



ДОВГОВІЧНІСТЬ ДОРОЖНІХ КОНСТРУКЦІЙ В УМОВАХ ДИНАМІЧНОЇ ДІЇ ТРАНСПОРТУ

С. К. Іліополов

*Ростовський державний будівельний університет,
вул.Соціалістична, 162, м. Ростов-на-Дону, Росія, 344022.*

Отримана 27 квітня 2006; прийнята 9 липня 2006.

Анотація. Розглянуто питання довговічності дорожніх конструкцій в умовах динамічної дії транспорту. Встановлено, що дія транспортного потоку на дорожні конструкції з кожним роком збільшується як за рахунок збільшення інтенсивності руху, так і за рахунок збільшення динамічності дії. Основними факторами, що призводять до збільшення динамічної дії транспорту в процесі експлуатації, є зниження рівності дорожнього покриття і збільшення швидкісних режимів руху. Розроблено механіко-математичні моделі системи "дорожня конструкція", що враховують реальну просторову будову дорожньої конструкції і динамічний характер навантаження, дозволили досліджувати основні закономірності поведінки дорожніх конструкцій при динамічній дії транспортного потоку. Адекватність розроблених механіко-математичних моделей оцінювалася зіставленням результатів теоретичних і натурних експериментальних досліджень на автомобільних дорогах в процесі їх експлуатації.

Ключові слова: довговічність, дорожні конструкції, динамічна дія, транспортний потік.

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТА

С. К. Иллиополов

*Ростовский государственный строительный университет,
ул.Социалистическая, 162, г. Ростов-на-Дону, Россия, 344022.*

Получена 27 апреля 2006; принята 9 июля 2006.

Аннотация. Рассмотрены вопросы долговечности дорожных конструкций в условиях динамического воздействия транспорта. Установлено, что воздействие транспортного потока на дорожные конструкции с каждым годом увеличивается как за счет увеличения интенсивности движения, так и за счет увеличения динамичности воздействия. Основными факторами, приводящими к увеличению динамического воздействия транспорта в процессе эксплуатации, являются снижение ровности дорожного покрытия и увеличение скоростных режимов движения. Разработанные механико-математические модели системы "дорожная конструкция", учитывающие реальное пространственное строение дорожной конструкции и динамический характер нагрузки, позволили исследовать основные закономерности поведения дорожных конструкций при динамическом воздействии транспортного потока. Адекватность разработанных механико-математических моделей оценивалась сопоставлением результатов теоретических и натурных экспериментальных исследований на автомобильных дорогах в процессе их эксплуатации.

Ключевые слова: долговечность, дорожные конструкции, динамическое воздействие, транспортный поток.

LONGEVITY OF ROAD CONSTRUCTIONS IN THE CONDITIONS OF DYNAMIC INFLUENCE OF TRANSPORT

S. K. Iliopolov

*Rostov State Building University,
Sotsialisticheskaya str., 162, Rostov-na-Donu, Russia, 344022*

Received April 27, 2006; accepted July 9, 2006.

Abstract. The questions of longevity of road constructions are considered in the conditions of dynamic influence of transport. It is set that influence of transporting stream on road constructions with every year is multiplied both due to the increase of intensity of motion and due to the increase of dynamic quality of influence. By basic factors resulting in the increase of dynamic influence of transport in the process of exploitation, there is the decline of evenness of road coverage and increase of the speeds modes of motion. The developed mechanic-matematical models of the system are "road construction", taking into account the real spatial structure of road construction and dynamic character of loading, allowed to explore basic conformities to the law of conduct of road constructions at dynamic influence of transporting stream. Adequacy of the developed mechanic-matematical models was estimated by comparison of results of theoretical and models experimental researches on the motor-car roads in the process of their exploitation.

Key words: longevity, road constructions, dynamic influence, transpor stream.

