



ISSN 1993-3517 online

**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
METAL CONSTRUCTIONS**

2022, ТОМ 28, НОМЕР 3, 155–165

EDN: OBSSBQ

УДК 624.01.001.53

(22)-0446-1

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ СТАЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА И БЕТОНА ПО ПОВЕРХНОСТИ ИХ СОПРИКОСНОВЕНИЯ

В. Н. Васылев¹, А. Н. Миронов², В. М. Анищенко³, Д. Р. Игнатенко⁴

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

E-mail: ¹wn1951@mail.ru, ²andreyexp@mail.ru, ³vove.ne@mail.ru, ⁴dimitriy.977@mail.ru

Получена 01 сентября 2022; принята 09 сентября 2022.

Аннотация. Рассматриваются статические испытания призм из бетона класса В15 с целью исследования сцепления бетона по плоской поверхности стального элемента. Для проведения экспериментальных исследований была создана установка, состоящая из двух металлических пластин с размерами 500×100×10 мм, между которыми помещались бетонные призмы с последующим их обжатием гидравлическим прессом. Бетонные призмы устанавливались на металлический квадратный сляб с размерами 100×100 мм. Нагрузка на торцы призм передавалась гидравлическим домкратом ГД-20 грузоподъемностью 20 т через металлическую накладку круглого сечения диаметром 200 мм и металлический цилиндр Ø50×135 мм. Горизонтальные деформации бетонных призм, возникающие вдоль усилия, создаваемого домкратом, фиксировались индикатором часового типа ИЧ-10 с записью в лабораторный журнал испытаний. Целью проведения испытаний являлось исследование продольных горизонтальных сдвиговых деформаций по контакту бетон–сталь в зависимости от уровня обжатия бетонной призмы и уровня приложенной нагрузки к поперечному сечению, а также определение коэффициента трения покоя по контактным поверхностям двух материалов.

Ключевые слова: экспериментальная модель, напряженно-деформированное состояние (НДС), труботонный (ТБ) элемент, гидравлический пресс, гидравлический домкрат (ГД), нагрузка, бетонные призмы, сцепление бетона, коэффициент трения покоя бетона по стальной поверхности.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СПІЛЬНОЇ РОБОТИ СТАЛЕВОГО ЕЛЕМЕНТА І БЕТОНУ ПО ПОВЕРХНІ ЇХ ЗІТКНЕННЯ

В. М. Васи́лев¹, А. М. Миронов², В. М. Аніщенко³, Д. Р. Ігнатенко⁴

*ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.*

E-mail: ¹wn1951@mail.ru, ²andreyexp@mail.ru, ³vove.ne@mail.ru, ⁴dimitriy.977@mail.ru

Отримана 01 вересня 2022; прийнята 09 вересня 2022.

Анотація. Розглядаються статичні випробування призм з бетону класу В15 з метою дослідження зчеплення бетону по плоскій поверхні сталевго елемента. Для проведення експериментальних досліджень була створена установка, що складається з двох металевих пластин з розмірами 500×100×10 мм, між якими поміщалися бетонні призми з подальшим їх обтисненням гідралічним пресом. Бетонні призми встановлювалися на металевий квадратний сляб з розмірами 100×100 мм. Навантаження на торці призм передавалася гідралічним домкратом ГД-20 вантажопідйомністю 20 т через металеву накладку



круглого перерізу діаметром 200 мм і металевий циліндр $\emptyset 50 \times 135$ мм. Горизонтальні деформації бетонних призм, що виникають уздовж зусилля, створюваного домкратом, фіксувалися індикатором годинникового типу ГЧ-10 із записом в лабораторний журнал випробувань. Метою проведення випробувань було дослідження поздовжніх горизонтальних зсувних деформацій по контакту бетон–сталь залежно від рівня обтиску бетонної призми і рівня прикладеного навантаження до поперечного перерізу, а також визначення коефіцієнта тертя спокою по контактних поверхнях двох матеріалів.

Ключові слова: експериментальна модель, напружено-деформований стан (НДС), труботонний (ТБ) елемент, гідравлічний прес, гідравлічний домкрат (ГД), навантаження, бетонні призми, зчеплення бетону, коефіцієнт тертя спокою бетону по сталевій поверхні.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE COMBINED ACTION OF A STEEL ELEMENT AND CONCRETE ON THE SURFACE OF THEIR CONTACT

Vladimir Vasylev¹, Andrey Mironov², Vladimir Anishchenkov³, Dimitriy Ignatenko⁴

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,

2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.

