

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕФЛЕКТОМЕТРА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Д-р техн. наук, профессор **О.А. Красиков**  
(ФАУ «РОСДОРНИИ»),  
канд. техн. наук, профессор **И.Н. Косенко**  
(КазАДИ, г. Алма-Ата)  
Контактная информация: [krasikov@rosdornii.ru](mailto:krasikov@rosdornii.ru)

*Представлены методические положения по обработке данных, полученных при оценке прочности нежестких дорожных одежд дефлектометром. Акцентируется внимание на необходимость расчета фактического модуля упругости для оценки прочности дорожной одежды по данным дефлектометра. Представлены соответствующие формулы. Рассмотрены четыре вида коэффициентов прочности, используемых на стадии проектирования нежестких дорожных одежд, на стадии строительства и в период гарантийного срока службы, на стадии эксплуатации и при ограниченной исходной информации.*

**Ключевые слова:** дефлектометр, оценка прочности, нежесткие дорожные одежды, модуль упругости, четыре вида коэффициентов прочности.

Современные дефлектометры представляют собой установки динамического нагружения с контрольно-измерительной аппаратурой, смонтированной, как правило на двухосном прицепе. Назначение дефлектометров – это измерение динамических прогибов дорожной одежды при кратковременном нагружении падающим грузом на круглую сегментную нагрузочную плиту (штамп) диаметром 300 мм с обеспечением равномерного распределения нагрузочного импульса на поверхности дорожного покрытия (могут быть и другие виды нагрузочной плиты).

Принцип действия дефлектометра основан на создании динамического усилия в результате сбрасывания груза, скользящего по направляющим стойкам с определенной высоты на покрытие дорожной одежды.

При работе с дефлектометрами руководствуются методическими положениями, изложенными в соответствующих инструкциях по эксплуатации. Динамические прогибы определяются: в центре сбрасывания груза и на расстоянии от центра штампа на 0,24; 0,37; 0,55; 0,85 и 1,22 м

(в данном случае 6 датчиков прогиба дифлектометра FWD MODEL KUAB 120 SPM).

При обработке полученных данных, согласно программному обеспечению, они приводятся к заданной расчетной нагрузке. Для этого используется следующая формула:

$$L_{дин.р} = L_{дин.} * P_{ф} / P_{р} , \quad (1)$$

где

$L_{дин}$  и  $L_{дин.р}$  – фактический и приведенный к расчетной нагрузке динамические прогибы, мм;

$P_{ф}$  и  $P_{р}$  – фактическая приложенная к плите нагрузка и расчетная нагрузка, равная: для группы А<sub>1</sub> – 5000 кгс; для А<sub>2</sub> – 5500 кгс; для А<sub>3</sub> – 6500 кгс (для тех стран, где используется расчетная нагрузка, равная 13 т).

Программным обеспечением к динамической установке предусмотрена возможность решать ряд задач, таких как:

- расчет предельной осевой нагрузки;
- расчет модуля упругости дорожной одежды;
- построение графика чаши прогиба (по данным шести датчиков);
- определение остаточной работоспособности (остаток срока службы) дорожной конструкции по полученным динамическим прогибам в зависимости от фактической интенсивности и состава движения транспорта.

Это позволяет существенно расширить перечень характеристик для оценки несущей способности дорожных конструкций. Вместе с тем существующими нормативными документами по расчету нежестких дорожных одежд регламентируется три критерия предельного состояния [1-4 и др.] – упругий прогиб под расчетной нагрузкой, растягивающие напряжения при изгибе монолитных слоев и сопротивление сдвигу грунтов и малосвязных слоев.

Для оценки прочности нежестких дорожных одежд использование указанных трех критериев весьма затруднительно, так как измерить в полевых условиях напряжения сдвига или растяжения при изгибе не представляется возможным. Единственным из трех критериев поддается контролю в полевых условиях упругий прогиб. Вместе с тем, как отмечается в работах [5, 6], упругий прогиб, либо вычисленный по нему модуль упругости, не являясь прочностной характеристикой, тесно связан с ними и в достаточной степени характеризует фактическую прочность дорожной одежды, отражая все особенности ее службы по двум другим критериям прочности. Объясняется это следующим.