В условиях современного скоростного интенсивного движения дорожные одежды подвергаются многократному динамическому воздействию транспортных средств. Одним из основных факторов, определяющих срок службы дорожных одежд, является уровень динамического воздействия транспортных средств. Эта характеристика существенным образом зависит от ровности покрытия, а также от состава транспортного потока, скорости движения транспортных средств.

В условиях недоремонта сети автомобильных дорог, при ухудшении показателя ровности покрытия дорожные одежды начинают работать в условиях динамических перегрузок, что приводит к их ускоренному разрушению. Динамические перегрузки на неровных участках в среднем составляют 50-90% при допустимых 30%.

Следует отметить, что в настоящее время при расчете дорожных конструкций, обосновании различных ремонтных мероприятий, прогнозировании транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог изменение динамического воздействия транспортного потока и его влияние не учитывается.

Многочисленными исследованиями, выполненными как в нашей стране, так и за рубежом, установлено, что долговечность дорожных конструкций, образование и развитие деформаций

и разрушений в системе "дорожная конструкция-грунт", во многом зависит от ровности поверхности покрытия. Ровность дорожного покрытия не только оказывает существенное влияние на комфортность и безопасность движения, но и определяет уровень динамического воздействия транспортного потока на дорожную конструкцию. Превышение динамических нагрузок на дорожную конструкцию выше расчетной приводит к ускоренному разрушению дорожной одежды, к снижению расчетного срока службы. При этом следует отметить, что в условиях возросших скоростей движения и грузоподъемности транспортных средств учет неровности покрытия становится более актуальным. Неровности даже небольшого размера на высоких скоростях движения могут существенным образом влиять на величину воздействия автомобиля на автомобильную дорогу.

Важным является тот факт, что в процессе эксплуатации ровность покрытия ухудшается. Исследования, проведенные в МАДИ (ТУ), показали, что средняя интенсивность снижения показателя ровности (по международному показателю ровности IRI) для дорог 1 и 2 категории в случае, когда не нарушена технология строительства, составляет 4,5-5,0% в год. Нарушения в технологии, качества дорожно-строительных материалов приводят к значительному снижению ровности уже в первые годы эксплуатации.

Таким образом, воздействие транспортного потока на дорожные конструкции с каждым годом увеличивается как за счет увеличения интенсивности движения (что учитывается в методике проектирования дорожных одежд), так и за счет увеличения динамичности воздействия (что в методике проектирования дорожных одежд не учитывается).

При этом особую актуальность и важное значение приобретают исследования напряженно-деформированного состояния дорожных конструкций при воздействии динамических нагрузок от движущихся транспортных средств. Для исследования динамики дорожных конструкций в ДорТрансНИИ РГСУ разработан комплексный подход, включающий теоретические и экспериментальные средства и методы.

Теоретические исследования выполнялись на основе разработанной механико-математической модели системы "дорожная конструкция-грунт", учитывающей реальное пространственное строение дорожной конструкции и динамический характер нагрузки [1,2]. Численные эксперименты, расчеты, проводимые на основе данной модели, корректно учитывающей подвижный характер нагрузки, ограниченность дорожной конструкции по ширине, динамические свойства материалов конструктивных слоев, особенности геологического строения грунтового массива позволили:

- исследовать основные закономерности поведения дорожных конструкций при динамическом воздействии транспортного потока;
- определить область применения и точность различных расчетных схем, инженерных методик расчета, применяемых при проектировании дорожных одежд;
- выделить диапазоны частот колебаний, генерируемых транспортным потоком в системе "дорожная конструкция-грунт" и негативно влияющих на дорогу, пассажиров и окружающую среду.

Для исследования динамического воздействия транспортных средств на автомобильную дорогу разработана математическая модель взаимодействия "автомобиль-дорога", позволяющая определять динамические перегрузки, возникающие при движении транспортного средства с учетом его скорости, схемы распределения на-

грузок и ровности дорожного покрытия (микропрофиля поверхности). Установлено, что динамическое воздействие транспортных средств характеризуется не только величинами амплитуд воздействия, но и частотным распределением амплитуд. Частотный спектр, зависящий от дорожных неровностей, при безотрывном режиме движения автомобиля находится в диапазоне от 0,5 до 100 Гц. На высоких скоростях движения возможны случаи отрыва колеса автомобиля от поверхности покрытия, приводящие к ударному воздействию, значительному увеличению давления на покрытие и расширению частотного спектра воздействия.