E-mail: ¹vn1951@mail.ru, ²andreyexp@mail.ru, ³vove.ne@mail.ru, ⁴dimitriy.977@mail.ru

Received 01 September 2022; accepted 09 September 2022.

Abstract. Static tests of prisms made of concrete of class B15 are considered in order to study the adhesion of concrete on the flat surface of a steel element. To conduct experimental studies, an installation was created consisting of two metal plates with dimensions of $500 \times 100 \times 10$ mm, between which concrete prisms were placed and then compressed with a hydraulic press. Concrete prisms were installed on a metal square slab with dimensions of 100×100 mm. The load on the ends of the prisms was transmitted by a GD-20 hydraulic jack with a load capacity of 20 tons through a round metal cover plate with a diameter of 200 mm and a metal cylinder $\emptyset 50 \times 135$ mm. Horizontal deformations of concrete prisms that occur along the force generated by the jack were recorded by a clock-type IR-10 indicator with an entry in the laboratory test log. The purpose of the tests was to study longitudinal horizontal shear deformations along the concrete-steel contact, depending on the level of compression of the concrete prism and the level of applied load to the cross section, as well as to determine the coefficient of friction of rest on the contact surfaces of the two materials.

Keywords: experimental model, stress-strain state (SST), pipe-concrete (PC) element, hydraulic press, hydraulic jack (HJ), load, concrete prisms, concrete adhesion, coefficient of friction of concrete at rest on a steel surface.

Введение

В настоящее время в отечественную практику строительства активно внедряются труботонные конструкции, зачастую в виде колонн и стоек, испытывающих центральное или внецентренное сжатие от значительных вертикальных и горизонтальных нагрузок. Существующие инженерные методики рассматривают расчет линейных элементов без узловых соединений, однако надежность несущих конструкций зданий и сооружений чаще всего определяется прочностью и устойчивостью элемен-

тов узлов, а также их соединений (сварных, болтовых, фрикционных и т. п.). Таким образом, исследования узловых соединений, в том числе с использованием ТБ конструкций, являются актуальными и востребованными для практических целей строительства.

Следует отметить, что 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 таких моделях рассматриваются составные конструкции с использованием линейно-упругих систем или простейших нелинейных законов деформирования материалов, что далеко не в полной мере отражает поведение сталебетонной конструкции под нагрузкой и для большинства случаев требует экспериментальных исследований [1, 2]. В ряде случаев в расчетных моделях не учитывается совместная работа бетона и стали по контакту их соприкосновения вследствие возникающих сил трения, которые влияют на вводимые граничные условия при моделировании ТБ элементов и узлов.

Анализ исследования

Достаточно точную оценку НДС в узловых соединениях вертикальных и горизонтальных элементов, а также общей и местной устойчивости конструкции можно получить с использованием экспериментального метода на моделях, выполненных в натуральную величину. Большой объём экспериментальных исследований



Рисунок 1. Экспериментальный образец – призма из бетона класса В15.

НДС для линейных элементов в виде ТБ стоек и колонн с разными параметрами труб и характеристиками бетонов проводились следующими учёными: О. Я. Бергом, О. О. Гвоздевым, Г. А. Гениевым, О. А. Долженко, В. И. Ефименко, А. И. Кикиным, Р. С. Санжаровским, Л. И. Стороженом, В. М. Сурдиным, В. А. Трульм, В. Ф. Пенц, Д. А. Ермоленко, А. В. Семко, А. П. Воскобойник [1].

Важным фактором при возведении объектов с применением ТБ элементов является обеспечение совместной работы бетонного ядра и стальной оболочки при эксплуатационных нагрузках, что является существенным конструктивным недостатком данных конструкций. Ввиду разности начальных коэффициентов поперечной деформации бетона и стали ($\nu_b \approx 0,18$, $\nu_s \approx 0,3$), в процессе постепенного нагружения ядро и обойма работают совместно только в начальный период загрузки [1, 3, 5]. Затем из-за указанной разницы в деформационных свойствах и низкой прочности сцепления бетона со сталью, внешняя оболочка стремится оторваться от поверхности бетона, способствуя возникновению в нем радиальных растягивающих напряжений, что приводит к нарушению сцепления. В этот момент, естественно, никакого поперечного обжатия бетона в трубе происходить не может, и бетон работает в условиях одноосного сжатия, а труба – как продольная арматура [7].