Чем больше прогиб дорожной одежды под расчетной нагрузкой, тем меньше ее жесткость и распределяющая способность, а значит в монолитных слоях будут больше растягивающие напряжения при изгибе. Очевидно и то, что с увеличением прогиба будут увеличиваться напряжения в нижележащих слоях конструкции, что приведет к увеличению вероятности возникновения напряжений сдвига. То есть упругий прогиб, являясь деформационной характеристикой, представляет собой обобщающую характеристику фактической прочности одежды по всем трем критериям.

Таким образом, для оценки прочности нежестких дорожных одежд используется обобщающий показатель – упругий прогиб, либо вычисленный по его величине модуль упругости.

Упругий прогиб является абсолютной деформационной характеристикой упругих свойств дорожной одежды, определяемой осевой обратимой деформацией при нагружении и снятии вертикальной транспортной нагрузки. Модуль упругости представляет собой относительную деформационную характеристику упругих свойств дорожной одежды, определяемой соотношением действующего напряжения к вызываемой им упругой деформации в условиях свободного бокового расширения. Эти показатели прочности нежестких дорожных одежд используются практически во всех странах мира и являются основными для расчета их усиления. В этой связи возникает вопрос использования показателей дефлектометра с привязкой их к модулю упругости, как к основной характеристике для оценки прочности нежесткой дорожной одежды.

Практическая реализация дефлектометров [7, 8] показала, что самая устойчивая корреляционная связь существует между статическим упругим прогибом  $L_{cm}$  и суммой динамических прогибов  $\Sigma L_{дин.р}$  по результатам показаний шести датчиков.

В частности, для расчетной нагрузки  $A_1$  было получено следующее корреляционное уравнение с коэффициентом корреляции 0,93, что свидетельствует о высокой тесноте связи:

$$L_{cm} = 0,3638 * \Sigma L_{дин.р} - 0,0085 . \quad (2)$$

Значения в формуле (2) должны устанавливаться индивидуально для каждого дефлектометра, как в прочем и для других расчетных нагрузок, и ежегодно уточняться.

Дальнейшая обработка вариационного ряда величин  $L_{cm}$  выполняется традиционным способом [8]:

- учет расчетной температуры, влажности земляного полотна и определение текущих значений вариационного ряда модулей упругости;
- определение математического ожидания модуля упругости и коэффициента вариации;
- определение минимального с заданной надежностью модуля упругости и сравнение его с требуемым по условиям движения транспорта;
- определение коэффициента прочности с выводом о необходимости усиления дорожной одежды.

Важно отметить, что в данном случае коэффициент прочности представляет собой отношение фактического минимального с заданной надежностью модуля упругости дорожной одежды к требуемому модулю упругости. При многократном определении модуля упругости по площади покрытия, полученные результаты вариационного ряда располагаются в каком-то интервале. При этом часть результатов будет меньше среднего значения, часть – больше. Возможны случаи, когда средние модули упругости равны, а разброс модулей упругости не одинаков, что, как правило, сопровождается различным эксплуатационным состоянием дорожной одежды, и оно тем хуже, чем больше этот разброс, т.е. больше коэффициент вариации модуля упругости. Очевидно, что средние коэффициенты прочности, полученные по средним значениям модуля упругости, будут одинаковы, хотя эксплуатационное состояние будет различным. Отсюда следует, что руководствоваться средним модулем упругости и средним коэффициентом прочности нельзя, необходимо учитывать однородность дорожной одежды, а значит использовать минимальный модуль упругости, определяемый с заданной надежностью при односторонней доверительной вероятности  $E_{min}$  по формуле:

$$E_{min} = E_p * (1 - t C_E) , \quad (3)$$

где

$E_p$  - математическое ожидание модуля упругости, приведенное к расчетному периоду МПа;

$t$  – нормированное отклонение [1-3];

$C_E$  – коэффициент вариации модуля упругости.

Коэффициент вариации модуля упругости является важной характеристикой качества дорожно-строительных и ремонтных работ.

В настоящее время с учетом внедрения новой техники, новых технологий, современных дорожно-строительных материалов можно, в

первом приближении, рекомендовать следующие оценочные характеристики предельных значений коэффициентов вариации модулей упругости дорожных одежд (являются частным мнением авторов, которые базируются на практическом опыте оценки прочности нежестких дорожных одежд):

*- для дорожных одежд капитального типа:*

ниже 0,12 – отлично;  
0,12 – 0,18 – хорошо;  
0,18-0,25 – удовлетворительно;  
свыше 0,25 – плохо.

