



(19)-0394-1

УТОЧНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОПЕРЕЧНОЙ УСТАНОВКИ ТРАНСПОРТА ДЛЯ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

А. Н. Миронов¹, Ю. А. Марченкова², Ю. Р. Рыб³, А. А. Ягмур⁴

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.

E-mail: ¹ andreyexp@mail.ru, ² marchenkova.julia@mail.ru, ³ yulia29.02@mail.ru,
⁴ aayagmur@mail.ru

Получена 15 марта 2019; принята 24 мая 2019.

Аннотация. В работе произведен расчет коэффициентов поперечной установки транспортных средств АК-15, НК-100 и пешеходной нагрузки для главных балок сталежелезобетонного пролетного строения мостового сооружения с применением методики внецентренного сжатия. В ходе инженерного расчета выполнена проверка сечения крайней главной балки мостового сооружения в соответствии с требованиями первой и второй группы предельных состояний. В программном комплексе «ЛИРА-САПР 2013» построены две расчетные модели балочного неразрезного пролетного строения центральной части мостового сооружения. На основании полученных численных данных определены коэффициенты поперечной установки транспорта и выявлен характер распределения временной подвижной нагрузки транспорта между главными балками моста. В результате исследования выполнен сравнительный анализ коэффициентов поперечной установки транспорта, полученных инженерным и численным методами.

Ключевые слова: коэффициент поперечной установки (КПУ), сталежелезобетонное мостовое сооружение, главные балки, временная подвижная нагрузка транспорта, метод внецентренного сжатия, конечные элементы (КЭ).

УТОЧНЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОПЕРЕЧНОГО РОЗПОДІЛУ ТРАНСПОРТУ ДЛЯ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ МОСТОВИХ СПОРУД

А. М. Миронов¹, Ю. О. Марченкова², Ю. Р. Риб³, А. А. Ягмур⁴

ДОН ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 286123.

E-mail: ¹ andreyexp@mail.ru, ² marchenkova.julia@mail.ru, ³ yulia29.02@mail.ru,
⁴ aayagmur@mail.ru

Отримана 15 березня 2019; прийнята 24 травень 2019.

Анотація. У роботі проведено розрахунок коефіцієнтів поперечного розподілу транспортних засобів АК-15, НК-100 і пішохідного навантаження для головних балок сталезалізобетонної прогонової будови мостової споруди із застосуванням методики позацентрового стиснення. В ході інженерного розрахунку виконана перевірка перерізу крайньої головної балки мостової споруди відповідно до вимог першої та другої групи граничних станів. У програмному комплексі «ЛИРА-САПР 2013» побудовано дві розрахункові моделі балочної нерозрізної прогонової будови центральної частини мостової споруди. На підставі отриманих чисельних даних визначені коефіцієнти поперечного розподілу транспорту та виявлено характер розподілу тимчасового рухомого навантаження транспорту між головними балками моста. У результаті дослідження виконано порівняльний аналіз коефіцієнтів поперечного розподілу транспорту, отриманих інженерним і чисельним методами.

Ключові слова: коефіцієнт поперечного розподілу (КПР), сталезалізобетонна мостова споруда, головні балки, тимчасове рухоме навантаження транспорту, метод позацентрального стиснення, кінцеві елементи (КЕ).

REFINEMENT OF THE TRANSVERSE INSTALLATION COEFFICIENT OF TRANSPORT FOR STEEL-CONCRETE BRIDGE SPANS

Andrei Myronov¹, Yulia Marchenkova², Yulia Ryb³, Anatoly Yagmur⁴

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 286123.

E-mail: ¹andreyexp@mail.ru, ²marchenkova.julia@mail.ru, ³yulia29.02@mail.ru,

⁴aayagmur@mail.ru

Received 15 March 2019; accepted 24 May 2019.

Abstract. The paper calculates the coefficients of transverse installation of vehicles AK-15, NK-100 and pedestrian load for the main beams of steel-concrete bridge structure with the use of off-center compression. In the course of engineering calculation the section of the extreme main beam of the bridge construction is checked in accordance with the requirements of the first and second group of limiting states. Two design models of the beam continuous spanning structure of the central part of the bridge construction were simulated in the Lira-SAPR 2013 software complex. Based on the numerical data obtained, the coefficients of transverse installation of transport were determined and the nature of the distribution of the temporary mobile load of transport between the main beams of the bridge was revealed. As a result of the research a comparative analysis of the coefficients of transverse installation of transport was accomplished, obtained by engineering and numerical methods.

Keywords: transverse installation factor (TIF), steel-concrete bridge construction, main beams, temporary mobile transport load, out-of-center compression method, final elements (FE).

Введение

Рассматривается пролетное строение моста, представляющего собой пространственную конструкцию, образуемую главными балками, связями и железобетонной плитой проезжей части. Ввиду значительной сложности учета действительных условий работы моста как пространственной конструкции в практике широко распространены приближенные методы учета распределения вертикальной транспортной нагрузки между продольными главными балками.

Коэффициент поперечной установки (КПУ) показывает, какая часть от расчетной временной подвижной нагрузки, установленной в поперечном направлении пролетного строения мостового сооружения, передается на рассматриваемую главную балку. В настоящее время существует несколько методик для определения коэффициентов КПУ [8, 9, 10, 13]. Наиболее простыми в применении являются методы рычага и внецентренного сжатия, которые позволяют

быстро оценить ординаты линии влияния опорного давления на рассматриваемый элемент. Вышеуказанные методы предполагают наиболее нагруженными крайние балки пролетного строения, которые и являются расчетными. Сечения всех остальных балок принимаются такой же конструкции. Однако недостаточно точное расчетное распределение временной подвижной нагрузки поперек пролетного строения может привести к перерасходу материалов или занижению несущей способности конструкций.

