

Скиба А.Н., магистрант, Сокирко В.Н., к.т.н.

АДИ ГВУЗ «ДонНТУ», г. Горловка

УТОЧНЕНИЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЕЗДА ТЯЖЕЛОВЕСНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПО ИСКУССТВЕННЫМ СООРУЖЕНИЯМ ДОРОГ

В работе уточнена методика маршрутного обследования искусственных сооружений дорог на предмет возможности пропуска тяжеловесного транспортного средства. С использованием уточненной методики были проведены экспериментальные исследования возможности проезда тяжеловесного транспортного средства по искусственным сооружениям, расположенным по пути следования на автомобильных дорогах Славянск–Донецк–Мариуполь.

Постановка решаемой научной задачи

Грузовые тяжеловесные перевозки являются важным фактором развития экономики страны. Процесс обеспечения тяжеловесных перевозок сопряжен с решением целого ряда исследовательских, технологических и управленческих проблем. К числу исследовательских проблем можно отнести исследование возможности движения тяжеловесного средства по искусственным сооружениям. Особо остро эта проблема стоит в последнее время в связи с увеличением количества частных предприятий. Вопросы организации работ по исследованию возможности искусственных сооружений пропускать тяжеловесный транспорт решаются с неполным выполнением нормативных требований.

Цель работы

Уточнить существующую методику расчета маршрутного обследования искусственного сооружения и с ее помощью определить возможность движения тяжеловесного транспортного средства по искусственным сооружениям, расположенным по пути следования на автомобильных дорогах Славянск–Донецк–Мариуполь.

Основная часть

Существующая методика расчета маршрутного обследования искусственного сооружения для пропуска тяжеловесного транспортного средства разработана в [1, 2] и используется в качестве основной нормативной документации. Указанная методика предусматривает проведение следующих расчетных этапов:

- составление схемы распределения нагрузок на несущие элементы искусственного сооружения от тяжеловесного транспортного средства;
- определение теоретических усилий в несущих элементах от тяжеловесного транспортного средства;
- сравнение рассчитанных теоретических усилий, определение коэффициентов нагрузки;
- перерасчет конструкций с учетом влияния выявленных дефектов;
- анализ результатов обследования и разработка рекомендаций относительно возможности проезда тяжеловесного транспортного средства;
- составление технических выводов.

Выводы по расчетам указанной методики представляют собой рекомендацию ограничения скорости движения тяжеловесного транспортного средства по искусственному сооружению дороги.

Предлагается уточнить существующую методику ограничения максимальной скорости движения по искусственному сооружению с учетом в расчетах возможного изменения скорости движения тяжеловесного транспортного средства в процессе его разгона или торможения. Компонировка тяжеловесного транспортного средства чаще всего обеспечивает наибольшие нагрузки на мосты задней тележки [3]. В процессе разгона тяжеловесного транспортного средства возникающая сила инерции создает дополнительную нагрузку на наиболее нагруженные мосты задней тележки. Существующая методика расчета предусматривает распределение нагрузки на мосты в статике, следовательно, указанное явление дополнительной нагрузки на мосты задней тележки при разгоне не учитывается, что является существенной неточностью данной методики, особенно в условиях, когда момент нагрузки близок к максимально допустимому моменту для искусственного сооружения.

Используя велосипедную форму нагружения тяжеловесного транспортного средства и известные соотношения для скорости движения и ускорения, принимая, что рост скорости является линейным, можно записать следующие соотношения.

Ускорение тяжеловесного транспортного средства на пролете искусственного сооружения

$$j = \frac{V_{\max}^2 - V_{\min}^2}{2L_p}, \quad (1)$$

где j — максимальное ускорение тяжеловесного транспортного средства на пролете искусственного сооружения;

V_{\max}^2 — максимальная скорость движения тяжеловесного транспортного средства на пролете искусственного сооружения;

V_{\min}^2 — минимальная скорость движения тяжеловесного транспортного средства на пролете искусственного сооружения, ограничивающая пределы колебания скорости тяжеловесного транспортного средства при разгоне;

L_p — расчетная длина пролета искусственного сооружения.

