



ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

2024, ТОМ 30, НОМЕР 1 17–26

EDN: CTZNFN

УДК 624.016+624.044(08)

(24)-0402-1

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАТИВНОСТИ РАМНОГО ТРУБОБЕТОННОГО УЗЛА ПРИ ОДНОСТОРОННЕМ ПРИМЫКАНИИ РИГЕЛЯ ДВУТАВРОВОГО СЕЧЕНИЯ

А. Н. Миронов¹, В. М. Анищенко², Ю. И. Миронкина³, А. С. Роенко⁴
ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,

Российская Федерация, Донецкая Народная Республика,
286128, г. о. Макеевка, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

E-mail: ¹ a.n.myronov@donnasa.ru, ² v.m.anisichenkov@donnasa.ru, ³ mironkina.yu.i-pgs-72v@donnasa.ru,
⁴ roenko.a.s-pgs-72v@donnasa.ru

Получена 26 февраля 2024; принята 22 марта 2024.

Аннотация. В статье рассматриваются статические испытания рамного трубобетонного узла с целью исследования его деформативности при одностороннем примыкании ригеля двутаврового сечения к стойке. Исследуется зависимость угла поворота узла от приложенного к нему изгибающего момента. Узел состоит из трубы круглого сечения диаметром 220 мм с толщиной стенки металла 4 мм, заполненной бетоном класса В15 и длиной фрагмента колонны 1 050 мм. В качестве ригеля применяется стальная балка двутаврового сечения № 20 с консольным вылетом 1 100 мм. Примыкание ригеля к колонне обеспечивается двумя горизонтальными и одной вертикальной накладкой толщиной 5 мм при помощи сварки. Нагрузка передавалась на трубу узла прессом ПММ250, а на ригель – гидравлическим домкратом грузоподъемностью 20 т через маслостанцию. Усилие, передаваемое домкратом, фиксировалось динамометром сжатия. Шаг приложения нагрузки на стойку составляет 20 т, а на ригель – по 1,0 т. Длительность выдержки каждой ступени составляет 3 минуты. Фиксация показаний угла поворота в плоскости узла обеспечивалась прогибомерами ПАО-6.

Ключевые слова: рамный узел, деформированное состояние, трубобетонный (т/б) элемент, гидравлический пресс, гидравлический домкрат (ГД), экспериментальная модель, угол поворота, изгибающий момент.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE DEFORMABILITY OF A FRAME TUBE-CONCRETE ASSEMBLY WITH A ONE-SIDED ABUTMENT OF AN I-BEAM CROSS-SECTION

Andrey Mironov¹, Vladimir Anishchenkov², Yulia Mironkina³, Alexey Roenko⁴
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,

Russian Federation, 286128, Makeevka, Derzhavin st., 2.

E-mail: ¹ a.n.myronov@donnasa.ru, ² v.m.anisichenkov@donnasa.ru, ³ mironkina.yu.i-pgs-72v@donnasa.ru,
⁴ roenko.a.s-pgs-72v@donnasa.ru

Received 26 February 2024; accepted 22 March 2024.

Abstract. The article deals with static tests of a frame tube-concrete assembly, in order to study its deformability at one-sided abutment of an I-beam cross-section. The dependence of the angle of rotation of the node on the bending moment applied to it is investigated. The assembly consists of a circular pipe with a



diameter of 220 mm with a metal wall thickness of 4 mm, filled with concrete of class B15 and a column fragment length of 1,050 mm. An I-beam steel beam No. 20 with a cantilever span of 1,100 mm is used as a crossbar. The connection of the crossbar to the column is provided by two horizontal and one vertical 5 mm thick plates by welding. The load was transferred to the pipe of the node by the PMM250 press, and to the crossbar by a hydraulic jack with a lifting capacity of 20 tons through the oil station. The force transmitted by the jack was recorded by a compression dynamometer. The step of applying the load to the rack is 20 tons, and to the crossbar - 1.0 tons each. The exposure time of each stage is 3 minutes. The fixation of the rotation angle readings in the plane of the node was provided by PAO-6 deflection meters.

