



УДК 624.154

Ю.М. НовиковВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛИТЫ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ ПО ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ**

В настоящее время усилия в плите проезжей части определяются в предположении одинаковой её работы на всей длине пролётного строения [1,2]. Расчётная схема плиты в поперечном направлении пролётного строения принята в виде неразрезной балки. Защемление плиты в рёбрах балок учитывается коэффициентами, зависящими от момента кручения балок [2]. В связи с появлением современных программных комплексов, основанных на методе конечных элементов, представляет интерес исследовать работу плиты проезжей части на всём её протяжении.

Исследование выполнено для пролётного строения с длиной балок 18 м, выполненного по типовому проекту [3] (рис. 1). Расчёты произведены по ПК Scad. Расчётная схема пролётного строения принята в виде пространственной конечно элементной модели (рис. 2).

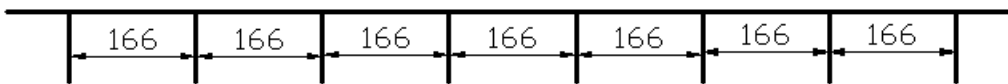


Рисунок 1 – Схема поперечного сечения пролётного строения

Для возможности получения наиболее полной информации о напряжённно-деформированном состоянии элементов пролётного строения, конечные элементы приняты в виде восьмиугольных параллелепипедов. Размеры конечных элементов выбраны путём сгущения сетки объёмных элементов таким образом, чтобы погрешность решения была бы не более 3 %.

Предварительные расчёты показали, что на НДС плиты существенное влияние оказывает закрепление концов балок. Поэтому были рассмотрены два вида опорных частей: резиновые (РОЧ) и металлические. РОЧ имитировались объёмными конечными элементами с соответствующими модулями упругости и коэффициентами Пуассона. Металлические опорные части представлены соответствующими связями в двух узлах ребра балки для подвижной и неподвижной опорной части.

Расчёт выполнен для сборного пролётного строения, которое работает различно в стадии монтажа и в стадии эксплуатации. В качестве нагрузок для стадии монтажа принят собственный вес плиты проезжей части, для стадии эксплуатации - вес мостового полотна, автомобильная нагрузка - А11, одиночная колёсная нагрузка - НК-80.

Расчёт плиты проезжей части произведён на несколько загружений и сочетаний нагрузок (рис. 3). В статье приведены результаты расчёта только на сочетание постоянных нагрузок с нагрузкой от НК-80 при её расположении в крайних панелях плиты (рис. 3,а). Такое сочетание является наиболее невыгодным.

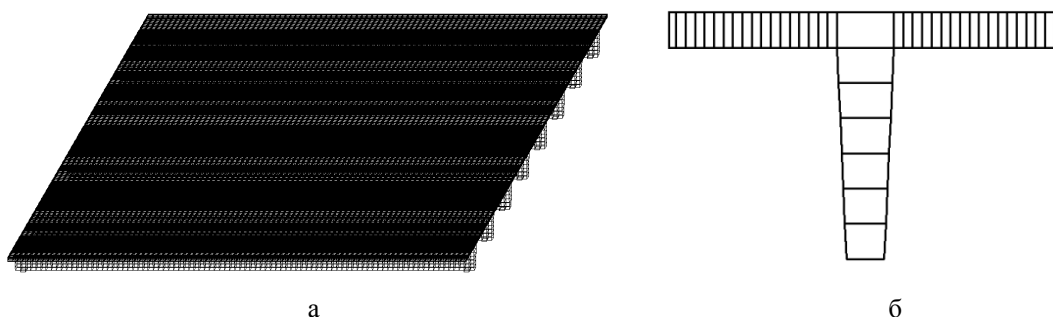


Рисунок 2 – Расчётная схема пролётного строения в виде пространственной модели:
а - общий вид; б - членение балки конечными элементами

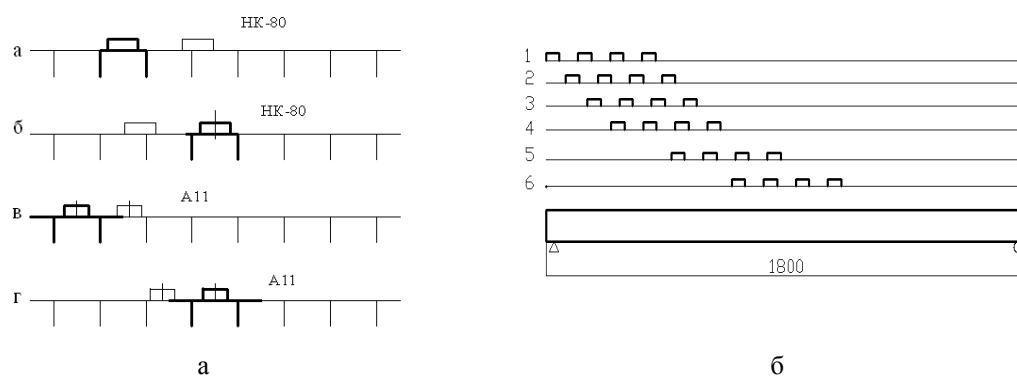


Рисунок 3 – Расположение временной нагрузки: а - размещение временной нагрузки поперёк пролёта; б - размещение нагрузки НК-80 вдоль пролёта.
Выделены панели с наибольшими изгибающими моментами