Дополнительное усилие на мосты задней тележки тяжеловесного транспортного средства при разгоне на пролете искусственного сооружения

$$P_d = \frac{m_a j h_g}{b} = m_a h_g \frac{V_{\max}^2 - V_{\min}^2}{2L_p b}, \quad (2)$$

где P_d — дополнительное усилие на мосты задней тележки тяжеловесного транспортного средства при разгоне на пролете искусственного сооружения;

m_a — масса тяжеловесного транспортного средства;

h_g — высота центра тяжести тяжеловесного транспортного средства;

b — расстояние от центра тяжести тяжеловесного транспортного средства до оси задней тележки.

Максимальное дополнительное усилие на мосты задней тележки тяжеловесного транспортного средства при разгоне на пролете искусственного сооружения из условия запаса по моменту

$$P_{d_{\max}} = \frac{M_{\text{полезн}} - M_{\text{врпл}}}{0,5L_p}, \quad (3)$$

где $P_{d_{\max}}$ — максимальное дополнительное усилие на мосты задней тележки тяжело-

весного транспортного средства при разгоне на пролете искусственного сооружения;

$M_{\text{полезн}}$ — несущая способность плиты по изгибающему моменту в середине пролета;

$M_{\text{врпл}}$ — изгибающий момент в середине пролета искусственного сооружения.

С учетом формул (2) и (3) для граничных условий $P_{d_{\text{max}}} = P_d$ получим минимальную скорость движения тяжеловесного транспортного средства на пролете искусственного сооружения, ограничивающую пределы колебания скорости тяжеловесного транспортного средства при разгоне:

$$V_{\text{min}} = \sqrt{V_{\text{max}}^2 - \frac{4b(M_{\text{полезн}} - M_{\text{врпл}})}{m_a h_g}}. \quad (4)$$

Таким образом, с использованием формулы (4) предлагается давать дополнительную рекомендацию пределов колебания скорости движения тяжеловесного транспортного средства на пролете искусственного сооружения для процесса разгона — $(V_{\text{min}} \dots V_{\text{max}})$.

В соответствии с уточненной методикой авторами статьи были проведены экспериментальные маршрутные обследования некоторых искусственных сооружений на автомобильных дорогах маршрута Славянск — Донецк — Мариуполь.

Характеристика автопоезда в соответствии с заданием [1]:

- длина — 22,0 м;
- ширина — 3,6 м;
- расстояние от центра тяжести до оси задней тележки — 7,0 м;
- высота — 4,9 м;
- высота центра тяжести — 1,7 м;
- общий вес — 93,9 тонн;
- наибольшая нагрузка на ось — 18,49 тонн.

Перечень работ, выполненных в ходе маршрутного обследования:

- обмер искусственных сооружений с целью выявления статической схемы;
- определение сечения несущих элементов;
- выявление дефектов, влияющих на несущую способность;
- расчет конструкций с целью определения возможности проезда тяжеловесного транспортного средства;
- определение теоретических усилий в несущих элементах от тяжеловесного транспортного средства;
- сравнение усилий, определение коэффициентов нагрузки;
- перерасчет конструкций с учетом влияния выявленных дефектов;
- анализ результатов обследования и разработка рекомендаций относительно возможности проезда сверхнормативного транспортного средства;
- составление технических выводов.

Результаты исследования

Маршрутное обследование железобетонного путепровода (правая часть) на автомобильной дороге Славянск — Донецк — Мариуполь, км 97+321.

Схема $3 \times 18,0 + 12,0$ м, временная нагрузка Н-30, НК-80, на тротуарах максимальное количество пешеходов. Несущая способность плиты по изгибающему моменту в середине пролета при $L_n = 18,0$ м, $L_p = 11,40$ м, $M_{\text{пред}} = 112,20$ тм, $M_p = 107,5$ тм, $M_{\text{полезн}} = 58,41$ тм.

Изгибающий момент в середине пролета от временной нагрузки

$$y_0 = \frac{L_p}{4} = 4,35 \text{ м}; y_1 = 0,5 \cdot 1,6 = 0,80 \text{ м}; y_2 = 0,5 \cdot 3,0 = 1,5 \text{ м}; y_3 = 0,5 \cdot 7,5 = 3,75 \text{ м};$$

$$y_4=0,5 \cdot 4,4=2,20 \text{ м}; y_5=0,5 \cdot 3,2=1,6 \text{ м}; M_{\text{вп}}=184,5 \text{ тм}.$$

Изгибающий момент в середине одной плиты при $K_{\text{нз max}}=0,25$.

$$M_{\text{впл}}=0,25 \cdot 184,58=46,15 < [58,41 \text{ тм}].$$

Вывод: по путепроводу возможен пропуск автопоезда с грузом по оси проезжей части путепровода со скоростью не более 10 км/ч при $f_f=1,0$.