Основная часть

1. Объект исследования

Для исследования совместной работы бетона и стали по контакту их соприкосновения применялись призмы из бетона класса В15. Бетон выдерживался 30 суток при средней температуре 18 °С и постоянном увлажнении (рис.1). Количество бетонных призм – 6 со следующими основными размерами:

- поперечное сечение $b \times h = 100 \times 100$ мм;
- длина $l = 200$ мм.

Общая схема экспериментальной установки с прикладываемыми усилиями на бетонные призмы, приведена на рис. 2, 3.

Величины прикладываемых ступеней нагрузок для испытываемых образцов бетонных призм приведены в табл. 1.

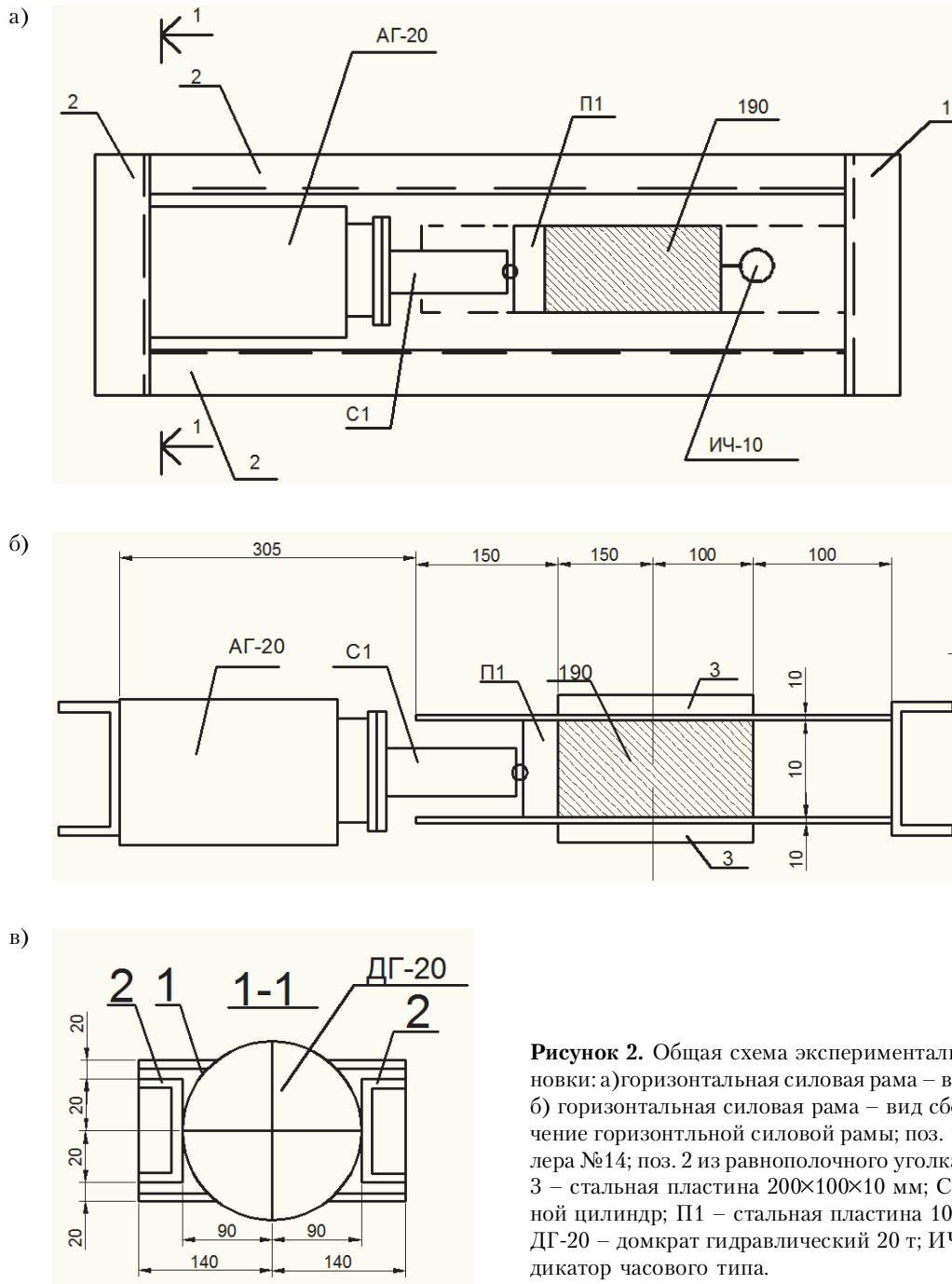


Рисунок 2. Общая схема экспериментальной установки: а) горизонтальная силовая рама – вид сверху; б) горизонтальная силовая рама – вид сбоку; в) сечение горизонтальной силовой рамы; поз. 1 из швеллера №14; поз. 2 из равнополочного уголка 50×50×5; 3 – стальная пластина 200×100×10 мм; С1 – стальной цилиндр; П1 – стальная пластина 100×100 мм; ДГ-20 – домкрат гидравлический 20 т; ИЧ-10 – индикатор часового типа.

2. Подготовка и проведение эксперимента

Экспериментальные исследования проводились на базе лабораторного корпуса ГОУ ВПО «Дон-НАСА».

Горизонтальная силовая рама со стальными пластинами и бетонной призмой была помещена под 120-тонный гидравлический пресс ПММ-120.

Горизонтальная нагрузка на торец бетонной призмы сечением 100×100 мм прикладывается гидравлическим домкратом ДГ20, который приводится в действие от маслостанции (рис. 4).

