков (Украина); *Г.П. Пастушков*, д-р техн. наук, профессор и ученый секретарь БНТУ, действительный член БГА и БАА, г. Минск (Белоруссия); *И.Г. Овчинников*, д-р техн. наук, действительный член РАТ, МАН ВШ, ЖКРФ, АПКРФ, ASCE, IABSE, RILEM, профессор ПНИПУ и СГТУ; *Н.М. Филькин*, д-р техн. наук, действительный член РАТ, профессор ИГТУ (г. Ижевск); *О.Н. Бурмистрова*, д-р техн. наук, профессор, зав. каф. ТМЛиПГ УГТУ (г. Ухта); *А.А. Хазиев*, канд. техн. наук, доцент, руководитель испытательной лаборатории МАДИ-ХИМ (г. Москва); *П.С. Чумаков*, почетный строитель России, генеральный директор ОАО «Пермдорстрой»; *В.П. Писклов*, действительный член РИА, генеральный директор ЗАО «Перминжсельстрой» (г. Пермь); *А.В. Эдельман*, канд. техн. наук, главный инженер ОАО «Пермавтодор»; *Н.В. Кошелев*, заслуженный строитель, специалист по инновациям ОАО «Пермдорстрой»; *Л.В. Янковский*, канд. техн. наук, доцент каф. АТМ ПНИПУ; *Н.А. Богоявленский*, ст. преподаватель каф. АДМ ПНИПУ, ответственный за оформление документов, приём, размещение и сопровождение иностранных участников;

И.Н. Тапкинова, зам. декана по научной работе АДФ ПНИПУ, канд. техн. наук, доцент каф. ООС – **координатор конференции**.

| | |
|---|-----|
| <i>Ходяков В.А., Пастушков В.Г.</i> Проектирование плоской фермы с использованием линий главных напряжений | 498 |
| <i>Чёлушкин И.А.</i> Условная расчетная схема для проектирования переходного участка дорожной одежды | 502 |
| <i>Чепулис А.З., Шахвердиева В.Р., Клевко В.И.</i> Анализ внутренней устойчивости армогрунтовых подпорных стен на воздействие строительных нагрузок от уплотняющих машин..... | 508 |
| <i>Янковский Л.В., Кочетков А.В., Сладковски А., Белоусов И.С.</i> Построение 3D-моделей поверхности для визуализации и определения параметров макрошероховатости дорожного покрытия | 515 |
| <i>Яшинов А.Н., Поляков С.Ю.</i> Научно-инженерное сопровождение строительства Бугринского моста в г. Новосибирске | 521 |
| <i>Яшинов А.Н., Снежков И.И., Чаплин И.В.</i> Определение доли нагрузки, приходящейся на главную балку пролетного строения, по частотам собственных колебаний | 526 |

ПОСТРОЕНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МАКРОШЕРОХОВАТОСТИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Л.В. Янковский, А.В. Кочетков, А. Сладковски, И.С. Белоусов

Приведены результаты натурного эксперимента по фотографированию асфальтовой поверхности для построения 3D-модели дорожного покрытия. Показана возможность получения цифровых данных для последующей обработки и расчета параметров шероховатости и коэффициента сцепления.

Ключевые слова: шероховатость, 3D-модель, параметры шероховатости, коэффициент сцепления, дорожное покрытие.

В современной России и за границей выпускают большое количество различного оборудования по диагностике шероховатости дорожных покрытий, которое охватывает весь спектр задач по этой проблеме [1–9].

Но эффективность измерения многих параметров автомобильных дорожных покрытий еще невысока. Как правило, нет возможности одновременного определения сразу нескольких параметров, сам процесс измерения проходит на низких скоростях, что значительно снижает производительность работ по диагностике, поэтому исследования по этому вопросу являются актуальными. Также весьма актуальны вопросы, связанные с совершенствованием математической обработки баз данных измерений различных параметров дорожного покрытия, полученных при скоростном движении диагностических лабораторий, и нормативной документации по этим расчетам [10–13].