Keywords: frame assembly, deformed state, tubular concrete (t/b) element, hydraulic press, hydraulic jack (GD), experimental model, angle of rotation, bending moment.

Введение

Трубобетонные конструкции насчитывают более чем полувековую историю своего использования. Такие конструкции применялись в СССР, Европе, США, Японии и других промышленно развитых странах как в мостостроении, так и в строительстве высотных зданий [2].

Простая технология изготовления, экономия полезной площади по сравнению с другими железобетонными элементами поперечного сечения делает такие конструкции более привлекательными.

В настоящее время при расчете и проектировании трубобетонных конструкций используется недостаточное количество нормативных документов и методик расчета, что сдерживает широкое применение таких конструкций в строительной практике. Исследования напряженно-деформированного состояния трубобетонных конструкций выполнялись многими учеными в течение значительного периода времени, однако в их результатах наблюдаются значительные отличия друг от друга [2], связанные с недостаточным исследованием сочетания свойств двух разнородных материалов, их работой по контакту соприкосновения, а также сопротивлением в зависимости от уровня прикладываемой нагрузки.

Существующие инженерные методики рассматривают расчет линейных элементов без узловых соединений, а при проектировании комбинированных ТБ конструкций используются в основном расчетные модели, основанные на различных способах приведения расчетного поперечного сечения к однородному с описанием физико-механических характеристик одного материала. В ряде случаев в расчетных моделях не учиты-

вается совместная работа двух разнородных материалов.

Таким образом, экспериментальные исследования узловых соединений, с использованием ТБ конструкций, являются актуальными и востребованными для практических целей строительства.

Значительный вклад в развитие технологии трубобетона и расчета конструкций внесли российские ученые: А. А. Долженко, А. И. Кикин [5], Р. С. Санжаровский [5, 6], А. Л. Кришан [9, 11], М. Я. Бикбау, А. В. Курочкин и др. Установлены преимущества трубобетона при возведении жилых, общественных зданий повышенной этажности и мостовых сооружений.

В развитие высотного домостроения существенный вклад внесли работы С. В. Николаева, Ю. Г. Граника, В. И. Травуша, А. И. Карпенко, В. А. Харитонов, Л. И. Стороженко [13], А. В. Семко, Л. К. Лукши [14]. Исследованиями узловых соединений ТБ конструкций занимались учёные России, США, Китая, Канады.

Анализ исследования

Экспериментальные методы исследования напряженно-деформированного состояния на моделях в натуральную величину могут дать результаты с высокой степенью точности. В связи с этим, была разработана модель рамного узла с трубобетонной стойкой круглого поперечного сечения в натуральную величину, как фрагмент многоэтажной многопролетной рамы высотного здания. По результатам статического расчета рамы были подобраны поперечные сечения стойки и ригеля рамного узла, а также разработана численная модель узла в ПК «ЛИРА-САПР 2016».

Все геометрические параметры численной модели узла легли в основу при изготовлении экспериментальной модели в натуральную величину [1], а также определялись величины испытательной нагрузки и места установки прогибомеров ПАО-6 для определения перемещений при повороте узла от рамного изгибающего момента. Исследование жесткости узловых ТБ соединений на поворот при изгибе является актуальной задачей, так как она влияет на деформативность рамных систем и обеспечение требований второй группы предельных состояний в целом.

Целью экспериментальных исследований является определение углов поворота модели ТБ узла при разном уровне нагружения моментной нагрузкой.

Основная часть

1. Объект исследования

Для определения зависимости угла поворота от изгибающего момента проводились экспериментальные исследования на рамных/жестких узлах со стойками из ТБ в виде круглой трубы $\varnothing 220 \times 4$ и ригеля, выполненного из двутавровой балки № 20.