Центрирование и передача на призму горизонтальной нагрузки, создаваемой ГД, производится через металлическую накладку $\varnothing 200 \times 10$ мм и цилиндр $\varnothing 50 \times 135$ мм (рис. 6).

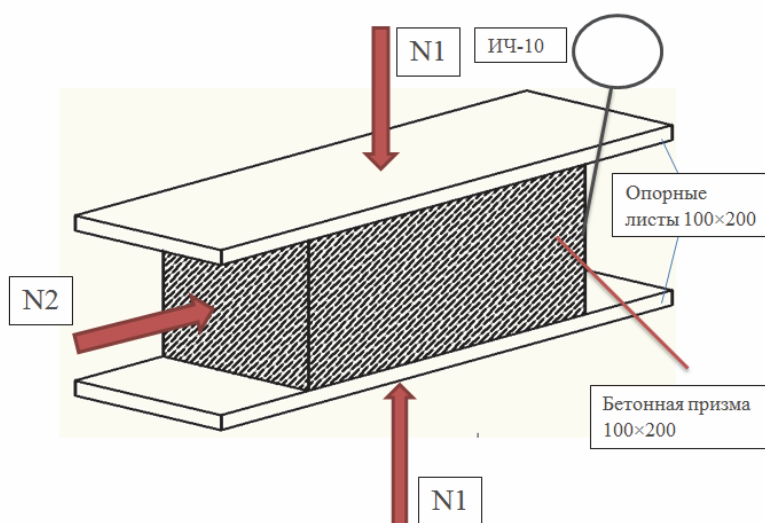


Рисунок 3. Бетонная призма с силами давления, создаваемые ГД и прессом с опорными листами – зона исследования трения-проскальзывания. N1 – нагрузка создаваемая прессом; N2 – нагрузка создаваемая гидравлическим домкратом; ИЧ-10 – индикатор часового типа для определения сдвиговых деформаций бетонной призмы при нагружении.

Таблица 1. Величины прикладываемых ступеней нагрузок для испытываемых образцов бетонных призм

№ ступени загрузки	Вертик. нагрузка от прессы N, тс	Горизонт. нагрузка от домкрата P, тс	Соотношение нагрузок P/N	Продольная деформация призмы по контакту соприкосновения со стальной пластиной, Δl, мм
1	2	0,144	0,072	0,05
2	2	0,288	0,144	0,08
3	2	0,432	0,216	0,095
4	2	0,576	0,288	0,10
5	2	0,720	0,360	0,11
6	2	0,864	0,432	0,11
7	2	1,008	0,504	0,12
8	2	1,152	0,576	0,14
9	2	1,296	0,648	Эффект проскальзывания – нарастание продольной деформации без увеличения горизонтальной нагрузки

В паз центрирующего цилиндра устанавливается стальной шарик, который передаёт горизонтальную нагрузку на стальную пластину с размерами 100×100 мм, и далее на испытуемый образец бетонной призмы.