Примером зарубежных приборов могут служить ультразвуковые и лазерные профилографы, которыми оснащаются передвижные лаборатории диагностики. В настоящее время в связи с развитием аппаратуры обработки цифровых сигналов наибольшее применение получают способы фотограмметрического зондирования дорожного покрытия. В США представлена система мониторинга и автоматизированного формирования 3D-модели шероховатого дорожного покрытия, позволяющая согласно стандарту AASHTO PP69-10 производить автоматизированную идентификацию углублений и измерение их параметров (рис. 1).

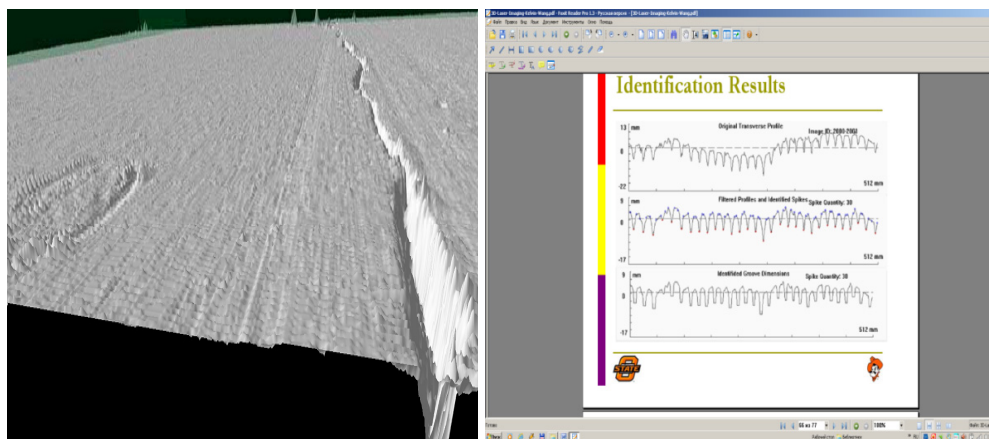


Рис. 1. Результаты работы автоматизированного комплекса мониторинга и 3D-моделирования шероховатости дорожных покрытий

Под графическим форматом трехмерных 3D-данных понимается автоматизированное (визуальное, на компьютере) представление пространственных данных. При этом поверхность задается множеством лежащих на ней точек.

3D-модель строится с помощью данных вполне определенной структуры, при этом исходные точки поверхности могут в пространстве распределяться по-разному. В компьютерных программах используют векторные, растровые, регулярно- и нерегулярно-ячеистые форматы формирования и хранения изображения.

На основе результатов 3D-моделирования проводится статистический анализ и математическое моделирование. По результатам прототипирования и печати на 3D-принтере объемной модели можно проводить физическое моделирование для различных прикладных задач, в том числе рассчитать параметры шероховатости и коэффициент сцепления поверхности дороги.

На кафедре АТМ ПНИПУ был проведен натурный эксперимент по созданию 3D-поверхности дорожного покрытия для оценки и определения параметров шероховатости дорожных покрытий. Для этого в лабораторном грунтовом канале кафедры было изготовлено дорожное покрытие из сухой асфальтобетонной крошки и уплотнено до состояния ровной поверхности. Далее было осуществлено фотографирование покрытия сверху и под углом 45° справа и слева к центру поверхности. Фотографирование производилось в статике и при движении лабораторной установки вдоль покрытия (рис. 2).



a



б



в



г

Рис. 2. Этапы проведения эксперимента: *a* – подготовка площадки и выравнивание щебня; *б* – укладка холодной асфальтовой крошки и ее уплотнение катком; *в* – установка на державку фотоаппарата и камеры; *г* – съемка поверхности в статике и в движении

В результате были получены фото- и видеофайлы, которые были обработаны фирмой ООО «Геоскан» (ПЛАЗ) (г. Санкт-Петербург), и построены 3D-изображения и числовые массивы данных, описывающих эту поверхность (рис. 3). Эти данные можно обработать по новой методике расчета параметров шероховатости [15–17].



Рис. 3. 3D-изображение поверхности асфальтового покрытия

По итогам натурного эксперимента был сделан вывод о возможности создания лабораторной диагностической установки для проведения измерений с целью определения параметров шероховатости дорожного покрытия и определения коэффициента сцепления.

