

УДК 69.07

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-1-164-174

*А.А. КОЯНКИН¹, В.М. МИТАСОВ²,**¹Сибирский федеральный университет,**²Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АРМИРОВАННОГО КОНТАКТНОГО ШВА НА ОСНОВАНИИ ДВУЧЛЕННОГО ЗАКОНА ТРЕНИЯ ДЕРЯГИНА

В процессе проектирования сборно-монолитных конструкций необходимо учитывать возможное разрушение по контактному шву сопряжения монолитного и сборного бетонов. Причём, как показывают исследования различных авторов, качество устройства шва существенно влияет на его прочностные показатели. Кроме того, напряжённо-деформированное состояние контактного шва можно разделить на «классические» 3 стадии.

Рассмотрев конструктивные особенности формирования напряжённо-деформированного состояния сборно-монолитной конструкции в процессе воздействия сдвигающего усилия, авторы статьи отметили, что прослеживается линейная зависимость между предельными сдвигающими напряжениями, усилиями вертикального обжатия шва и степенью армирования поперечной арматурой. В связи с тем, что процесс деформирования контактного шва напрямую связан с вопросами трения и адгезии, в качестве основополагающей расчётной методики принят двучленный закон трения, предложенный проф. Б.В. Дерягиным.

В данной методике расчёта в качестве критерия исчерпания несущей способности принимается достижение предельных напряжений на сдвиг и основывается на коэффициенте истинного трения, напряжений обжатия и достижении предела текучести в поперечной арматуре.

Сопоставление результатов расчёта с данными экспериментальных исследований имеет удовлетворительную сходимость.

Ключевые слова: сборно-монолитные конструкции; контактный шов; несущая способность; трение; двучленный закон трения; сборный бетон; монолитный бетон.

Для цитирования: Коянкин А.А., Митасов В.М. Определение несущей способности армированного контактного шва на основании двучленного закона трения Дерягина // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 1. С. 164–174.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-1-164-174

*A.A. KOYANKIN¹, V.M. MITASOV²,**¹Siberian Federal University,**²Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*

DERYAGIN BINOMIAL LAW OF FRICTION FOR BEARING CAPACITY IDENTIFICATION OF REINFORCED JOINT

Cast-in-place and precast construction must consider a possible fracture of concrete along the reinforced joint. Moreover, the joint quality significantly affects its strength properties. The stress-strain state of the joint can be divided into three classical stages.

It is shown that the stress-strain state of cast-in-place and precast construction under a shear load, is characterized by the linear dependence between the maximum shear stress, vertical compression of the joint, and transverse reinforcement. Since the joint deformation relates to friction and adhesion, the Deryagin binomial law of friction is used to determine the bearing capacity identification of the reinforced joint.

The proposed calculation method implies the ultimate shear stress as an exhaustion criterion for the bearing capacity, which based on the true friction coefficient, compression stress and yield strength in the transverse reinforcement. It is shown that the obtained results are in good agreement with the experimental data.

Keywords: prefabricated monolithic structures; contact seam; bearing capacity; friction; binomial law of friction; precast concrete; monolithic concrete.

For citation: Koyankin A.A., Mitsov V.M. Opredelenie nesushchei sposobnosti armirovannogo kontaktnogo shva na osnovanii dvuchlennogo zakona treniya Deryagina [Deryagin binomial law of friction for bearing capacity identification of reinforced joint]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 1. Pp. 164–174. DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-1-164-174

Введение

Сборно-монолитное домостроение в настоящее время достигло существенного распространения, что объясняется возможностью данного вида строительства объединять положительные моменты зданий из сборного и монолитного железобетонных, минимизируя при этом их минусы [1–12]. При этом сборно-монолитным конструкциям присуща следующая особенность – наличие контактного шва сопряжения разновозрастных бетонов, что приводит к взаимному смещению монолитного и сборного бетонов в процессе деформирования и появлению дополнительного возможного вида разрушения в результате исчерпания несущей способности контактного шва.

Как отмечено в работах многих авторов [13–16], на надёжность контактного шва в сборно-монолитных конструкциях влияет большое количество факторов, к примеру:

- качество обработки поверхности сборного бетона (тщательная очистка от пыли и цементного «молочка», устройство насечки, смачивание, нанесение цементного раствора и т. д.);
- шпонки и поперечная арматура;
- форма шпонок, коэффициент и дисперсность армирования;
- усилие обжатия контактного шва.