Доказано, что начальная ровность дорожного покрытия (после строительства, реконструкции или капитального ремонта автомобильной дороги) оказывает существенное влияние на скорость образования и накопления разрушений и деформаций слоев дорожных конструкций в процессе эксплуатации, так как определяет уровень динамического воздействия транспортных средств. Результаты моделирования динамического воздействия транспортных средств показали, что при проезде автомобиля по участкам с относительно ровным покрытием, удовлетворяющим требованиям нормативных документов, динамические перегрузки возникают только при очень высоких скоростях движения: более 120 км/ч для грузового автомобиля и более 110 км/ч для легкового. Если же покрытие находится в неудовлетворительном состоянии, то порог скорости, приводящий к динамическим перегрузкам, снижается до 35-40 км/ч.

Адекватность разработанных механико-математических моделей оценивалась сопоставлением результатов теоретических и натурных экспериментальных исследований на автомобильных дорогах в процессе их эксплуатации.

Для проведения цикла натурных экспериментальных исследований разработан новый мобильный виброизмерительный комплекс (рис.). В качестве датчиков в комплексе использованы высокочувствительные виброакселерометры с рабочим диапазоном от 1 до 350 герц. Апробированная методика натурных экспериментальных исследований позволяет получить информацию о распределении и час-

тотном составе полей ускорения в любой точке на поверхности дорожной конструкции или грунтового массива. В ходе натурных замеров на эксплуатируемых автомобильных дорогах виброизмерительным комплексом регистрируется отклик системы "дорожная конструкция-грунт" на динамическое воздействие движущейся транспортной нагрузки: транспортного потока, одиночного автомобиля, расчетного автомобиля. По амплитуде регистрируемых колебаний оценивается уровень динамического воздействия транспортных средств. При обработке входящего сигнала с использованием преобразования Фурье по времени получаем амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) отклика системы, позволяющую выявить преобладающие частоты колебаний в спектре отклика.

Влияние динамического воздействия транспортных средств на долговечность дорожных конструкций вопрос недостаточно изученный, хотя, на наш взгляд, необходимость исследования указанных явлений с каждым годом возрастает, что обусловлено двумя факторами: увеличением скоростных режимов транспортных средств как легковых, так и грузовых, и неудовлетворительным состоянием дорожных покрытий по показателю ровности на большой протяженности участков автомобильных дорог.

Результаты натурных наблюдений на стационарных пунктах наблюдения, построенных

в 2003 году при реконструкции автомагистрали "Дон" км 1011-км 1019, показали, что реальные транспортные нагрузки имеют значительно более сложный характер воздействия. В ходе выполнения строительных работ в земляное полотно и асфальтобетонные слои покрытия были заложены датчики, позволяющие получать информацию о динамических характеристиках напряженно-деформированного состояния элементов дорожной конструкции. Датчики расположены по полосам наката на крайней и внутренней полосе движения направления на Ростов-на-Дону. За прошедший период получен большой объем экспериментального материала.

Проведенные исследования на стационарных пунктах наблюдения позволили установить, что дорожная конструкция в процессе эксплуатации работает в условиях существенного динамического воздействия движущихся транспортных средств. При этом максимальное воздействие в широком частотном диапазоне испытывает дорожное покрытие.

