

УДК 625.18

РАСЧЁТ ЭЛЕМЕНТОВ УНИФИЦИРОВАННОГО МОДУЛЯ МОБИЛЬНОГО МОСТОВОГО ПЕРЕЕЗДА

Ганюков Александр Анатольевич,

Балабекова Кырмызы Гинаятовна

sgn_2002@mail.ru, 06_03_92@mail.ru

Карагандинский государственный технический университет

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева

Научный руководитель – А.С.Кадыров

В условиях интенсивного автомобильно – дорожного движения возникают пробки и заторы на дорогах, в том числе, и на крестообразных и тройных путепроводах. В этих случаях, для устранения заторов, применяют различные методы регулирования движения транспорта, а также строительство капитальных путепроводов различной высоты и конфигурации в плане.

Нами предлагается конструкция мобильного путепровода, которая быстро собирается на перекрестке в часы пик, во время каких – либо общественных мероприятий, во время чрезвычайных событий. Мобильный путепровод состоит из горизонтальных модулей, оснащенных колесным ходом и выдвижными опорами. В случае необходимости модули транспортируются к перекрестку и связываются между собой захватами в единую конструкцию. При этом выдвижные опоры опирают на основание.

Мобильные путепроводы в отличии от военных мостоукладчиков должны удовлетворять условиям дорожного движения: высота проезда под ними более 4,5м, ширина транспортной полосы в одном направлении не менее 3,5м.

Собранная конструкция позволяет осуществлять движение части автотранспорта над перпендикулярной дорогой, и его использования на различных перекрестках, т.к. его размеры регулируются количеством модулей (рисунок 1).



Рисунок 1 – Мобильный путепровод

При расчете несущих конструкции (вторая задача) выбран ортогонально - ориентированный модуль, состоящий из пространственной рамы, имеющей четыре вертикальные стойки по краям, двух продольных балок и семи поперечных балок, полностью выполненных из металла. На поверхности рамы укладывается стальной настил для проезжей части с подкрепляющими продольными и поперечными ребрами.

В условиях пространственной работы несущих конструкций рамы, когда её элементы подвержены сложному напряженному состоянию в виде внецентренного сжатия, изгиба, кручения, конструктивно назначены составные поперечные сечения стоек, продольных и поперечных балок, состоящие из тонкостенной трубы, обрамленных четырьмя равнополочными уголками. Геометрические длины элементов рамы назначаются с учетом соблюдения требований организации дорожного движения и норм дорожного автомобилестроения.

Несущие конструкции рамы для обеспечения пространственной жесткости и устойчивости развязаны продольными и поперечными связевыми конструкциями. Динамический эффект от движения подвижного транспорта учитывается путем введения динамического коэффициента, назначенного опытным экспертным методом. ($Kd=1,3$)

Для обеспечения условий прочности, жесткости и устойчивости несущих элементов унифицированного модуля произведен расчет плиты проезжей части и элементов пространственной рамы на вертикальную полезную нагрузку согласно требованиям Евронорм [2]. Приведен расчет модуля в следующей последовательности:

Прямоугольная плита размерами в плане $L \times B$ представляет собой конструктивно – ортотропную пластину, подкрепленную поперечными ребрами с шагом $L / 6$ и продольными ребрами с шагом $B / 4$.

Для универсальности расчетных выражений приняты следующие геометрические и жесткостные характеристики, приведенные к параметрам вертикальных стоек:

$$\alpha_2 = \frac{l_2}{l_1}; \quad \alpha_3 = \frac{l_3}{l_1}; \quad g_2 = \frac{EJ_2}{EJ_1}; \quad g_{2k} = \frac{EJ_{2k}}{EJ_2}; \quad g_3 = \frac{EJ_3}{EJ_1}; \quad g_{3k} = \frac{EJ_{3k}}{EJ_1}; \quad (1)$$

где l_i - длины элементов стоек ($i = 1,2,3$);

EJ_i - их изгибная жесткости;

GJ_i - крутильные жесткости;

При этом: α_2, α_3 - безразмерные отношения длин продольных и поперечных ригелей рамы к длине стойки;

Расчет с целью выявления силового состояния плиты произведен численными методами конечных разностей и конечных элементов, как упругой анизотропной пластины [3,4]. Граничные условия – защемление плиты по контуру.

Расчет методом конечных разностей (МКР) выполнялся при густоте сетки ($n_x \times n_y$) с применением стандартной программы «Matcad».

Расчет методом конечных элементов (МКЭ) выполнен при делении поверхности пластины на четыре прямоугольных элемента.

С учетом двойной симметрии (по осям x, y) число неизвестных перемещений составляет: 12 – по МКР, 3 – по МКЭ. При этом, отмечено хорошее совпадение результатов по прогибам пластины, по обоим методам расчета что говорит о достоверности полученных величин.

При расчете МКР использовались «сетки»:

а) при ручном счете (4x3)

б) при машинном счете (4x3)

При расчете МКЭ использовалась сетка: 2x2 (при ручном счете).