Процесс деформирования контактного шва сборно-монолитных конструкций можно разделить на «классические» стадии напряжённо-деформированного состояния (далее НДС) следующим образом:

– стадия 1 – с начала загрузки и до момента образования продольной трещины. Характеризуется касательными напряжениями τ , которые не достигают предельных касательных напряжений, вызывающих образование продольной трещины τ_{crc} , т. е. $\tau < \tau_{crc}$;

– стадия 1а – в предельном состоянии стадии 1 достигнуты предельные значения напряжения τ_{crc} , что является пограничным состоянием перед образованием продольной трещины и «переходом» конструкции в стадию 2;

– стадия 2 – происходит образование продольной трещины, отделяющей монолитный бетон от сборного, что приводит к взаимному смещению поверхностей монолитного и сборного бетонов. Стадия 2 характеризуется касательными напряжениями τ , меньшими предельных касательных напряжений по несущей способности τ_u , т. е. $\tau < \tau_u$;

– стадия 2а – достигнуты предельные значения напряжений τ_u , что является пограничным состоянием перед исчерпанием несущей способности контактного шва на сдвиг и «переходом» конструкции в стадию 3;

– стадия 3 – разрушение конструкции контактного шва.

Рассматривая результаты экспериментальных исследований [18–20, 22–25], направленных на изучение вопросов совместного деформирования разновозрастных бетонов в сборно-монолитных конструкциях, можно отметить, что в случае обеспечения несущей способности контактного шва только лишь за счёт сил трения и адгезии предельные напряжения по образованию продольной трещины практически равны предельным напряжениям по прочности, т. е. $\tau_{срс} \approx \tau_u$, а само разрушение носит хрупкий характер без существенных предварительных деформаций и отличается резким внезапным смещением монолитного бетона относительно сборного по контактному шву. При этом сами контактные швы обладают относительно небольшой несущей способностью и нестабильны в плане постоянства результатов. Данные обстоятельства приводят к необходимости установки поперечной арматуры или устройства шпонок.

В рамках настоящей статьи рассмотрены вопросы определения предельных напряжений на сдвиг контактных швов сборно-монолитных конструкций, выполненных с поперечной арматурой, т. е. на стадии 2а, когда исключены из процесса деформирования силы адгезии.

Методы

Несущая способность армированного контактного шва сборно-монолитной конструкции обеспечивается за счёт включения в процесс деформирования поперечной арматуры. Причём она (арматура) включается в процесс восприятия сдвигающего усилия не только как нагель, но и обеспечивает дополнительное прижатие монолитного бетона в процессе сдвига.

В работе [17] проф. Н.И. Карпенко указал, что силы зацепления по берегам трещины влияют на несущую способность контакта бетонов на сдвиг и их необходимо учитывать при выполнении расчёта, а кроме того, обозначено, что «...в общем виде смещения арматуры в трещине характеризуются двумя величинами: u_{gi} и v_{gi} », т. е. горизонтальные перемещения из-за наличия неровностей одновременно приводят и к вертикальным смещениям. Данный эффект можно объяснить следующим образом: в процессе сдвига монолитного бетона по поверхности сборного затвердевшие в пазах сборного бетона микрошпонки монолитного бетона «наезжают» на твёрдые частицы сборного бетона, что приводит к растяжению поперечных стержней, пересекающих контактный шов, и возникает эффект обжатия (рис. 1).

Аналогичные выводы, на основании собственных исследований и исследований других авторов, сделаны в работе [20], где обозначено, что арма-

тура, пересекающая трещину, «...приводит к включению в работу стыка зацеплений неровностей, имеющих на берегах трещины», а «...арматурные стержни испытывают сдвиг с растяжением и, следовательно, выполняют двойную роль – создают силы обжатия, перпендикулярные плоскости стыка, и воспринимают часть сдвигающих усилий за счёт нагельного эффекта». Однако, как показали исследования, «...доля нагельного эффекта в обеспечении несущей способности стыков незначительна...». Таким образом, становится очевидным влияние величины неровностей (чем больше, тем лучше) на несущую способность армированного контактного шва. Здесь же автор работы [20] приводит данные исследований величины шероховатости поверхности и указывает на значения средней величины выступов 1,25–1,74 мм, как вполне достаточных для достижения предела текучести в арматуре в процессе преодоления выступов.

