

как минимум, для сооружений категорий сложности К1, К2 и К3. При этом, аттестацию специалистов-геотехников необходимо проводить по специальной программе в ходе прохождения курсов повышения квалификации и при постоянном участии в семинарах, проводимых под эгидой Белорусского общества геотехников (БООСТ).

#### **Список цитированных источников**

1. ТКП 45-5.01-254-2012 Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения: -Минск: Стройтехнорм, 2012. – 54с.

#### **References**

1. TCR 45-5.01-254-2012 Bases and foundations of buildings and structures. Basic provisions: -Minsk: Stroytekhnorm, 2012. -54с.

УДК 693.554-408.8

### **СЦЕПЛЕНИЕ АРМАТУРЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ С КЕРАМЗИТОБЕТОНОМ**

*П. В. Кривицкий<sup>1</sup>, Т. Н. Седляр<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> К. т. н., доцент, заведующий отраслевой лабораторией «Научно-исследовательский центр инноваций в строительстве» УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: krivitskiyp@mail.ru

<sup>2</sup> Магистр технических наук, старший преподаватель кафедры механики и строительных конструкций УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», Гродно, Беларусь, e-mail: Sedlyr\_TN@grsu.by

#### **Реферат**

В данной статье рассматриваются вопросы теории сцепления арматуры периодического профиля с бетоном, приведены теоретические и эмпирические зависимости определения законов сцепления, ключевые параметры. Рассмотрены конструктивные схемы для определения сцепления керамзитобетона с арматурой.

**Ключевые слова:** сцепление арматуры, теория, законы сцепления.

### **COUPLING OF REINFORCEMENT OF PERIODIC PROFILE WITH LEAVED CONCRETE**

*P. V. Krivitskiy, T. N. Sedlyr*

#### **Abstract**

This article discusses the theory of a periodic profile reinforcement bond, discusses the theoretical and empirical dependences of the patterns of bond, characteristic parameters. Structural schemes for determining the bond of expanded clay concrete with reinforcement are considered.

**Keywords:** rebar bonding, theory, laws of coupling.

## Введение

С момента применения в практике строительства нового строительного материала – железобетон, постоянно возникает вопрос об исследовании вопроса сцепления арматуры с бетоном. Однако в проектировании железобетонных конструкций к настоящему времени нет достаточно теоретически обоснованных методов расчета сцепления арматуры с бетоном. В прошлом веке А.А. Гвоздев [1] отмечал, что задачи прочности анкеровки связаны с множеством факторов и являются в достаточной степени задачей неопределенной, однако она может быть решена исследованиями с применением теории вероятности и математической статистики.

На современном этапе внедрения конструкционного керамзитобетона необходимость теоретических и экспериментальных исследований сцепления арматуры с бетоном и совершенствование методик определения ее длины анкеровки обусловлено следующими факторами:

- повсеместным использованием арматуры периодического профиля, сцепление которой изучено недостаточно, и практически отсутствуют данные для изделий и конструкций из легких бетонов;

- основные нормативно-технические документы Республики Беларусь, гармонизированные с европейскими, в которых используются эмпирические коэффициенты в теоретических зависимостях, требующие уточнения на основе экспериментальных исследований в национальных условиях.

## Анализ основных законов теории сцепления арматуры с бетоном

Разработка общей теории сцепления всегда наталкивалась на ряд трудностей, возникающих из-за отсутствия знания механизма передачи усилий с арматуры на бетон. Изучение явлений, происходящих в слое контакта арматуры периодического профиля с бетоном, практически трудоемко. Первые разработанные модели основывались на различных феноменологических гипотезах. Большое распространение получили также эмпирические зависимости, как например, для определения длины зоны передачи напряжений.

В основу теоретических построений закладываются гипотезы о соотношениях между условными касательными напряжениями сцепления в бетоне в контактном слое с арматурой  $\tau_{cu}$  и смещениями арматуры относительно бетона  $g$ . Такие соотношения обычно называют «законом сцепления»  $\tau_{cu} = f(g)$  или в более общем виде «дифференцированным законом сцепления»  $\tau_{cu} = f(g, x)$ , где  $x$  - координата сечения по длине стержня.

