



(19)-0398-1

НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ В ТРУБОБЕТОННОМ ЭЛЕМЕНТЕ РАМНОГО УЗЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ РИГЕЛЕЙ ДВУТАВРОВОГО СЕЧЕНИЯ

А. Н. Миронов¹, В. М. Анищенко², А. Н. Волчков³*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.**E-mail: ¹ andreyexp@mail.ru, ² voce.ne@mail.ru, ³ VoLckov56@List.ru**Получена 05 сентября 2019; принята 27 сентября 2019.*

Аннотация. В данной статье рассматривается узел сопряжения трубобетонной колонны круглого сечения с диаметром 220 мм и толщиной стенки металла 7 мм, длина фрагмента колонны 1 050 мм. Труба заполнена бетоном марки В15. В качестве ригелей рассматривается стальная балка двутаврового сечения (20Б1) длиной 1 100 мм. Примыкание ригелей к колонне обеспечивается двумя горизонтальными и четырьмя вертикальными накладками толщиной 5 мм при помощи сварки. В программном комплексе ЛИРА-САПР 2017 была создана модель данного узла и определены максимальные нормальные напряжения в стыках примыкания ригеля к колонне. Исследование проводилось на двух моделях: модель с бетоном и трубой, работающих совместно; модель с проскальзыванием бетона внутри стальной трубы, что позволило определить эффективность работы данного узла.

Ключевые слова: узел сопряжения трубобетонной колонны, продольная сила, трубобетонный элемент, совместная работа бетонного ядра и стальной оболочки, концентрация материалов, концентрация максимальных напряжений в стыках, расчёт по нормальным напряжениям, зоны с наибольшими нормальными напряжениями.

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН У ТРУБОБЕТОННОГО ЕЛЕМЕНТА РАМНОГО ВУЗЛА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РИГЕЛІВ ДВОТАВРОВОГО ПЕРЕРІЗУ

А. М. Миронов¹, В. М. Анищенко², А. М. Волчков³*ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.**E-mail: ¹ andreyexp@mail.ru, ² voce.ne@mail.ru, ³ VoLckov56@List.ru**Отримана 05 вересня 2019; прийнята 27 вересня 2019.*

Анотація. У даній статті розглядається вузол сполучення трубобетонної колони круглого перерізу з діаметром 220 мм і товщиною стінки металу 7 мм, довжина фрагмента колони 1 050 мм. Труба заповнена бетоном марки В15. Як ригелі розглядається сталеві балка двотаврового перерізу (20Б1) довжиною 1 100 мм. Примикання ригелів до колони забезпечується двома горизонтальними і чотирма вертикальними накладками товщиною 5 мм за допомогою зварювання. У програмному комплексі ЛІРА-САПР 2017 була створена модель даного вузла і визначені максимальні нормальні напруження у стыках примикання ригеля до колони. Дослідження проводилося на двох моделях: модель з бетоном і трубою, що працюють спільно; модель з проковзуванням бетону всередині сталеві труби, що дозволило визначити ефективність роботи даного вузла.

Ключові слова: вузол сполучення трубобетонної колони, поздовжня сила, трубобетонний елемент, спільна робота бетонного ядра і сталеві оболонки, концентрація матеріалів, концентрація максимальних напружень у стиках, розрахунок за нормальними напруженнями, зони з найбільшими нормальними напруженнями.

STRESS-STRAIN STATE IN A PIPE-CONCRETE ELEMENT OF A FRAME UNIT USING I-BEAM CROSSBARS

Andrey Mironov¹, Vladimir Anischenkov², Alexander Volchkov³

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.*

E-mail: ¹andreyexp@mail.ru, ²vove.ne@mail.ru, ³Volchkov56@List.ru

Received 05 September 2019; accepted 27 September 2019.

Abstract. This article discusses the interface node of a pipe-concrete column of circular cross section with a diameter of 220 mm. and a thick metal wall of 7 mm, the length of the column fragment 1050 mm. The pipe is filled with concrete grade B15. As crossbars, a steel beam of an I-section (20B1) 1100 mm long is considered. The joining of the crossbars to the column is provided by two horizontal and 4 vertical overlays 5 mm thick. by welding. In the LIRA-SAPR 2017 software package, a model of this unit was created and the maximum normal stresses at the joints of the junction of the crossbar to the column were determined. The study was conducted on two models: a model with concrete and pipe working together; a model with concrete slipping inside a steel pipe. That allowed determining the efficiency of this node.