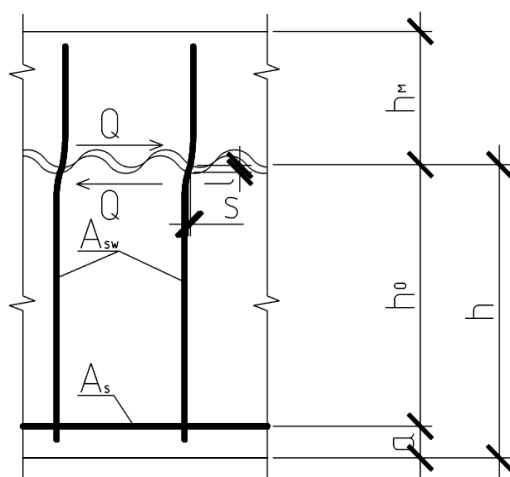


Рис. 1. Схема смещений (s – горизонтальных, l – вертикальных) при сдвиге

Аналогичные выводы о характере влияния поперечной арматуры на прочность контактного шва приведены и в других работах. В частности, на основании собственных исследований, а также приведённых данных исследований других учёных проф. В.В. Тур в работе [19] указал, что «... сжимающие напряжения, действующие перпендикулярно плоскости сдвига (создаваемые при растяжении поперечных стержней до того, как напряжения в них достигают предела текучести), следует учитывать в расчётах предельного сопротивления сдвигу сечения с начальной трещиной». Он также отметил, что «в сечении с трещиной, пересечённой определённым количеством арматуры, передача среза при зацеплении происходит главным образом за счёт сил трения, возникающих при скольжении по шероховатой поверхности трещины и нагельного эффекта от арматуры, пересекающей трещину». При этом на основании имеющихся экспериментальных данных по изучению влияния нагельного эффекта поперечной арматуры в работе [19] (в образцах поперечная арматура была изолирована от бетона мягким материалом, что исключало

влияние нагельного эффекта) сделан вывод о том, что зацепление по берегам трещины имеет большее влияние, чем нагельный эффект.

Авторами ряда работ отмечается линейное увеличение несущей способности контактного шва по мере роста коэффициента армирования (рис. 2).