*- для дорожных одежд облегченного типа:*

ниже 0,15 – отлично;  
0,15 – 0,20 – хорошо;  
0,20 – 0,27 – удовлетворительно;  
свыше 0,27 – плохо.

В зависимости от постановки задачи, исходных данных и других особенностей, коэффициент прочности может иметь четыре разновидности.

*Первая разновидность – это расчетный коэффициент прочности дорожной одежды.* Он определяется на стадии проектирования дорожной одежды, как отношение общего модуля упругости, полученного расчетом, к требуемому модулю упругости, определяемому, согласно [1, 2], исходя из прогнозируемой суммарной интенсивности движения расчетных автомобилей:

$$K_{np,p} = \frac{E_{общ}}{E_{тр.п}}, \quad (4)$$

где

$E_{общ}$  – общий модуль упругости для расчета дорожной одежды на стадии проектирования, МПа;

$E_{тр.п}$  – требуемый по проектной документации модуль упругости дорожной одежды, МПа.

Расчетный коэффициент прочности сравнивают с нормативным коэффициентом прочности, значения которого регламентированы в документах [1, 2] в зависимости от типа дорожной одежды, категории дороги и заданного уровня надежности.

*Вторая разновидность – это коэффициент обеспечения проектной прочности.* Он определяется на стадии строительства и в период

гарантийного срока службы дорожной одежды и представляет собой отношение фактического минимального модуля упругости (определяется по аналогии с формулой (3), полученного по результатам полевых испытаний, к проектному требуемому модулю упругости, определяемому, согласно [1, 2], исходя из прогнозируемой суммарной интенсивности движения расчетных автомобилей за межремонтный срок службы:

$$K_{np.n} = \frac{E_{min}}{E_{тр.п}}, \quad (5)$$

где

$E_{min}$  – минимальный модуль упругости на момент обследования, МПа;

$E_{тр.п}$  – требуемый по проектной документации модуль упругости дорожной одежды, МПа.

Коэффициент обеспечения проектной прочности сравнивают, как и в предыдущем случае, с нормативным коэффициентом прочности [1, 2].

В период эксплуатации дорожной одежды изменение интенсивности и состава движения транспорта происходит, как правило, с отклонениями от прогнозируемого изменения, что, конечно же, отразится на отклонении требуемого модуля упругости по факту от проектного. В этом случае требуемый модуль упругости в период обследования дороги определяется по суммарной интенсивности движения за промежуток времени от момента сдачи автомобильной дороги в эксплуатацию до момента испытания дорожной одежды по формуле, представленной в [1, 2].

Коэффициент прочности равен отношению:

$$K_{np.з} = \frac{E_{min}}{E_{тр.t}}, \quad (6)$$

где

$E_{тр.t}$  – требуемый модуль упругости дорожной одежды в момент обследования, соответствующий фактической суммарной интенсивности движения за период  $t$ , МПа.

Этот коэффициент  $K_{np.з}$  является третьей разновидностью и называется коэффициентом запаса прочности, так как он косвенно свидетельствует о возможностях дальнейшего пропуска расчетных автомобилей до достижения его значения нормативной величины. Если коэффициент запаса прочности достиг нормативного значения или стал меньше его, то это свидетельствует о том, что запас прочности исчерпан

и необходимо планировать ремонтные работы по усилению дорожной одежды [4, 9] или предусматривать ограничение движения транспорта в расчетный период (весенний период) [10]. Такое значение коэффициента запаса прочности, как правило, сопровождается соответствующим эксплуатационным состоянием дорожной одежды, т.е. наличием определенного количества деформаций и разрушений, свидетельствующих о недостаточной прочности.

Если такое соответствие не выполняется, то возможными причинами могут быть:

- ошибки в определении фактической прочности дорожной одежды;
- ошибки в определении требуемой прочности дорожной одежды;
- дорожная одежда работает на пределе запаса прочности, и в ближайшее время следует ожидать быстрого появления и накопления деформаций.