В закон сцепления вводятся действительные или условные  $g$  смещения арматуры относительно бетона. Модели отличаются также по способу учета деформаций окружающего бетона: отдельные основываются на гипотезе плоских сечений, другие в расчетах учитывают депланацию нормальных сечений бетона.

Наиболее известными законами сцепления являются: степенной закон Rehm G. [2], упругопластический закон И. Гийона [3], нормальный закон М. М. Холмянского [4], закон С.Е. Фрайфельда [5]. На этапе развития предлагаемые теории сцепления уточнялись, принимая более универсальный вид, на диаграмме  $\tau$ - $g$  прослеживались все характерные участки: *восходящая ветвь* -

область постоянного максимума - ниспадающая ветвь. Однако по результатам данных исследований понятно, что получение совершенного закона сцепления типа  $\tau_{сц} = f(g)$  практически невозможно, т.е. необходимо использовать несколько законов сцепления для того, чтобы охватить все многообразие практических случаев определения сцепления арматуры с бетоном.

Экспериментальные данные Watstein, D. [6], И. Гийона [3], А.А. Оатула [7, 8] показали, что закон сцепления по длине одного и того же образца не остается постоянным. На основе этих данных был предложен дифференциальный закон сцепления. Одной из основных проблем так называемых «механических» («технических») теорий, основанных на законе сцепления, является проблема учета влияния деформаций и сложного напряженного состояния окружающей стержень бетонной оболочки на сцепление. Сложность исследования также связана с фактором, что бетонная оболочка не остается сплошной, а прерывается контактными трещинами. В результате чего разработанные модели сцепления арматуры с бетоном должны опираться на точные данные о напряженно-деформированном состоянии бетона в зоне контакта арматуры с бетоном и о характере их изменения в процессе деформирования.

Значительный вклад в отечественную теорию сцепления арматуры с бетоном внес профессор М.М. Холмянский [4, 9, 10]. Для определения силовых и геометрических величин, определяющих напряженно-деформированное состояние участка активного сцепления, смещение арматуры относительно бетона определяются решением следующего равенства:

$$\frac{d^2 g}{dx^2} = \frac{C_{bond}}{2} \cdot F(g) \quad (1)$$

где  $g$ - смещение арматуры относительно бетона в сечении с координатой

$$C_{bond} = \frac{2 \cdot (1 + n \cdot \mu) \cdot P}{E_s \cdot A_s} \quad (2)$$

здесь:

$n = \frac{E_s}{E_c}$  - отношение начальных модулей упругости арматуры и бетона;

$n = \frac{A_s}{A_c}$  - коэффициент армирования;

$P$  – периметр сечения арматурного стержня;

$A_s$ - площадь сечения арматурного стержня;

$A_c$  - площадь бетонного сечения;

$F(g)$  - зависимость смещений арматуры относительно бетона  $g$  от напряжений сцепления  $\tau_{bond}$ .

Для решения уравнения (1), необходимо располагать еще одной зависимостью, имеющей вид:

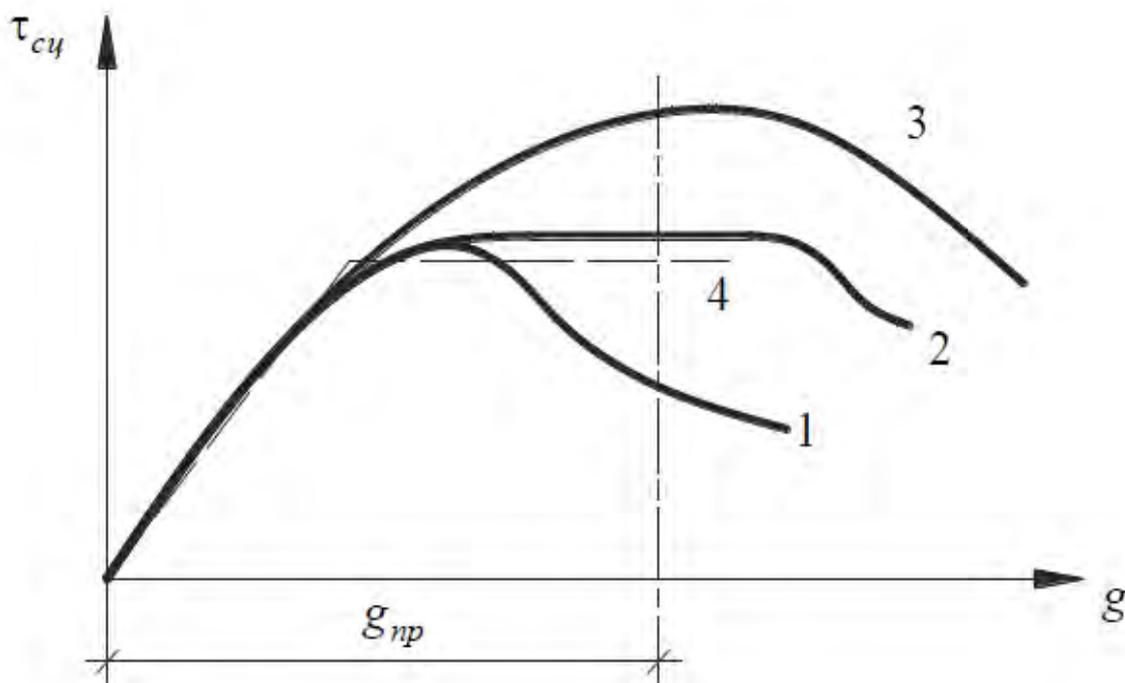
$$\tau_{bond} = F(g) \quad (3)$$

Эту зависимость обычно называют законом сцепления или основным законом.

Наиболее точные результаты дает так называемый «нормальный закон» сцепления, соответствующий наблюдаемому экспоненциальному характеру роста смещений ( $g$ ):

$$\tau_{bond} = B \cdot \frac{\ln(1 + \alpha \cdot g)}{1 + \alpha \cdot g} \quad (4)$$

Разработанная Холмянским М.М. «техническая теория сцепления» [4] является наиболее проработанным подходом в оценке сцепления арматуры с бетоном. Теория предполагает возможность использования нескольких законов сцепления (рисунок 1) для различных видов арматуры и напряженного состояния элемента.



1 – нормальный закон, 2 – упруго-пластический закон, 3 – степенной закон, 4 – приближение закона диаграммой идеальных упруго-пластических деформаций [4]  
**Рисунок 1 – Закон сцепления в заданных пределах возможных смещений**

Принципиально другое предложение по построению теории сцепления предложил в своих работах профессор А.А. Оатулов [7, 8, 11]. Им был предложен так называемый дифференцированный закон сцепления:

$$\tau_{bond} = f(x; y) \quad (5)$$

где  $y$  - удлинение арматуры в сечении  $x$ .

Каждому значению  $x$  закона соответствует одна из кривых семейства, показывающих зависимость напряжений сцепления  $\tau_{bond}$  от удлинений арматуры  $y$ . Вид каждой из кривых дифференциального закона сцепления определяется уравнением:

$$\tau_{bond} = y \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (6)$$

где  $\alpha$  - параметр, определяемый экспериментальным путем.

Одним из направлений в данном вопросе исследований, в основе теоретических предпосылок расчета осесимметричного образца, являются работы Г.Н. Судакова [12, 13, 14], вопрос о форме и виде закона сцепления не рассматривался. Поведение бетона описывалось уравнениями осесимметричной задачи теории упругости. Бетон представлялся как изотропный материал. Граничные условия на контакте приняты при отсутствии взаимных смещений арматуры и примыкающих слоев бетона. Такая постановка задачи отражает работу железобетонного элемента в упругой стадии, а также отвечает реальному напряженно-деформированному состоянию периферийных слоев бетона рассматриваемого образца.

Общим недостатком перечисленных работ является отсутствие учета внутреннего трещинообразования и связанного с ним перераспределения напряжений в зоне взаимодействия арматуры с бетоном.

