

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор
ФГБУ «Росдортехнология»



С.В. Голодный
«31» мая 2023 г.

МЕТОДИКА

**проведения сопоставительных испытаний установок для оценки
прочности дорожных одежд автомобильных дорог, входящих в
состав передвижных дорожных лабораторий**

г. Москва

Введение

Целью данных испытаний является выявление наиболее оптимальной установки для оценки упругого прогиба дорожной одежды и расчета модуля упругости (E), а так же сопоставление результатов, полученных установками динамического нагружения различных производителей.

1. Общие положения

Целью проведения сопоставительных испытаний установок для оценки прочности дорожных одежд автомобильных дорог, входящих в состав передвижных дорожных лабораторий, является определение воспроизводимости результатов измерения упругих прогибов этими установками, вычисление по результатам измерений модуля упругости дорожной одежды, и производительность испытуемых установок.

Измерения упругого прогиба методом динамического нагружения проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 32729-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Метод измерения упругого прогиба нежестких дорожных одежд для определения прочности».

При методе динамического нагружения падающим грузом значение упругого прогиба нежесткой дорожной одежды на измерителях прогиба и параметры чаши прогиба определяют от действия заданной, динамической (кратковременной) нагрузки, передаваемой на дорожное покрытие через нагрузочную плиту (жесткий штамп).

Оценочными показателями установки является коэффициент вариации, рассчитываемый для массива данных по измеренным прогибам.

Конечным результатом измерения упругого прогиба при диагностике автомобильных дорог является вычисление модуля упругости дорожной одежды.

Сопоставительные испытания проводятся на предварительно выбранных участках дорог – тестовых участках.

2. Термины и определения.

Установка для измерения упругого прогиба дорожной одежды проезжей части автомобильных дорог (установка): Измерительная система,

позволяющая в динамическом режиме определять величину упругого прогиба дорожной поверхности с требуемой точностью.

Упругий прогиб нежесткой дорожной одежды (упругий прогиб): величина обратимого вертикального перемещения поверхности дорожного покрытия нежестких дорожных одежд от исходного положения под воздействием нагрузки.

Чаша прогиба: идеализированная чашеобразная форма деформированной под воздействием заданной нагрузки поверхности дорожного покрытия, характеризуемая физической величиной пиковых измерений ряда измерителей прогиба, расположенных с радиальным смещением от центра нагрузочной плиты.

Дорожная конструкция: инженерное сооружение, состоящее из дорожной одежды и верхней части земляного полотна в пределах рабочего слоя.

Дорожная одежда: многослойное искусственное сооружение, ограниченное проезжей частью автомобильной дороги, состоящее из дорожного покрытия, слоев основания и подстилающего слоя, воспринимающее многократно повторяющееся воздействие транспортных средств и погодно-климатических факторов и обеспечивающее передачу транспортной нагрузки на верхнюю часть земляного полотна.

Дорожное покрытие: верхняя часть дорожной одежды, устраиваемая на дорожном основании, непосредственно воспринимающая нагрузки от транспортных средств и предназначенная для обеспечения заданных эксплуатационных требований и защиты дорожного основания от воздействия погодно-климатических факторов.

Нежесткая дорожная одежда: многослойная конструкция, состоящая из слоев дорожного покрытия, содержащего органические вяжущие или выполненного из неукрепленных либо укрепленных вяжущими минеральных зернистых материалов и слоев основания (одного или нескольких), воспринимающая действие транспортных средств и природно-

климатических факторов, обеспечивающая снижение возникающих усилий при передаче их на грунт земляного полотна.

Прочность (несущая способность) дорожной конструкции: свойство, характеризующее способность дорожной конструкции воспринимать действие движущихся транспортных средств и погодно-климатических факторов.

Измеритель нагрузки: устройство, способное измерять нагрузку, которая прикладывается на дорожное покрытие перпендикулярно к плоскости основания нагрузочной плиты.

Измеритель прогиба: устройство, способное измерять значение вертикального перемещения поверхности дорожного покрытия нежесткой дорожной одежды от первоначального положения и смонтированное таким образом, чтобы минимизировать угловое вращение относительно своей измерительной плоскости при прогнозируемом перемещении.

Характерный участок: однотипный участок автомобильной дороги, в пределах которого не наблюдается существенных изменений конструкции дорожной одежды и земляного полотна, интенсивности и состава дорожного движения, состояния покрытия по видам дефектов.