Передача изгибающего момента с ригеля на ТБ стойку производилась двумя поясными накладками ромбической формы из листов толщиной 8 мм. Соединение накладок с полками ригеля производилось угловыми сварными швами. Для передачи поперечной силы с ригеля на ТБ стойку применялась вертикальная листовая накладка толщиной 5 мм. Соединение вертикальной накладки со стенкой ригеля и ТБ стойкой выполняется угловыми сварными швами. Для заполнения внутренней полости трубы применялся бетон класса В15 (рис. 1). Высота ТБ стойки составляет 1 050 мм, консольный вылет ригеля за стойку составляет 1 100 мм. Расстояние от продольной оси стойки до точки приложения нагрузки на ригель составляет 750 мм. Схема загрузки узла, а также его общий вид приведены на рисунках 2 и 3 соответственно. Фиксация горизонтальных перемещений ТБ стойки производилась двумя прогибомерами ПАО-6 с ценой деления $C = 0,01$ мм. Вид экспериментальной установки с фиксацией перемещений узла прогибомерами ПАО-6 приведен на рисунке 4.

2. Подготовка и проведение эксперимента

Экспериментальные исследования проводились на базе лаборатории ФГБОУ ВО «ДонНАСА».

На основании предварительных численных результатов расчета с использованием отечественной инженерной методики [15] и Еврокода 4 [7] были определены экспериментальные нагрузки на модель узла. Для данной модели максимальная расчётная нагрузка на бетонное ядро внутри трубы составила $N = 800$ кН, а на ригель $P = 40$ кН [1]. Вертикальная нагрузка на ядро ТБ стойки передавалась через лист круглой формы толщиной 10 мм, диаметром равным диаметру бетонного ядра стойки. На ригель нагрузка прикладывалась гидравлическим домкратом ДГ20 грузоподъёмностью 20 т, который приводится в действие от маслостанции. Общий вид экспериментальной установки приведен на рисунке 5.

К элементам модели ТБ узла нагрузка прикладывалась ступенчато с шагом для стойки $N = 20$ тс, а для ригеля $Q = 1,0$ тс. Общее количество ступеней нагрузки – 4. После приложения к модели узла каждой ступени нагрузки производилась выдержка в течение 3–5 минут для стабилизации деформаций и перемещений, после чего снимались показания по прогибомерам ПАО-6. Горизонтальные перемещения ТБ стойки фиксировались на расстояниях 208 мм сверху от поясных накладок ригеля и 210 мм снизу.

Схема деформации узла с фиксацией перемещений прогибомерами ПАО-6 приведена на рисунке 6.

При проведении экспериментальных исследований были получены результаты зависимости углов поворота узла от приложенного изгибающего момента.

3. Результаты эксперимента

Угол поворота узла определялся по показаниям прогибомеров ПАО-6 по формуле:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{h}\right),$$

где Δ_1 – показания прогибомера сверху (над ригелем);

Δ_2 – показания прогибомера снизу (под ригелем);

$h = 636$ мм – расстояние между точками фиксации перемещений.