Призма обжимается с двух сторон стальными пластинами, на которые подается вертикальное давление от гидравлического прессы (рис. 2).

Горизонтальные деформации бетонной призмы вдоль усилия, прикладываемого гидравлическим домкратом, фиксируются индикатором часового типа ИЧ-10 с записью в лабораторный журнал испытаний.

При проведении экспериментальных исследований на нескольких бетонных образцах по отработанной методике были получены результаты



Рисунок 4. Общий вид экспериментальной установки.

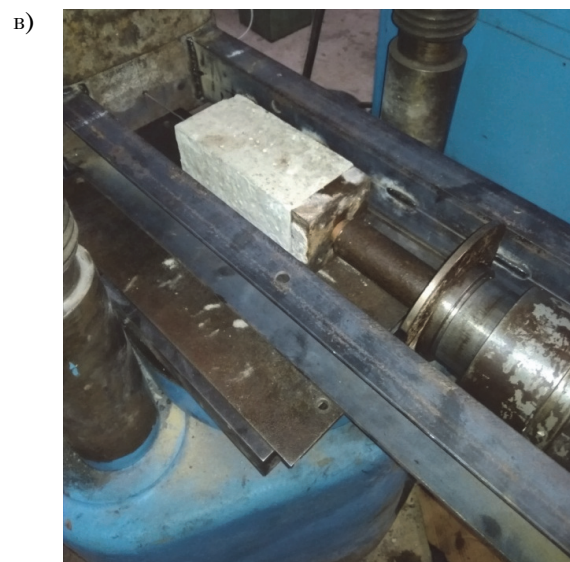
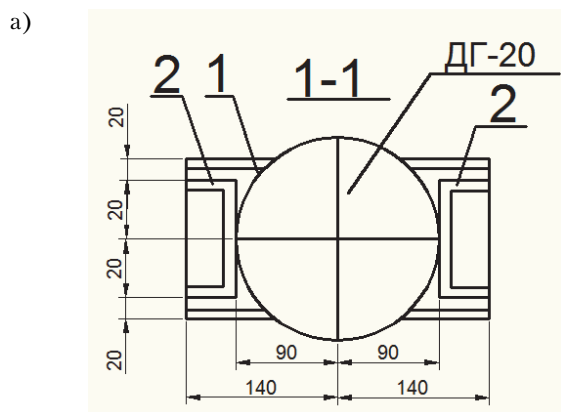


Рисунок 5. Экспериментальная установка с установленной горизонтальной силовой рамой, гидравлическим домкратом, бетонной призмой и индикатором часового типа ИЧ-10: а) сечение горизонтальной силовой рамы; б) индикатором часового типа ИЧ-10; в) горизонтальная силовая рама – вид сверху.

зависимости горизонтальных деформаций образцов от соотношения горизонтальных и вертикальных усилий (рис. 7).

По результатам статистической обработки результатов эксперимента, в зависимости от уровня вертикального давления, создаваемого

гидравлическим прессом, были получены коэффициенты трения покоя (μ) бетонных призм по стальным поверхностям пластин (рис. 8).

Экспериментальные значения коэффициентов трения покоя бетона по стали приведены в табл. 2.

а)



б)



Рисунок 6. Цилиндр $\varnothing 50 \times 135$ мм, передающий горизонтальную нагрузку от домкрата к бетонной призме: а) вид сбоку; б) вид сверху.