Возможны случаи, когда необходимо оценить прочность эксплуатируемой дорожной одежды в отсутствии информации о фактическом сроке службы и полном или частичном отсутствии данных об интенсивности и составе движения транспорта. В таких случаях используют четвертую разновидность *коэффициента прочности, который называется фактическим на момент обследования и определяется по формуле:*

$$K_{пр.ф} = \frac{E_{min}}{E_{тр.ф}}, \quad (7)$$

где

$E_{тр.ф}$  – требуемый модуль упругости дорожной одежды, определяемый по фактической интенсивности движения расчетных автомобилей в момент обследования, МПа.

В этом случае проблемой является определение требуемого модуля упругости, так как неизвестны исходные данные, в частности, срок службы одежды, интенсивность и состав движения по годам службы одежды, коэффициент изменения интенсивности и т.д. Для решения проблемы необходимо выполнить суточный или краткосрочный учет интенсивности и состава движения в соответствии с нормативными документами и привести ее к среднегодовой. Затем по составу транспортного потока привести к расчетной нагрузке. Определить требуемый модуль упругости в соответствии с нормативными документами [1-4] не представляется возможным, так как другие исходные данные отсутствуют. В Казахстане в этом случае используют уравнение требуемых

модулей упругости [8, 11], которое было реализовано ранее для построения соответствующего графика в ВСН 46-83 [3]:

$$E_{mp}=119,76+73,19*(lgN_i-1) , \quad (8)$$

где

$N_i$  – интенсивность движения на момент обследования, приведенная к расчетной нагрузке  $A_1$ , авт./сут.

Уравнение (8) и соответствующий график в ВСН 46-83 [3] в свое время использовались для определения требуемого модуля упругости при проектировании, а также для оценки прочности нежестких дорожных одежд [11]. В России нормативным документом [12] также было предусмотрено при отсутствии данных о сроках службы принимать его равным нормативному сроку службы с последующим определением требуемого модуля упругости для оценки прочности дорожной одежды.

Уравнение [8] установлено на основе полученного уравнения требуемых модулей упругости в зависимости от суммарной интенсивности движения автомобилей, приведенной к расчетной нагрузке  $A_1$  за межремонтный срок службы дорожной одежды [13]:

$$E_{mp}=119,76+73,19*(lgN_c-G) , \quad (9)$$

где

$N_c$  – суммарная интенсивность движения автомобилей, приведенных к расчетной нагрузке  $A_1$ , авт./сут.:

$$N_c = n_p * N_{np.1} * \frac{q^T - 1}{q - 1} , \quad (10)$$

где

$n_p$  – количество дней в году с расчетным движением;

$N_{np.1}$  – приведенная к расчетной нагрузке  $A_1$  интенсивность движения в первый год службы одежды, авт./сут.:

$$N_{np.1} = \frac{N_{np.T}}{q^{T-1}} , \quad (11)$$

где

$N_{np.m}$  – приведенная к расчетной нагрузке  $A_1$  интенсивность движения на перспективу срока службы одежды  $T$  (лет), авт./сут.;

$q$  – коэффициент изменения интенсивности движения за срок службы одежды  $T$ ;

$G$  – логарифм суммарного расчетного движения за срок службы  $T$  при

$N_{np.m} = 10$  авт./сут., исходя из выполнения условия [5, 6]:

$$N_{np.m} \geq 10 \text{ авт./сут.} \quad (12)$$

При исходных данных (принятых ранее [5]):  $T = 15$  лет для дорожных одежд капитального типа;  $q = 1,08$  – принято было при установлении уравнений требуемых модулей упругости;  $n_p = 365$  дней; с учетом уравнения (11), величина  $N_c$  на перспективу 15 лет будет равна:

$$N_{c.15} = 3374,118 * N_{np.15} . \quad (13)$$

При выполнении условия (12) величина  $G$  составит:

$$G = lg * (3374,118 * 10) = 4,528 .$$

Тогда аргумент формулы (9) будет равен:

$$(lg N_c - G) = lg 365 * \frac{N_i}{1,08^{15-1}} * \frac{1,08^{15} - 1}{1,08 - 1} - 4,528 = (lg N_i - 1) . \quad (14)$$

Заменив в формуле (9) величину  $(lg N_c - G)$  на  $(lg N_i - 1)$ , получим уравнение (8) при условии реализации представленных выше исходных данных:  $T = 15$  лет;  $q = 1,08$ .

