

ШТАМПОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УСТРОЙСТВА КОНСТРУКТИВНЫХ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ИЗ НЕСВЯЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Долговечность автомобильных дорог неразрывно связана с качеством устройства слоев дорожной одежды, непосредственно воспринимающих и распределяющих нагрузку от транспортного потока. В последние годы был достигнут значительный прогресс в области совершенствования методик проектирования и контроля качества асфальтобетонных слоев. Однако слои дорожной одежды из несвязных материалов и грунты земляного полотна также требуют к себе особого внимания. Это связано с тем, что именно недоуплотнение нижних слоев и их недостаточная несущая способность в итоге может привести к таким серьезным дефектам, проявляющимся на покрытии, как снижение ровности, просадки, глубокая колеиность и сдвиги. При этом для устранения указанных дефектов может потребоваться переустройство дорожной одежды вплоть до нижних слоев.

В мировой практике для контроля параметров деформативности (несущей способности, степени и однородности уплотнения) конструктивных слоев дорожной одежды из несвязных материалов и грунтов земляного полотна широкое распространение получили статические и динамические штамповые установки (рис. 1 и 2).

Анализируя документы, касающиеся нормирования методик измерения данным оборудованием и назначения требуемых параметров деформативности, считаем необходимым отметить следующие отечественные и зарубежные нормативно-технические документы:

■ ПНСТ 311-2018 «Дороги автомобильные общего пользования. Показатели деформативности

конструктивных слоев дорожной одежды из несвязных материалов и грунтов земляного полотна. Технические требования и методы определения»;

■ СТО АВТОДОР 10.3 – 2018 «Метод оценки качества несущих оснований из необработанных вяжущими материалов по деформативности их поверхности на стадии строительного контроля»;

■ СТО АВТОДОР 2.31 – 2018 «Требования к показателям деформативности слоев оснований

дорожных одежд из необработанных вяжущими материалов»;

■ ОДМ 218.5.007-2016. «Методические рекомендации по определению модуля упругости статическим штампом»;

■ DIN 18134:2012-04. Soil – «Testing procedures and testing equipment – Plate load test» (Германия);

■ ZVT SoB-StB 04 «Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau» (Германия).



Рис. 1. Статические штамповые установки



Рис. 2. Динамические штамповые установки

При этом до разработки ПНСТ 311 «Показатели деформативности конструктивных слоев дорожной одежды из несвязных материалов и грунтов земляного полотна. Технические требования и методы определения» требования к оценке несущей способности, качества и однородности уплотнения на национальном уровне занормированы не были.

Ввиду статуса нормативно-технических документов и отсутствия их указания в контрактной документации, в большинстве случаев данные измерения проводились в инициативном порядке, с целью дополнительного контроля, и не являлись основанием для приемки слоя. Оценить качество уплотнения слоев оснований, устроенных из несвязных материалов, таких как фракционированный щебень, щебеночно-песчаные и песчано-гравийные смеси, представлялось возможным только косвенными способами, например по наличию волн после прохода катка и дроблению брошенной под валец щебенки. А требования к однородности прочностных характеристик устраиваемого слоя не предъявлялись вовсе.

Очевидно, что такие методы не в состоянии обеспечить высокий

уровень контроля устройства слоев из вышеперечисленных материалов. Преимуществом штамповых испытаний является возможность определения деформаций на поверхности устраиваемого слоя от воздействия нагрузок, то есть имитации воздействия автомобильного транспорта на дорожную конструкцию.

С 2021 года по инициативе и при финансировании Федерального дорожного агентства (Росавтодор) в рамках НИОКР выполняется разработка национального стандарта Российской Федерации (ГОСТ Р) «Дороги автомобильные общего пользования. Показатели деформативности конструктивных слоев дорожной одежды из несвязных материалов и грунтов земляного полотна. Технические требования и методы определения».

Основная цель данного документа – обобщить ранее накопленный опыт выполнения штамповых измерений на автомобильных дорогах общего пользования Российской Федерации и сформулировать научно-обоснованные требования и методики контроля параметров деформативности конструктивных слоев дорожных

одежд из несвязных материалов и грунтов земляного полотна.

