

Беспалов Л.Н., канд. техн. наук, Мальгин М.Г., Ласлов С.В.

## ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЯЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ПЛИТНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ

В процессе эксплуатации автодорожных мостов повсеместно отмечается увеличение толщины дорожной одежды (ДО) мостового полотна, особенно у сооружений на местной сети автомобильных дорог. Так, по прошествии трех-четырёх десятилетий эксплуатации толщина ДО может существенно увеличиться (в 1,5...2 раза и более) в сравнении с проектной. Авторам известны отдельные случаи роста толщины ДО на мостах до полуметра. Причиной является периодическая укладка дополнительных (ремонтных) слоев асфальтобетонного покрытия без удаления предыдущих.

Данное обстоятельство приводит к существенному росту постоянной нагрузки и, как следствие, снижению фактической грузоподъемности пролетных строений. Вместе с тем, кроме отмеченного негативного влияния ДО увеличивает жесткость поперечного сечения пролетного строения, что приводит к более плавному распределению временной нагрузки между несущими элементами. А в рамках принятого нормативного подхода при расчете грузоподъемности пролетных строений – к уменьшению коэффициента поперечного распределения (КПУ).

В настоящем расчетном исследовании, с целью оценки распределяющего влияния ДО и выявления ресурсов грузоподъемности при росте постоянной нагрузки, рассмотрено железобетонное сборное пролетное строение из 14 предварительно напряженных пустотных плит в поперечном сечении (серия ВТП-21 «Укргипродор») длиной 18 м (высота плит 0,75 м) с традиционным типовым решением мостового полотна. Принят габарит Г-11,5 м (ширина проезжей части 7,5 м, полосы безопасности 2, 0 м) и тротуары шириной по 1,5 м. Нормативная временная расчетная нагрузка Н-30 и НК-80.

Выбор для исследования данного типового плитного пролетного строения объясняется относительной близостью высоты (изгибной жесткости) несущих плит и рассмотренного диапазона толщин ДО, что позволяет в большей степени выявить эффект распределяющего влияния покрытия, в

сравнении с ребристыми балками. Кроме того, указанные плитные пролетные строения имеют широчайшее распространение в мостах на дорогах страны.

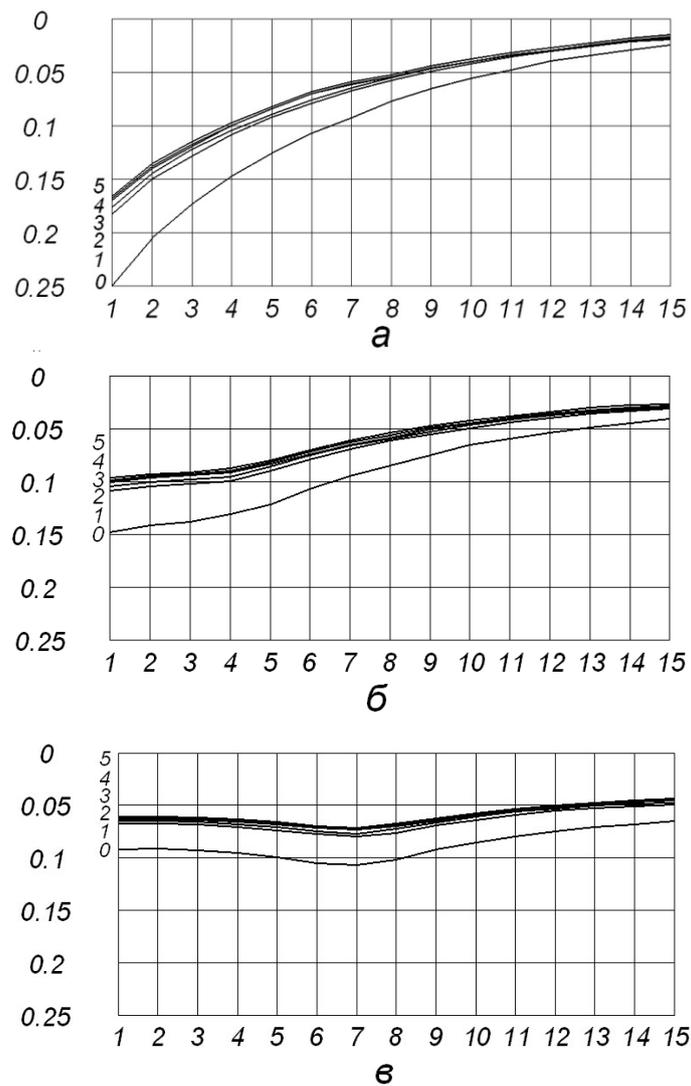
В исследовании принимались следующий ряд реально возможных толщин ДО (см): 16 (проектная), 24, 32, 36, 40. Конструкция дорожной одежды включает: выравнивающий слой 3 см, гидроизоляция 1 см, защитный слой 4 см, асфальтобетонное покрытие, которое варьировалось в соответствии с принятой толщиной ДО (см): 8, 16, 24, 28, 32 – т.е. типовое решение конструкции.

