

УДК 620.179

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА ПО КРИВОЙ РАЗГРУЗКИ ПРИ ИНДЕНТИРОВАНИИ

В.А. РУДНИЦКИЙ, А.П. КРЕНЬ

Государственное научное учреждение  
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»  
Минск, Беларусь

Определение физико-механических характеристик асфальтобетонов, которые могут использоваться для аналитического описания процесса его деформирования, представляет собой сложную задачу. В первую очередь это связано с тем, что данный материал проявляет комплекс вязких, упругих и пластических свойств и получить уравнения, которые могли бы быть применены для расчета характеристик при произвольных условиях нагружения, практически невозможно. Так, в частности, если рассматривать такую характеристику как модуль упругости, то следует учитывать, что для асфальтобетона он не является постоянной величиной, а зависит от времени (скорости) приложения нагрузки, температуры и величины деформации.

Выражения, описывающие процесс деформирования асфальтобетона в вязкоупругопластическом состоянии, как правило, предполагают использование интегральных уравнений, решение которых связано с применением численных методов и не отличаются высокой точностью значений получаемых характеристик. Поэтому более приемлемым для расчета параметров материала представляется его испытание в условиях, где изучаемая характеристика более выражена, а влияние других свойств минимально. В качестве примера использования такого подхода в данной работе предлагается методика расчета модуля упругости для асфальтобетона, находящегося в упругопластическом состоянии. Согласно предлагаемой методике будем воздействовать на асфальтобетон коротким механическим импульсом. Для этих целей наиболее подходящим является использование метода динамического индентирования (МДИ), который заключается в нанесении удара по испытываемому материалу с заданной кинетической энергией индентором-бойком с полусферическим наконечником. Подробное описание данного метода можно найти в [1]. Разработанная установка ИПМ-1А, реализующая МДИ, позволяет регистрировать диаграмму: контактное усилие  $P$  – глубина вдавливания  $\alpha$ . Зависимость  $P(\alpha)$  можно разбить на два основных этапа – активный, на котором происходит внедрение индентора в материал, и пассивный, соответствующий отскоку индентора.

В процессе активного удара происходит упругопластическое деформирование, а процессе пассивного этапа – чисто упругое восстановление деформации. Поэтому предлагается определять модуль упругости, используя кривую разгрузки.



Хорошо известно, что модуль упругости асфальтобетона в отличие от металлов не является постоянной величиной, а зависит от величины деформации.

Из упругой теории Герца [2] можно получить следующее соотношение:

$$\frac{dP}{dl} = \frac{d}{e}, \quad (1)$$

где  $e = \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2}$   $l$  – перемещение индентора;  $d$  – диаметр проекции отпечатка;  $E_1$  и  $E_2$  – модули упругости индентора и асфальтобетона соответственно,  $\nu_1$  и  $\nu_2$  – коэффициенты Пуассона для этих же материалов.

Если модуль упругости является постоянной величиной, то, как следует из (1), отношение  $\frac{dP/dl}{d}$  должно быть постоянной величиной для любой деформации характеризуемой,  $l$  или  $d$ . Для того, что бы убедиться, изменяется ли модуль упругости, определялись значения  $\frac{dP}{dl}$  и  $d$  от начала разгрузки до момента разрыва контакта между индентором и материалом.

Производная  $\frac{dP}{dl}$  определялась из эксперимента, величина  $d$  рассчитывалась на основании уравнения Герца для взаимодействия жесткой сферы с вогнутой сферической поверхностью.

Результаты вычислений показали, что величина модуля упругости  $E_2$  меняется в пределах от  $(2,8 \text{ до } 0,96) \cdot 10^{10}$  Па, уменьшаясь к концу разгрузки. Учитывая достаточно большое различие, предлагается для практики использовать измерения модуля упругости в конце разгрузки, как наиболее близкие к результатам статических измерений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудницкий, В. А. Испытания эластомерных материалов методами индентирования / В. А. Рудницкий, А. П. Крень; под ред. П. П. Прохоренко. – Минск: Белорус. наука, 2007. – 227 с.
2. Jonson K. Contact mechanics. Cambridge, UK: Cambridge university press, 1985.