Возможны варианты, когда интенсивность и состав движения транспорта известны за последние 2-3 года, фактический срок службы неизвестен. В этом случае стоит определить среднее значение интенсивности из двух, трех показаний, которое затем используется для определения  $E_{тр.ф}$  по формуле (8) с последующим определением коэффициента прочности по формуле (7).

Если интенсивность движения известна за больший срок службы чем 3 года, то фактическую интенсивность на момент обследования определяют следующим образом:

- определяют коэффициенты изменения интенсивности по годам:  $q_1; q_2; q_3; \dots q_i$ ;
- определяют средний коэффициент изменения интенсивности движения по формуле:

$$\bar{q} = \frac{\sum q}{t-1} ; \quad (15)$$

- определяют среднюю интенсивность движения  $\bar{N}$  за  $t$  лет;
- определяют интенсивность движения на момент обследования:

$$N_i = \bar{N} * q^{(T-1)/2} . \quad (16)$$

При определении фактического коэффициента прочности по формуле (7) следует учитывать, что величина  $E_{тр.ф}$  определена без учета срока службы дорожной одежды, поэтому речь идет не о коэффициенте запаса прочности, а о коэффициенте прочности, полученном по

ограниченным данным интенсивности движения транспорта. В этом случае важно использовать данные визуальной оценки прочности, которые должны учитываться при выводе о соответствии фактической прочности условиям ее эксплуатации.

Если  $K_{пр.ф.}$  выше или равен нормативному значению, а визуальная оценка прочности свидетельствует о недостаточной прочности, то налицо неточности определения требуемого модуля упругости, а возможно и фактического модуля упругости тоже. В этом случае делается вывод о недостаточной прочности по данным визуального обследования, а также о необходимости уточнения как требуемого, так и фактического модуля упругости.

Следует отметить, что требуемый модуль упругости во многом зависит от точности прогнозирования интенсивности и состава движения транспорта, что весьма затруднительно на значительную перспективу. Это зависит от многих факторов: от равномерности экономического развития региона, в том числе промышленности, сельского хозяйства и т.п.; случайного характера формирования грузовых и пассажирских перевозок; от развития автотранспорта и возможно импорта зарубежных автомобилей и др.

Отсюда следует однозначный вывод, что ошибка в прогнозе интенсивности и состава движения транспорта, а следовательно, в определении требуемого модуля упругости дорожной одежды неизбежна (в свое время на это обращал внимание профессор Корсунский М.Б.).

Вместе с тем, на стадии проектирования, ее опасаться не следует. Очевидно, возможны ошибки, которые распределяются по закону нормального распределения от среднего, могут отразиться на фактическом сроке службы дорожной одежды, и если он будет меньше или больше на 2-3 года, то в этом нет ничего необычного и ущербного для экономики страны. В первом случае, если дорожная одежда прослужит на 3 года меньше запланированного срока, присутствует недооценка главным образом роста интенсивности движения (при прочих равных условиях), но и присутствует экономия единовременных затрат на строительство дорожной одежды с недостаточной прочностью на перспективу.

Во втором случае, т.е. когда дорожная одежда прослужит на три года больше запланированного срока, присутствует переоценка роста интенсивности движения (при прочих равных условиях), но и перерасход единовременных затрат на строительство, что компенсируется отдаленностью затрат на последующий капитальный ремонт. И это тоже себя оправдывает.

Перечисленные ситуации естественны в практике проектирования нежестких дорожных одежд и оценки их прочности на стадии эксплуатации. Кроме того, следует принять во внимание ранние результаты

исследований профессора Пашкина В.К. [14], которые свидетельствуют о том, что для назначения толщины конструктивных слоев с точностью до 1 см допустимая ошибка в прогнозируемой интенсивности движения может составлять:

- для капитальных типов дорожных одежд – 20%;
- для облегченных типов одежд – 25%;
- для переходных типов одежд – 27%.

Экстремальной ситуацией являются большие ошибки, приводящие к сокращению запланированного срока службы в 2-3 раза. Это происходит в случае возможных ошибок по составу движения транспорта (например, рассчитывали на осевую нагрузку 10 т, а следовало – на 13 т), ошибок в назначении материалов, низкого качества материалов и работ, а также недооценки водно-теплового режима земляного полотна и др.