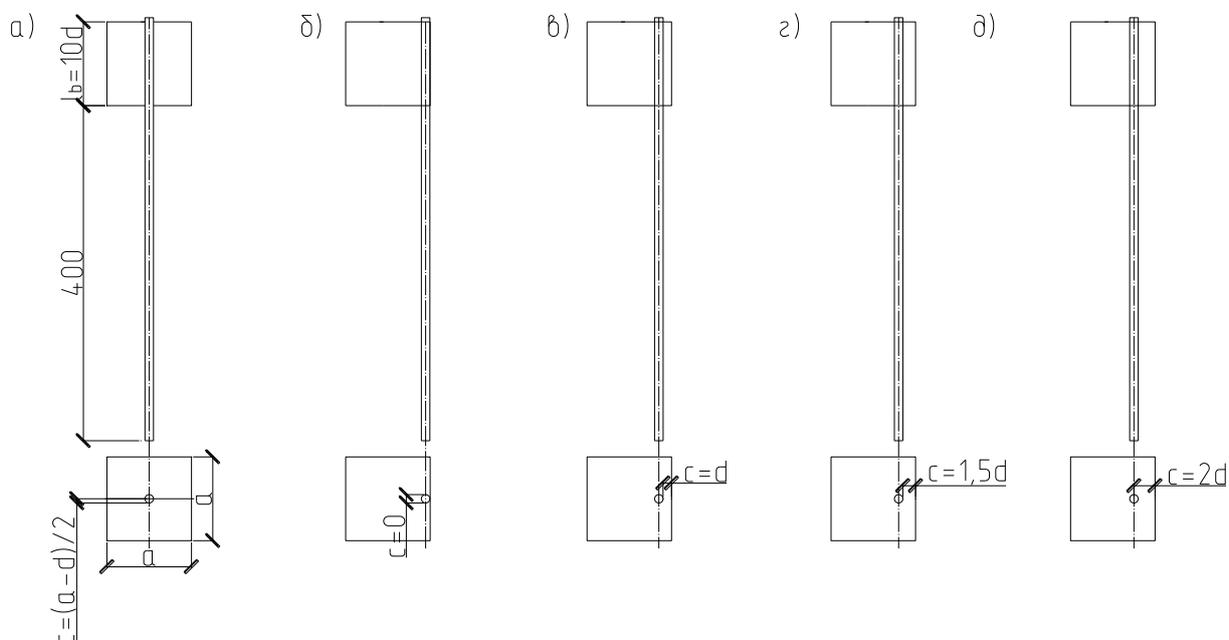
Среди предлагаемых теоретически обоснованных моделей, учитывающих контактные трещины, необходимо отметить работы Н.И. Карпенко [15,16,17], в которых впервые сделана попытка отказаться от эмпирического описания свойств контактного слоя. Предложенная расчетная схема представлена системой «арматура - зона трещинообразования - упругая бетонная обойма», в которой зона трещинообразования моделируется системой конических оболочек, отдаленных одна от другой «коническими трещинами». Оболочки могут иметь или не иметь «радиальные трещины», разделяющие их на консольные балочные элементы. В расчетной схеме прямым образом учитывается геометрия периодического профиля арматуры: особенности контакта отражаются введением системы трещин и принятием переменного модуля деформаций бетона в зоне трещинообразования.

Наиболее перспективным подходом в развитии теории сцепления арматуры с бетоном считается метод, учитывающий контактные трещины. Однако этот подход требует соответствующего развития с целью более точного моделирования работы контактной зоны с трещинами, а также разработки аппарата для численной реализации с применением персональной вычислительной техники общей задачи расчета на сцепление.

Применение модели Н.И. Карпенко в решении задач сцепления с использованием конечно-элементного моделирования или аппарата автоматического вычисления позволило получить более точные и достоверные результаты. Для этого необходимо учесть некоторые особенности взаимодействия с бетоном арматуры с различными видами периодического профиля. Модель Н.И. Карпенко предусматривает некоторую симметричность, по периметру арматурного стержня, наиболее применимую для арматуры «кольцевого» профиля (с поперечными ребрами постоянной высоты). В то же время, строительный рынок осваивается новыми видами арматуры, имеющей так называемый винтовой и серповидный периодический профиля, в которых поперечные ребра имеют переменную высоту по периметру арматурного стержня.

К разработке и обобщению законов сцепления арматуры и бетона стремились многие авторы, данная тема так и остается предметом обсуждения, представляя собой фундаментальное значение для проектирования железобетонных конструкций, совершенствования различных типов арматуры и улучшения технологии изготовления бетона [18].

Для выяснения особенностей сцепления керамзитобетона с арматурой периодического профиля необходимо провести следующие виды испытаний. Арматурные стержни различного диаметра поместить в керамзитобетонные призмы. Величиной защитного слоя, классом бетона и диаметром арматуры можно варьировать. Конструктивные схемы анкеровки экспериментальных образцов даны на рисунке 2 [19].