Расчетная нагрузка: вертикальная нагрузка равная 50 кН, принятая для назначения требуемой прочности дорожных конструкций.

Гибкий штамп: спаренное заднее колесо двухосного автомобиля.

Нагрузочная плита (жесткий штамп): устройство, имеющее форму круга, состоящее из двух и более сегментов, равномерно передающее нагрузку на дорожное покрытие от воздействия внешних сил и, при этом, не изменяющее своих геометрических размеров.

Тестовый участок: участок полосы движения на автомобильной дороге, выбранный для проведения сопоставительных испытаний установок входящих в состав передвижных дорожных лабораторий.

Место измерений: точка на тестовом участке, на которой проводятся измерения установками, для дальнейшего сравнения результатов.

Серия измерений: последовательное нагружение установкой на одном месте измерений, включающее одно пробное нагружение и три рабочих нагружения дорожной одежды с фиксацией значений упругого прогиба измерителями прогиба.

Сопоставительные испытания установок: Совокупность операций, выполняемых с целью определения воспроизводимости результатов измерения упругого прогиба дорожной одежды установкой и вычисления по результатам измерений модуля упругости дорожной одежды.

3. Тестовые участки

3.1 Выбор тестовых участков

Сопоставительные испытания проводятся на не менее чем двух тестовых участках.

Толщины слоев дорожной одежды на участке измерений и характеристики дорожно-строительных материалов, из которых они выполнены, а также общий расчетный модуль упругости должны быть известны.

Дорожное покрытие в месте измерений должно быть ровным, без загрязнений, без повреждений и локальных деформаций, приводящих к неполному контакту поверхности нагрузочной плиты с поверхностью дорожного покрытия, колейность не более 10 мм.

При наличие поперечной трещины дорожного покрытия место проведения замеров располагают так, чтобы от ближайшего измерителя прогиба до трещины было не менее 2 м. При невозможности соблюдения данного условия, необходимо сделать соответствующую запись о наличии поперечных трещин и их местоположении относительно измерителей прогиба в протоколе испытаний.

Гибкий штамп, создающего статический прогиб, или жесткий штамп устройства динамического нагружения должны всей площадью контактировать с поверхностью покрытия.

При выборе тестовых участков, следует обращать внимание на удобство и безопасность разворота и маневрирования передвижных дорожных лабораторий при проведении сопоставительных испытаний.

3.2 Подготовка тестовых участков к проведению измерений

На каждом тестовом участке места измерений отмечаются на покрытии яркой водостойкой краской в виде окружности диаметром 34 см или прямоугольника размером 10 - 20 см, вытянутого в продольном направлении с центром в виде точки диаметром 3..5 см и нумеруются.

На каждом тестовом участке выбирается три места измерений, на выбранных точках (обозначенных краской) участники поочередно проводят по три измерения. Очередность проведения измерений определяется жеребьевкой.

Места измерения должны отстоять от кромки дорожного полотна не менее, чем на 1 метр.

4. Проведение измерений

На каждом тестовом участке дороги на каждом месте измерений проводится три серии измерений по 4 записи фактического упругого прогиба установкой динамического нагружения.

Порядок проведения измерений участниками указан в регламенте организационных и технических мероприятий по обеспечению сопоставительных испытаний установок для оценки прочности дорожных одежд автомобильных дорог, входящих в состав передвижных дорожных лабораторий.

Фиксируется температура покрытия перед каждым измерением.

Данные заносятся в полевой журнал членами комиссии, проводящей испытания (Приложение 1).

В связи с существенным влиянием температуры испытания следует проводить в дневное время, когда температуры более стабильны, либо в пасмурную погоду.

Измерения проводят при температуре окружающего воздуха выше 0 °С.

Температура слоев дорожного покрытия при проведении измерений должна быть в пределах от 5 °C до 40 °C.

Разность температур до начала испытаний и после их завершения всеми участниками не должна превышать 3 градусов °C. В противном случае в полученные результаты будут внесена погрешность, связанная с влиянием температуры на упругие свойства связных слоев.

4.1. Линейное проведение измерений

На участке автомобильной дороги испытывают не менее 30 равномерно расположенных вдоль дороги точек. Местоположение точек Участник выбирает самостоятельно. Точки необходимо выбирать равномерно по полосе наката (1,0 - 1,5 м от кромки покрытия). Точки испытаний, попадающие в зоны просадок или пучинообразования, выносят за пределы этих зон.