Для этих целей была разработана программа проведения исследований и определена номенклатура грунтов земляного полотна и конструктивных слоев нежестких дорожных одежд из несвязных материалов. Испытания были проведены на поверхности слоев грунта земляного полотна из глины, тяжелого суглинки, песка средней крупности, а также на слоях основания из фракционированного щебня, щебеночно-песчаных, гравийно-песчаных и щебеночно-гравийно-песчаных смесей. В ходе реализации программы был выполнен комплекс мероприятий, включающий в себя:

- анализ проектной документации;
- лабораторные испытания;
- натурные испытания;
- камеральную обработку полученных результатов.

Исходя из требований к номенклатуре слоев дорожных одежд, осуществлялся выбор участков автомобильных дорог для проведения натурных испытаний. Схематично процесс проведения натурных испытаний представлен на рис. 3. Схемы расположения

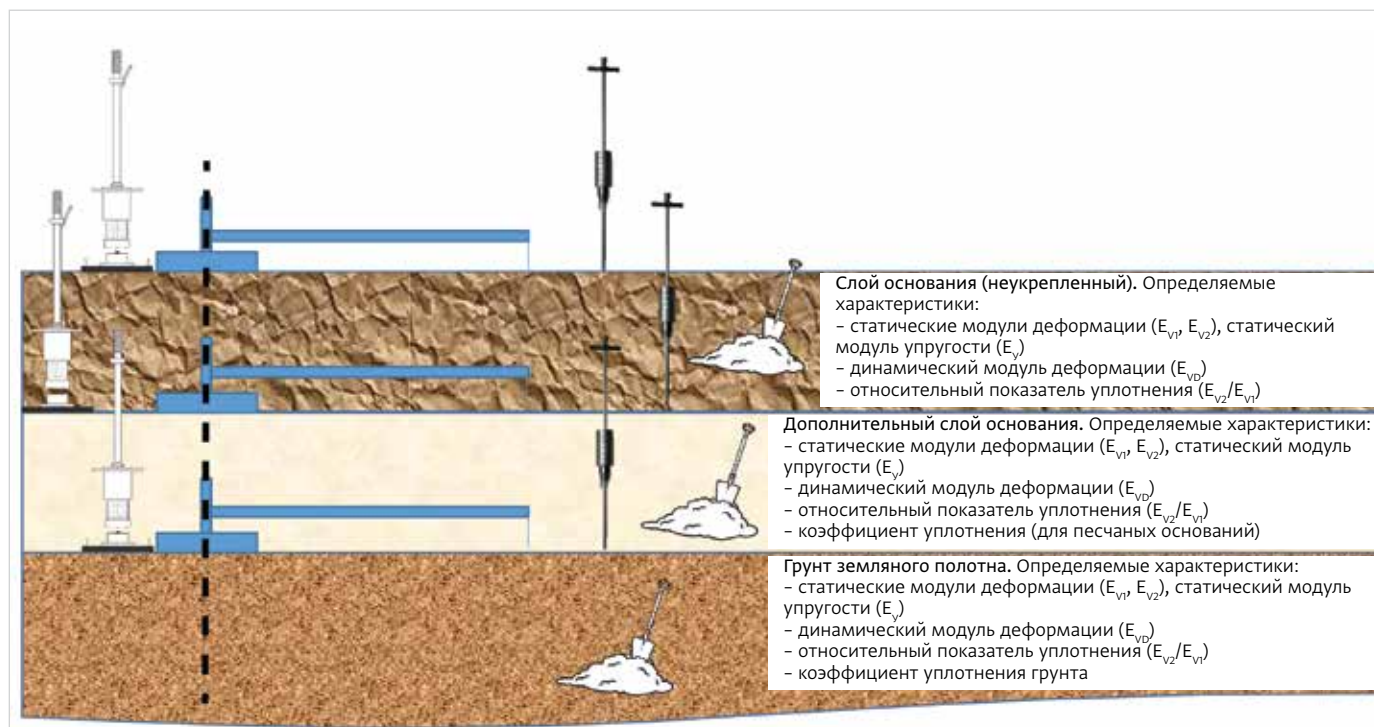


Рис. 3. Схема проведения испытаний по оценке деформативности конструктивных слоев нежесткой дорожной одежды