Keywords: pipe-concrete column mating unit, longitudinal force, pipe-concrete element, joint work of concrete core and steel shell, concentration of materials, concentration of maximum stresses at joints, calculation of normal stresses, zones with the highest normal stresses.

Введение

В настоящее время в самых различных областях строительства эффективно применяются трубобетонные конструкции. Это композитные конструкции, состоящие из стальной трубы-оболочки, заполненной бетоном. Благодаря высоким конструктивным и строительно-технологическим характеристикам, а также технико-экономическим показателям трубобетонные элементы можно встретить в мостостроении, строительстве подземных дорог (а именно метро), а также при возведении высотных зданий, строительство которых за последнее время значительно увеличилось.

Одним из важных моментов при возведении зданий с применением трубобетонных конструкций является обеспечение совместной работы бетонного ядра и стальной оболочки, а также устройство стыковых соединений колонн по высоте и перекрытиям, что требует разработки

существенно новых конструктивно-технологических решений узлов сопряжения трубобетонной колонны с ригелем.

В мировом опыте ведутся разработки, которые направлены на использование трубобетонных конструкций в массовом строительстве, несмотря на существование ряда факторов, которые сдерживают широкое применение трубобетона: недостаточно развитая нормативная база, отсутствие эффективной методики расчета, недостаток научных исследований в области технологии возведения каркасов зданий [1].

Анализ исследований

Трубобетонные стержни в отличие от стальных эффективно работают только на сжатие, а при работе на растяжение обладают значительно меньшей несущей способностью аналогично

железобетонным стержням. Поэтому ТБК должны содержать в основном сжатые элементы, а растянутые элементы предпочтительно выполнять стальными.

Конструктивная форма ТБК обусловлена развитием подобных конструкций из полых труб.

Технология изготовления трубобетонных стержней с использованием внешнего вибрирования позволяет конструировать узлы сквозных конструкций с использованием прорезных фасонки и деталей, располагаемых в полости трубы.

Просматриваются два подхода к построению схем несущих каркасов.

Первый – использование трубобетонного стержня в традиционных конструктивных схемах сооружений для сжатых элементов (колонны и стойки производственных и общественных зданий, пилоны вантовых покрытий, пояса опор ЛЭП, стержни ферм и арок и т. п.) (рис. 1).

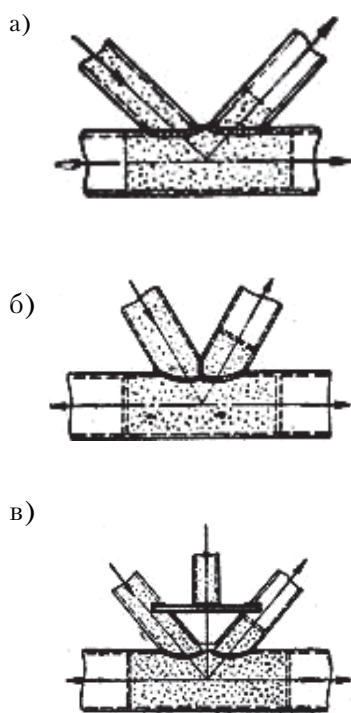


Рисунок 1. Различные решения узлов из стальных труб ферм без фасонки с криволинейным резом торцов труб.

Второй – разработка новых схем, в которых основные нагрузки воспринимаются очень сильно сжатыми трубобетонными элементами. При этом подходе учитываются следующие принципы:

концентрация материалов, упрощение конструктивной формы и совмещение функций (рис. 2).