**Рисунок 2 – Конструктивные схемы экспериментальных образцов ( $a = 150$  мм)**

Призмы имеют поперечное сечение  $150 \times 150 \times 600$  мм, в которых будут размещаться стержни диаметром 10, 12, 14 мм. Длина анкеровки будет равна  $l_b = 10 \cdot d$  или 100, 120, 140 мм соответственно.

### **Заключение**

Полученные результаты позволяют оценить и проанализировать вопрос сцепления арматуры серповидного профиля с керамзитобетонном.

### **Список цитированных источников**

1. Гвоздев, А.А. Состояние и задачи исследований сцепления арматуры с бетоном // Бетон и железобетон. - 1968. - № 12.
2. Rehm, G. The basic principles of the bond between steel and concrete: Translation №134 / G. Rehm. – Cement and concrete association, London, 1968. – 66 p.
3. Гийон, И. Предварительно напряженный железобетон. Теоретические и экспериментальные исследования / И. Гийон. – М. : Госстройиздат, 1959. – 703с.
4. Холмянский, М.М. Контакт арматуры с бетоном / М.М. Холмянский / – М.: Стройиздат, 1981. – С. 184.
5. Фрайфельд С. Е. Собственные напряжения в железобетоне // Стройиздат, М.–Л., 1941.
6. Watstein, D. Bond stresses in concrete pull-out specimens / D. Watstein // JACI. – 1941. – Vol.13, №1. – P. 37-52.

7. Оатул А.А. Основы теории сцепления арматуры с бетоном // Исследования по бетону и железобетона, Сб.тр. № 46 Челябинского политехнического института, Челябинск, 1967. – С. 6–26.
8. Оатул А.А. Предложения к построению теории сцепления арматуры с бетоном // Бетон и железобетон. – 1968. - № 12. – С. 8–10.
9. Холмянский М. М. Техническая теория сцепления арматуры с бетоном и ее применение // Бетон и железобетон. – 1968. – №12. – С. 10–13.
10. Холмянский, М.М. О применении закона сцепления при исследовании механического взаимодействия арматуры периодического профиля с бетоном // Сцепление арматуры с бетоном. М., НИИЖБ, - 1971. – с. 31 – 39.
11. Оатул А.А., Ивашенко Ю.А. Экспериментальные исследования сцепления арматуры с бетоном на растянутых образцах при кратковременном, повторном и длительном действии нагрузки // Исследование по бетону и железобетону: Сб. науч. тр. Челябинск, 1967, № 46. – С. 44 – 72.
12. Карпенко, Н.И. Напряженно-деформированное состояние бетона в зоне контакта с арматурой до и после образования контактных трещин / Н.И. Карпенко, Г.Н. Судаков, Г.И. Лейтес, А.Б. Золотов // Прочность, жесткость и трещиностойкость железобетонных конструкций: Сб. тр. – М., 1979. – С. 58-71.
13. Карпенко, Н.И. Сцепление арматуры с бетоном с учетом развития контактных трещин / Н.И. Карпенко, Г.Н. Судаков // Бетон и железобетон. – 1984. – №12. – С. 42-44.
14. Карпенко, Н.И. Моделирование механического взаимодействия арматурного стержня с бетоном учитывающее напряженно-деформированное состояние контактной зоны / Н.И. Карпенко, Г.Н. Судаков, Е.С. Лейтес // Поведение бетонов и элементов железобетонных конструкций при воздействии различной длительности: Сб. тр. НИИЖБ. – М., 1980. – С. 133-156.
15. Карпенко Н.И. К построению модели сцепления арматуры с бетоном, учитывающий контактные трещины // Бетон и железобетон. – 1973. - № 1. – С. 19-23.
16. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.
17. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. М., Стройиздат, 1976. – 208 с.
18. Седляр, Т.Н. Аналитический обзор сцепления арматуры, законы сцепления для тяжелых бетонов / Т.Н. Седляр // Моделирование и механика конструкций. – 2019. – № 10. – С. 93–100.
19. Седляр, Т.Н. Алгоритм экспериментальных исследований сцепления арматуры серповидного профиля с керамзитобетонами / Т.Н. Седляр // Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров: в 2 ч.: сб. науч. ст. XXI междунар. науч.-метод. семинара, Брест, 25–26 окт. 2018 г. / Брест. гос. техн. ун-т; под ред. В.В. Тур. (гл. ред.) [и др.]. – Брест, 2018. – Ч. 1. – С. 242–244.