Описание объекта исследований

Объект исследований – искусственное транспортное сооружение (мост) через реку Кальмиус по проспекту Ильича в г. Донецке (рисунок 1), расположенный на автодороге общереспубликанского значения, предназначен для пропуска автомобилей, автобусов, троллейбусов и пешеходов. Мост введен в эксплуатацию в 1951 году.



Рисунок 1. Мост через р. Кальмиус в г. Донецке.

Опоры – железобетонные массивные. Пролеты моста перекрыты трехпролетными неразрезными сталежелезобетонными балками.

Статическая схема пролетного строения – балочная трехпролетная неразрезная по системе:

$$(15,68+16,0+17,06)+(33,84+37,6+33,84)+ \\ +(17,06+16,00+15,68) \text{ м,}$$

разделенная двумя деформационными швами.

Длина моста (по задним граням устоев) – 206,0 м.

Габарит моста – Г-14 + 2х3,0 (м).

Подмостовой габарит – 3,0 м.

Отверстие моста – 192,0 м.

Тип мостового полотна – бордюрный.

Габарит моста – Г-14 + 2х3,0 (м), количество полос движения – 2.

Пролеты моста перекрыты 3 пролетными балочными неразрезными сталежелезобетонными пролетными строениями двух типов:

– в береговых пролетах (0-1-2-3 и 6-7-8-9) по схеме 15,68 + 16,0 + 17,06 (м);

– в центральных пролетах (3-4-5-6) по схеме 33,84 + 37,6 + 33,84 (м) – рисунок 2.

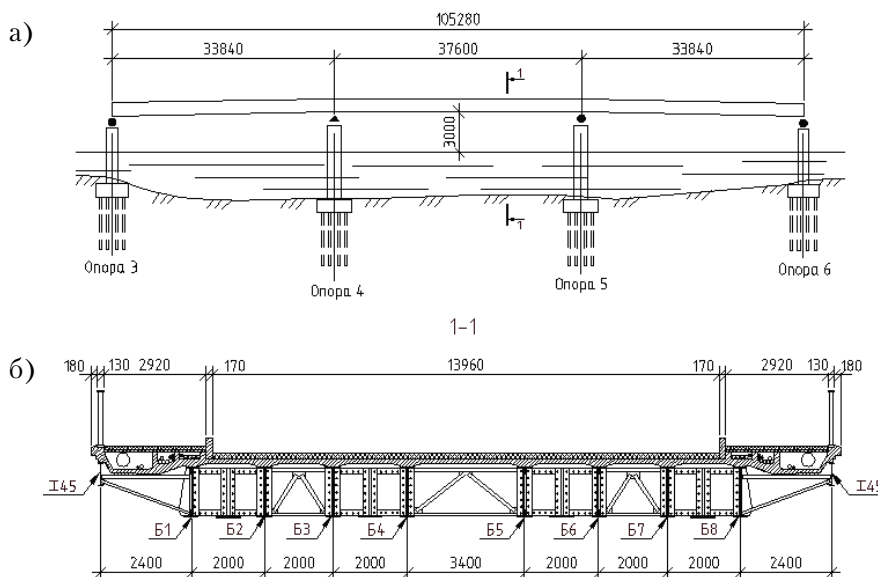


Рисунок 2. Схема центральной части пролетного строения мостового сооружения (а); схема расположения главных балок в поперечном сечении моста (б).

Главные балки пролетных строений – клепаные, двутаврового сечения. Высота стенки балок составляет 1 120 мм для береговых пролетных строений и 1 420 мм для центрального пролетного строения. Сечение поясов переменное по длине пролета, изменение достигается за счет постановки дополнительных поясных листов в зонах наибольших изгибающих моментов. Результаты обследования моста показывают, что по механическим характеристикам и химическому составу металл балок пролетного строения наиболее близок к мостовой стали М16С по ГОСТ 6713-53 и Ст3 по ГОСТ 380-53. Монтажные стыки главных балок выполнены на заклепках с соединением отправочных элементов балок поясными листами и двусторонними листами по стенкам.

В поперечном сечении каждого пролетного строения моста установлено восемь главных балок с шагом 2 000 мм и 3 400 мм (только между Б4 и Б5). Продольная, поперечная жесткость, геометрическая неизменяемость и пространственная работа пролетного строения достигается за счет установки:

- системы продольных связей по нижним поясам главных балок и поперечных связей между главными балками из прокатных уголков;
- железобетонной плиты проезжей части, образующей жесткий горизонтальный связевой диск.

Продольными связями балки объединены попарно: Б1-Б2, Б3-Б4, Б5-Б6 и Б7-Б8, эти же балки объединены над опорами домкратными балками или усиленными поперечными связями (для береговых пролетных строений на крайних опорах).

Толщина железобетонной монолитной плиты проезжей части составляет 160 мм (в пролете между балками). Объединение плиты проезжей части с главными балками в одно монолитное сталежелезобетонное сечение осуществляется при помощи жестких упоров из стальных уголков $\perp 150 \times 100 \times 10$, прикрепленных к верхним поясам главных балок четырьмя односрезными заклепками диаметром 22 мм. Шаг упоров изменяется от 750 мм до 850 мм в береговых пролетных строениях и от 850 до 900 в центральном пролетном строении.

Тротуарные участки монолитной плиты проезжей части имеют полигональный контур и

образуют коммуникационные ниши под тротуарами. Вдоль фасадных граней консольные участки плиты тротуаров поддерживаются продольными балками из двутавра № 45, которые опираются на концы стальных кронштейнов из углового проката.

Инженерный расчет главных балок пролетного строения центральной части моста по первой и второй группам предельных состояний [2, 6]

В рамках исследования рассматривается центрально-трехпролетное строение балочной неразрезной системы длиной 105,28 м. Ширина пролета 3-4 и 5-6 составляет 33,8 м, ширина пролета 4-5 – 37,6 м. Материал плиты тротуаров и проезжей части выполнен из бетона класса В15. Поперечные сечения главных балок пролетного сечения приведены на рисунке 3.