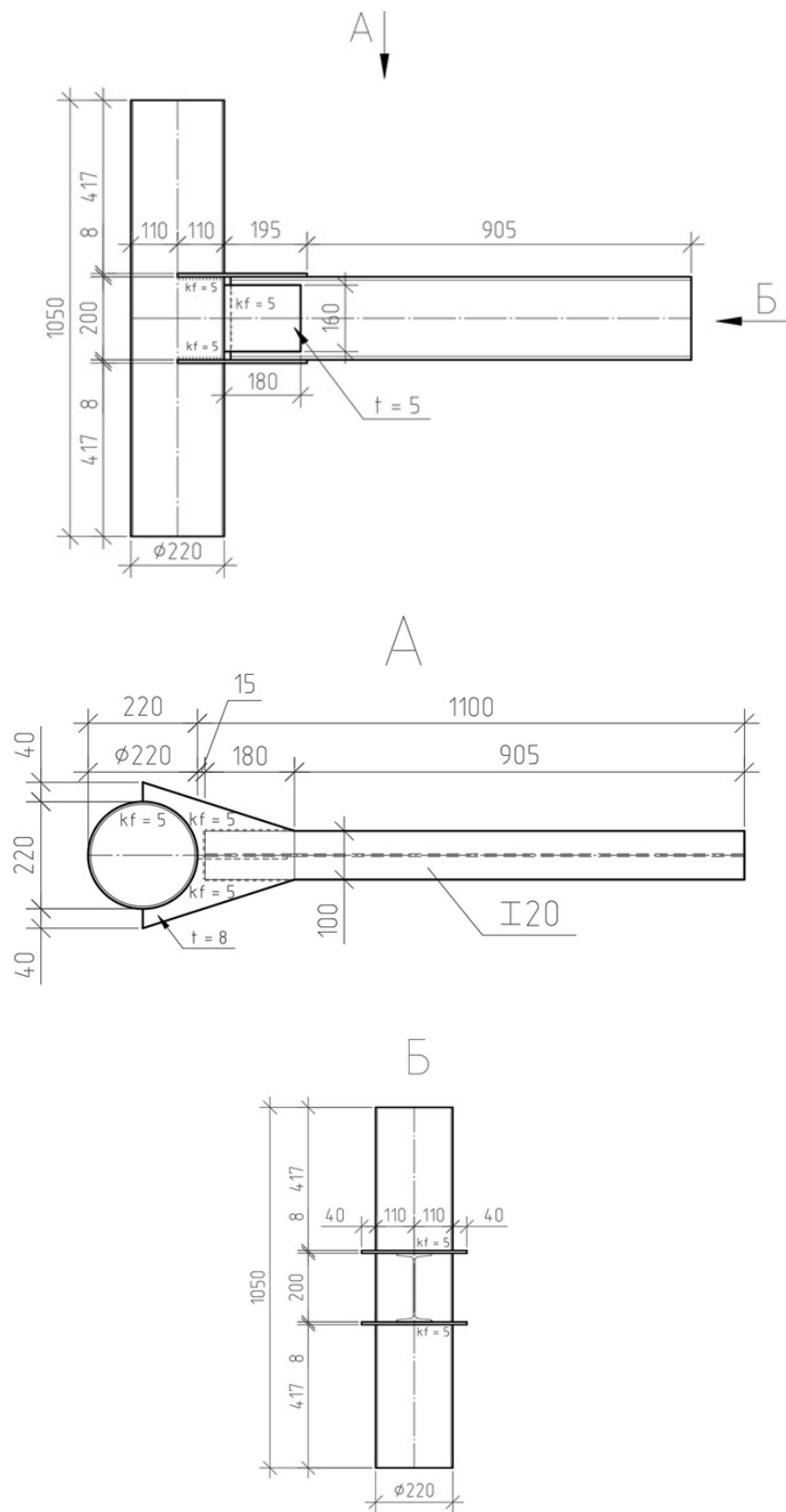


Рисунок 1. Общая схема экспериментального узла с применяемыми геометрическими параметрами.

Величины испытательной нагрузки и полученные значения углов поворота приведены в таблице.

Зависимость поворота узла от прикладываемого изгибающего момента приведена на графике рисунка 8.

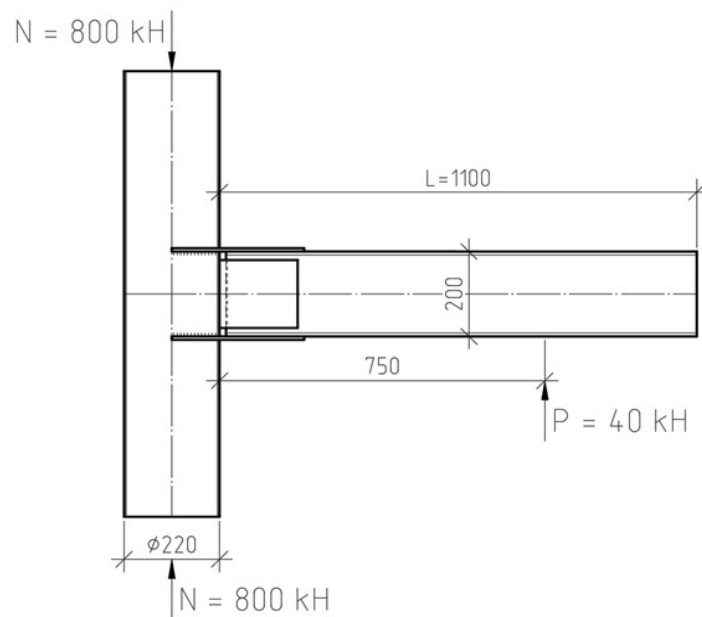


Рисунок 2. Схема загрузки рамного ТБ узла.