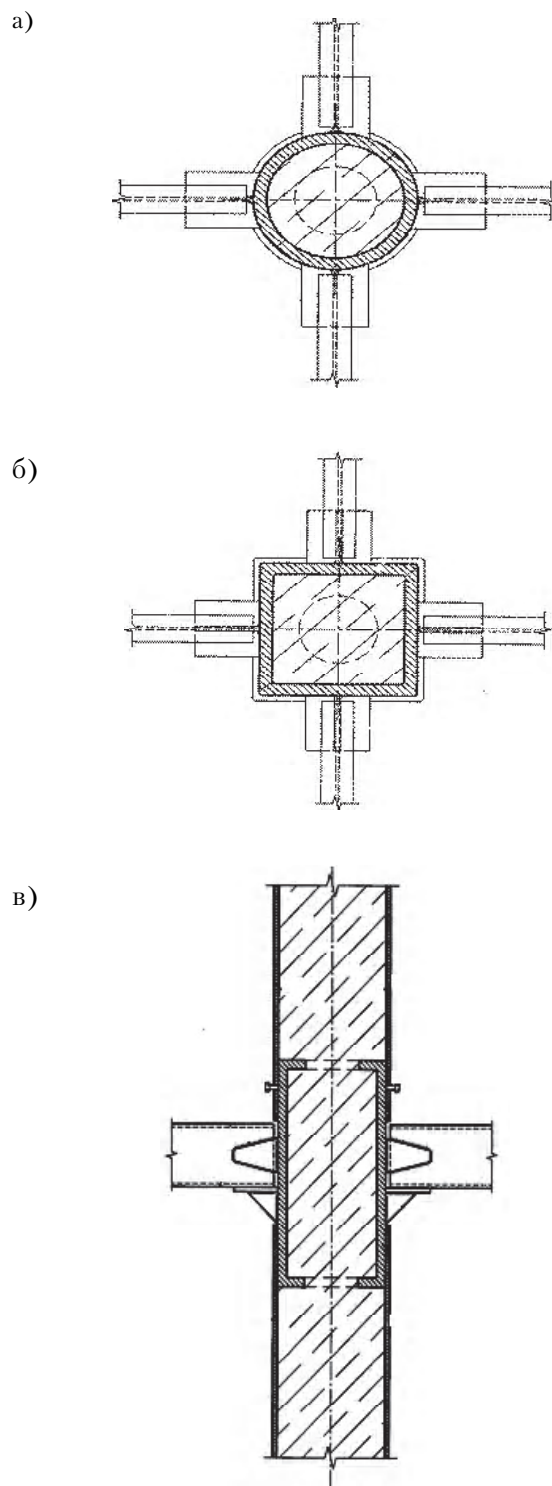


Рисунок 2. Узлы сопряжения трубобетонных колонн с балками перекрытия: а) с колонной круглого сечения; б) с колонной квадратного сечения; в) разрез ТБ колонны со стальным сердечником.

Некоторые виды узлов сопряжения представлены на рисунках 1 и 2.

Проанализировав некоторые виды узлов сопряжения ТБ колонн с балками перекрытия, можно сделать вывод, что при конструировании узлового соединения в большинстве случаев требуется резка несущей конструкции (колонны) для соединения её с ригелем, что ведёт к повышению трудоёмкости при монтаже конструкции и ослаблению стенки стальной трубы несущей конструкции.

Основная часть

Объект исследования

В данной статье рассматривается узел сопряжения трубобетонной колонны круглого сечения с диаметром трубы 220 мм и толщиной стенки металла 7 мм, длина фрагмента колонны 1 050 мм (рис. 3).

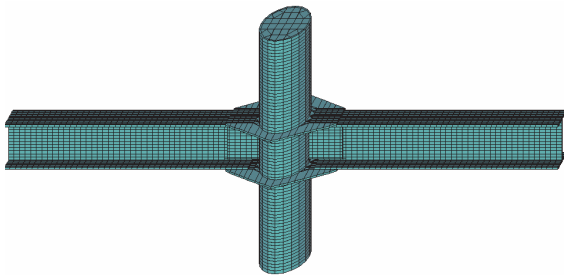


Рисунок 3. Узел сопряжения трубобетонной колонны с ригелями двутаврового сечения.

Труба заполнена бетоном марки В15 для совместной работы несущей конструкции трубы с бетоном.

В качестве ригеля выбрана стальная прокатная балка двутаврового сечения (двутавр 20Б1) длиной 1 100 мм.

Примыкание ригелей к колонне осуществляется двумя горизонтальными ромбическими накладками толщиной 5 мм и четырьмя вертикальными прямоугольными накладками толщиной 5 мм при помощи сварки.

Для определения концентрации максимальных напряжений в стыках были определены максимальные нагрузки на колонну и ригеля двутаврового сечения.

1. Задаёмся классом бетона и маркой стали трубы.

2. Определяем оптимальное значение коэффициента армирования ТБ μ_{pb} .

3. Определяем расчетное сопротивление бетона в трубе.