Таким образом, для оценки прочности используются четыре вида коэффициента прочности дорожной одежды, которые сравниваются с нормативным коэффициентом прочности:

- *расчетный коэффициент прочности* дорожной одежды, представляющий отношение общего модуля упругости, полученного на стадии проектирования расчетом, к требуемому модулю упругости, определяемому по прогнозируемой суммарной интенсивности движения расчетных автомобилей за межремонтный срок службы дорожной одежды (4);
- *коэффициент обеспечения проектной прочности*, представляющий отношение фактического минимального модуля упругости, полученного по результатам полевых испытаний, к проектному требуемому модулю упругости, определяемому, как и в первом случае, по прогнозируемой суммарной интенсивности движения расчетных автомобилей за межремонтный срок службы дорожной одежды (5);
- *коэффициент запаса прочности*, представляющий отношение фактического минимального модуля упругости, полученного по результатам полевых испытаний в момент обследования, к требуемому модулю упругости, определяемому по фактической суммарной интенсивности движения расчетных автомобилей за период от момента сдачи дороги в эксплуатацию до момента обследования (6);
- *фактический коэффициент прочности*, представляющий отношение минимального модуля упругости, полученного по результатам полевых испытаний в момент обследования, к требуемому модулю упругости, определяемому по фактической интенсивно-

сти движения расчетных автомобилей на момент обследования при ограниченной информации ((7), практикуется в Казахстане).

Все четыре коэффициента прочности подлежат сравнению с нормативным коэффициентом прочности, согласно требованиям нормативных документов.

Важно отметить, что на стадии эксплуатации дорожной одежды, т.е. при диагностике эксплуатируемых дорог, используется *коэффициент запаса прочности*, а при отсутствии сведений о сроке службы одежды – *фактический коэффициент прочности (практикуется в Казахстане)*, который менее предпочтителен в связи с определением его при ограниченной информации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд / Росавтодор. Минтранс РФ. – М., 2001. – 144 с.
2. ПНСТ 265-2018. Дороги автомобильные. Проектирование нежестких дорожных одежд. – М.: Стандартинформ, 2018. – 74 с.
3. ВСН 46-83. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа / Минтрансстрой СССР. – М., Транспорт, 1985. – 157 с.
4. ОДН 218.1.052 – 2002. Оценка прочности нежестких дорожных одежд / Минтранс РФ. Росавтодор. – М., 2003. – 80 с.
5. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд / Под. ред. Н.Н. Иванова. – М., Транспорт, 1973. – 328 с.
6. Апестин В.К. Испытание и оценка прочности нежестких дорожных одежд / В.К. Апестин, А.М. Шак, Ю.М. Яковлев. – М.: Транспорт, 1977. – 102 с.
7. Дефлектометр КУАВ 120 SP. Инструкция по эксплуатации / Минтранском РК. Комитет автомобильных дорог. КаздорНИИ. – Алматы, 2003. – 64 с.
8. Рекомендации по оценке прочности нежестких дорожных одежд с использованием дефлектометра КУАВ 120 SP. Р РК 218-22-03 / Минтранском РК. Комитет автомобильных дорог. КаздорНИИ. – Алматы, 2003. – 27 с.
9. ОДН 218.3.024-2012. Оценка прочности нежестких дорожных одежд / ФДА (Росавтодор). – М., 2013. – 23 с.
10. ОДМ 218.6.002-2010. Методические рекомендации по определению допустимых осевых нагрузок автотранспортных средств в весенний период на основании результатов диагностики автомобильных дорог общего пользования федерального значения / ФДА (Росавтодор). – М., 2011. – 17 с.

11. *Рекомендации по оценке прочности и расчету усиления нежестких дорожных одежд. Р РК 218-05-97 / Министерство транспорта и коммуникаций Республики Казахстан. – Алматы, 1997. – 64 с.*
12. *ВСН 52-89. Указания по оценке прочности и расчету усиления нежестких дорожных одежд / Минавтодор РСФСР. – М., 1989. – 79 с.*
13. *Красиков О.А. Оценка прочности и расчет усиления нежестких дорожных одежд / О.А. Красиков / КазгосИНТИ. – Алматы, 2006. – 308 с.*
14. *Пашкин В.К. Исследование точности расчета перспективной интенсивности движения на автомобильных дорогах: Сб. научных трудов / Минавтодор Каз.ССР. – Алма-Ата, 1971. – С. 74-81.*

