

ПАРАМЕТРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЗНАЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ФАКТИЧЕСКИХ ЗНАЧЕНИЙ МОДУЛЯ

Как показывает практический лабораторный опыт определения значений динамического модуля упругости асфальтобетона, существенное влияние на фактические значения этого модуля оказывают не только конкретные свойства испытываемого асфальтобетона, но и практически все условия проведения испытаний, такие как:

- способ приложения нагрузки;
- температура проведения испытаний;
- частота (скорость) приложения нагрузки;
- величина прикладываемой нагрузки.

1. Оценка влияния способа приложения нагрузки

1.1. В настоящее время в РФ действует два стандарта, позволяющие определить динамический модуль упругости асфальтобетона. Эти стандарты различаются по способу приложения нагрузки: один использует осевое сжимающее нагружение цилиндрического образца, другой – четырехточечный изгиб образца в форме прямоугольной балки.

1.2. ГОСТ Р 58401.11 «Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения усталостной прочности при многократном изгибе». Суть используемого в данном документе метода заключается в определении жесткости (модуля упругости) и усталостной прочности асфальтобетонного образца после приложения многократной синусоидальной нагрузки с постоянной деформацией.

Нагрузочное устройство при испытаниях по данному методу при-

кладывает на испытуемый образец многократную синусоидальную нагрузку при заданной частоте и температуре и подвергает образец четырехточечному изгибу при свободном вращении и горизонтальном поступательном движении во всех точках приложения нагрузки. Кроме того, устройство возвращает образец в исходное положение (то есть с нулевым отклонением) в конце каждого цикла приложения нагрузки.

В результате испытаний получают:

- начальную жесткость (модуль упругости) асфальтобетона, определенную после 50 циклов приложения нагрузки;
- усталостную прочность, определяемую как цикл нагрузки, при котором жесткость испытуемого образца снижается на 50% по отношению к начальной жесткости.

Под термином «жесткость асфальтобетона», применяемым в данном стандарте, скрывается динамический модуль упругости асфальтобетона, который должен быть аналогичен динамическому модулю упругости, определенному по ГОСТ Р 58401.12. Отличие ГОСТ Р 58401.12 и ГОСТ Р 58401.11 состоит в том, что в одном случае к цилиндрическому образцу прикладывается осевое сжимающее напряжение, а в другом методе

асфальтобетонную балку прямоугольного сечения подвергают четырехточечному изгибу.

1.3. ГОСТ Р 58401.12 «Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения динамического модуля упругости с использованием установки динамического нагружения (SPT)».

Суть используемого в данном документе метода заключается в определении динамического модуля упругости асфальтобетона и фазового угла. Синусоидальное осевое сжимающее напряжение прикладывается к образцу асфальтобетона при заданной температуре и заданной частоте нагружения. Проводятся замеры напряжения, приложенного к образцу, и результирующей осевой деформации образца. На основе полученных данных выполняется расчет динамического модуля упругости асфальтобетона и фазового угла.

Особенностью метода является зависимость прикладываемой нагрузки от температуры проведения измерений. Взаимосвязь температуры проведения испытаний и диапазона прикладываемой осевой сжимающей нагрузки, требуемая данным стандартом, приведена в табл. 1.

Табл. 1

Температура, °С	Диапазон нагружения, кПа
-10	1400–2800
4,4	700–1400
21,1	350–700
37,8	140–250
54	35–70

Табл. 2

Асфальтобетон	Частота приложения нагрузки, Гц	Температура проведения испытаний, °С	Значения динамического модуля упругости, МПа	
			ГОСТ Р 58401.11	ГОСТ Р 58401.12
А22Нт	5,0	0	8200	17400
		10	4600	11900
		20	2100	6900
ЩМА16	5,0	0	11500	18800
		10	6200	12200
		20	2900	7400

В результате испытаний получают:

■ динамический модуль упругости, получаемый делением максимального (полного) напряжения на максимальную (полную) упругую деформацию материала, подверженного синусоидальной нагрузке;

■ фазовый угол между функцией синусоидального приложенного максимального напряжения и функцией результирующей максимальной деформации во время испытания.

1.4. В табл. 2 приведены результаты определения начального динамического модуля упругости по двум рассматриваемым стандартам для двух асфальтобетонов.