Для расчетных исследований пространственной работы пролетного строения использовался ПК ЛИРА. Модель пролетного строения описывалась универсальными пространственными элементами. Модуль упругости асфальтобетона покрытия проезжей части (принимался плотный асфальтобетон с  $E \approx 4000$  МПа [1]) и остальных слоев ДО условно приводился к модулю упругости железобетона несущих плит (бетон М400  $E_b = 35000$  МПа, в соответствии с нормами, действующими на момент разработки типового проекта [2]). В составе приведенного сечения учитывалась рабочая высокопрочная арматура (класс А-IV  $E_p = 190000$  МПа [2]).

На основании результатов пространственных расчетов получены линии влияния давлений для всех плит пролетного строения с принятыми толщинами ДО. Последние для 1-й, 4-й и 7-й плит представлены на рис.1 (ординаты даны по стыкам элементов и фасадам крайних плит). Под номером «0» приведена линия давления, рассчитанная без учета жесткости одежды, как традиционно практикуется при выполнении расчета грузоподъемности пролетных строений.

Величины КПУ определялись путем загрузки линий влияния давлений расчетной нагрузкой НК-80, установленной со сдвижкой к краю проезжей части. Значения КПУ для семи плит в зависимости от толщины ДО приведены в таблице 1.

При сопоставлении величин КПУ, рассчитанных с учетом фактической жесткости ДО с результатами расчета без учета жесткости, очевидно снижение доли временной нагрузки, приходящейся на каждую из плит в поперечном сечении. При этом, без учета жесткости одежды на половину ширины пролетного строения (7 плит) приходится 76% временной нагрузки, тогда как с учетом жесткости проектной толщины ДО (16 см) – 56%, а при толщине «пирога» 32 см уже 52%. Во всех случаях наиболее загруженной является крайняя (1-я) плита. Учет реальной жесткости ДО для 1-й плиты уменьшает величину КПУ для рассматриваемого диапазона толщин одежды (см)  $H_{до} = 16, 24, 32, 36, 40$  соответственно на 26,2%, 28,9%, 31,6%, 32,7% и 33,8%.



**Рисунок 1** – Линии влияния давления для 1-й (а), 4-й (б), 7-й (в) плит: 0 – без учета жесткости дорожной одежды; 1, 2, 3, 4, 5 – с учетом жесткости, соответственно при толщине ДО (см) 16, 24, 32, 36, 40

**Таблица 1** – Коэффициенты поперечной установки для НК-80

№ плит Н <sub>до</sub> (см)	1	2	3	4	5	6	7
0	0,1109	0,1095	0,1088	0,1090	0,1083	0,1061	0,1019
16	0,0818	0,0805	0,0804	0,0812	0,0809	0,0787	0,0760
24	0,0788	0,0775	0,0776	0,0780	0,0779	0,0759	0,0729
32	0,0759	0,0747	0,0748	0,0753	0,0749	0,0732	0,0702
36	0,0746	0,0734	0,0735	0,0749	0,0735	0,0702	0,0690

40	0,0734	0,0722	0,0723	0,0726	0,0722	0,0709	0,0678
----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