Рисунок 3. Фото экспериментальных рамных ТБ узлов с бетоном внутри труб.



Рисунок 4. Показания прогибмера.



Рисунок 5. Общий вид экспериментальной установки.

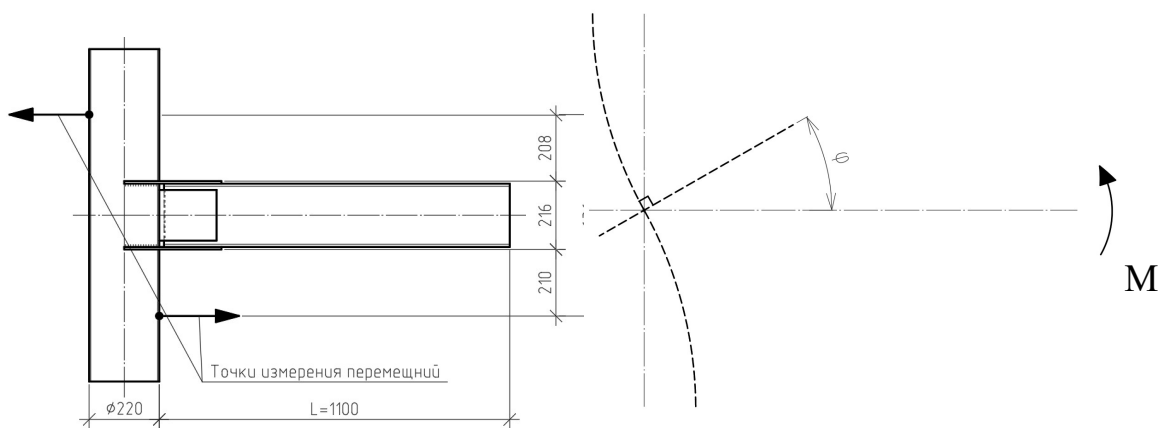


Рисунок 6. Схема фиксации горизонтальных перемещений узла при передаче изгибающего момента на т/б стойку.



Рисунок 7. Схема расположения прогибометров, для измерения углов поворота.

Таблица. Величины испытательной нагрузки и значения углов поворота узла

№ п/п	Нагрузка на т/б стойку, т	Нагрузка на ригель, кН	Изгибающий момент, передаваемый на стойку, М, кНм	Угол поворота узла φ , 10^{-3} рад
1	20	10,0	7,5	5,12
2	40	20,0	15,0	6,61
3	60	30,0	22,5	7,48
4	80	40,0	30,0	7,71

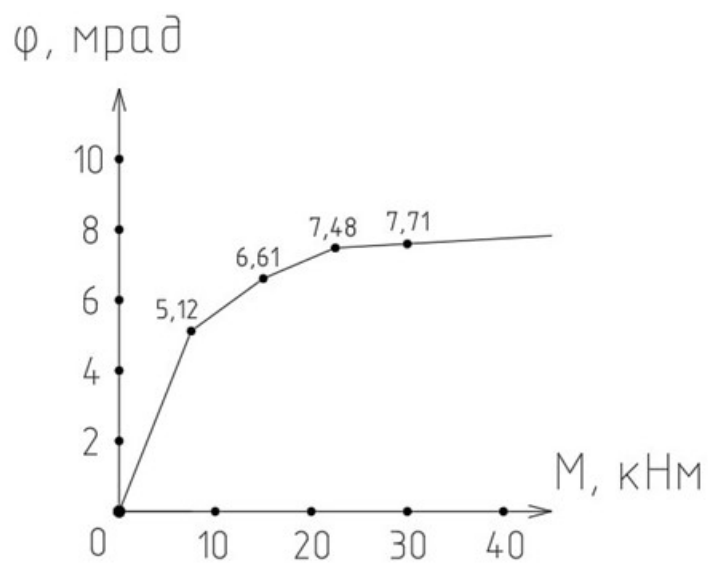


Рисунок 8. Зависимость поворота узла от прикладываемого изгибающего момента.