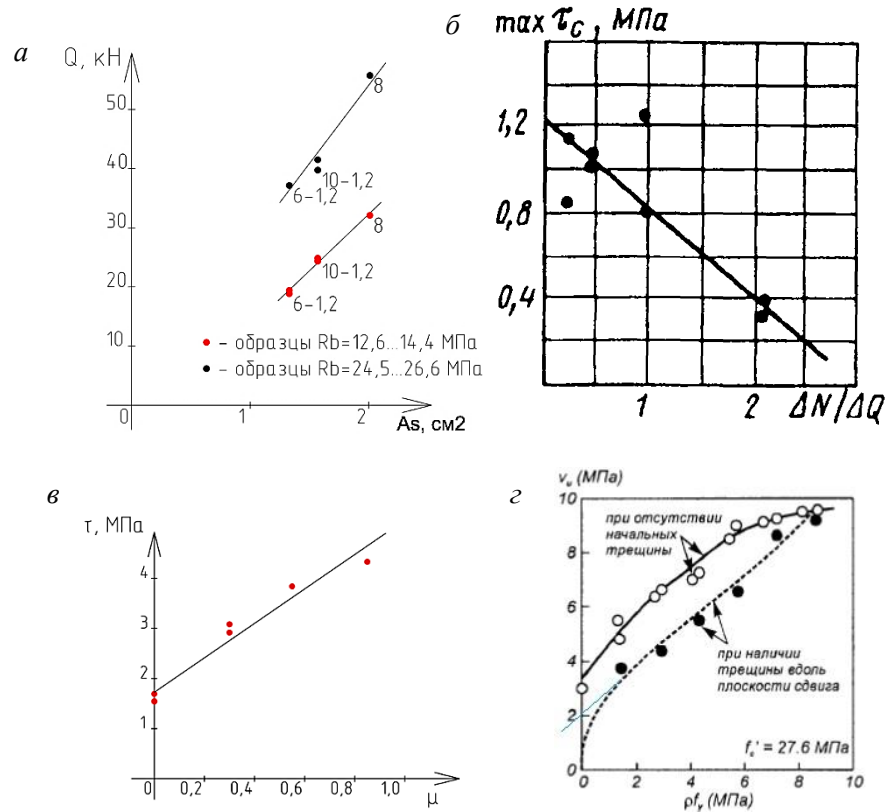


Рис. 2. Графики зависимости предельной прочности на сдвиг от поперечного армирования: а – построена по данным работы [21]; б – приведена в работе [22]; в – построена по данным работы [24]; г – приведена в работе [19] (под трещиной подразумевается шов сопряжения разновозрастных бетонов)

Отмеченная линейная зависимость между напряжениями на сдвиг и усилиями обжатия, вызванными поперечной арматурой, позволяет принять в качестве закона деформирования двучленный закон трения, разработанный известным учёным в области физической химии проф. Б.В. Дерягиным [25, 26], предложившим зависимость (рис. 3):

$$F = \mu(N + N_0) = \mu(N + S_0 p_0), \quad (1)$$

где F – предельная сдвигающая сила; μ – истинный коэффициент трения; N – сила внешней нагрузки, действующая на плоскость сдвига перпендикулярно к ней; $N_0 = S_0 p_0$ – равнодействующая сил молекулярного притяжения тел; S_0 – площадь действительного контакта; p_0 – сила молекулярного притяжения, действующая на единицу площади действительного контакта.

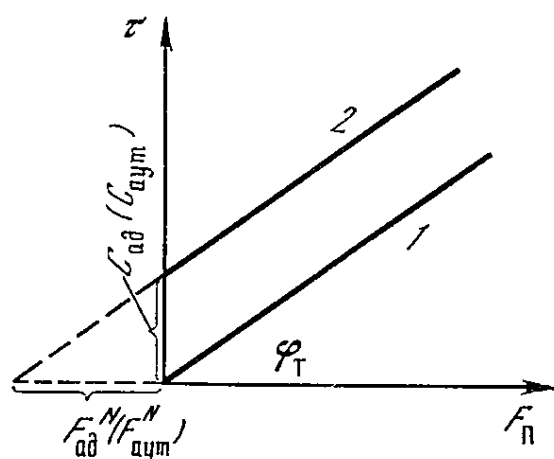


Рис. 3. Графическое представление двучленного закона трения Дерягина [26]

Удобство применения данного закона заключается в возможности одновременного учёта сил адгезии и трения. При этом силы адгезии, присутствующие на стадии 1, зависят от площади действительного контакта S_0 , определяемого выступами на поверхности твёрдых тел. Учитывая, что в сборно-монолитных конструкциях, в силу практически полного прилегания монолитного бетона к поверхности сборного, площадь номинального контакта S практически равна S_0 , т. е. $S_0 \approx S$, то уравнение (1) преобразуется к виду

$$\tau_{crc} = \mu(p + p_0), \quad (2)$$

где $\tau_{crc} = \frac{F}{S}$ — предельная величина касательных напряжений на сдвиг; $p = \frac{N}{S}$ — давление, действующее перпендикулярно на плоскость сдвига.

На стадии 1, до момента образования продольной трещины, происходит совместное деформирование монолитного и сборного бетонов. При этом за счёт возникновения в поперечном сдвигу направлении вышеобозначенных усилий растяжения в процесс деформирования вовлекается и поперечная арматура. Формулу, основанную на двучленном законе трения, можно записать в следующем виде [18]:

$$\tau(\sigma)_{crc} = \gamma_{тр}(-\sigma_c + \mu R_{sw}) + R_{b,sh}^{III}, \quad (3)$$

где $\gamma_{тр} = \tan \alpha$ — коэффициент истинного трения; σ_c — вертикальные напряжения обжатия по контактному шву от внешней нагрузки; μ — коэффициент армирования поперечной арматурой; R_{sw} — расчётное сопротивление поперечной арматуры; $R_{b,sh}^{III}$ — касательные напряжения, соответствующие чистому сдвигу по контактному шву.