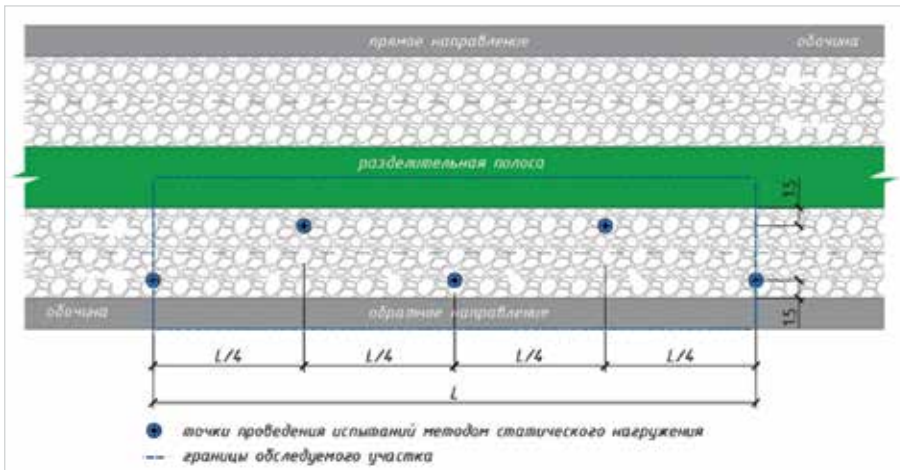


Рис. 4. Схема расположения точек проведения испытаний статическим штампом

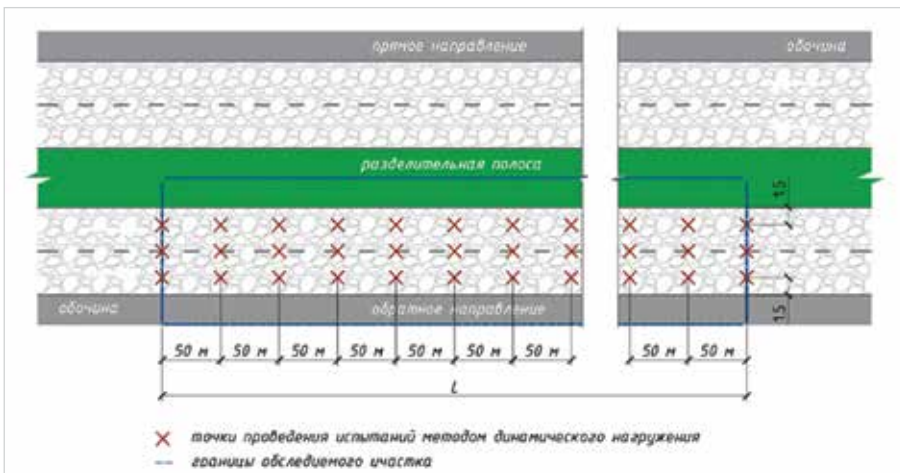


Рис. 5. Схема расположения точек проведения испытаний динамическим штампом

точек проведения испытаний приведены на рис. 4–5.

Проведение комплекса экспериментальных натуральных

исследований по оценке параметров деформативности осуществлялось на поверхности грунта земляного полотна и на поверхности несвязных слоев оснований.