Временные нагрузки А11 и НК-80 приняты объёмными, распределёнными по площади следа колеса и приложенными к конечным элементам плиты с учётом толщины мостового полотна. Нагрузки от веса мостового полотна приняты также объёмными и приложенными к конечным элементам плиты. Для нагрузок приняты соответствующие коэффициенты надёжности по нагрузке и динамические коэффициенты.

В отличие от традиционных методов расчёта в элементах плиты кроме изгибающих моментов и поперечной силы возникает продольная сила. В ПК Scad для пространственных моделей результаты расчёта выдаются в напряжениях. Продольные силы и изгибающие моменты определялись по крайним напряжениям (рис. 4).

Продольная сила определена по формуле

$$N = \frac{\sigma_n + \sigma_e}{2} F, \quad (1)$$

где σ_n и σ_e - соответственно напряжения в нижнем и верхнем волокне плиты со своими знаками; F - площадь поперечного сечения плиты шириной 1 м.

Изгибающий момент определен по формуле

$$M = \frac{\sigma_n - \sigma_e}{y_n - y_e} \cdot I, \quad (2)$$

где I - момент инерции поперечного сечения плиты шириной 1 м.

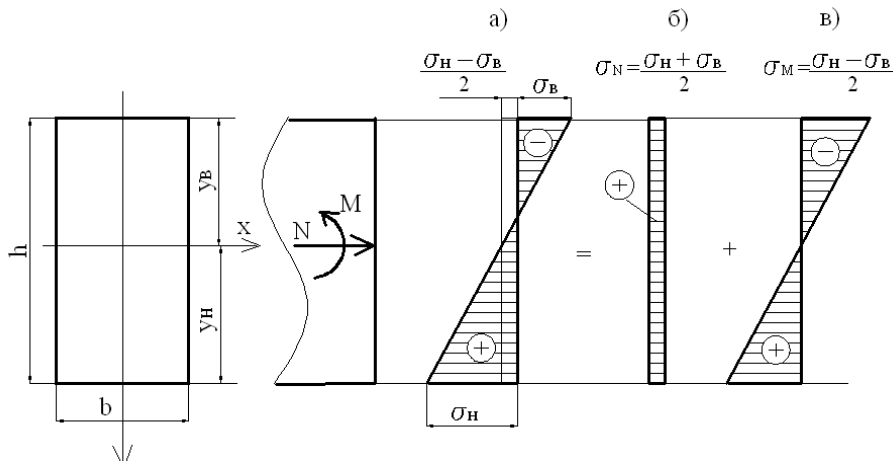


Рисунок 4 - К определению усилий в сечении элемента плиты по крайевым напряжениям:

а - суммарная эпюра от продольной силы и изгибающего момента;

б - эпюра от продольной силы; в - эпюра от изгибающего момента

Результаты расчёта для первой и второй стадий работы при расположении нагрузки НК-80 по схеме (рис. 3,а) при различном расположении нагрузки по длине пролёта (рис. 3) приведены в таблице.