С образованием продольной трещины (стадия 2) наблюдается взаимное смещение поверхностей и исключение из процесса деформирования сил адгезии ($R_{b,sh}^{III} = 0$). При этом происходит «переход» усилия, воспринимаемого на

стадии I силами адгезии, на остальные составляющие (силы трения и поперечную арматуру), что сопровождается взаимным смещением поверхностей. Поперечная арматура, помимо эффекта обжатия, ещё и создаёт нагельный эффект, который необходимо учитывать в процессе выполнения расчёта сборно-монолитной конструкции на сдвиг после образования продольной трещины. Методики расчёта, учитывающие нагельный эффект, представлены в работах многих авторов. В частности, подробные исследования, объясняющие нагельный эффект, приведены в работах проф. В.М. Бондаренко и В.И. Колчунова [27], на основании которых возможно определить значения соответствующих напряжений $\tau_{s,sh}$, учитывающих вовлечение поперечной арматуры как нагеля (здесь следует иметь в виду и смятие бетона, и отрыв арматуры от бетона, сопротивление арматуры сдвигу и повороту в точках заделки и т. д.). Итоговое значение уравнения сопротивления сдвигу запишется в виде

$$\tau(\sigma)_u = \gamma_{тр} (-\sigma_c + \mu R_{sw}) + \tau_{b,loc} + \tau_{s,sh}. \quad (4)$$

Результаты

Ранее авторами статьи были проведены экспериментальные исследования контактного шва, армированного поперечной арматурой на сдвиг [5]. В общей сложности было испытано 3 серии армированных образцов по 5 шт. в каждой серии. Отличие образцов друг от друга состояло только в количестве стержней поперечной арматуры Ø6A400¹: 4 стержня (образцы Р4), 6 стержней (образцы Р5) и 10 стержней (образцы Р6). Приняв коэффициент трения $\gamma_{тр} = 0,75$, а $\sigma_c = 0$ (усилия обжатия отсутствовали в процессе проведения экспериментов), получим следующие результаты расчётов предельной несущей способности при сдвиге τ_u , которые при сопоставлении с данными экспериментальных исследований τ_{exp} показывают следующее:

- образцы Р4 – $\tau_u = 2,89$ МПа, $\tau_{exp} = 3,17$ МПа (разница 8,8 %);
- образцы Р5 – $\tau_u = 3,60$ МПа, $\tau_{exp} = 4,15$ МПа (разница 13,3 %);
- образцы Р6 – $\tau_u = 5,02$ МПа, $\tau_{exp} = 5,54$ МПа (разница 9,4 %).

Заключение

На основании вышеприведённых исследований можно сделать следующие выводы:

- процесс деформирования контактного шва сборно-монолитной конструкции возможно разделить на «классические» 3 стадии, определяемые границами образования трещин и исчерпания несущей способности;
- между предельными напряжениями сдвига по шву, степенью поперечного армирования и вертикального обжатия наблюдается линейная зависимость, которую возможно описать, используя двучленный закон деформирования, предложенный Б.В. Дерягиным;

¹ В работе [14] ошибочно указан класс арматуры A240.