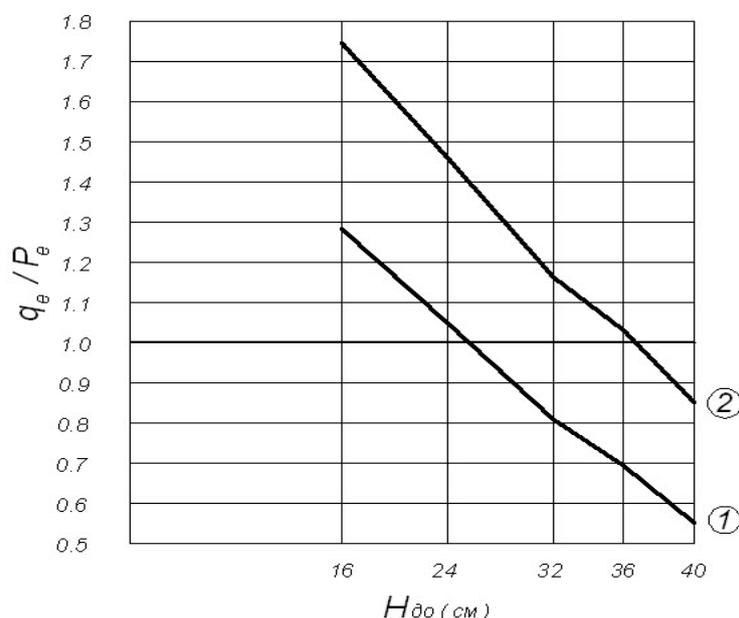
Нормативная методология расчета грузоподъемности пролетных строений [3] предполагает сравнение усилий в сечениях элементов (в нашем случае – изгибающего момента в середине пролета) от нормативных временных подвижных нагрузок (рассматривается НК-80) с граничными значениями, выраженными в соответствующих эквивалентных нагрузках. При этом должно соблюдаться неравенство:

$$q_e \geq p_e \quad (1)$$

где  $q_e$  – граничное значение эквивалентной нагрузки, зависящее от несущей способности сечения, величины пролета, КПУ, интенсивности постоянной нагрузки, расчетных коэффициентов надежности и динамичности временной нагрузки, и определяемой в соответствии с формулами [3];

$p_e$  – эквивалентная нагрузка от рассматриваемой нормативной временной нагрузки, в нашем случае – НК-80.

В случае соблюдения неравенства (1) грузоподъемность относительно рассматриваемой нагрузки считается обеспеченной, а при  $q_e = p_e$  – грузоподъемность обеспечена с «нулевым» запасом, т.е. при критическом значении  $q_e$ . Результаты выполненных расчетов грузоподъемности для НК-80 при всем диапазоне рассматриваемых толщин ДО с учетом и без учета ее жесткости представлены в графическом виде на рис. 2.



**Рисунок 2** – Зависимость  $q_e/p_e$  от толщины ДО ( $H_{до}$ ): 1 – без учета жесткости ДО; 2 – с учетом жесткости ДО

Из графика зависимости « $q_e/p_e - H_{до}$ » видно, что без учета жесткости ДО, предельная (критическая) ее толщина, с точки зрения грузоподъемности, составляет 26 см, в то же время, учет в расчетной модели жесткости ДО увеличивает величину предельной толщины одежды до 37 см.

На основании сопоставления полученных результатов расчетов грузоподъемности, выполненных в рамках традиционного подхода и с учетом фактической жесткости дорожной одежды видно, что уточнение расчетной модели плитного пролетного строения наряду с использованием пространственной схемы расчета позволяет выявить определенные ресурсы грузоподъемности.

Однако, стохастический характер деформационных характеристик реального асфальтобетона покрытия моста (материал, марка вяжущего всех уложенных слоев, температура окружающей среды и пр.) вместе с неопределенностью геометрии подстилающих слоев, может снижать отмеченный эффект от уточнения расчетной модели. В практических расчетах грузоподъемности целесообразно геометрические параметры слоев дорожной одежды принимать по результатам натурных измерений, а модуль упругости асфальтобетона принимать на уровне усредненных значений.

Для ребристых пролетных строений учет жесткости ДО в расчетной модели, принимая во внимание значительную разницу между параметрами жесткости одежды и несущих элементов, отмеченное уточнение даст заметно более худший результат.

### Литература

1. ВБН В.2.3-218-186-2004. Дорожній одяг нежорсткого типу. – К.: Укравтодор, 2004 – 151 с.
2. СН 365-76. Указания по проектированию железобетонных и бетонных конструкций железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб. – М.: Госстрой СССР, 1967 – 145 с.
3. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009 – 49 с.