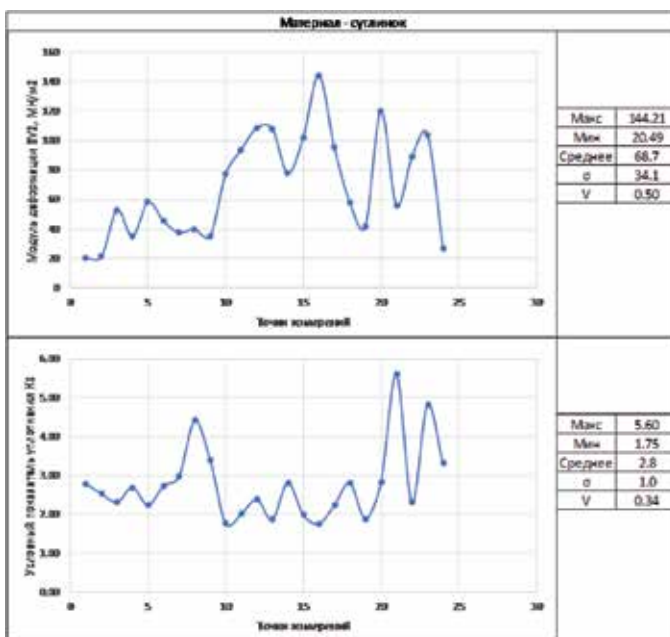


Рис. 6. Анализ данных, зафиксированных при статическом нагружении на грунте (суглинок)

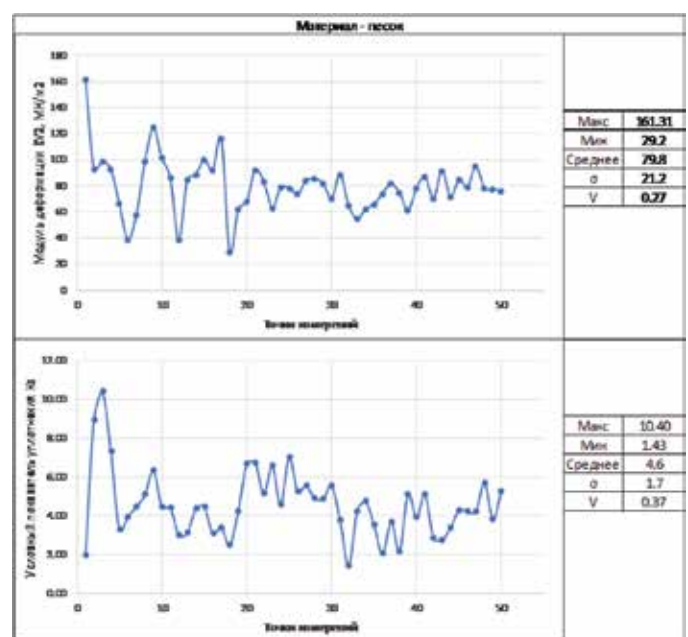


Рис. 7. Анализ данных, зафиксированных при статическом нагружении на слоях из песка

Экспериментальные работы предполагали дифференцированный подход к проведению натуральных измерений для различных слоев дорожных конструкций. Испытания выполнялись послойно в одних и тех же местах на автомобильной дороге по мере устройства конструктивных слоев.

Полевые испытания на поверхности слоев из несвязных материалов основания (щебень, ЩПС, ГПС) включали в себя:

- отбор материала для определения его соответствия нормативно-технической документации;
- оценку степени уплотнения традиционными методами (след после катка, камень под валец);
- проведение штамповых измерений по оценке модулей упругости, модулей деформации и относительного показателя уплотнения на поверхности слоя с использованием оборудования статического нагружения с нагрузочной плитой диаметром 300 мм (дополнительно выборочно – выполнение испытаний с нагрузочной плитой 600 или 762 мм) вдоль оси дороги и на расстояниях не менее 1,5–2 м от края основания;
- проведение штамповых измерений по оценке модуля деформации на поверхности слоя