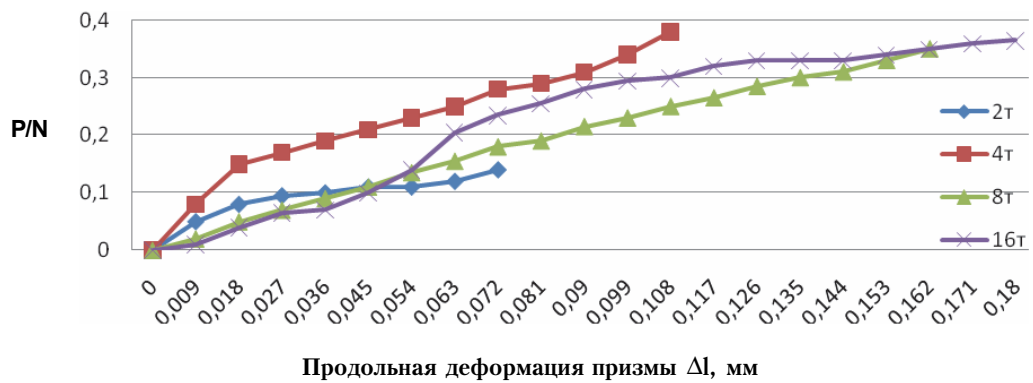


Рисунок 7. Зависимости продольных горизонтальных деформаций бетонных призм, полученных по контакту соприкосновения со стальными пластинами, от соотношения горизонтальной и вертикальной нагрузки.

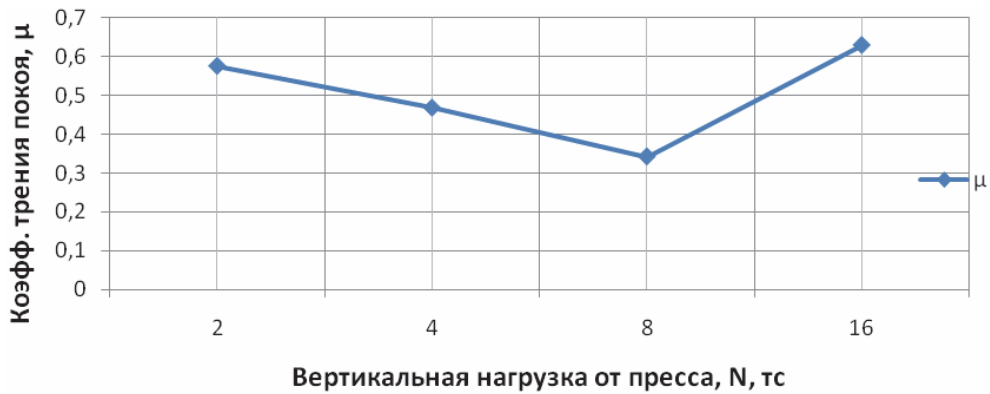


Рисунок 8. Зависимость коэффициента трения покоя бетона по стальной поверхности в зависимости от уровня вертикальной нагрузки на образец.

Таблица 2. Экспериментальные значения коэффициентов трения покоя бетона по стали

№ п/п	Вертикальная нагрузка от прессы, N, тс	Коэффициент трения покоя бетона по стальной поверхности, μ
1.	2,0	0,576
2.	4,0	0,468
3.	8,0	0,342
4.	16,0	0,630
Среднее значение коэффициента трения покоя:		0,504

Заключение

1. Получены зависимости сдвиговых горизонтальных деформаций по контакту поверхности бетон-сталь от соотношения нормальных напряжений на площадках приложения нагрузки. Зависимость горизонтальных деформаций от приложенных вертикальных нагрузок в 2, 4, 16 т – нелинейная. При уровне вертикальной нагрузки в 8 т наблюдается линейная зависимость.

При уровне вертикальной нагрузки в 8 т наблюдается линейная зависимость.

2. Определены моменты проскальзывания бетона по стальной поверхности в зависимости от уровня горизонтального давления на торец призмы и вертикального давления от прессы. Связь момента проскальзывания с прикладываемыми нагрузками не является пропорциональной. Наибольшая устойчивость бетонной призмы от проскальзывания наблюдается при максимальной нагрузке обжатия, соответствующей 16 т.
3. Наибольший коэффициент трения покоя μ по контакту бетон–сталь определен при максимальном уровне обжатия призмы, соответствующий нагрузке на пресс в 16 т. Наибольший коэффициент = 0,63. Средний коэффициент $\mu = 0,50$.
4. Полученные коэффициенты трения покоя бетона по стали, позволяют уточнить граничные условия и НДС в зоне контакта стальной круглой трубы и бетонного ядра для численных моделей рамных ТБ узлов, создаваемых на основе метода конечных элементов.