Выводы

1. По данным экспериментальных исследований получена зависимость угла поворота узла от действующего на него изгибающего момента.
2. Зависимость угла поворота узла от действующего на него момента – нелинейная.
3. Начиная с нагрузки на ТБ стойку $P = 60$ т приращение в угле поворота узла составляет не более 3 %.

Литература

1. Анищенко, В. М. Методика экспериментальных исследований рамных трубобетонных узлов со стойками из круглой трубы и ригелями двутаврового сечения / В. М. Анищенко, А. Н. Миронов, Д. В. Алексеев. – Текст : электронный // Металлические конструкции. – 2020. – Том 26, № 4. – С. 155–163. – URL: https://donnasa.ru/publish_house/journals/mk/2020-4/01_anishenkov_mironov_alekseev.pdf (дата обращения: 07.02.2024). – ISSN 1993-3517 online.
2. Анищенко, В. М. Применение трубобетонных конструкций в строительстве / В. М. Анищенко, А. Н. Миронов. – Текст : электронный // Металлические конструкции. – 2022. – Том 28, № 4. – С. 183–194. – URL: https://donnasa.ru/publish_house/journals/mk/2022-4/st_02_anishchenkov_mironov.pdf (дата обращения: 01.02.2024). – EDN: HDREOU. – ISSN 1993-3517 online.
3. Бондаренко В. М. Устойчивость гибких железобетонных стержней под действием нескольких сжимающих сил / В. М. Бондаренко, Э. Д. Чихладзе. – Текст : непосредственный // Прочность и деформативность железобетонных конструкций. – 1969. – Выпуск 5. – С. 22–26.
4. Лившиц, Я. Д. Экспериментально-теоретическое исследование несущей способности, деформативности и трещиностойкости центрально и внецентренно сжатых элементов брускового сечения с учетом влияния «обоймы»: отчет по НИР / Я. Д. Лившиц, В. Г. Жемчужников, В. Я. Бачинский. – Киев : КАДИ, 1969. – 112 с. – Текст : непосредственный.
5. Труль, В. А. Устойчивость центрально сжатых труб, заполненных бетоном / В. А. Труль, Р. С. Санжаровский. – Текст : непосредственный // Доклады XXV конференции ЛИСИ. 1968. – Ленинград. – С. 28–40.
6. Кикин, А. И. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном / А. И. Кикин, Р. С. Санжаровский, В. А. Труль. – Москва : Строиздат, 1974. – 144 с. – Текст : непосредственный.
4. Данные эксперимента позволят сравнить угол поворота узла с данными численных исследований с использованием МКЭ, и определить зависимость угла поворота от изгибающего момента.