– предложенная в данной статье зависимость между предельной несущей способностью на сдвиг, усилиями обжатия и степенью армирования поперечной арматурой обеспечивает удовлетворительную сходимость результатов расчёта с данными экспериментов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коянкин А.А., Митасов В.М. Испытания сборно-монолитного перекрытия на строящемся жилом доме // Бетон и железобетон. 2016. № 3. С. 20–22.
2. Medvedev V.N., Semeniuk S.D. Durability and deformability of braced bending elements with external sheet reinforcement // Magazine of Civil Engineering. 2016. № 3(63). P. 3–15.
3. Nedviga E., Beresneva N., Gravit M., Blagodatskaya A. Fire Resistance of Prefabricated Monolithic Reinforced Concrete Slabs of «Marko» Technology // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018. 692. P. 739–749.
4. Yan J.B., Wang J.Y., Liew J.Y.R., Qian X.D., Zhang W. Reinforced ultra-lightweight cement composite flat slabs: Experiments and analysis // Materials and Design. 2016. № 95. P. 148–158.
5. Breccolotti M., Gentile S., Tommasini M., Materazzi A.L., Bonfigli M.F., Pasqualini B., Colone V., Giancesini M. Beam-column joints in continuous RC frames: Comparison between cast-in-situ and precast solutions // Engineering Structures. 2016. V. 127. P. 129–144.
6. Olmati P., Sagaseta J., Cormie D., Jones A.E.K. Simplified reliability analysis of punching in reinforced concrete flat slab buildings under accidental actions // Engineering Structures. 2017. V. 130. P. 83–98.
7. Koyankin A.A., Mitsov V.M. Stress-strain state of precast and cast-in place building // Magazine of Civil Engineering. 2017. V. 6 (74). P. 175–184.
8. Chepurnenko A.S. Stress-strain state of three-layered shallow shells under conditions of non-linear creep // Magazine of Civil Engineering. 2017. V. 8(74). P. 156–168.
9. Терновский И.А., Карякин А.А., Сонин С.А., Мордич Г.А., Лозакович О.В., Мордич А.И. Сопоставление затрат на возведение монолитных и сборно-монолитных несущих конструкций многоэтажных зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 1. С. 12–20.
10. Шембаков В.А. Возможности использования российской технологии сборно-монолитного каркаса для строительства в России качественного доступного жилья // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 9–15.
11. Шилов А.В., Петров К.С., Бобин А.А. Метод сокращения сроков строительства производственного предприятия путём использования новых сборно-монолитных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2017. № 4 (47).
12. Koyankin A.A., Mitsov V.M. Stress-strain state of the precast monolithic bent element = Напряжённо-деформированное состояние сборно-монолитного изгибаемого элемента // Magazine of Civil Engineering. 2020. № 97 (5).
13. Гвоздев А.А. Изучение сцепления нового бетона со старым. Москва : Онти. Глав. ред. строит. лит-ры, 1936. 54 с.
14. Koyankin A.A., Mitsov V.M., Tskhay T.A. Compatibility of precast heavy and monolithic lightweight concretes deforming = Совместность деформирования сборного тяжёлого и монолитного лёгкого бетонов // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 8 (84). P. 162–172.
15. Евстифеев В.Г. Экспериментально-теоретические исследования соединений сборных оболочек : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ленинград, 1967. 23 с.
16. Кремнева Е.Г., Хаменок Е.В. Контактные швы в железобетонных составных конструкциях // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. Строительные конструкции. 2011. № 8. С. 48–53.
17. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. Москва : Стройиздат, 1976. 205 с.
18. Коянкин А.А., Митасов В.М. О применимости двучленного закона трения Дерягина к вопросам совместного деформирования разновозрастных бетонов в сборно-

- монолитных конструкциях // Инженерный вестник Дона : электронный научный журнал. 2021. № 9.
19. Тур В.В., Кондратчик А.А. Расчёт железобетонных конструкций при действии перерезывающих сил. Брест : Изд-во БГТУ, 2000. 400 с.
 20. Ашкинадзе Г.Н., Соколов М.Е., Мартынова Л.Д., Лишак В.И., Тассиос Ф., Цукантас С., Плайтис Н., Скарнас А. Железобетонные стены сейсмостойких зданий: Исследования и основы проектирования. Москва : Стройиздат, 1988. 499 с.
 21. Скворцов А.Г. Сопротивление контактных швов железобетонных конструкций при действии сдвигающих сил : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.23.01. Москва, 2000. 137 с.
 22. Холмянский М.М. Бетон и железобетон: Деформативность и прочность. Москва : Стройиздат, 1997. 576 с.
 23. Сунгатуллин Я.Г. Экспериментально-теоретические основы расчёта сопротивляемости сдвигу армированного и неармированного контактов сборно-монолитных конструкций // Сборные и сборно-монолитные конструкции : сб. научных трудов. Казань. С. 90–146.
 24. Городецкий Б.Л. Экспериментально-теоретические исследования прочности контакта в сборно-монолитных предварительно напряжённых железобетонных конструкциях : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.23.01, Свердловск, 1969. 29 с.
 25. Дерягин Б.В. Что такое трение? Москва : Изд-во академии наук СССР, 1963. 234 с.
 26. Зимон А.Д. Что такое адгезия. Москва : Наука, 1983. 176 с.
 27. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Расчётные модели силового сопротивления железобетона. Москва : Изд-во АСВ, 2004. 472 с.