Литература

1. Миронов, А. Н. Напряженно-деформированное состояние в труботетонном элементе рамного узла с применением ригелей двугаврового сечения / А. Н. Миронов, В. М. Анищенко, А. Н. Волчков. – Текст : непосредственный // Металлические конструкции. – 2019. – Том 25, № 3. – С. 127–135. – URL: http://donnasa.ru/publish_house/journals/mk/2019-3/04_mironov_anischnkov_volchkov.pdf (дата публикации: 14.10.2019)
2. 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.
3. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення : видання офіційне : затверджено та надано чинності Наказом Мінрегіонбуду України від 24 грудня 2009 р. № 680 : замість СНіП 2.03.01-84* : надано чинності 2011-06-01 / розроблено Державним підприємством «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК). – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 75 с. – Текст : непосредственный.
4. Клименко, Ф. Е. Металеві конструкції : підручник / Ф. Е. Клименко, В. М. Барабаш, Л. І. Стороженко. – 2-ге видання, виправлене і доповнене. –

References

1. Mironov, A. N.; Anishchenkov, V. M.; Volchkov, A. N. Method of Experimental Studies of Frame Pipe-Concrete Units with Round-Tube Struts and I-beam Crossbars. – Text : direct. – In: *Metal constructions*. – 2019. – Volume 25, № 3. – P. 127–135. – URL: http://donnasa.ru/publish_house/journals/mk/2019-3/04_mironov_anischnkov_volchkov.pdf (publication date: 14.10.2019). (in Russian)
2. Kikin, A. I.; Sanzharovsky, R. S.; Trull, V. A. Concrete-filled steel pipe structures. – Moscow : Stroizdat, 1974. – 144 p. – Text : direct. (in Russian)
3. DBN V.2.6-98:2009. Concrete and reinforced concrete structures. Basic provisions. – Kiev : Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine, 2011. – 75 p. – Text : direct. (in Ukrainian)
4. Klimenko, F. Ye.; Barabash, V. M.; Storozhenko, L. I. Metal constructions : textbook. – 2nd edition, revised and enlarged. – Lviv : Svit, 2002. – 312 p. – Text : direct. (in Ukrainian)
5. EN 1994-1-1:2004. Eurocode 4. Design of composite steel and concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings. – Brussels : CEN, 2004. – 121 p. – Text : direct. (in English)

- Львів : Світ, 2002. – 312 с. – Текст : непосредственный.
5. 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.
 6. EN1992-1-1. 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. – Brussels : CEN, 2004. – 227 p. – Текст : непосредственный.
 7. 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.
 8. 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.
 9. Сурдин, В. М. Исследование напряженно-деформированного состояния трубобетонных элементов при осевом нагружении с учетом реологических процессов : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сурдин Владимир Михайлович ; Одесский инженерно-строительный институт. – Одесса, 1970. – 21 с. – Текст : непосредственный.
 10. Лукша, Л. К. Прочность трубобетона / Л. К. Лукша. – Минск : Вышэйшая школа, 1977. – 96 с. – Текст : непосредственный.
 11. Труль, В. А. Устойчивость центрально сжатых труб, заполненных бетоном / В. А. Труль, Р. С. Санжаровский. – Текст : непосредственный // Доклады XXV конференции ЛИСИ. – Ленинград, 1968. – С. 28–40.
 12. 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.
 13. Полкова, О. М. Трубобетонные колонны высотных зданий из высокопрочного бетона в США / О. М. Полкова. – Текст : непосредственный // Бетон и железобетон. – 1992. – № 1. – С. 29–30.
 14. Boyd, P. F. Seismic performance of steel-encased concrete columns under flexural loading / P. F. Boyd, W. F. Cofer, D. I. McLean. – Текст : непосредственный // Journal of ACI. – 1995. – Volume 92, № 3. – P. 353–364.
 15. Hibbitt, ABAQUS User's Manual / Hibbitt, Karlsson, Sorensen. – USA, Rhode Island : Inc. Pawtucket, 1994. – 18 p. – Текст : непосредственный.
 6. EN1992-1-1. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules. – Brussels : CEN, 2004. – 227 p. – Text : direct. (in English)
 7. 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. – Issue 5. – P. 22–26. (in Russian)
 8. 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 influence of the «cage»: research report. – Kiev : KARI, 1969. – 112 p. – Text : direct. (in Russian)
 9. Surdin, V. M. Investigation of the stress-strain state of concrete tubular elements under axial loading, taking into account rheological processes : abstract Thesis of Ph. D. in Engineering ; Odessa Civil Engineering Institute. – Odessa, 1970. – 21 p. – Text : direct. (in Russian)
 10. Luksha, L. K. Strength of pipe concrete. - Minsk : Vyshejsheia shkola, 1977. – 96 p. – Text : direct. (in Russian)
 11. Trull, V. A.; Sanzharovsky, R. S. Stability of centrally compressed pipes filled with concrete. – Text : direct. – In: *Reports of XXV conference LCEI*. – Leningrad, 1968. – P. 28–40. (in Russian)
 12. 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)
 13. Polkova, O. M. Pipe concrete columns of high-rise buildings made of high-strength concrete in the USA. – Text : direct. – In: *Concrete and reinforced concrete*. – 1992. – № 1. – P. 29–30. (in Russian)
 14. Boyd, P. F.; Cofer, W. F.; McLean, D. I. Seismic performance of steel-encased concrete columns under flexural loading. – Text : direct. – In: *Journal of ACI*. – 1995. – Volume 92, № 3. – P. 353–364. (in English)
 15. Hibbitt; Karlsson; Sorensen. ABAQUS User's Manual. – USA, Rhode Island : Inc. Pawtucket, 1994. – 18 p. – Text : direct. (in English)
 16. Adrian, C. A.; Triantafillou, T. C. Creep and Shrinkage Analysis of Composite Systems under Axial Load and Biaxial Bending. – Text : direct. – In: *Materials and Structures*. – 1992. – Volume 25, № 9. – P. 543–551. (in English)
 17. Ansourian, P. Connections to Concrete-Filled Tube Columns. – Text : direct. - In: *International Association of Bridge and Structural Engineers*. – 1976. – Volume 36-1. – P. 1–22. (in English)