Для объективной оценки долговечности материалов конструктивных слоев дорожной одежды (в частности, асфальтобетонных покрытий) в современных условиях высокоскоростного интенсивного движения транспортных средств необходимо переходить на новые методы их испытания, соответствующие

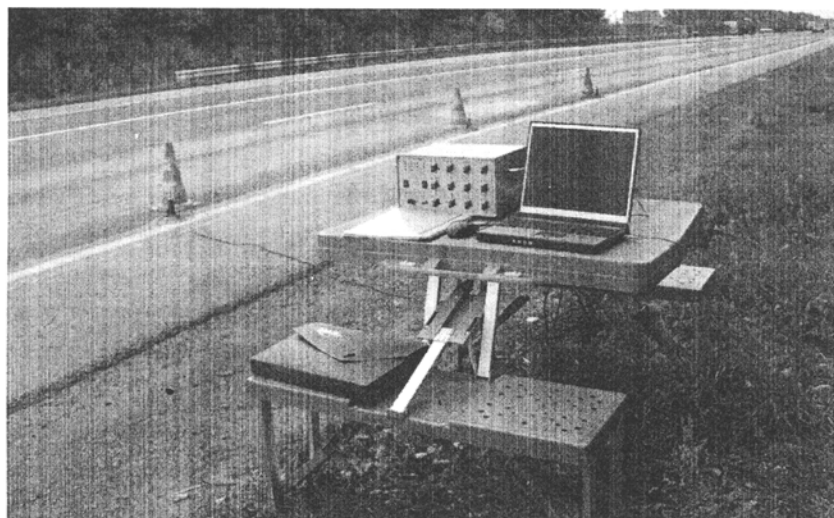


Рис. 1. Регистрация отклика дорожной конструкции на воздействие проезжающего транспорта с использованием мобильного виброизмерительного комплекса.

по условиям нагружения реальному воздействию транспортного потока. Такие методы испытания в настоящее время проводятся во многих странах. Согласно проекту европейских стандартов (prEN 12697-24), определение усталостной прочности асфальтобетона проводится при частоте нагружения 10 Гц, 25 Гц.

Отсутствие в российских стандартах методов и требований к усталостной прочности асфальтобетонных смесей при многократном нагружении, приводит к ошибочным решениям при выборе типа смеси, подборе их состава, обосновании целесообразности использования полимерных и армирующих добавок.

В настоящее время в ДорТрансНИИ РГСУ разрабатывается лабораторная установка для испытания асфальтобетона на усталостное разрушение при многократном нагружении в широком частотном диапазоне (от 0,5 до 100 Гц). Расширение частотного диапазона испытаний по сравнению с зарубежными аналогами обусловлено результатами натурных наблюдений, проведенных на стационарных пунктах.

В связи с этим, исследования в области усталостного разрушения нежестких дорожных одежд с учетом динамического воздействия автомобилей актуальны и необходимы. Основная задача этих исследований — наиболее полно изучить закономерности работы дорожных конструкций в реальных условиях эксплуатации и разработать научно-обоснованную методику расчета характеристик динамического воздействия транспортного потока, позволяющую существенно повысить надежность проектируемых одежд в сочетании с их экономичностью.

Литература

1. Илиополов С.К., Селезнев М.Г., Углова Е.В. Динамика дорожных конструкций. - Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т. 2002 г. -258 с.
2. Илиополов С.К., Селезнев М.Г. Уточненный метод расчета напряженно-деформированного состояния системы "дорожная одежда - грунт". - Ростов-на-Дону: МП "Новая книга". 1997. - 142 с.

Іліополов Сергій Костянтинович — д.т.н., професор, завідуючий кафедрою "Автомобільні дороги", Ростовського державного будівельного університету (РДБУ), директор Науково-дослідного інституту проблем дорожньо-транспортного комплексу.

Илиополов Сергей Константинович — д.т.н., профессор, заведующий кафедрой "Автомобильные дороги" Ростовского государственного строительного университета (РГСУ), директор Научно-исследовательского института проблем дорожно-транспортного комплекса (ДорТрансНИИ).

Iliopolov Sergiy Kostyantynovich — Dr. Sc., Professor, the Head of Department of Automobile roads Rostov State Building University (RSBU), Director of the Scientific-research Institute of Transport-road Complex.