### **L I T E R A T U R A**

1. *ODN 218.046-01. Projektirovanie nezhestkih dorozhnyh odezhd / Rosavtodor. Mintrans RF. – М., 2001. – 144 с.*
2. *PNST 265-2018. Dorogi avtomobil'nye. Projektirovanie nezhestkih dorozhnyh odezhd. – М.: Standartinform, 2018. – 74 с.*
3. *VSN 46-83. Instrukciya po projektirovaniyu dorozhnyh odezhd nezhestkogo tipa / Mintransstroj SSSR. – М., Transport, 1985. – 157 с.*
4. *ODN 218.1.052 – 2002. Ocenka prochnosti nezhestkih dorozhnyh odezhd / Mintrans RF. Rosavtodor. – М., 2003. – 80 с.*
5. *Konstruirovaniye i raschet nezhestkih dorozhnyh odezhd / Pod. red. N.N. Ivanova. – М., Transport, 1973. – 328 с.*
6. *Apestin V.K. Ispytaniye i ocenka prochnosti nezhestkih dorozhnyh odezhd / V.K. Apestin, A.M. Shak, Yu.M. Yakovlev. – М.: Transport, 1977. – 102 с.*
7. *Deflektometr KUAB 120 SP. Instrukciya po ekspluatacii / Mintranskom RK. Komitet avtomobil'nyh dorog. KazdorNII. – Алматы, 2003. – 64 с.*
8. *Rekomendacii po ocenke prochnosti nezhestkih dorozhnyh odezhd s ispol'zovaniem deflektometra KUAB 120 SP. R RK 218-22-03 / Mintranskom RK Komitet avtomobil'nyh dorog. KazdorNII. – Алматы, 2003. – 27 с.*
9. *ODN 218.3.024-2012. Ocenka prochnosti nezhestkih dorozhnyh odezhd / FDA (Rosavtodor). – М., 2013. – 23 с.*
10. *ODM 218.6.002-2010. Metodicheskie rekomendacii po opredele-niyu dopustimyyh osevyh nagruzok avtotransportnyh sredstv v*

vesennij period na osnovanii rezul'tatov diagnostiki avtomobil'nyh dorog obshchego pol'zovaniya federal'nogo znacheniya / FDA (Rosavtodor). – M., 2011. – 17 s.

11. Rekomendacii po ocenke prochnosti i raschetu usileniya nezhestkih dorozhnyh odezhd. R RK 218-05-97 / Ministerstvo transporta i kommunikacij Respubliki Kazahstan. – Almaty, 1997. – 64 s.
12. VSN 52-89. Ukazaniya po ocenke prochnosti i raschetu usileniya nezhestkih dorozhnyh odezhd / Minavtodor RSFSR. – M., 1989. – 79 s.
13. Krasikov O.A. Ocenka prochnosti i raschet usileniya nezhestkih dorozhnyh odezhd / O.A. Krasikov / KazgosINTI. – Almaty, 2006. – 308 s.
14. Pashkin V.K. Issledovanie tochnosti rascheta perspektivnoj intensivnosti dvizheniya na avtomobil'nyh dorogah: Sb. nauchnyh trudov / Minavtodor Kaz.SSR. – Alma-Ata, 1971. – S. 74-81.

.....

## **USE OF DEFLECTOMETER INDICATORS FOR ASSESSING NON-RIGID PAVEMENTS STRENGTH**

*Doctor of Engineering, Professor* **O.A. Krasikov**  
(FAI «ROSDORNII»)

*Ph. D. (Tech.), Professor* **I.N. Kosenko**  
(KazADI, Alma-Ata)

*Contact information:* [krasikov@rosdornii.ru](mailto:krasikov@rosdornii.ru)

*The methodological provisions for processing the data obtained by deflectometer when assessing non-rigid pavements strength are presented. It is emphasized the need to calculate the actual modulus of elasticity to assess the pavement strength according to deflectometer data. The appropriate formulas are done. Four types of strength factors used at the design stage of non-rigid pavements, at the construction stage and during the warranty period, at the operation stage and with limited background information are considered.*

**Key words:** *deflectometer, strength assessment, non-rigid pavements, modulus of elasticity, four types of strength factors.*

---

Рецензент: д-р техн. наук А.М. Кулижников (ФАУ «РОСДОРНИИ»).  
Статья поступила в редакцию: 27.04.2020 г.