Дополнительный расчет по формуле (4):

$$V_{\text{min}} = \sqrt{V_{\text{max}}^2 - \frac{4b(M_{\text{полезн}} - M_{\text{впл}})}{m_a h_g}} = \sqrt{\frac{10}{3,6} - \frac{4 \cdot 7 \cdot (58,41 - 46,15)}{93,9 \cdot 1,7}} = 0,62, \text{ м/с} = 3 \text{ км/ч}.$$

Вывод: по путепроводу возможен пропуск автопоезда с грузом по оси проезжей части путепровода со скоростью не более 10 км/ч, при $f_f=1,0$, с колебанием скорости в пределах 10-3 км/ч.

Маршрутное обследование железобетонного путепровода (правая часть) на автомобильной дороге Славянск – Донецк – Мариуполь, км 106+879.

Схема 12,0+18,0+12,0 м, временная вертикальная нагрузка Н-30, НК-80, толпа на тротуарах. Несущая способность плиты по изгибающему моменту в середине пролета

$$L_n=12,0 \text{ м}, L_p=11,40 \text{ м}, M_{\text{пред}}=53,50 \text{ тм}, M_{\text{полезн}}=31,78 \text{ тм}.$$

Изгибающий момент в середине одной плиты от временной нагрузки $M_{\text{вп}}=109,01 \text{ тм}$.

Изгибающий момент в середине одной плиты при $K_{\text{нз max}}=0,25$.

$$M_{\text{впл}}=27,25 \text{ м} < [31,78 \text{ тм}].$$

$$L_n=18,0 \text{ м}, L_p=17,40 \text{ м}, M_{\text{пред}}=112,20 \text{ тм}, M_{\text{полезн}}=58,41 \text{ тм}.$$

Изгибающий момент в середине пролета от нагрузок, подлежащей к пропуску, $M_{\text{вп}}=184,58 \text{ тм}$.

Изгибающий момент в середине одной плиты при $K_{\text{нз max}}=0,25$.

$$M_{\text{впл}}=46,15 \text{ м} < [58,41 \text{ тм}].$$

Вывод: по путепроводу возможен пропуск автопоезда с грузом по оси проезжей части путепровода со скоростью не более 10 км/ч при $f_f=1,0$.

Дополнительный расчет по формуле (4):

$$V_{\text{min}} = \sqrt{V_{\text{max}}^2 - \frac{4b(M_{\text{полезн}} - M_{\text{впл}})}{m_a h_g}} = \sqrt{\frac{10}{3,6} - \frac{4 \cdot 7 \cdot (31,78 - 27,25)}{93,9 \cdot 1,7}} = 1,98, \text{ м/с} = 7 \text{ км/ч}.$$

$$V_{\text{min}} = \sqrt{V_{\text{max}}^2 - \frac{4b(M_{\text{полезн}} - M_{\text{впл}})}{m_a h_g}} = \sqrt{\frac{10}{3,6} - \frac{4 \cdot 7 \cdot (58,41 - 46,15)}{93,9 \cdot 1,7}} = 0,62, \text{ м/с} = 3 \text{ км/ч}.$$

Вывод: по путепроводу возможен пропуск автопоезда с грузом по оси проезжей части путепровода со скоростью не более 10 км/ч, при $f_f=1,0$, с колебанием скорости в пределах 10-7 км/ч.

Маршрутное обследование железобетонного путепровода (правая часть) на автомобильной дороге Славянск–Донецк–Мариуполь, км 107+232.

Схема 4x18,0 м, временная вертикальная нагрузка Н-30, НК-80, толпа на тротуарах. Несущая способность плиты по изгибающему моменту в середине пролета при $L_n=18,0 \text{ м}$, $L_p=17,40 \text{ м}$, $M_{\text{пред}}=112,20 \text{ тм}$, $M_{\text{полезн}}=58,41 \text{ тм}$.

Изгибающий момент в середине пролета от временной нагрузки $M_{\text{вп}}=184,58 \text{ тм}$.