REFERENCES

1. Koyankin A.A., Mitasov V.M. Ispytaniya sborno-monolitnogo perekrytiya na stroyashchemsya zhilom dome [Cast-in-place floor test in residential building under construction]. *Beton i zhelezobeton*. 2016. No. 3. Pp. 20–22. (rus)
2. Medvedev V.N., Semeniuk S.D. Durability and deformability of braced bending elements with external sheet reinforcement. *Magazine of Civil Engineering*. 2016. No. 3 (63). Pp. 3–15.
3. Nedviga E., Beresneva N., Gravit M., Blagodatskaya A. Fire resistance of prefabricated monolithic reinforced concrete slabs of Marko technology. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2018. V. 692. Pp. 739–749.
4. Yan J.B., Wang J.Y., Liew J.Y.R., Qian X.D., Zhang W. Reinforced ultra-lightweight cement composite flat slabs: Experiments and analysis. *Materials and Design*. 2016. No. 95. Pp. 148–158.
5. Breccolotti M., Gentile S., Tommasini M., Materazzi A.L., Bonfigli M.F., Pasqualini B., Colone V., Giancesini M. Beam-column joints in continuous RC frames: Comparison between cast-in-situ and precast solutions. *Engineering Structures*. 2016. V. 127. Pp. 129–144.
6. Olmati P., Sagaseta J., Cormie D., Jones A.E.K. Simplified reliability analysis of punching in reinforced concrete flat slab buildings under accidental actions. *Engineering Structures*. 2017. V. 130. Pp. 83–98.
7. Koyankin A.A., Mitasov V.M. Stress-strain state of precast and cast-in place building. *Magazine of Civil Engineering*. 2017. V. 6 (74). Pp. 175–184.
8. Chepurnenko A.S. Stress-strain state of three-layered shallow shells under conditions of non-linear creep. *Magazine of Civil Engineering*. 2017. V. 8 (74). Pp. 156–168.
9. Ternovskii I.A., Karyakin A.A., Sonin S.A., Mordich G.A., Lozakovich O.V., Mordich A.I. Sopotavlenie zatrat na vozvedenie monolitnykh i sborno-monolitnykh nesushchikh konstruktivnykh mnogoetazhnykh zdaniy [Cost comparison of cast-in-place and precast load-bearing structures in multi-floor buildings]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2020. No. 1. Pp. 12–20. (rus)
10. Shembakov V.A. Vozmozhnosti ispol'zovaniya rossiiskoi tekhnologii sborno-monolitnogo kar-kasa dlya stroitel'stva v Rossii kachestvennogo dostupnogo zhil'ya [Opportunities of using cast-in-place technology in quality affordable housing in Russia]. *Stroitel'nye materialy*. 2017. No. 3. Pp. 9–15. (rus)