Расчетным методом определены усилия от действующих постоянных и временных подвижных нагрузок [2]. Постоянные нагрузки определены с учетом реальных толщин и материалов слоев дорожного мостового полотна по результатам обследования. Статический расчет главных балок пролетного строения выполнен методами строительной механики с использованием методики внецентренного сжатия [8] для определения КПУ транспортных средств А-15, НК-100 и пешеходной нагрузки для крайней балки Б1 и средней балки Б4 пролетного строения в поперечном сечении моста.

Ординаты линии влияния давления на главные балки пролетного строения определены в соответствии с [8] по формуле:

$$\eta_{1,2} = \frac{1}{n} \pm \frac{a_1^2}{2 \cdot \sum_{i=1}^n a_i^2},$$

где n – кол-во главных балок в поперечном сечении моста;

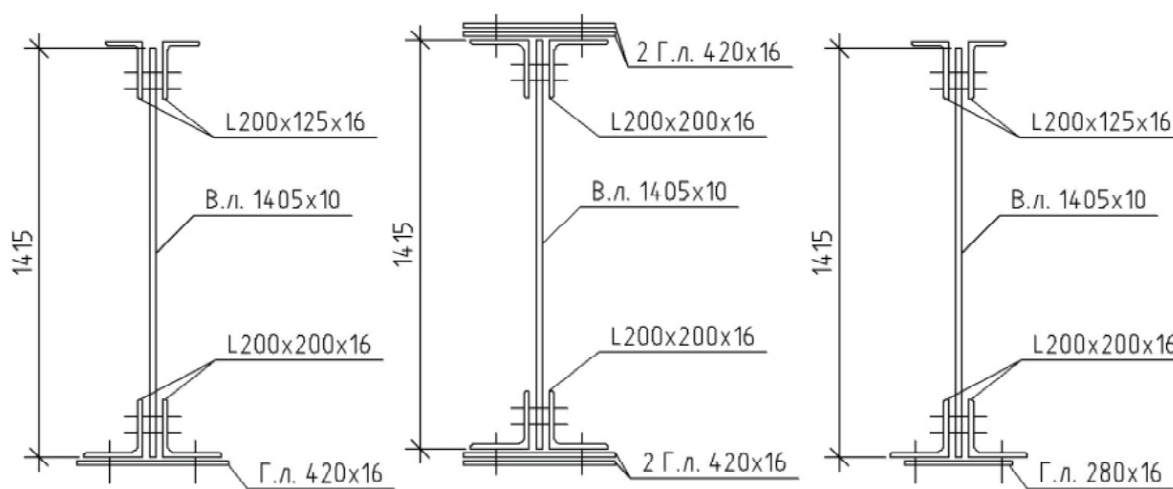
a_i – расстояние между центрами тяжести симметричных балок относительно продольной оси моста;

$\sum_{i=1}^n a_i^2$ – сумма квадратов расстояний между центрами тяжести симметричных балок относительно продольной оси моста.

Результаты расчета сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты расчета ординат линий влияния давления на главные балки по методу внецентренного сжатия [8]

	n	a ₁	$\sum_{i=1}^n a_i^2$	η_1	η_2
Б1	8	15,4	433,44	0,399	- 0,149
Б4		3,4		0,138	- 0,112

**Рисунок 3.** Схема поперечного сечения существующих главных балок: а) сечение в центральной части пролета 3–4 (5–6); б) сечение на опоре 4 (5); в) сечение в центральной части пролета 4–5.

Линии влияния для определения КПУ транспорта АК-15 и НК-100 приведены на рисунках 4, 5.

Коэффициенты поперечной установки для крайней балки Б1 в соответствии с рисунком 4 составляют:

– для двухосной тележки АК-15:

$$\begin{aligned} KПУ &= S_1 \cdot (\eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \eta_4) + S_2 \cdot (\eta_5 + \eta_6) = \\ &= 1 \cdot (0,3549 + 0,2873 + 0,2481 + 0,1805) + \\ &+ 0,75 \cdot (0,1414 + 0,0738) = 1,2322; \end{aligned}$$

– для нагрузки НК-100:

$$KПУ = \eta_1 + \eta_2 = 0,3602 + 0,2641 = 0,6243;$$

– от веса толпы пешеходов на левый тротуар при совместном учете с нагрузкой А-15:

$$\begin{aligned} KПУ &= \frac{1}{2} \cdot (\eta_1 + \eta_2) \cdot l_{mp} = \\ &= \frac{1}{2} \cdot (0,4844 + 0,3805) \cdot 2,92 = 1,2628, \end{aligned}$$

где η_i – ордината линии влияния опорного давления для наиболее загруженной крайней главной балки пролетного строения; S_1 и S_2 – коэффициенты, учитывающие одновременное нагружение нескольких полос движения нагрузкой А-15 [2];

l_{mp} – ширина загружаемого тротуара.

Коэффициенты поперечной установки для средней балки Б4 в соответствии с рис. 5 составляют:

– для двухосной тележки АК-15:

$$\begin{aligned} KПУ &= S_1 \cdot (\eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \eta_4) = \\ &= 1 \cdot (0,4684 + 0,3366 + 0,2604 + 0,1286) = 1,194; \end{aligned}$$

– для нагрузки НК-100:

$$KПУ = \eta_1 + \eta_2 = 0,4788 + 0,2916 = 0,7704$$

– от веса толпы пешеходов на левый тротуар при совместном учете с нагрузкой А-15:

$$\begin{aligned} KПУ &= \frac{1}{2} \cdot (\eta_1 + \eta_2) \cdot l_{mp} = \\ &= \frac{1}{2} \cdot (0,7208 + 0,5183) \cdot 2,92 = 1,809. \end{aligned}$$