Определяется расчетное сопротивление бетона в трубе [2] :

$$R_b^* = 0,65 \cdot B \cdot (1 + 16,1 \cdot \mu_{pb} \cdot \beta) = 0,65 \cdot 15 \times \\ \times (1 + 16,1 \cdot 0,140 \cdot 0,77) = 26,68 \text{ МПа} \quad ; \quad (1)$$

где $B = 15$ – класс бетона;

– коэффициент армирования трубобетона:

$$\mu_{pb} = \left(\frac{D}{d}\right)^2 - 1 = \left(\frac{325}{20,6}\right)^2 - 1 = 0,140. \quad (2)$$

$D = 220$ мм – наружный диаметр трубы;

– диаметр бетонного ядра (внутренний диаметр трубы):

$$d = D - 2 \cdot t = 22,0 - 2 \cdot 0,7 = 20,6 \text{ см}. \quad (3)$$

$\beta = 0,77$ – коэффициент, зависящий от класса бетона на прочность при сжатии, определяемый по таблице 1.

Таблица 1. Значение коэффициента β

Бетон	В12,5	В15	В20	В25	В30	В35	В40	В45
β	1,00	0,77	0,66	0,52	0,39	0,35	0,31	0,30

Определяется несущая способность колонны (продольная сила, которую сможет выдержать колонна):

$$N_{stb} = \gamma_{bs} \cdot (R_b^* \cdot A_b + \gamma_{s2} \cdot R_y \cdot A_{st}) = \\ = 1,1 \cdot (26,68 \cdot 10^6 \cdot 333,34 \cdot 10^{-4} + \\ + 0,9 \cdot 230 \cdot 10^6 \cdot 46,85 \cdot 10^{-4}) \times \\ \times 10^{-3} = 2\,046 \text{ кН} \quad (4)$$

где $\gamma_{bs} = 1,1$ – коэффициент условий работы бетона и трубы;

R_b^* – расчетное сопротивление бетона в трубе;

$\gamma_{s2} = 0,9$ – коэффициент условий работы стали трубы, учитывающий снижение расчетного сопротивления стали при сложном напряженном состоянии;

– площадь сечения бетонного ядра:

$$A_b = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,142 \cdot 20,6^2}{4} = 333,34 \text{ см}^2, \quad (5)$$

$R_y = 240$ МПа – расчетное сопротивление стали С255;

– площадь поперечного сечения трубы:

$$A_{st} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} = \frac{3,142 \cdot (22,0^2 - 20,6^2)}{4} = 46,85 \text{ см}^2 \quad (6)$$

Определяется несущая способность ригеля (поперечная сила, которую сможет выдержать ригель из двутавровой балки № 20):

$$M = P \cdot l = 38,5 \cdot 1,1 = 42,4 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (7)$$

$$P = \frac{R_y W_x}{l} = \frac{230 \cdot 10^6 \cdot 184 \cdot 10^{-6}}{1,1 \cdot 10^3} = 38,5 \text{ кН} = 3850 \text{ кг} \quad (8)$$

Моделирование и расчет узла производился в программном комплексе ПК ЛИРА-САПР 2017. По результатам расчёта в ПК ЛИРА-САПР 2017 были определены зоны с наибольшими нормальными напряжениями (рис. 4а, б). Исследования проводились на двух моделях:

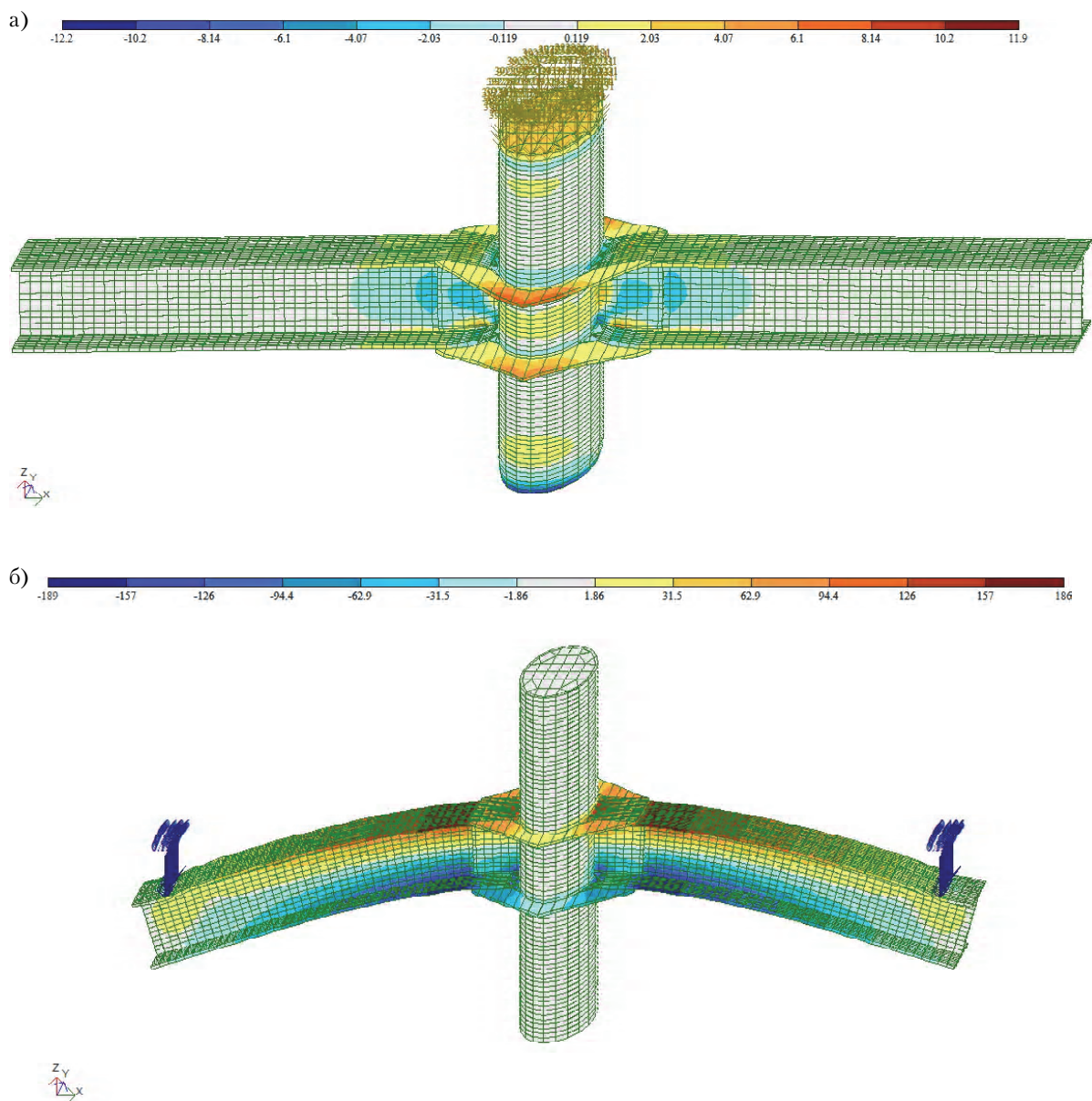


Рисунок 4. Совместная работа бетона и стальной трубы при загрузении: а) колонны; б) ригелей.

- модель с бетоном и трубой, работающих совместно (рис. 5а);
- модель с проскальзыванием бетона внутри стальной трубы (рис. 5б).

Результаты расчёта по нормальным напряжениям в стальной трубе колонны для двух моделей представлены в таблице 2.

Результаты расчета по нормальным и касательным напряжениям в ригеле для двух моделей представлены в таблице 3.

Заключение

Наибольшие эквивалентные напряжения по четвертой энергетической теории прочности составляет 60,8 МПа, что не превышает расчетного сопротивления стали трубы.

Прочность стальной трубы и ригелей обеспечена.