Список литературы

1. Taniguchi S., Nishizaki I., Moriyoshi, A. Three-dimensional diagnosis of pavement damage using CT scanner // International conference on maintenance and rehabilitation of pavements and technological control (MAIREPAV6), sixth proceedings. – 2009. – 10 p.
2. Stryk J. Road diagnostics – ground penetrating radar possibilities // Highway and bridge engineering 2007: proceedings of the fifth international symposium. – 2007. – P. 18–27.
3. Benedetto A., Pensa S. Indirect diagnosis of pavement structural damages using surface GPR reflection techniques // Journal of Applied Geophysics. – 2007. – № 62. – P. 107–123.
4. Gopalakrishnan K. Effect of training algorithms on neural networks aided pavement diagnosis // International Journal of Engineering, Science and Technology. – 2010. – Vol. 2, № 2. – P. 83–92.

5. Muller B. Application of ground penetrating radar to road pavement rehabilitation // Queensland Roads technical journal. – 2009. – № 7. – P. 17–24.

6. Аппаратура для записи микропрофиля дорожной поверхности / В.Л. Афанасьев, Б.М. Додонов, В.П. Жигарев, В.И. Кольцов // Приборы и системы управления. – 1999. – № 2. – С. 50–51.

7. Приблизительно-методическое обеспечение устройства и контроля качества дорожных покрытий с шероховатой поверхностью / А.В. Кочетков, С.Н. Жилин, П.В. Федотов [и др.] // Дороги России XXI века. – 2004. – № 4. – С. 46–48.

8. Автоматизация диагностики автомобильных дорог / Ю.Э. Васильев, Ю.В. Борисов, Л.В. Янковский, И.Ю. Сарычев // Контроль. Диагностика. – 2012. – № 8. – С. 62–68.

9. Суслиганов П.С. Совершенствование методов контроля качества устройства дорожных покрытий с шероховатой поверхностью: автореф. ... канд. техн. наук / ВГАСУ. – Волгоград, 2006. – 20 с.

10. Безопасность автомобильных дорог: методический анализ применения показателя ровности IRI в системе диагностики автомобильных дорог / А.В. Кочетков, Л.В. Янковский, А.А. Сухов, Д.А. Стрижевский // Грузовик. – 2013. – № 12. – С. 32–35.

11. Кокодеева Н.Е., Столяров В.В. Таможенный союз: нормативное обеспечение // Стандарты и качество. – 2011. – № 8. – С. 22–27.

12. Кокодеева Н.Е. Оценка степени риска отрицательного шумового воздействия на человека от транспортного потока // Дороги и мосты. – 2010. – № 23. – С. 241–252.

13. Совершенствование структуры отраслевой диагностики федеральных автомобильных дорог / С.П. Аржанухина, А.В. Кочетков, А.С. Козин, Д.А. Стрижевский // Наукоедение: интернет-журнал. – 2012. – № 4(13). – С. 70.

14. Kochetkov A.V., Yankovskii L.V., Kadyrov Zh.N. Standardization of roughness of products of the machine-building industry on the basis of variable height indicator of ledges and variable depth indicator of hollows as an extension of state standard GOST 2789–73 // Chemical and Petroleum Engineering. – 2014. – Vol. 50, iss. 1–2. – P. 50–57.

15. Кочетков А.В., Янковский Л.В., Кадыров Ж.Н. Нормирование шероховатости изделий машиностроения на основе показателей разницы высот выступов и разницы глубин впадин в развитие ГОСТ 2789–73 // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2014. – № 1. – С. 33–38.

16. Кочетков А.В., Суслиганов П.С. Шероховатые поверхности: нормирование, проектирование и устройство // Автомобильные дороги. – 2005. – № 1. – С. 54.

Об авторах

Янковский Леонид Вацлавович (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: yanekperm@yandex.ru).

Кочетков Андрей Викторович (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, академик транспорта, председатель ПО РАТ, член Президиума РАТ, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: soni.81@mail.ru).

Сладковски Александр (Катовице, Польша) – доктор технических наук, профессор, завкафедрой «Логистика и промышленный транспорт», профессор ординарный (full prof.), почетный профессор УрГУПС, академик РАТ, Силезский технический университет (40-019, г. Катовице, ул. Красиньского, 8; e-mail: aleksander.sladkowski@polsl.pl).

Белусов Илья Сергеевич (Пермь, Россия) – магистр кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: ilya.belousov.93@mail.ru).