Напряжения и усилия, поперечные сечения арматуры в плите проезжей части

Сочетания загружений (рис. 3)	Середина пролёта плиты		Опорное сечение плиты	
	Напряжения, изгибающий момент	Продольная сила, сечение арматуры	Напряжения, изгибающий момент	Продольная сила, сечение арматуры
Расчётные нагрузки				
НК 80 по схеме 1а	$\sigma_B = -821$ $\sigma_H = +713$ $M = +2,874$	$N = -8,10$ $S1 = 6,3$	$\sigma_B = +665$ $\sigma_H = -828$ $M = -2,913$	$N = -12,22$ $S2 = 7,00$
НК 80 по схеме 2а	$\sigma_B = -463,3$ $\sigma_H = +472,4$ $M = +1,753$	$N = -0,68$ $S1 = 4,5$	$\sigma_B = +128,18$ $\sigma_H = -136,6$ $M = -0,612$	$N = -0,631$ $S2 = 0,94$
НК 80 по схеме 3а	$\sigma_B = -506,78$ $\sigma_H = +528,91$ $M = +1,940$	$N = -1,66$ $S1 = 4,8$	$\sigma_B = +132,12$ $\sigma_H = -128,32$ $M = -0,604$	$N = +0,285$ $S2 = 1,6$
НК 80 по схеме 4а	$\sigma_B = -558,05$ $\sigma_H = +590,0$ $M = +2,874$	$N = +2,04$ $S1 = 5,5$	$\sigma_B = +159,15$ $\sigma_H = -156,29$ $M = -0,707$	$N = +0,214$ $S2 = 1,8$
НК 80 по схеме 5а	$\sigma_B = -634,7$ $\sigma_H = +678,3$ $M = +2,460$	$N = +3,27$ $S1 = 6,9$	$\sigma_B = +194,37$ $\sigma_H = -176,8$ $M = -0,837$	$N = +1,32$ $S2 = 2,3$
НК 80 по схеме 6а	$\sigma_B = -648,98$ $\sigma_H = +683,94$ $M = +2,496$	$N = +2,584$ $S1 = 6,5$	$\sigma_B = +202,95$ $\sigma_H = -190,16$ $M = -0,852$	$N = +0,959$ $S2 = 2,3$

Примечание. Единицы измерения: напряжения - тс/м², моменты - тс·м, продольная сила - тс, площадь поперечного сечения нижней S1 и верхней S2 арматуры - см².

Определение площади поперечного сечения арматуры, расположенной поперек пролётного строения, выполнено по программе «Арбат» ПК Scad с учётом продольной силы.

По результатам расчёта построен график изменения изгибающих моментов по длине пролётного строения (рис. 5).

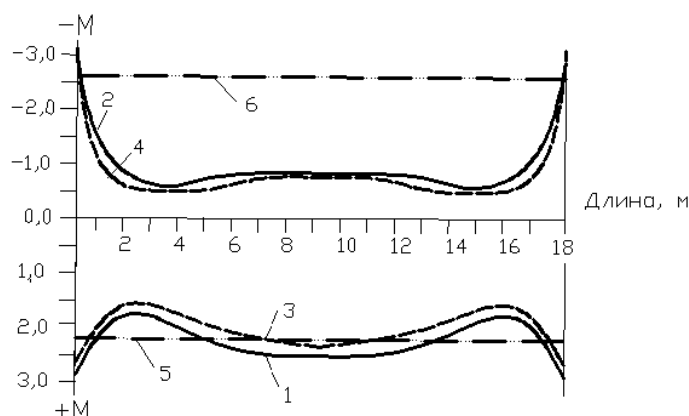


Рисунок 5 – Распределение максимальных изгибающих моментов в плите проезжей части при различном расположении нагрузки НК-80 по длине пролётного строения: 1, 2 - моменты в плите при опирании балок на резиновые опорные части; 3,4 - моменты в плите при опирании балок на металлические опорные части; 5,6 - моменты в плите при традиционном методе расчёта

По длине пролётного строения можно выделить три зоны (рис. 5):

- приопорная зона со значительными изгибающими моментами;
- околоопорная зона с наименьшими изгибающими моментами;
- средняя зона со значительными положительными изгибающими моментами и незначительными отрицательными изгибающими моментами.

При опирании балок на резиновые опорные части положительные моменты в приопорной и средней зоне несколько превышают моменты, определённые по [2]. Однако отрицательные изгибающие моменты в околоопорной и средней зоне намного меньше моментов, определённых по [2]. Отрицательные моменты при расположении нагрузки в средней зоне возникают за пределами нагруженных панелей.

По результатам расчёта можно сделать следующие выводы:

1. Расчёт по пространственной модели даёт объективную картину о напряжённо-деформированном состоянии плиты проезжей части.
2. Расчёт по пространственной модели позволяет значительно уменьшить армирование верхней зоны плиты проезжей части.
3. Изгибающие моменты в плите зависят от типа опорных частей.
4. В элементах пролётного строения кроме изгибающих моментов и поперечной силы возникают продольные силы, что необходимо учитывать при армировании балок.

Список литературы

1. Российский В.А. и др. Примеры проектирования сборных железобетонных мостов. - М. - Высшая школа, 1970. - 520 с.
2. Лившиц Я.Д. и др. Примеры расчёта железобетонных мостов. - Киев: Выща шк., 1986. - 263 с.
3. Пролётное строение без диафрагм из цельноперевозимых балок длиной 12, 15 и 18 м, армированных каркасной арматурой / Союздорпроект. - Сер. 3,505-14. - Вып. 1. - Инв. № 710/1, 1969 г.

Получено 14.10.2014