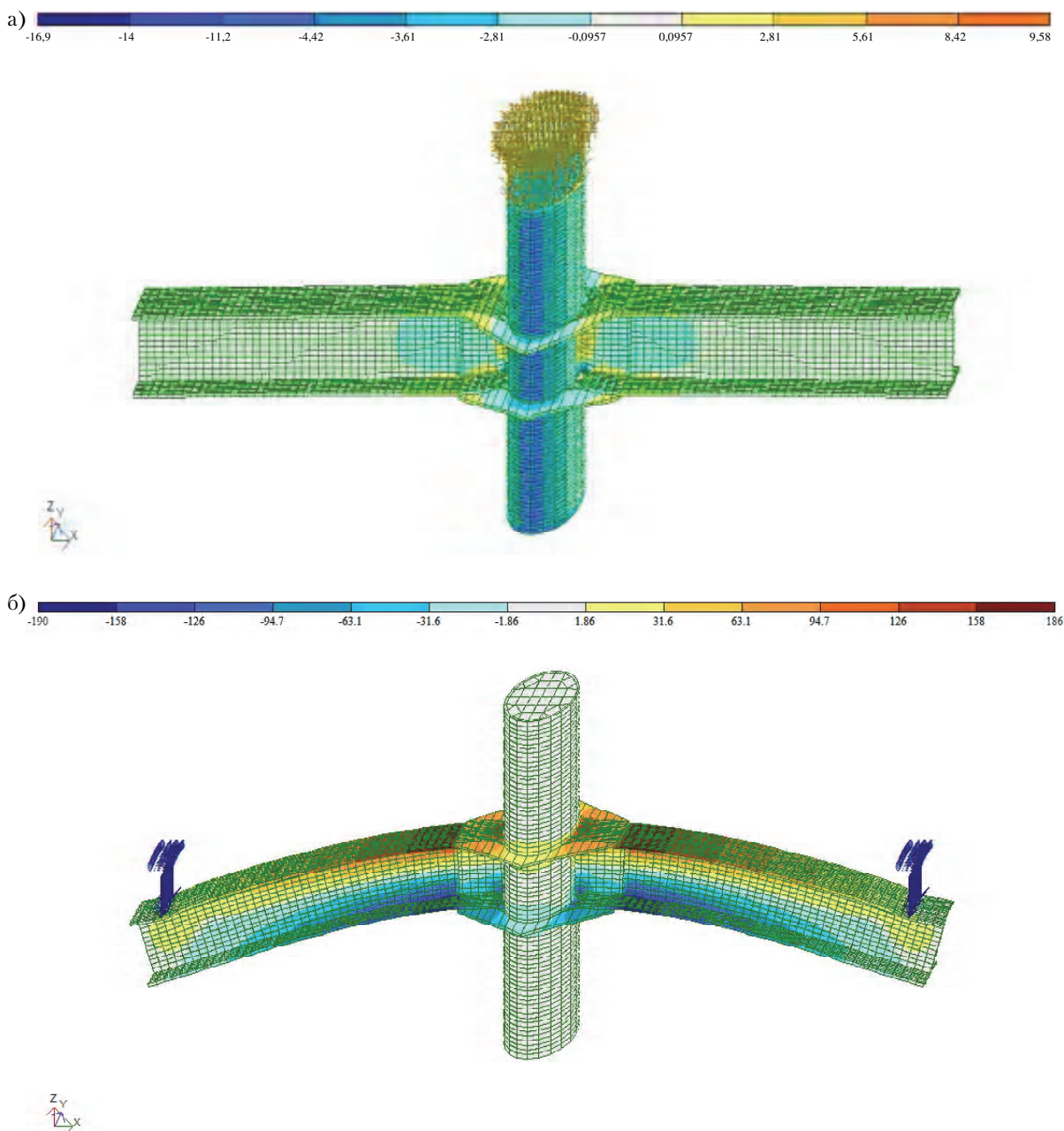


Рисунок 5. Работа бетона и стальной трубы при: а) загрузке колонны с учетом проскальзывания бетона внутри трубы; б) нагрузке на ригели с учетом проскальзывания.

Таблица 2. Максимальные нормальные напряжения в стальной трубе для двух расчётных моделей

N = -2 046 кН				
Модель без проскальзывания бетона внутри трубы			Модель с проскальзыванием бетона внутри трубы	
В сжатой зоне		В растянутой зоне	В сжатой зоне	В растянутой зоне
σ_x , МПа	-12,2	11,9	-16,9	9,58
σ_y , МПа	-12,2	8,89	-13,8	5,22
σ_z , МПа	-75,4	–	-68,9	–

Примечание: σ_x – нормальные напряжения поперёк трубы в плоскости узла; σ_y – нормальные напряжения поперёк трубы из плоскости узла; σ_z – нормальные напряжения вдоль образующей трубы (вдоль действия продольной силы N).

Таблица 3. Максимальные нормальные напряжения в ригеле для двух расчётных моделей

P = 38,5 кН				
Модель без проскальзывания бетона внутри трубы			Модель с проскальзыванием бетона внутри трубы	
В сжатой зоне ригеля		В растянутой зоне ригеля	В сжатой зоне ригеля	В растянутой зоне ригеля
σ_x , МПа	-190	186	-189	186