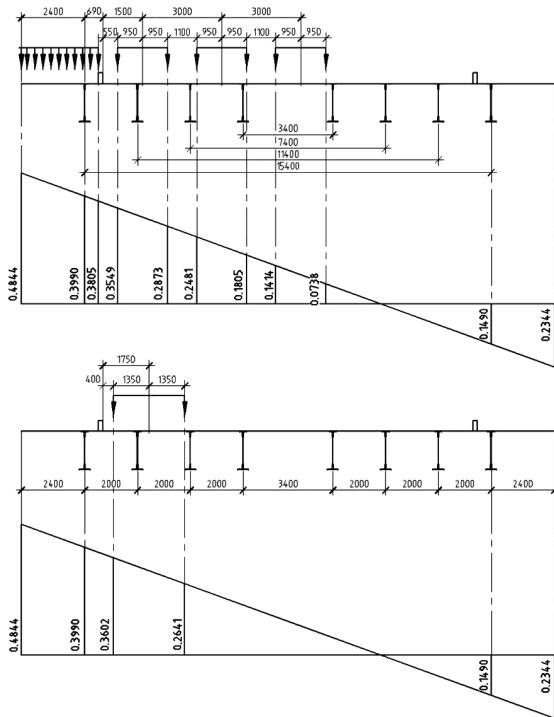


Рисунок 4. Линия влияния давления на крайнюю балку Б1 для временной подвижной нагрузки АК-15 и веса толпы пешеходов (а) и НК-100 (б), построенная по методу внецентренного сжатия [8].

Проанализировав линии влияния давления на главные балки (рисунки 4 и 5), нетрудно заметить, что по методу внецентренного сжатия наиболее загруженными являются крайние балки Б1 (Б8). В связи с этим расчетными являются главные продольные балки Б1 (Б8), остальные балки принимаются такого же сечения. При расчете главной балки по второй группе предельных состояний рассматривается случай воздействия нагрузки АК-15 совместно с весом толпы пешеходов на одном тротуаре. В ПК «ЛИРА САПР 2013» в характерных сечениях крайней балки Б1 построены линии влияния изгибающих моментов и поперечных сил (рисунок 6). Расстановка транспорта выполнена согласно требованиям [2].

Главная балка Б1 воспринимает следующие нагрузки: $q = 59,55$ кН/м – постоянная нагрузка; $P = 150,27$ кН – расчетное давление на главную балку от одного колеса тележки А-15; $v_p = 11,34$ кН/м – расчетная полосовая нагрузка на одну колею А-15; $P_m = 2,49$ кН/м – расчетная подвижная нагрузка от веса толпы пешеходов.

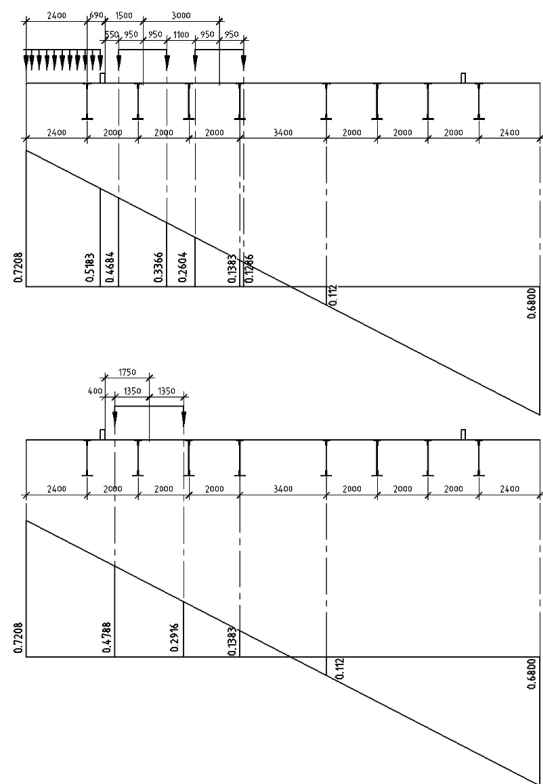


Рисунок 5. Линия влияния давления на среднюю балку Б4 для временной подвижной нагрузки АК-15 и веса толпы пешеходов (а) и НК-100 (б), построенная по методу внецентренного сжатия [8].

После расчета стержневой модели балки Б1 в ПК «ЛИРА - САПР 2013» определены усилия в балке Б1 от каждого из сочетаний временной. Выполнен инженерный расчет существующих сечений крайней балки Б1 по первой и второй группам предельных состояний. Результаты расчета сведены в таблицу 2.

Очевидно, что наибольшие нормальные напряжения в нижних поясах главных балок превышают предельно допустимые значения. В связи с этим для дальнейшего исследования выполнен подбор новых сечений (рисунок 7), которые удовлетворяют требованиям для первой и второй группы предельных состояний при пропуске по мосту подвижной нагрузки АК-15 и НК-100.

Численные исследования пространственных моделей главных балок пролетного строения

В ПК «ЛИРА - САПР 2013» построены две модели центрального пролетного строения с учетом изгибной жесткости подобранных сечений.