References

1. Anishchenkov, V. M.; Mironov, A. N.; Alekseev, D. V. Methodology of experimental studies of frame pipe-concrete units with round pipe racks and I-beam crossbars. – Text : electronic. – In: *Metal structures*. – 2020. – Volume 26, No. 4. – P. 155–163. – URL: https://donnasa.ru/publish_house/journals/mk/2020-4/01_anishenkov_mironov_alekseev.pdf (date of accessed: 07.02.2024). – ISSN 1993-3517 online. (in Russian)
2. Anishchenkov, V. M.; Mironov, A. N. Application of pipe-concrete structures in construction. – Text : electronic. – In: *Metal structures*. – 2022. – Volume 28, No. 4. – P. 183–194. – URL: https://donnasa.ru/publish_house/journals/mk/2022-4/st_02_anishchenkov_mironov.pdf (date of access: 01.02.2024). – EDN: HDREOU. – ISSN 1993-3517 online. (in Russian)
3. Bondarenko, V. M.; Chikhladze, E. D. Stability of flexible reinforced concrete bars under the action of several compressive forces. – Text : direct. – In: *Strength and deformability of reinforced concrete structures*. – 1969. – Volume 5. – P. 22–26. (in Russian)
4. Livshits, Ya. D.; Zhemchuzhnikov, V. G.; Bachinsky, V. Ya. Experimental and theoretical study of the bearing capacity, deformability and crack resistance of centrally and eccentrically compressed elements of a bar section taking into account the effect of the «clamp» : research report. – Kiev : KADI, 1969. – 112 p. – Text : direct. (in Russian)
5. Trull, V. A.; Sanzharovsky, R. S. Stability of centrally compressed pipes filled with concrete. – Text : direct. – In: *Reports of the XXV LISI conference*. – 1968. – Leningrad. – P. 28–40. (in Russian)
6. Kikin, A. I.; Sanzharovsky, R. S., Trull, V. A. Structures of steel tubes filled with concrete. – Moscow : Stroizdat, 1974. – 144 p. – Text : direct. (in Russian)
7. EN 1994-1-1:2004. Eurocode 4. Design of composite steel and concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings : Supersedes ENV 1994-1-1:1992 : This European Standard was approved by CEN on 27 May 2004. – Brussels : CEN, 2004. – 121 p. – Text : direct.

7. EN 1994-1-1:2004. Eurocode 4. Design of composite steel and concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings : Supersedes ENV 1994-1-1:1992 : This European Standard was approved by CEN on 27 May 2004. – Brussels : CEN, 2004. – 121 p. – Текст : непосредственный.
8. EN 1992-1-1. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules : Supersedes ENV 1992-1-1:1991 : This European Standard was approved by CEN on 16 April 2004 : Incorporating corrigenda January 2008 and November 2010 Supersedes ENV 1992-1-1:1991. – Brussels : CEN, 2004. – 227 p. – Текст : непосредственный.
9. Патент № 2011110179/03 Российская Федерация, МПК В04В 5/43. Стыковое соединение перекрытия с колонной : № 2011110179/03 : заявл. 17.03.2011 : опубл. 10.08.2011 / Кришан А. Л., Кутовая Е. Д., Кутовой К. С., Антонюк В. В., Бурлутский Д. В., Васев А. И. ; заявитель Открытое Акционерное Общество «Магнитогорский металлургический комбинат» – 3 с. : ил. – Текст : непосредственный.(RU)
10. Патент № 2018102676 Российская Федерация, МПК E04B 1/38. Узел соединения колонны и плиты перекрытия : № 2018102676 : заявл. 23.01.2018 : опубл. 15.05.2019 / Бойцов Д. А., Евстифеева О. В., Костенко Б.В., Комолова Ю. Д.; заявитель Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский, проектноизыскательский институт Ленметрогипротранс». – 9 с. : ил. – Текст : непосредственный.(RU)
11. Патент № 2010108829/22 Российская Федерация, МПК В04В 1/38 1/20. Узел сопряжения трубобетонных колонн с балками перекрытия : № 2010108829/22 : заявл. 09.03.2010 : опубл. 10.07.2010 / Кришан А. Л., Мельничук А. С.; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова». – 12 с. : ил. – Текст : непосредственный.
12. Патент № 2018129510 Российская Федерация, МПК E04B 1/20. Узел сопряжения трубобетонных колонн с балками перекрытия : № 2018129510 : заявл. 13.08.2018 : опубл. 11.06.2019 / Веселов В. В., Абатурова Т. Д.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I». – 11 с. : ил. – Текст : непосредственный.(RU)
13. Стороженко, Л. И. Напряженно-деформированное состояние центрально сжатых трубобетонных элементов под действием эксплуатационной нагрузки / Л. И. Стороженко, В. М. Сурдин. – Текст : непосредственный // Строительные конструкции. – 1971. – Выпуск XVIII. – С. 64–71.
14. Лукша, Л. К. Прочность трубобетона / Л. К. Лукша. – Минск : Вышэйшая школа, 1977. – 96 с. – Текст : непосредственный.
8. EN 1992-1-1. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules : Supersedes ENV 1992-1-1:1991 : This European Standard was approved by CEN on 16 April 2004 : Incorporating corrigenda January 2008 and November 2010 Supersedes ENV 1992-1-1 : 1991. – Brussels : CEN, 2004. – 227 p. – Text : direct.
9. Patent 2011110179/03 Russian Federation, МПК5 В04В 5/43. Butt joint of the floor with the column : № 2011110179/03 : declaration 17.03.2011 : published 10.08.2011 / Krishan A. L., Kutovaya E. D., Kutovoy K. S., Antonyuk V. V., Burlutsky D. V., Vasev A. I.; applicant and patentee LLC «Magnitogorsk Iron and Steel Works Open Joint Stock Company». – 3 p. : ill. – Text : direct. (in Russian)
10. Patent 2018102676 Russian Federation, МПК5 E 04 B 1/38. The junction of the column and the floor slab : № 2018102676 : declaration 23.01.2018 : published 15.05.2019 / Boytsov D. A., Evstifeeva O. V., Kostenko B. V., Komolova Y. D. ; applicant and patentee LLC «Lenmetrogiprotrans Research, Design and Survey Institute». – 9 p. : ill. – Text : direct. (in Russian)
11. Patent 2010108829/22 Russian Federation, МПК В 04 В 1/38. Pipe-concrete column to floor beam interface : № 2010108829/22 : declaration 09.03.2010 : published 10.07.2010 / Krishan A. L., Melnychuk A. S.; applicant and patentee LLC «Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov». – 12 p. : ill. – Text : direct. (in Russian)
12. Patent 2018129510 Russian Federation, МПК5 E 04 B 1/20. Pipe-concrete column to floor beam interface : № 2018129510 : declaration 13.08.2018 : published 11.06.2019 / Veselov V. V., Abaturova T. D.; applicant and patentee LLC «St. Petersburg State University of Railway Transport of Emperor Alexander I». – 11 p. : ill. – Text : direct. (in Russian)
13. Storozhenko, L. I.; Surdin, V. M. Stress-strain state of centrally compressed pipe-concrete elements under the action of the operating load. – Text : direct. – In: *Building construction*. – 1971. – Issue XVIII. – P. 64–71. (in Russian)
14. Luksha, L. K. Strength of pipe concrete. – Minsk : Vyshejschaia shkola, 1977. – 96 p. – Text : direct. (in Russian)
15. Storozhenko, L. I.; Plakhotny, P. I.; Cherny, A. Yu. Calculation of pipe-concrete structures. – Kiev : Budivelnik, 1991. – 120 p. – Text : direct. (in Russian)