Изгибающий момент в середине одной плиты при $K_{\text{нз max}}=0,25$.

$$M_{врл}=46,15 \text{ м} < [58,41 \text{ тм}].$$

Вывод: по путепроводу возможен пропуск автопоезда со смещением его оси от оси проезжей части на 0,5 м со скоростью не более 10 км/ч и $f_f \leq 1,0$.

Дополнительный расчет по формуле (4):

$$V_{\min} = \sqrt{V_{\max}^2 - \frac{4b(M_{\text{полезн}} - M_{\text{врл}})}{m_a h_g}} = \sqrt{\frac{10}{3,6} - \frac{4 \cdot 7 \cdot (58,41 - 46,15)}{93,9 \cdot 1,7}} = 0,62 \text{ м/с} = 3 \text{ км/ч}.$$

Вывод: по путепроводу возможен пропуск автопоезда с грузом по оси проезжей части путепровода со скоростью не более 10 км/ч, при $f_f = 1,0$, с колебанием скорости в пределах 10-3 км/ч.

Маршрутное обследование железобетонного путепровода (правая часть) на автомобильной дороге Славянск – Донецк – Мариуполь, км 112 + 361.

Схема 12,0+18,0+2x12,0 м, временная вертикальная нагрузка Н-30, НК-80, толпа на тротуарах. Несущая способность плиты по изгибающему моменту в середине пролета при:

$$а) L_n=12,0 \text{ м}, L_p=11,40 \text{ м}, M_{\text{пред}}=53,50 \text{ тм}, M_{\text{полезн}}=31,78 \text{ тм}.$$

Изгибающий момент в середине одной плиты от временной нагрузки, подлежащий к пропуску, $M_{вр} = 109,01 \text{ тм}$.

Изгибающий момент в середине одной плиты при $K_{нз \max} = 0,25$.

$$M_{врл}=27,25 \text{ м} < [31,78 \text{ тм}].$$

$$б) L_n=18,0 \text{ м}, L_p=17,40 \text{ м}, M_{\text{пред}}=112,20 \text{ тм}, M_{\text{полезн}}=58,41 \text{ тм}.$$

Изгибающий момент в середине пролета от нагрузок $M_{вр} = 184,58 \text{ тм}$.

Изгибающий момент в середине одной плиты при $K_{нз \max} = 0,25$.

$$M_{врл}=46,15 \text{ м} < [58,41 \text{ тм}].$$

Вывод: по путепроводу возможен пропуск автопоезда с грузом по оси проезжей части путепровода со скоростью не более 10 км/ч при $f_f \leq 1,0$.

Дополнительный расчет по формуле (4):

$$V_{\min} = \sqrt{V_{\max}^2 - \frac{4b(M_{\text{полезн}} - M_{\text{врл}})}{m_a h_g}} = \sqrt{\frac{10}{3,6} - \frac{4 \cdot 7 \cdot (58,41 - 46,15)}{93,9 \cdot 1,7}} = 0,62 \text{ м/с} = 3 \text{ км/ч}.$$

Вывод: по путепроводу возможен пропуск автопоезда с грузом по оси проезжей части путепровода со скоростью не более 10 км/ч, при $f_f = 1,0$, с колебанием скорости в пределах 10-3 км/ч.

Вывод

В работе уточнена существующая методика расчета маршрутного обследования искусственного сооружения для пропуска тяжеловесного транспортного средства. Данная методика теперь позволяет не только назначать ограничение скорости движения, но и определять интервал ее колебания в процессе движения по пролетным конструкциям искусственного сооружения. С использованием уточненной методики были проведены экспериментальные исследования возможности проезда тяжеловесного транспортного средства по искусственным сооружениям, расположенным по пути следования на автомобильных дорогах Славянск – Донецк – Мариуполь.

Перспективы развития исследований

В дальнейших исследованиях необходимо провести проверку на предмет возможности выполнения водителем тяжеловесного транспортного средства безопасного экстренного торможения в процессе движения по пролетным конструкциям искусственного сооружения.

Список литературы

1. Леонович И.И., Вырко Н.П., Шумчик К.Ф., Лашенко А.П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения. — Мн.: Выш. шк., 1988. — 348 с.
2. Васильев А.А, Фримштейн М.И. Управление движением на автомобильных дорогах. — М.: Транспорт, 1979. — 296 с.
3. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля. — М.: Машиностроение, 1971. — 416 с.

Стаття надійшла до редакції 01.11.07
© Скиба О.М., Сокирко В.М., 2007