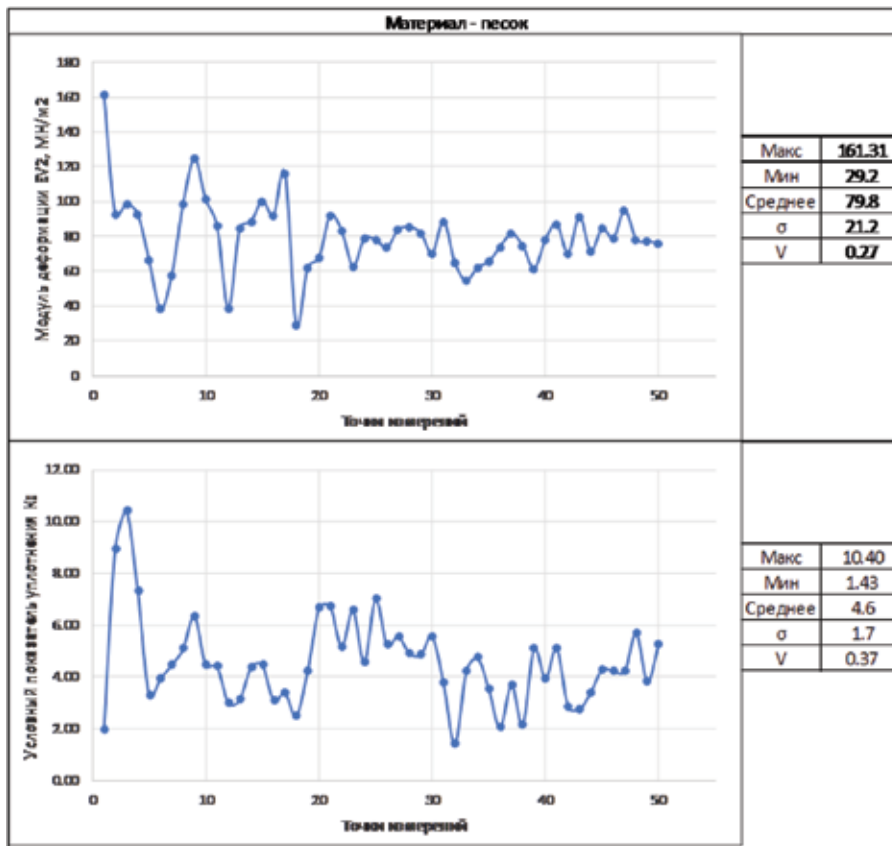


Рис. 9. Анализ данных, зафиксированных при статическом нагружении на слоях из ЩПС и щебеночных слоях

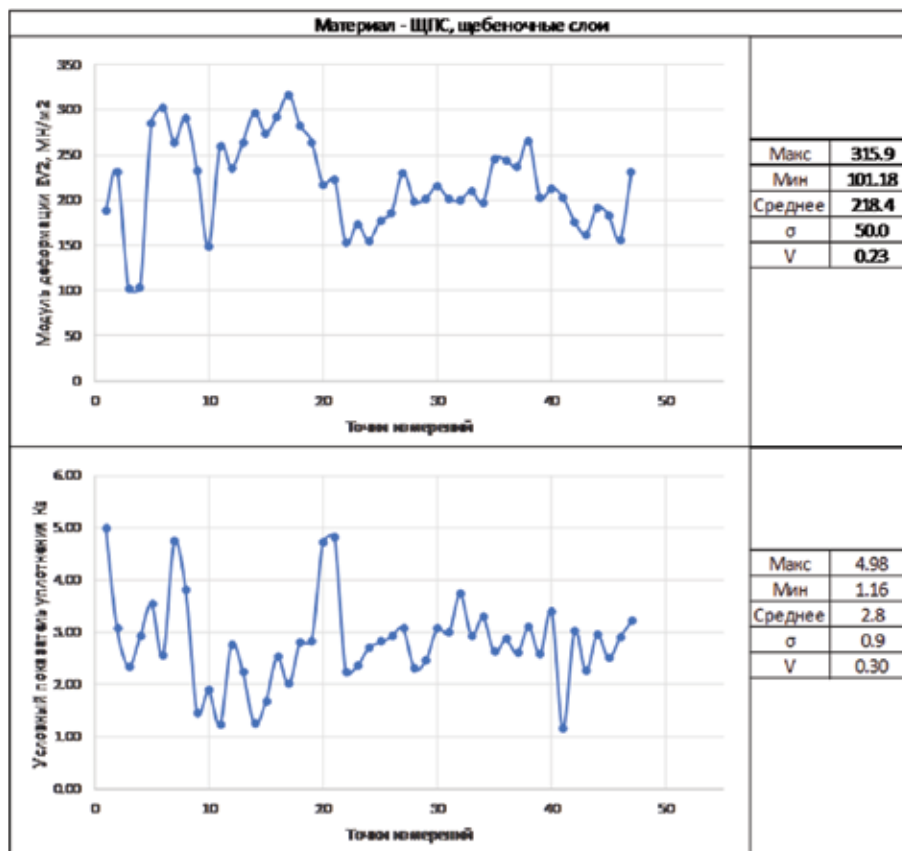


Рис. 8. Анализ данных, зафиксированных при динамическом нагружении на слоях из песка