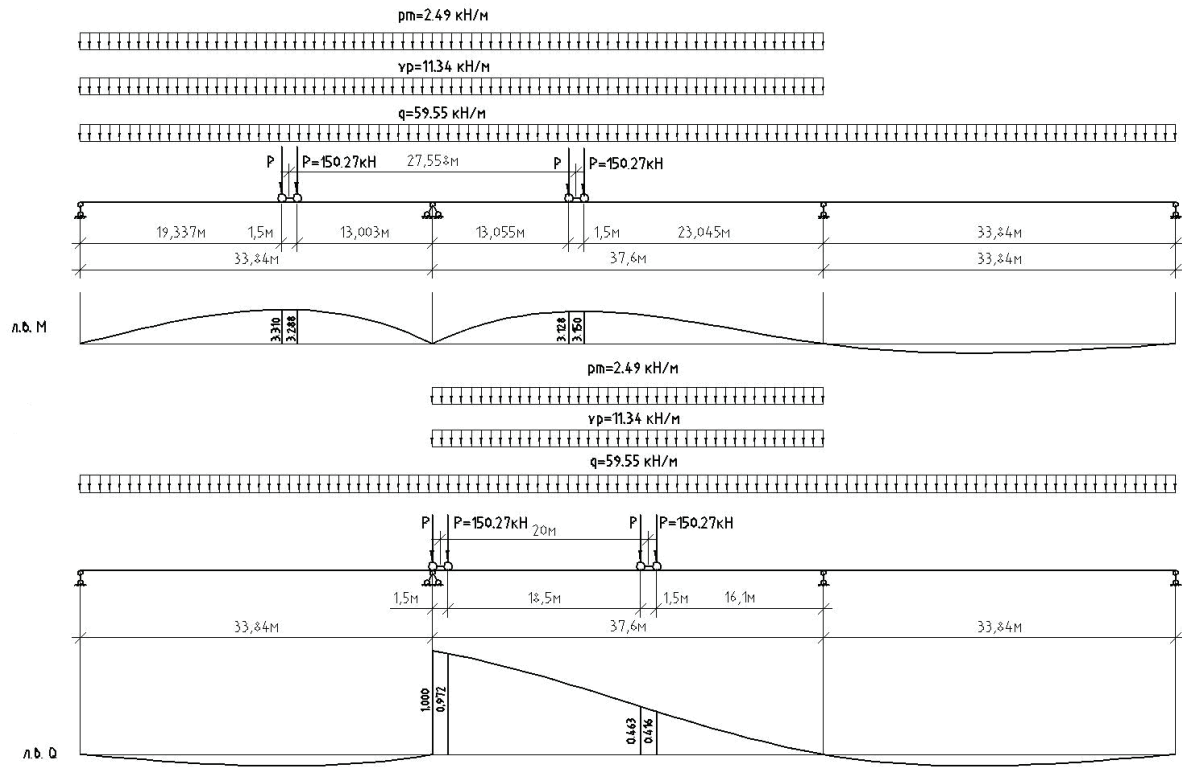


Рисунок 6. Линия влияния изгибающих моментов (а) и поперечной силы (б) для сечения над опорой 4 балки Б1. Линии влияния усилий для других характерных точек построены аналогично.

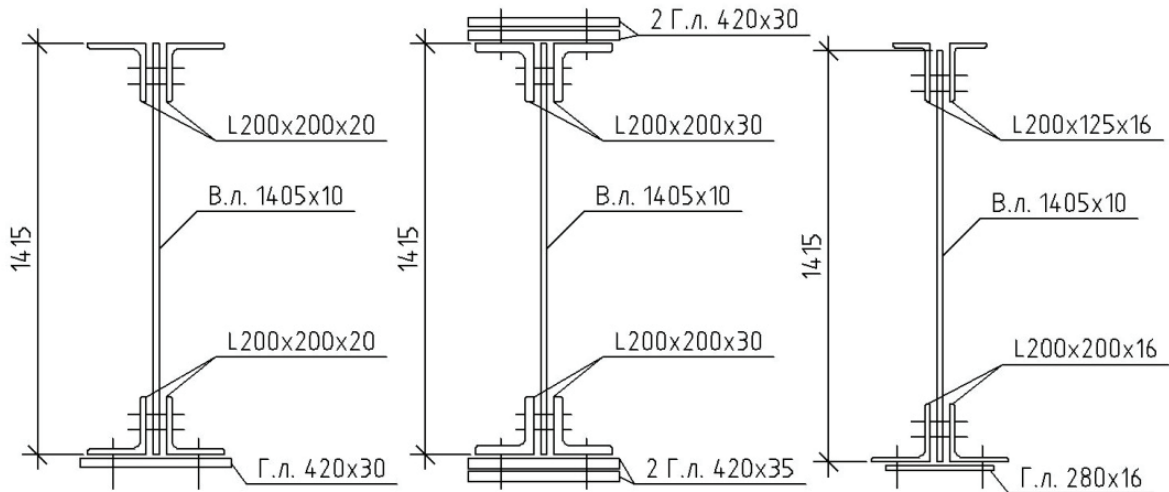


Рисунок 7. Схема поперечного сечения принятых главных балок: а) сечение в центральной части пролета 3-4 (5–6); б) сечение на опоре 4 (5); в) сечение в центральной части пролета 4-5.

В модели № 1 (рисунок 8) главные балки выполнены из стержневых (КЭ 10) на жестких вставках, которые моделируют смещение центров тяжести плиты и главной балки. В модели

№ 2 (рисунок 9) главные балки представлены КЭ оболочки (КЭ 44). Для удобства моделирования принятые сечения балок с поясами из уголков и листов заменены эквивалентными из

Таблица 2. Результаты расчета стержневой модели главной балки Б1

Местоположение расчетного сечения Б1	M^I , кН·м	M^{II} , кН·м	Q^I , кН	Q^{II} , кН	σ_{\max} , МПа	$R_y \cdot m$, МПа	Δ , %
В середине пролета 3-4	2280	6387	-	-	276,9	213,6	-22,86
На опоре 4	3877	8433	587	1207	320,1	213,6	-33,27
В середине пролета 4-5	965	4309	-	-	183	213,6	14,3

M^I – изгибающий момент от нагрузок, соответствующих монтажной стадии;
 M^{II} – изгибающий момент от нагрузок, соответствующих эксплуатационной стадии;
 Q^I – поперечная сила от нагрузок, соответствующих монтажной стадии;
 Q^{II} – поперечная сила от нагрузок, соответствующих эксплуатационной стадии;
 σ_{\max} – суммарные нормальные напряжения в расчетных сечениях;
 $R_y \cdot m$ – расчетное сопротивление материала с учетом коэффициента условий работы m ;
 $\Delta = \frac{R_y \cdot m - \sigma_{\max}}{R_y \cdot m} \cdot 100\%$ – коэффициент использования поперечного сечения
 («-» – перегруз, «+» – недонапряжение),