Отклонения значений модуля между параллельными испытаниями находятся в диапазоне 100–500 МПа, в зависимости от использованного метода и температуры испытаний. Тот факт, что отклонения между параллельными испытаниями по одному методу на порядок меньше, чем различие в результатах испытаний по различным методам, однозначно свидетельствует о том, что рассмотренные методы определения динамического модуля упругости приводят к принципиально различным результатам. Динамический модуль упругости асфальтобетона, определенный по методу приложения осевой сжимающей нагрузки, в 2–3 раза больше, чем динамический модуль упругости асфальтобетона, определенный по методу четырехточечного изгиба при прочих равных условиях.

Табл. 3

Максимальная горизонтальная деформация при растяжении, мм/м	Значение модуля упругости, МПа, при частоте приложения нагрузки, Гц		
	10,0	5,0	1,0
0,50	4900	–	2100
0,33	–	5100	2900

Табл. 4

Асфальтобетон	Температура проведения испытаний, °С	Значение модуля упругости, МПа, при частоте приложения нагрузки, Гц		
		1,0	5,0	10,0
А22Нт	–10	22800	25800	27100
	0	14200	17400	18800
	+10	9100	11900	13300
	+20	4800	6900	7900
ЩМА16	–10	22600	25900	27200
	0	15700	18800	20200
	+10	9300	12200	13500
	+20	5200	7400	8400

2. Оценка влияния температуры проведения испытаний

Анализ табл. 2 показывает, что температура проведения испытаний оказывает весомое влияние на значение динамического модуля упругости, не уступающее степени влияния метода нагружения образца и значительно превосходящее дисперсию значений параллельных испытаний.

3. Оценка влияния частоты (скорости) приложения нагрузки

3.1. В табл. 3 приведены результаты определения динамического модуля упругости, определенные методом четырехточечного изгиба при температуре 10°С для асфальтобетона SMA16. Анализ табл. 3 показывает, что частота приложе-

ния нагрузки при рассматриваемом методе нагружения однозначно влияет на значения динамического модуля упругости, при этом степень влияния выше, чем при методе осевого сжимающего нагружения (табл. 4).

3.2. В табл. 4 приведены результаты определения динамического модуля упругости, определенные методом осевого сжимающего нагружения, в зависимости от частоты приложения нагрузки.

Анализ табл. 4 показывает, что для метода осевого сжимающего нагружения частота приложения нагрузки оказывает некоторое влияние на значения динамиче-

ского модуля упругости, но это воздействие слабее, чем влияние температуры проведения испытаний и метода нагружения.

Изменения динамического модуля упругости при изменении частоты нагружения превосходят дисперсию результатов параллельных испытаний, однако не на порядок, как это наблюдалось при оценке влияния температуры и метода испытания.

4. Оценка влияния величины прикладываемой нагрузки

4.1. Анализ табл. 3 показывает, что для метода четырехточечного изгиба величина прикладываемой максимальной горизонтальной деформации оказывает влияние, но мера этого воздействия ниже, чем мера влияния температуры, метода нагружения, частоты приложения нагрузки.

4.2. Провести анализ влияния величины прикладываемой нагрузки при стандартных испытаниях методом осевого нагружения по ГОСТ Р 58401.12 не представляется возможным: в этом стандарте предусмотрено изменение диапазона нагружения в зависимости от условий испытаний.

5. Предложения по определению фактических значений динамического модуля упругости асфальтобетона при лабораторных испытаниях

5.1. Наибольшее влияние на значения определяемого динамического модуля упругости асфальтобетона имеет используемый метод определения. При прочих равных условиях применение метода осевого сжатия приводит к значениям динамического модуля упругости в 2–3 раза больше, чем при использовании метода четырехточечного изгиба. Метод четырехточечного изгиба позволяет определять не только начальный модуль, но и количество циклов нагружения до падения начального модуля в 2 раза, то есть позволяет определять и усталостную прочность.

Строго говоря, метод осевого сжатия рассматривает прохожде-



ние отпечатка следа колеса над рассматриваемой точкой покрытия, которое составляет до 5–15% от времени всего нагружения покрытия полной чашей прогиба при прохождении транспортного средства.

Метод четырехточечного изгиба имитирует изгиб асфальтобетонного слоя в рассматриваемой точке покрытия и соответствует 95–85% от времени всего нагружения покрытия полной чашей прогиба.