15. Расчет трубобетонных конструкций / Л. И. Сто-роженко, П. И. Плахотный, А. Я. Черный. – Киев Будивэльныйк, 1991. – 120 с. – Текст : непосредственный.

Миронов Андрей Николаевич – кандидат технических наук; доцент кафедры металлических конструкций и сооружений ФГБОУ ВО «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.

Анищенко Владимир Михайлович – ассистент кафедры металлических конструкций и сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: напряженно-деформированное состояние жестких узлов трубобетонных конструкций; работа узлов трубобетонных конструкций в условиях динамических воздействий.

Миронкина Юлия Игоревна – магистрант ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование деформативности сталежелезобетонных конструкций.

Роевко Алексей Сергеевич – магистрант ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование деформативности сталежелезобетонных конструкций.

Mironov Andrey – Ph. D. (Eng.), Associate Professor of the Department of Metal Constructions and Structures, FSBEI HE «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 wide-band I-bars and gnutosvarnyh closed profiles, stress-strain state of steel reinforced concrete structures including pipe-concrete structures.

Anishchenkov Vladimir – Assistant of the Department of Metal Constructions and Structures, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: stress-strain state of rigid nodes of pipe-concrete structures; operation of nodes of pipe-concrete structures under dynamic influences.

Mironkina Yulia – master's student FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: study of deformability of steel-reinforced concrete structures.

Roenko Alexey – master's student FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: study of deformability of steel-reinforced concrete structures.