По внутренним усилиям M_x, M_y, M_{xy} изучено напряженное состояние плиты, т.е. определены осевые напряжения $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ и выполнена проверка прочности плиты:

$$\sigma_x = \frac{6 M_x}{t^2}; \quad \sigma_y = \frac{6 M_y}{t^2}; \quad \tau_{xy} = \frac{6 M_{xy}}{t^2}; \quad Kd (\sigma_{\max}) \leq R, \quad (2)$$

где $t=20$ мм – толщина настила;

σ_{\max} - наибольшее фактическое напряжение;

M_{xy} - крутящий момент;

M_x - изгибающий момент по оси x ;

M_y - изгибающий момент по оси y ;

$Kd = 1,3$ – динамический коэффициент.

$R = 300$ МПа – расчетное сопротивление стали марки 09Г2С на изгиб. Также соблюдается условия жесткости (по прогибам):

$$\left(\frac{1}{W_{\max}} = \frac{1}{2150} \right) < \left[\frac{1}{W} = \frac{1}{1000} \right] \quad (3)$$

где W_{\max} - максимальный прогиб плиты;

$\left[\frac{1}{W} \right]$ – допускаемый по нормам прогиб плиты.

Система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), на основе МКР имеет вид:

$$A \cdot \bar{w} = \bar{R}_p, \quad (4)$$

где \bar{w} - вектор неизвестных узловых перемещений;

\bar{R}_p - вектор свободных членов, учитывающий действующую на плиту нагрузку;

A – квадратная матрица n – го порядка.

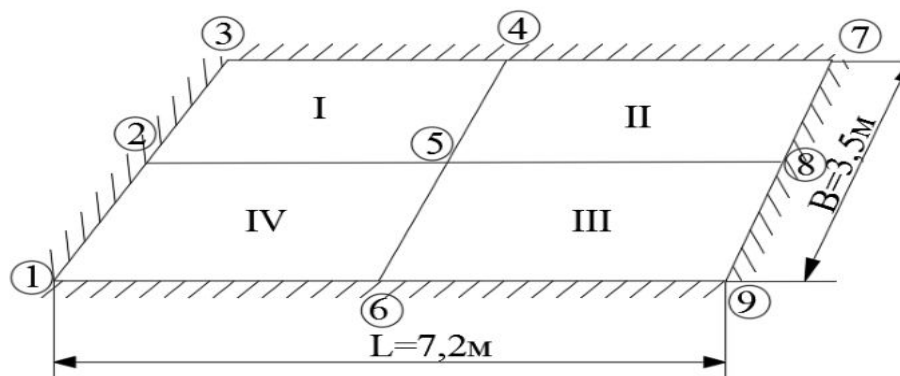


Рисунок 4 - Расчетная схема пластины при расчете МКЭ

В качестве примера реализации уравнения рассмотрена плита с размером $(L \times B) = (7,5 \times 3,5)$ м, при густоте сетки $(n_x \times n_y) = (8 \times 6)$.

При этом получены следующие значения прогибов в узлах сетки

$$W_k = (k = 1, 2, \dots; 12) :$$

$$W_1 = 0,809 / D_x ; \quad W_2 = 1,079 / D_x ; \quad W_3 = 1,145 / D_x ; \quad W_4 = 1,151 / D_x ;$$

$$W_5 = 1,744 / D_x ; \quad W_6 = 2,401 / D_x ; \quad W_7 = 2,578 / D_x ; \quad W_8 = 2,604 / D_x ;$$

$$W_9 = 2,122 / D_x ; \quad W_{10} = 2,497 / D_x ; \quad W_{11} = 3,175 / D_x ; \quad W_{12} = 3,212 / D_x ;$$

$$W_{\max} = 3,212 / D_x ;$$

$$D_x = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} - \text{изгибная жесткость плиты вдоль ее длины } \langle L \rangle.$$

В данной работе показана эффективность расчета конструктивно – ортотропной плиты проезжей части мостового переезда численными методами конечных разностей и конечных элементов; достоверность результатов подтверждена совпадением значений прогибов;

1. Принятые в расчете конкретные геометрические и физико – механические характеристики несущих конструкций и подкрепляющих ребер стального настила (плиты) с большим запасом обеспечивают ее прочности.

2. Принятая толщина листового настила, равная 20 мм при соответствующих несущих «поперечниках» элементов плиты обеспечивают высокую жесткость проезжей части мостового переезда, обусловленную требованиями норм автостроения.

3. Полученная в данной работе в общем виде разрешающая матрица метода конечных разностей (густотой сетки $n_x \times n_y) = (8 \times 6)$.

Список использованных источников

1. Кадыров А.С., Кадырова И.А. Основы научных исследований. Караганда. Изд-во КарГТУ. 2015. с. 267

2. Кадыров А.С., Балабекова К.Г. Исследование работы конструкций мобильного путепровода. Международная научно – практическая конференция «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №7). Часть 2. 2015г. с. 241-243.