Поэтому целесообразно определять расчетные значения динамического модуля упругости (жесткости) асфальтобетона с использованием метода четырехточечного изгиба.

5.2. Параметры температуры, частоты (скорости) нагружений, величины прикладываемой нагрузки также в совокупности обладают значительной мерой влияния на величину динамического модуля упругости асфальтобетона.

Эти параметры в ходе эксплуатации асфальтобетонного слоя могут меняться случайным образом, в зависимости от климатических условий, вида и степени нагрузки проезжающих транспортных средств, скорости и интенсивности их движения. Поэтому предлагается от фиксированных расчетных значений динамического модуля упругости асфальтобетона перейти к учету

вероятностного распределения его значений.

Метод определения динамического модуля упругости (жесткости) четырехточечного изгиба является достаточно трудоемким. Поэтому целесообразно в лабораторных условиях определять математические ожидания модуля в зависимости от характерных для рассматриваемого месторасположения автомобильной дороги условий. Дисперсию значений модуля можно рассчитывать теоретически в зависимости от характерных условий движения по автомобильной дороге и ее местоположению.

5.3. Температура проведения испытаний для определения математического ожидания динамического модуля упругости асфальтобетона должна приниматься либо среднегодовой для рассматриваемого района, либо испытания должны проводиться как для средней температуры теплого сезона, так и для средней температуры холодного сезона.

5.4. Цикличность нагружения не должна превышать 1,0–3,0 Гц. Такая частота примерно соответствует прохождению чаши прогиба от автомобиля по рассматриваемой точке покрытия. С другой стороны, при применении качественного модифицированного вяжущего, количество нагружений до падения модуля в 2 раза может составить от

нескольких сот тысяч до нескольких миллионов. При частоте 1,0–3,0 Гц такое испытание становится избыточно долгим.

Поэтому целесообразно использовать частоту 1,0–3,0 Гц для определения начального модуля и количества нагружений до падения модуля в 2 раза на немодифицированном вяжущем.

На модифицированном вяжущем следует проводить параллельные испытания: при частоте 1,0–3,0 Гц – для определения значения начального модуля, при частоте 5,0 Гц – для определения числа нагружений до падения начального модуля в 2 раза (при использовании частичной интерполяции данных).

Определение цикличности нагружения должно быть в любом случае связано со средней скоростью движения автомобилей и соответствующей длиной динамической чаши прогиба под колесами.

5.5. Величину задаваемой деформации необходимо рассчитывать исходя из назначаемой кривизны прогиба поверхности дорожной одежды под расчетной нагрузкой по формуле:

$$E = \frac{12 \left(\frac{\Delta}{L} \right) L\delta \cdot h\delta}{3L\delta^2 - 4a^2} \quad (1),$$

где: E – максимальная горизонтальная деформация при растяжении, мм/м;

$\frac{\Delta}{L}$ – отношение максимального прогиба дорожной одежды к длине чаши прогиба, мм/м;

$L\delta$ – расчетная длина нагружаемой балки, 0,355 м;

$h\delta$ – высота (толщина) балки, м;

a – расстояние между внутренними зажимами, 0,119 м.

При средней высоте (толщине) балки около 0,050 м формула преобразуется:

$$E = 0,66 \frac{\Delta}{L} \quad (2)$$

Принимая для дорог невысокой капитальности отношение максимального прогиба поверхности к длине чаши прогиба 1,0–0,5 мм/м, получаем задаваемую горизонтальную деформацию для испытания балки 0,66–0,33 мм/м. Для дорог высокой капитальности отношение максимального прогиба к длине чаши прогиба может не превышать 0,5 мм/м. Соответственно, задаваемая горизонтальная деформация для испытаний в данном случае может быть оценена около 0,33 мм/м.

М.А. Славущий,

канд. техн. наук,

заведующий

испытательно-исследовательской

лабораторией

ФАУ «РОСДОРНИИ»

Уважаемые господа!

Предлагаем оформить подписку на журнал «Дорожная держава».

Стоимость годовой подписки (7 номеров) – 6 300 рублей

Стоимость подписки на полгода (4 номера) – 3 600 рублей

Подписаться на журнал

можно с любого номера, позвонив по тел.:

(812) 320-04-08 или (812) 320-04-09