с использованием оборудования динамического нагружения с шагом не более 100 м по

оси основания и на расстояниях не менее 1,5–2 м от края основания;

- определение однородности уплотнения устраиваемого слоя. На слоях основания из песка, а также на грунтах земляного полотна, дополнительно к указанным испытаниям выполнялись:
- отбор проб материала (грунта) для определения коэффициента уплотнения (метод режущего кольца) в лабораторных условиях;
- определение степени уплотнения динамическим плотномером Д-51.

Обработка данных, полученных в ходе натурных испытаний, в камеральных условиях была направлена на:

- определение фактических значений модулей упругости (E_v) и деформации (E_{v1} , E_{v2}) и показателя, характеризующего степень уплотнения (K_c) при статическом нагружении;
- определение фактических значений модуля деформации при динамическом нагружении (E_{vD});
- определение параметров однородности устройства слоев жестких дорожных одежд по итогам проведенных натурных измерений.

Для того чтобы проанализировать полученные в ходе полевых замеров характеристики деформативности слоев основания из несвязных материалов и грунта земляного полотна, были определены максимальные, минимальные и средние значения показателей, среднее квадратичное отклонение (σ), а также коэффициент вариации (V) (рис. 6–10).

Анализ результатов полевых испытаний на грунте (суглинок) позволяет сделать следующие выводы:

- минимальное значение зафиксированного модуля деформации при статическом нагружении E_{v2} – 20,49 МН/м²;
- значения модуля деформации грунта при статическом нагружении E_{v2} зависят от влажности слоя в момент проведения испытаний;
- практически половина (45,5%) зафиксированных значений модуля деформации грунта при статическом нагружении E_{v2} превышают 60 МН/м²;
- практически половина (45,8%) зафиксированных значений ус-

ловного показателя уплотнения K_E имеют значение менее 2,5.

Анализ результатов полевых испытаний на слоях из песка позволяет сделать следующие выводы:

- минимальное значение зафиксированного модуля деформации при статическом нагружении E_{V2} – 29,2 МН/м²;
- практически половина (48,0%) зафиксированных значений модуля деформации при статическом нагружении E_{V2} превышают 80 МН/м²;
- всего 10% зафиксированных значений условного показателя уплотнения K_E имеют значение менее 2,5;
- более половины (61%) из зафиксированных значений модуля деформации при динамическом нагружении составляют менее 25 МН/м²;
- более половины (58%) из рассчитанных значений однородности модуля деформации $V(E_{VD})$ при динамическом нагружении составляют менее 0,20.

Анализ результатов полевых испытаний на слоях из ЩПС и щебеночных слоях позволяет сделать следующие выводы:

- минимальное значение зафиксированного модуля деформации при статическом нагружении E_{V2} – 101 МН/м²;
- Большая часть (78,7%) зафиксированных значений модуля деформации при статическом нагружении E_{V2} превышают 180 МН/м²;
- 30% зафиксированных значений условного показателя уплотнения K_E имеют значение менее 2,5;
- практически половина (41,4%) из зафиксированных значений модуля деформации при динамическом нагружении – более 50 МН/м²;
- 21,4% из рассчитанных значений однородности модуля деформации $V(E_{VD})$ при динамическом нагружении составляют менее 0,16.