Литература

1. Мансурова, А. Р. Расчет трубобетонных колонн высотного здания и их сравнение с железобетонными конструкциями [Текст] / А. Р. Мансурова // Молодой ученый. 2018. № 52. С. 20–23.
2. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу. [Текст]. – На заміну СНиП II-23-81* ; надано чинності 2010-12-30. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 201 с.
3. Металеві конструкції [Текст] : підручник / Ф. Є. Клименко, В. М. Барабаш, Л. І. Стороженко ; за ред. Ф. Є. Клименка. – 2-ге видання, випр. і доп. – Львів : Світ, 2002. – 312 с.
4. Берг, О. Я. Исследование неупругих деформаций и структурных изменений высокопрочного бетона при длительном действии сжимающих напряжений [Текст] / О. Я. Берг, А. И. Рожков // Труды ЦНИИС. 1969. Вып. 70. – С. 11–18.
5. Скворцов, Н. Ф. Прочность сталетрубобетона [Текст] : дис. ... докт. техн. наук / Скворцов Николай Филиппович. – М., 1953. – 453 с.
6. Нестерович, А. П. Прочность трубобетонных элементов диаметром 500 мм и более при осевом сжатии [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / Нестерович Александр Павлович. – М., 1987. – 236 с.

References

1. Mansurova, A. R. Calculation of pipe-concrete columns of a high-rise building and their comparison with reinforced concrete structures [Text]. In: *Young Scientist*. 2018. № 52. P. 20–23. (in Russian)
2. DBN V.2.6-163:2010. Structures of buildings and structures. Steel structures. Standards for design, manufacture and installation [Text]. Kyiv : Ministry of Regional Development of Ukraine. 2010. 201 p. (in Ukrainian)
3. Klimenko, F. Ye.; Barabash, V. M.; Storozhenko, L. I. Metal structures [Text] : textbook ; the 2-nd edition, supplemented and revised. Lviv : Svit. 2002. 312 p. (in Ukrainian)
4. Berg, O. Ya.; Rozhkov, A. I. Investigation of inelastic deformations and structural changes in high-strength concrete under long-term compressive stress [Text]. In: *Proceedings of the CNIIS*. 1969. Issue 70. P. 11–18. (in Russian)
5. Skvortsov, N. F. Strength of steel-tube concrete [Text] : D. Sc. Thesis. M., 1953. 453 p. (in Russian)
6. Nesterovich, A. P. Strength of pipe concrete elements with a diameter of 500 mm or more under axial compression [Text] : Ph. D. Thesis : 05.23.01 / Alexander Nesterovich. M., 1987. 236 p. (in Russian)
7. Mills, L. L.; Zimmerman, R. M. Compressive strength of plain concrete under multi-axial loading conditions [Text]. In: *Journal of ACI*. 1970. Issue 10. P. 802–807.