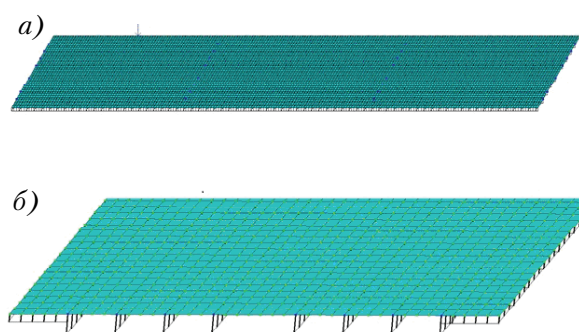


Рисунок 8. Расчетная модель № 1 пролетного строения моста жесткими вставками (а). Количество узлов в расчетной модели – 8904, количество элементов – 11471. Фрагмент расчетной модели № 1 с жесткими вставками в поперечном сечении пролетного строения моста (б).

листов. Железобетонная плита тротуаров и проезжей части в первой и во второй модели выполнена из КЭ оболочки (КЭ 44). Жесткость плиты модели № 1 задана реальной по результатам обследования моста, а в модели № 2 – жесткость верхнего пояса главной балки приведена к эквивалентной по изгибной жесткоститолщине железобетонной плиты. Для вычисления ординат линии влияния давления на главную балку в середине пролета 3-4 в поперечном сечении моста перемещается единичный груз $P = 1$ кН.

Расчетная модель № 1 применялась для определения КПУ опорных реакций, модель № 2 – для определения КПУ изгибающих моментов.

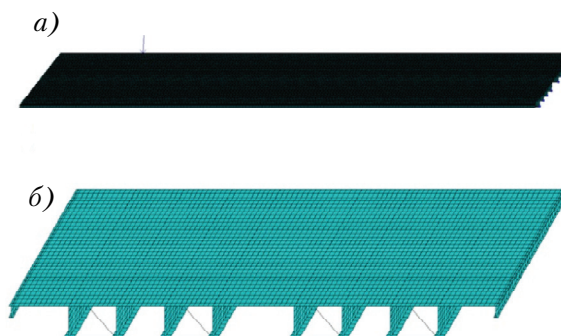


Рисунок 9. Расчетная модель № 2 пролетного строения моста. Количество узлов в расчетной модели – 87 850, количество элементов – 87 246. Фрагмент расчетной модели № 2 в поперечном сечении пролетного строения моста (б).

На рисунке 10 и 11 представлены линии влияния для определения КПУ в балке Б1 и Б2, построенные по результатам расчета моделей в ПК «ЛИРА - САПР 2013». Результаты определения КПУ от временной подвижной нагрузки приведены в таблице 3.

Выводы

- По результатам расчета пространственной модели в ПК «ЛИРА - САПР 2013» построены линии влияния давления на крайнюю (Б1) и среднюю (Б4) главные балки, для каждой из них вычислены КПУ транспорта.

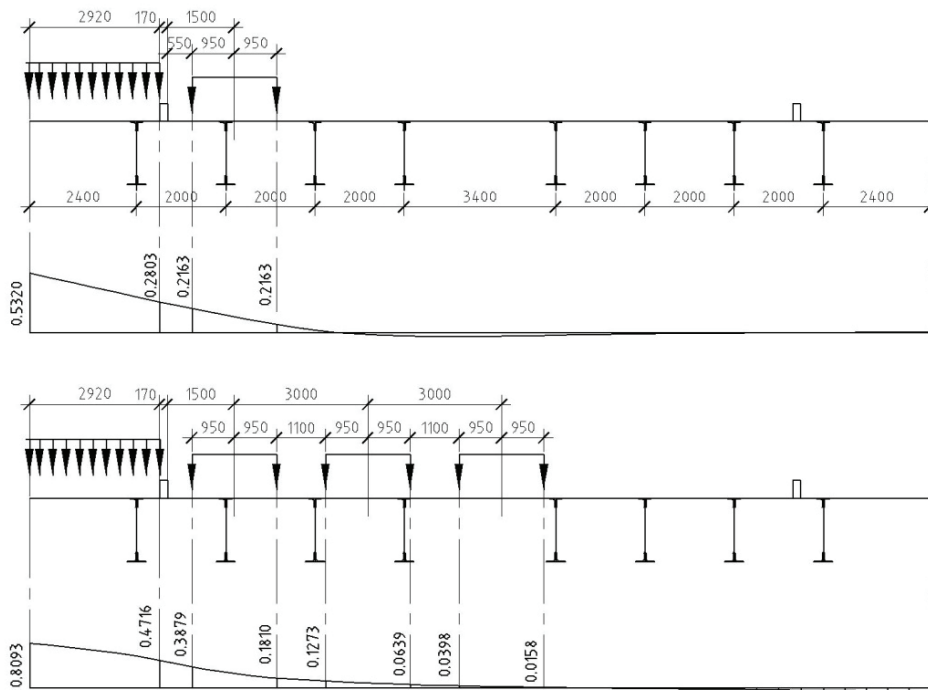


Рисунок 10. Линия влияния к определению КПУ от временной подвижной нагрузки АК-15 и веса толпы пешеходов для крайней балки Б1, построенной по результатам расчета модели № 1(а) и модели № 2 (б) в ПК «ЛИРА САПР-2013».