Каждый участник выполняет одну серию измерений. Допускается выполнить серию повторно при наличии объективных причин и согласования со всеми участниками испытаний.

Фиксируется температура покрытия перед каждым измерением.

Данные заносятся в полевой журнал членами комиссии, проводящей испытания (Приложение 1).

В связи с существенным влиянием температуры испытания следует проводить в дневное время, когда температуры более стабильны, либо в пасмурную погоду.

Измерения проводят при температуре окружающего воздуха выше 0 °C.

Температура слоев дорожного покрытия при проведении измерений должна быть в пределах от 5 °C до 40 °C.

Разность температур до начала испытаний и после их завершения всеми участниками не должна превышать 3 градусов °C. В противном случае в полученные результаты будут внесена погрешность, связанная с влиянием температуры на упругие свойства связных слоев.

При проведении измерений, для исключения влияния на измеряемые показатели, запрещается применять буксирующий автомобиль с нагрузкой на заднюю ось более 5 тонн.

Основная задача определить модуль упругости для всего тестового участка дороги (1000 м) основываясь на результатах серии измерений.

4.2. Для установок динамического нагружения:

Испытуемая установка в отмеченном краской месте устанавливает жесткий штамп устройства динамического нагружения, устанавливаются измерители прогиба в количестве не менее 7 шт. в направлении движения на измеряемой полосе движения, и выполняет с минимальными временными интервалами между замерами требуемое число замеров: сначала выполняют одно пробное нагружение дорожной одежды, за тем три рабочих нагружения.

Выполнение замеров производится согласно руководству или инструкции по эксплуатации завода-изготовителя установки.

Результаты замеров – фактические упругие прогибы по показаниям каждого измерителя прогиба - записываются в полевой журнал членами комиссии, проводящей испытания, а также фиксируются в соответствующем журнале или файле лаборатории. В том случае, если конструкция устройства позволяет одновременно по прогибу рассчитывать модуль упругости, членами комиссии в полевой журнал записываются и модули упругости.

В соответствии с ГОСТ 32729-2014, при расхождении значений результатов трех измерений прогибов на одном измерителе прогиба более чем на 5% делают соответствующую отметку в протоколе испытаний, полевом журнале и операции измерения повторяют со смещением не менее чем на 2,0 м.

В установленной очередности на отмеченной краской точке серию из четырех измерений выполняют все участвующие в испытаниях лаборатории.

Для подтверждения неизменности состояния дорожной конструкции в процессе испытаний, в каждой точке измерений, после выполнения серии измерений всеми установками, следует повторить серию измерений первой установкой.

Для каждой установки фиксируется время проведения серии замеров, отсчитываемое от момента начала измерений на точке до момента окончания замеров. Время фиксируется с учетом необходимых для выполнения замеров подготовительных мероприятий.

Для каждой установки проводится две серии измерений в каждом месте измерений. Серии измерений каждой установкой проводятся не последовательно.

5. Обработка результатов измерений.

5.1. В данной методике оценка воспроизводимости результатов каждой установки определяется по коэффициенту вариации.

По результатам каждой серии измерений из 4 записей фактического упругого прогиба каждого измерителя прогиба на каждом месте измерений исключается запись по результатам пробного нагружения и для дальнейшего сравнения оставляют 6 результатов по 3 из каждой серии для каждого измерителя для установок динамического нагружения.

По результатам рассчитывается среднее значение упругого прогиба каждого измерителя прогиба и коэффициент вариации для каждого места измерений.

Среднее значение прогиба ($n=6$ – для динамических установок):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Среднеквадратическое отклонение ($n=6$ – для динамических установок):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Коэффициент вариации:

$$V_{\phi} = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

Показания установки считаются стабильными, если коэффициент вариации

$$V_{\phi} \leq V_{\pi}$$

Значение предельного коэффициента вариации $V_{\pi} = 0,17$

Коэффициент вариации меньше 0,1 - свидетельствует о незначительной изменчивости вариационного ряда, от 0,1 до 0,2 - о средней изменчивости, от 0,2 до 0,33 - о значительной изменчивости.

Если коэффициент вариации меньше или равен значению 0,33 ($0,33 \geq V_{\phi}$), то показания установки считаются однородными, если превышает это значение - то не однородными.