11. Shilov A.V., Petrov K.S., Bobin A.A. Metod sokrashcheniya srokov stroitel'stva proizvodstvennogo predpriyatiya putem ispol'zovaniya novykh sborno-monolitnykh konstruksii [Reduction of construction deadlines of production plant based on cast-in-place technology]. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2017. No. 4 (47). (rus)
12. Koyankin A.A., Mitasov V.M. Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie sborno-monolitnogo izgibaemogo elementa [Stress-strain state of the precast monolithic bent element]. *Magazine of Civil Engineering*. 2020. No. 97 (5).
13. Gvozdev A.A. Izuchenie stsepleniya novogo betona so starym [Bond between new and old concrete]. Moscow, 1936. 54 p. (rus)
14. Koyankin A.A., Mitasov V.M., Tskhay T.A. Sovmestnost' deformirovaniya sbornogo tyazhelogo i monolitnogo legkogo betonov [Compatibility of precast heavy and monolithic lightweight concretes deforming]. *Magazine of Civil Engineering*. 2018. No. 8 (84). Pp. 162–172. (rus)
15. Evstifeev V.G. Eksperimental'no-teoreticheskie issledovaniya soedinenii sbornykh obolochek: avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [Experimental and theoretical studies of cast-in situ shell connections. PhD Abstract]. Leningrad, 1967. 23 p. (rus)
16. Kremneva E.G., Khamenok E.V. Kontaktnye shvy v zhelezobetonnykh sostavnykh konstruksiyakh [Joints in reinforced concrete composite structures]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki. Stroitel'nye konstruksii*. 2011. No. 8. Pp. 48–53. (rus)
17. Karpenko N.I. Teoriya deformirovaniya zhelezobetona s treshchinami [The theory of deformation of cracked reinforced concrete]. Moscow: Stroiizdat, 1976. 205 p. (rus)
18. Koyankin A.A., Mitasov V.M. O primenimosti dvuchlennogo zakona treniya Deryagina k voprosam sovmestnogo deformirovaniya raznovozrastnykh betonov v sborno-monolitnykh konstruksiyakh [Deryagin binomial law of friction in joint deformation of different-aged concrete in cast-in place structures]. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2021. No. 9. (rus)
19. Tur V.V., Kondratchik A.A. Raschet zhelezobetonnykh konstruksii pri deistvii pererezyvayushchikh sil [Strength analysis of reinforced concrete structures under shear load]. Brest: BGTU, 2000. 400 p. (rus)
20. Ashkinadze G.N., Sokolov M.E., Martynova L.D., Lishak V.I., Tassios F., Tsukantas S., Plaipis N., Skarnas A. Zhelezobetonnye steny seismostoikikh zdaniy: Issledovaniya i osnovy proektirovaniya [Reinforced concrete walls of earthquake-resistant buildings: Research and design fundamentals]. Moscow: Stroiizdat, 1988. 499 p. (rus)
21. Skvortsov A.G. Soprotivlenie kontaktnykh shvov zhelezobetonnykh konstruksii pri deistvii sdvigayushchikh sil: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [Resistance of contact joints in reinforced concrete structures under shear load]. Moscow, 2000. 137 p. (rus)
22. Kholmyanskii M.M. Beton i zhelezobeton: Deformativnost' i prochnost' [Concrete and reinforced concrete: Deformability and strength]. Moscow: Stroiizdat, 1997. 576 p. (rus)
23. Sungatullin Ya.G. Eksperimental'no-teoreticheskie osnovy rascheta soprotivlyaemosti sdvigu armirovannogo i nearmirovannogo kontaktov sborno-monolitnykh konstruksii [Experimental and theoretical basis for shear resistance analysis of reinforced and unreinforced contacts of cast-in place structures]. In: *Sbornye i sborno-monolitnye konstruksii: sb. nauchnykh trudov* (Coll. Papers 'Composite and Cast-in-Place and Precast Constructions'). Kazan'. Pp. 90–146. (rus)
24. Gorodetskii B.L. Eksperimental'no-teoreticheskie issledovaniya prochnosti kontakta v sborno-monolitnykh predvaritel'no napryazhennykh zhelezobetonnykh konstruksiyakh: avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [Experimental and theoretical investigations of contact strength in reinforced concrete cast-in-place and precast constructions]. Sverdlovsk, 1969. 29 p. (rus)
25. Deryagin B.V. Chto takoe trenie? [What is friction?]. Moscow, 1963. 234 p. (rus)
26. Zimon A.D. Chto takoe adgeziya [What is adhesion?]. Moscow: Nauka, 1983. 176 p. (rus)
27. Bondarenko V.M., Kolchunov V.I. Raschetnye modeli silovogo soprotivleniya zhelezobetona [Calculation models of strength resistance of concrete]. Moscow: ASV, 2004. 472 p. (rus)

Сведения об авторах

Коянкин Александр Александрович, канд. техн. наук, доцент, Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79, KoyankinAA@mail.ru

Митасов Валерий Михайлович, докт. техн. наук, профессор, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113, MitassovV@mail.ru

Authors Details

Aleksandr A. Koyankin, PhD, A/Professor, Siberian Federal University, 79, SvobodnyI Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia, KoyankinAA@mail.ru.

Valery M. Mitsov, DSc, Professor, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, 113, Leningradskaya Str., 630008, Novosibirsk, Russia, MitassovV@mail.ru