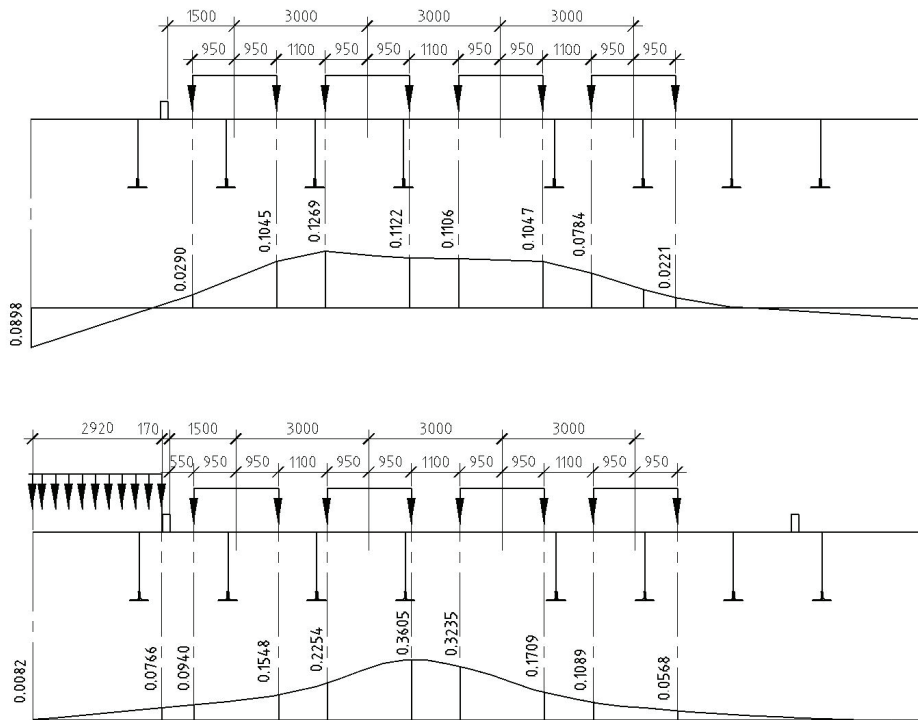


Рисунок 11. Линия влияния к определению КПУ от временной подвижной нагрузки АК-15 и веса толпы пешеходов для средней балки Б4, построенной по результатам расчета модели № 1 (а) и модели № 2 (б) в ПК «ЛИРА САПР-2013».

Таблица 3. Результаты определения КПУ от временной подвижной нагрузки АК-15

	КПУ, инженерная методика	КПУ, численный метод			
		Модель № 1	Δ , %	Модель № 2	Δ , %
Б1	1,2322	0,7085	42,5	0,8018	34,9
Б4	1,194	1,4316	16,6	1,2884	7,32

2. В ходе исследования установлено, что в отличие от инженерной методики расчета по методу внецентренного сжатия, наиболее нагруженной является средняя главная балка Б4 при расположении четырех полос движения поперек пролетного строения. Расчет главной балки по инженерной методике предполагает загрузку мостового полотна тремя полосами движения.
3. В ходе сравнительного анализа определено, что КПУ от временной подвижной нагрузки

АК-15 для главной крайней балки Б1, определенный по инженерному методике внецентренного сжатия [8], в среднем завышен на 38,7% по сравнению с КПУ, определенным численным методом.

4. КПУ от временной подвижной нагрузки АК-15 для главной средней балки Б4, определенный по инженерной методике внецентренного сжатия [8], в среднем занижен на 11,96% по сравнению с КПУ, определенным численным методом.

Литература

1. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. – На заміну ДБН В.2.3-14:2006 ; надано чинності 2009-12-01 / Національний транспортний університет. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 73 с.
2. ДБН В.1.2-15:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи. – На заміну ДБН В.2.3-14:2006 (глава 2 та додатки Л, Д, Ж, П, К, Р, С) ; надано чинності 2010-03-01 / Національний транспортний університет. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 73 с.
3. ДБН В.1.2-14:2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – Введено уперше ; надано чинності 2009-12-01 / ВАТ Український науково-дослідний та проектний інститут сталевих конструкцій ім. В. М. Шимановського. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 32 с.
4. ДБН В.1.2-15:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи. – На заміну ВБН В.3.1-218-174-2002 ; надано чинності 2009-11-11 / Національний транспортний університет. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 43 с.
5. ДБН В.2.3-6:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування. – На заміну ДБН В.2.3-6:2002 ; надано чинності 2009-11-11 / Державний дорожній науково-дослідний інститут ім. М. П. Шульгіна. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 48 с.

Reference

1. DBN V.2.3-22:2009. Equip the transport. Bridges that trumpet. The main vimogi project. – K. : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2009. – 73 p. (in Ukrainian)
2. DBN V.1.2-15:2009. Equip the transport. Bridges that trumpet. Navantazhny i vplivi. – K. : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2010. – 73 p. (in Ukrainian)
3. DBN V.1.2-14:2009. Zagalni the principle of security over safety and construction safety alarm, equipment, alarm construction and the basics. – K. : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2009. – 32 p. (in Ukrainian)
4. DBN V.1.2-15:2009. Equip the transport. Bridges that trumpet. Navantazhny i vplivi. – K. : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2009. – 43 p. (in Ukrainian)
5. DBN V.2.3-6:2009. Equip the transport. Bridges that trumpet. Obstezhennya and viprobuvannya. – K. : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2009. – 48 p. (in Ukrainian)
6. DBN 2.3-26: 2010. Equip the transport. Bridges and pipes. Steel construction. Rules for the project. – K. : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2011. – 44 p. (in Ukrainian)
7. Belenya, E. I. Metal structures : Specialist. course / E.I. Belenya. – M. : Stroyizdat, 1982. – 472 p. (in Russian)
8. Gibshman, M. Ye.; Dedukh I. E. Bridges and structures on highways. – 3rd ed., – M. : Transport, 1981. – 399 p. (in Russian)