5.2. Так же участниками испытаний самостоятельно рассчитываются модули упругости для дорожных конструкций каждого места измерений с использованием ОДН 218.046-01. Результаты вычислений передаются в экспертную комиссию.

Алгоритм, при помощи которого с использованием испытуемого устройства осуществляется расчет модуля упругости по измеренному прогибу, может быть передан в экспертную комиссию до начала измерений.

По результатам рассчитанного модуля упругости всеми участниками для каждого места измерений вычисляется среднее арифметическое значение модуля упругости по установкам, показавшими наиболее стабильные результаты. Отклонение рассчитанного значения модуля упругости по каждой установке, от среднего значения должно быть в диапазоне $\pm 17\%$.

Результаты, полученные установками динамического нагружения обрабатываются отдельно.

5.3. Рассчитывается средняя производительность каждой установки на измерение на одном месте при проведении испытаний.

Производительность на одном месте измерения:

$$P_{\phi} = \frac{1}{t_{\phi}}$$

где t_{ϕ} – фактическое время испытания на одном месте измерений.

Средняя производительность при испытании:

$$\bar{P} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m P_{\phi_i}$$

где $m = n_m * n_y$, n_m - число мест измерений на участке, n_y – число участков измерений.

6. Представление результатов сопоставительных испытаний

Результаты сопоставительных испытаний для каждой установки, входящей в состав передвижной дорожной лаборатории выдаются в виде полевого журнала, форма которого приведена в настоящей методике (Приложение №1) в регламенте организационных и технических мероприятий по обеспечению сопоставительных испытаний установок для оценки прочности дорожных одежд автомобильных дорог, входящих в состав передвижных дорожных лабораторий.

7. Нормативные документы, использованные при составлении методики:

1. ГОСТ 32729-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Метод измерения упругого прогиба нежестких дорожных одежд для определения прочности»
2. ОДМ 218.4.039-2018 «Рекомендации по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог»
3. ОДН 218.1.052-2002 «Оценка прочности нежестких дорожных одежд»
4. ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд»
5. ОДМ 218.2.024-2012 «Методические рекомендации по оценке прочности нежестких дорожных одежд»

Приложение 1.

ПОЛЕВОЙ ЖУРНАЛ № ____ (Лист 1 из 3)

**сопоставительных испытаний установки для оценки прочности дорожной
одежды проезжей части автомобильных дорог, входящей в состав
передвижной дорожной лаборатории.**

1. Название организации, проводившей испытания: ФГБУ «Росдортехнология»

Состав комиссии:

- _____
- _____
- _____

2. Дата проведения испытаний: « ____ » ____ 2023 г. Время: ____ : ____

3. Место проведения испытаний: Тестовый участок № ____

- название автомобильной дороги:	
- индекс автомобильной дороги:	
- номер автомобильной дороги:	
- привязка к километражу:	
- номер полосы движения:	

4. Установка для оценки прочности дорожной одежды проезжей части автомобильных дорог, входящая в состав передвижной дорожной лаборатории:

(название установки, организация-владелец)

Принцип действия:

Динамическая

ПОЛЕВОЙ ЖУРНАЛ № _____ (Лист 2 из 3)

5. Тип покрытия: _____

6. Состояние покрытия:

новое	старое	Примечания:
-------	--------	-------------

7. Метеоусловия проведения испытаний:

ясно	пасмурно	Другое:
без осадков	осадки:	Примечания:

8. Температура воздуха, °C: _____

9. Температура покрытия, °C: _____

11.1. Для установок динамического нагружения:

ПОЛЕВОЙ ЖУРНАЛ № _____ (Лист 3 из 3)

Тестовый участок №	Место измерения: №	Серия измерений №	
Показатели:	Величина упругого прогиба, мм	Модуль упругости, МПа	Доп. Показатели
Измерение №	пробное	1	2
№ Измерителя	пробное	3	1
1 (в точке нагружения)			2
2			
3			
4			
5			
6			
7			
Значение прилагаемой нагрузки на дорожную одежду, кН			

Примечание: если модуль упругости не вычисляется одновременно при измерении прогиба, то соответствующая колонка заполняется прочерками. Если установка выдает значение динамического воздействия, то эти значения также фиксируются в полевой журнал.

Расхождение значений результатов трех измерений прогибов на одном измерителе прогиба более чем на 5% : _____ %

Сдвигка места измерений на _____ м по ходу движения.

Подпись участника (представителя владельца установки)

Подпись члена комиссии _____