16. Adrian, C. A. Creep and Shrinkage Analysis of Composite Systems under Axial Load and Biaxial Bending / C. A. Adrian, T. C. Triantafillou. – Текст : непосредственный // Materials and Structures. – 1992. – Volume 25, № 9. – P. 543–551.
17. Ansourian, P. Connections to Concrete-Filled Tube Columns / P. Ansourian. – Текст : непосредственный // International Association of Bridge and Structural Engineers. – 1976. – Volume 36-1. – P. 1–22.

Васылев Владимир Николаевич – кандидат технических наук, профессор кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экспериментально-теоретическое исследование работы опор линий электропередачи, строительных конструкций и сооружения; технология изготовления строительных конструкций.

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 гнutosварных 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.

Игнатенко Дмитрий Романович – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование и оценка технического состояния несущих металлических конструкций промышленных зданий и сооружений.

Васылев Володимир Миколайович – кандидат технічних наук, професор кафедри металевих конструкцій і споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: експериментально-теоретичне дослідження роботи опор ліній електропередавання, будівельних конструкцій і споруд, технологія виготовлення будівельних конструкцій.

Миронов Андрій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: втомлена міцність металевих конструкцій, концентрація напружень у вузлах ферм із застосуванням широкополочкових двотаврів та гнutosварних замкнених профілів, напружено-деформований стан сталеалюмінієбетонних конструкцій, у тому числі трубобетонних конструкцій.

Анищенко Володимир Михайлович – асистент кафедри металевих конструкцій і споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: напружено-деформований стан жорстких вузлів трубобетонних конструкцій, робота вузлів трубобетонних конструкцій в умовах динамічних впливів.

Игнатенко Дмитрий Романович – студент ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування та оцінка технічного стану несучих металевих конструкцій промислових будівель та споруд.

Vasylev Vladimir – Ph. D. (Eng.), Professor, Metal Structures and Constructions Department Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: experimentally-theoretical research of work of supports of lines of electricity transmission, building constructions and building; technology of making of building constructions.

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,

stress concentration in truss nodes using wide-field I-beams and bent-welded closed profiles, stress-strain state of steel-reinforced concrete structures, including pipe-concrete structures.

Anishchenkov Vladimir – Assistant, Metal Structures and Constructions 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.

Ignatenko Dimitriy – Student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: design and evaluation of the technical condition of load-bearing metal structures of industrial buildings and structures.