6. ДБН В.2.3-26:2010. Споруди транспорту. Мости і труби. Сталеві конструкції. Правила проектування. – На заміну ДБН В.2.3-14:2006 у частині: Глава 4, Додатки Х, Ц, Ю, Я, D, F ; надано чинності 2010-28-12 / Національний транспортний університет. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 44 с.
7. Беленя, Е. И. Металлические конструкции : спец. курс / Е. И. Беленя. – М. : Стройиздат, 1982. – 472 с.
8. Гибшман, М. Е. Мосты и сооружения на автомобильных дорогах / М. Е. Гибшман, И. Е. Дедух. – 3-е изд., – М. : Транспорт, 1981. – 399 с.
9. Примеры расчета железобетонных мостов / Я. Д. Лившиц, М. М. Онищенко, А. А. Шкуратовский. – Киев : Вища шк., 1986. – 263 с.
10. Стрелецкий, Н. Н. Сталежелезобетонные мосты / Н. Н. Стрелецкий. – М. : Транспорт, 1965. – 376 с.
11. ДБН В.2.6-160:210. Сталезалізобетонні конструкції. – Уведено вперше ; надано чинності 2011-09-01 / Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 98 с.
12. Экспериментально-теоретические исследования пространственной работы пролетных строений мостов : метод. указания по курсу «Проектирование мостов» для студентов направления 270201 / И. Г. Козлов, В. В. Раткин, А. Г. Щербаков ; под редакцией В. В. Раткина. – Саратов : Саратовский государственный технический университет, 2006. – 29 с. – Электронное издание локального распространения. – Режим доступа : <http://docplayer.ru/45894846-Eksperimentalno-teoreticheskie-issledovaniya-prostranstvennoy-raboty-proletnyh-stroeniy-mostov.html>.
13. Гибшман, М.Е. Таблицы для расчета пролетных строений транспортных сооружений : справочник / М. Е. Гибшман. – М : Транспорт, 1985. – 477 с.
14. Bridge Engineering Handbook / W. F. Chen, Lian Duan, Lian Duan, Wai-Fah Chen. – Boca Raton FL : CRC Press, 2000. – 1964 p. – ISBN 10: 0-8493-7434-0, ISBN 13: 9780849374340.
15. Steel bridges: a practical approach to design for efficient fabrication and construction / A. Hayward, N. Sadler, D. Tordoff. – London : The British Constructional Steelwork Association Ltd. – 2002. – 91 p. – ISBN 0-85073-040-6.
9. Livshits Ya. D.; Onishchenko M. M.; Shkuratovsky A. A. Examples of calculation of reinforced concrete bridges. – Kiev : High school., 1986. – 263 p. (in Russian)
10. Streletsky, N. N Steel-reinforced concrete bridges / N. N. Streletsky. – М. : Transport, 1965. – 376 p. (in Russian)
11. DBN B.2.6-160:210. Steel-concrete construction. – К. : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2010. – 98 p. (in Ukrainian)
12. Kozlov I. G.; Ratkin V. V.; Shcherbakov A. G. Experimental and theoretical studies of the spatial work of bridge spans : method. guidance on the course «Designing bridges» for students of the direction 270201 ; edited by V. V. Ratkin. – Saratov : Saratov State Technical University, 2006. – 29 p. – Electronic edition of local distribution. Access mode : <http://docplayer.ru/45894846-Eksperimentalno-teoreticheskie-issledovaniya-prostranstvennoy-raboty-proletnyh-stroeniy-mostov.html>. (in Russian)
13. Gibshman, M. E. Tables for calculating spans of transport structures : reference book. – М. : Transport, 1985. – 477 p. (in Russian)
14. Chen W. F.; Duan Lian; Duan Lian; Chen Wai-Fah. Bridge Engineering Handbook. – Boca Raton FL : CRC Press, 2000. – 1964 p. – ISBN 10: 0-8493-7434-0, ISBN 13: 9780849374340.
15. Hayward A.; Sadler N.; Tordoff D. Steel bridges: a practical approach to design for efficient fabrication and construction. – London : The British Constructional Steelwork Association Ltd. – 2002. – 91 p. – ISBN 0-85073-040-6.

Миронов Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: усталостная прочность металлических конструкций, концентрация напряжений в узлах ферм с применением широкополочных двутавров и гнутосварных замкнутых профилей, напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонных конструкций, в том числе трубобетонных конструкций.

Марченкова Юлия Александровна – магистрант кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: работа элементов балочных разрезных и неразрезных мостовых сооружений под нагрузкой.

Рыб Юлия Романовна – магистрант, преподаватель-стажер кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: мостовые сооружения.

Ягмур Анатолий Андреевич – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: оптимальное проектирование металлических конструкций.

Миронов Андрей Миколайович – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций та споруд ДОУ ВПО «Донбаськанациональнаакадемія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: втомленаміцність металевих конструкцій, концентрація напружень в вузлах ферм із застосуванням широко полчкових двотаврів та гнутозварних замкнених профілів, напружено-деформований стан сталезалізобетонних конструкцій, у тому числі трубобетонних конструкцій.

Марченкова Юлія Олександрівна – магистрант кафедры металлических конструкций та споруд ДОУ ВПО «Донбаськанациональнаакадемія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: робота елементів балочних розрізних і нерозрізних мостових споруд під навантаженням.

Риб Юлія Романівна – магистрант, викладач-стажист кафедры металлических конструкций та споруд ДОУ ВПО «Донбаськанациональнаакадемія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: мостові споруди.

Ягмур Анатолий Андрійович – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций та споруд ДОУ ВПО «Донбаськанациональнаакадемія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: оптимальне проектування металевих конструкцій.

Myronov Andrei – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: fatigue strength of metal structures, concentration of stresses in the nodes of trusses with the use of widefrangleslbeams and rollwelded closed profiles, stressstrain state of composite structures including pipeconcrete structures.

Marchenkova Yulia – Master, Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: operation of elements of split and continuous bridge structures under load.

Ryb Yulia – Master's student, the teacher-trainee Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientificinterests: bridgestructures.

Yagmur Anatoly – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: optimal design of metal structures.