Представленные выше результаты статистической обработки результатов определения параметров деформативности конструктивных слоев дорожной одежды из

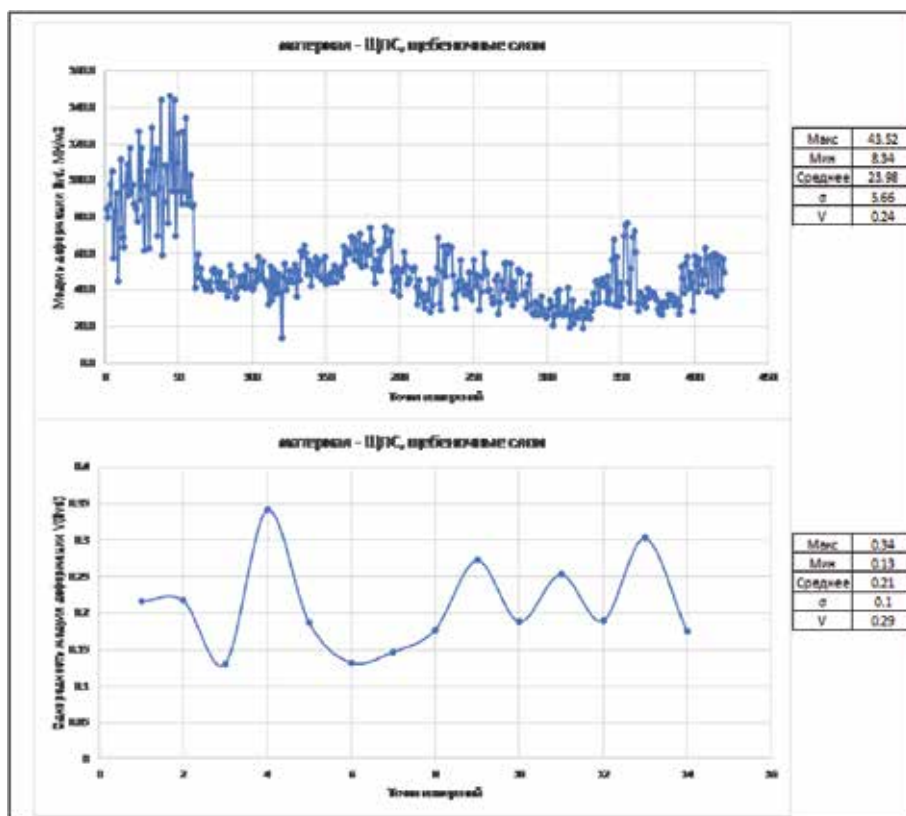


Рис. 10. Анализ данных, зафиксированных при динамическом нагружении на слоях из ЩПС и щебеночных слоях

несвязных материалов и грунтов земляного полотна будут использованы в дальнейшем при назначении нормативных требований, которые войдут в окончательную редакцию разрабатываемого ГОСТ Р.

Результаты испытаний также показали, что традиционные методы оценки степени уплотнения (коэффициент уплотнения, косвенные методы оценки путем прохода катка) малоинформативны, не отражают реального поведения конструкции под нагрузкой.

В рамках НИОКР будет осуществлен дальнейший сбор и анализ статистических данных на участках автомобильных дорог с различными видами грунтов, используемых для устройства земляного полотна, а и материалов, не обработанных вяжущими для устройства слоев оснований.

В дальнейшем определение показателей деформативности конструктивных слоев и грунтов земляного полотна дополнит существующие

методы контроля, нормируемые действующими нормативно-техническими документами в области дорожного хозяйства.

Определение показателей деформативности позволит поэтапно контролировать несущую способность, качество и однородность уплотнения конструктивных слоев дорожной одежды и грунтов рабочего слоя земляного полотна, а также, при несоблюдении требований, эффективно и своевременно применять необходимые мероприятия до устройства вышележащих конструктивных слоев дорожных одежд.

Е.В. Углова,
д-р техн. наук, профессор,
ООО «Доринжсервис»,
А.Н. Тирагуриян,
канд. техн. наук, доцент,
ООО «Доринжсервис»,
В.В. Акулов,
ведущий специалист,
ООО «Доринжсервис»,
М.Ю. Горский,
руководитель лаборатории
АНО «НИИ ТСК»