7. Mills, L. L. Compressive strength of plain concrete under multi-axial loading conditions [Текст] / L. L. Mills, R. M. Zimmerman // *Journal of ACI*, 1970. Issue 10. P. 802–807.
8. Долженко, А. А. Трубобетонные конструкции на строительстве производственного здания [Текст] / А. А. Долженко // *Промышленное строительство*. 1965. № 6. С. 23–26.
9. Воскобийник, О. П. Особливості роботи трубобетонних стійок із корозійними пошкодженнями сталеві оболонки [Електронний ресурс] / О. П. Воскобийник, І. О. Пархоменко, Я. О. Томілін // *Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Сер. : Галузеве машинобудування, будівництво*. 2011. Вип. 1. С. 93–98. Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpgmb_2011_1_19.
10. Семко, О. В. Імовірнісні аспекти розрахунку сталезалізобетонних конструкцій [Текст] : монографія / О. В. Семко. – Київ : Сталь, 2004. – 316 с.
11. Римшин, В. И. Механика деформирования и разрушения усиленных железобетонных конструкций [Текст] / В. И. Римшин, Ю. О. Кустикова // *Известия Орловского государственного технического университета. Серия : Строительство и транспорт*. 2007. № 3(15). С. 53–56.
12. Металлические конструкции [Текст] : учебник для строит. вузов / В. В. Горев, Б. Ю. Уваров, В. В. Филипов [и др.] ; в 3 т. Т. 1. Элементы конструкций. – М. : Высшая школа, 2004. – 551 с.
13. Шулер, В. Конструкции высотных зданий / В. Шуллер. – М. : Стройиздат, 1979. – 248 с.
14. Gardner, N. J. Structural behavior of concrete filled steel tubes [Текст] / N. J. Gardner, E. R. Jacobson // *Journal of ACI*. 1967. Vol. 64. Issue 7. P. 404–413.
15. Boyd, P. F. Seismic performance of steel-encased concrete columns under flexural loading [Текст] / P. F. Boyd, W. F. Cofer, D. I. McLean // *Journal of ACI*. 1995. Vol. 92, 3. P. 353–364.
16. Effect of confinement on the ductility of lightweight concrete [Текст] / S. P. Chah, A. E. Naamam, I. Moreno // *Inter. Journal of Cement Composite a Lightweight Concrete*. 1983. Vol. 5. Issue 1. P. 15–25.
17. Sheikh, S. A. Analytical model for concrete confinement in tied columns [Текст] / S. A. Sheikh, S. M. Urumeri // *Journal of the Structural Division*. 1982. Vol. 108. Issue 12. P. 2707–2722.
8. Dolzhenko, A. A. Pipe-concrete structures in the construction of an industrial building [Text]. In: *Industrial engineering*. 1965. № 6. P. 23–26. (in Russian)
9. Voskobiynik, O. P.; Parkhomenko, I. O.; Tomilin, Ya. O. Features of work of pipe-concrete racks with corrosion damages of a steel shell [Electronic resource]. In: *Collection of scientific papers of [Yu. Kondratyuk Poltava national technical University]. Series : Industrial engineering, construction*. 2011. Issue 1. P. 93–98. Access mode : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpgmb_2011_1_19.
10. Semko, O. V. Probabilistic aspects of calculating steel-reinforced concrete structures [Text] : monograph. Kyiv : Steel. 2004. 316 p. (in Ukraine)
11. Rimshin, V. I.; Kustikova, Yu. O. Mechanics of deformation and destruction of reinforced concrete structures [Text]. In: *Proceedings of Orel state technical University. Series: Construction and transport*. 2007. № 3(15). P. 53–56. (in Russian)
12. Gorev, V. V.; Uvarov, B. Yu.; Filippov, V. V. [et. al.]. Metal structures [Text] : textbook : in 3 Volume. Volume 1. Structural element. Moscow : Higher school. 2004. 551 p. (in Russian)
13. Shuler, V. Structures of high-rise buildings [Text]. M. : Stroiizdat. 1979. 248 p. (in Russian)
14. Gardner, N. J.; Jacobson, E. R. Structural behavior of concrete filled steel tubes [Text]. In: *Journal of ACI*. 1967. Vol. 64. Issue 7. P. 404–413.
15. Boyd, P. F.; Cofer, W. F.; McLean, D. I. Seismic performance of steel-encased concrete columns under flexural loading [Text]. In: *Journal of ACI*. 1995. Vol. 92, 3. P. 353–364.
16. Chah, S. P.; Naamam, A. E.; Moreno, I. Effect of confinement on the ductility of lightweight concrete [Text]. In: *Inter. Journal of Cement Composite a Lightweight Concrete*. 1983. Vol. 5. Issue 1. P. 15–25.
17. Sheikh, S. A.; Urumeri, S. M. Analytical model for concrete confinement in tied columns [Text]. In: *Journal of the Structural Division*. 1982. Vol. 108. Issue 12. P. 2707–2722.

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.

Анищенко Владимир Михайлович – ассистент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: прочность и деформативность рамных узлов со стойками из трубобетона и ригелями двутаврового сечения.

Волчков Александр Николаевич – старший преподаватель кафедры автоматизация и электроснабжения в строительстве ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование тензометрии для определения напряжённого состояния строительных конструкций.

Миронов Андрій Миколайович – кандидат технічних наук; доцент кафедри металевих конструкцій і споруд ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: втомлена міцність металевих конструкцій, концентрація напружень в вузлах ферм із застосуванням широкополічкових двотаврів та гнучо-зварних замкнених профілів, напружено-деформований стан сталезалізобетонних конструкцій, у тому числі трубобетонних конструкцій.

Анищенко Володимир Михайлович – асистент кафедри металевих конструкцій і споруд ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: міцність і деформативність рамних вузлів зі стійками з трубобетону і ригелями двотаврового перетину.

Волчков Олександр Миколайович – старший викладач кафедри автоматизації та електропостачання в будівництві ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання тензометрії для визначення напруженого стану будівельних конструкцій.

Mironov Andrey – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structure and Construction 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 wide-band I-bars and roll-welded closed profiles, stress-strain state of steel reinforced concrete structures including pipe-concrete structures.

Anishchenkov Vladimir – assistant, Metal Structure and Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: strength and deformation of frame units with columns from pipe-concrete and I-beam crossbars.

Volchikov Alexander – Senior lecturer, Automatics and Electrotechnics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the use of strain gauges to determine the stress state of building structures.