### References

1. Gvozdev A.A. Sostoyaniye i zadachi issledovaniy stsepleniya armatury s betonom // Beton i zhelezobeton. - 1968. - №12

2. Rehm, G. The basic principles of the bond between steel and concrete: Translation №134 / G. Rehm. – Cement and concrete association, London, 1968. – 66p
3. Gijon, I. Predvaritel'no napryazhennyj zhelezobeton. Teoreticheskie i eksperimen-tal'nye issledovaniya / I. Gijon. – M. : Gosstrojizdat, 1959. – 703s.
4. Holmyanskij, M.M. Kontakt armatury s betonom / M.M. Holmyanskij / – M.: Strojiz-dat, 1981. – S. 184.
5. Frajfel'd S. E. Sobstvennye napryazheniya v zhelezobetone // Strojizdat, M.–L., 1941.
6. Watstein, D. Bond stresses in concrete pull-out specimens / D. Watstein // JACI. – 1941. – Vol.13, №1. – P.37-52.
7. Oatul A.A. Osnovy teorii sčepeniya armatury s betonom // Issledovaniya po betonu i zhelezobetona, Sb.tr. № 46 CHelyabinskogo politekhnicheskogo instituta, CHelyabinsk, 1967. – s.6–26.
8. Oatul A.A. Predloženiya k postroeniyu teorii sčepeniya armatury s betonom // Be-ton i zhelezobeton. – 1968. - № 12. – s. 8 – 10.
9. Holmyanskij M. M. Tekhnicheskaya teoriya sčepeniya armatury s betonom i ee primene-nie // Beton i zhelezobeton. – 1968. – №12. – S.10–13.
10. Holmyanskij, M.M. O primenenii zakona sčepeniya pri issledovanii mekhanicheskogo vzaimodejstviya armatury periodicheskogo profilya s betonom // Sčep-lenie armatu-ry s betonom. M., NIIZHB, - 1971. – s. 31 – 39.
11. Oatul A.A., Ivashenko YU.A. Eksperimental'nye issledovaniya sčepeniya ar-matury s betonom na rastyanutyh obrazcah pri kratkovremennom, povtornom i dlitel'nom dejstvii nagruzki // Issledovanie po betonu i zhelezobetonu: Sb. nauch. tr. CHelya-binsk, 1967, № 46. – s. 44 – 72.
12. Karpenko, N.I. Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie betona v zone kon-takta s armaturoj do i posle obrazovaniya kontaktnyh treshchin / N.I. Karpenko, G.N. Sudakov, G.I. Lejtes, A.B. Zolotov // Prochnost', zhestkost' i treshchinostojkost' zhele-zobeton-nyh konstrukcij: Cb. tr. – M., 1979. – S.58-71.
13. Karpenko, N.I. Sčeplenie armatury s betonom s uchetom razvitiya kontaktnyh treshchin / N.I. Karpenko, G.N. Sudakov // Beton i zhelezobeton. – 1984. – №12. – S.42-44.
14. Karpenko, N.I. Modelirovanie mekhanicheskogo vzaimodejstviya ar-maturnogo sterzhnya s betonom uchityvayushchee napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie kontaktnoj zony / N.I. Karpenko, G.N. Sudakov, E.S. Lejtes // Povedenie betonov i elementov zhelezo-betonnyh konstrukcij pri vozdejstvii razlichnoj dlitel'nosti: Cb. tr. NIIZHB. – M., 1980. – S.133-156.
15. Karpenko N.I. K postroeniyu modeli sčepeniya armatury s betonom, uchityvay-ushchij kontaktnye treshchiny // Beton i zhelezobeton. – 1973. - № 1. – s. 19-23.
16. Karpenko N.I. Obschchie modeli mekhaniki zhelezobetona. M.: Strojizdat, 1996. – 416 s.
17. Karpenko N.I. Teoriya deformirovaniya zhelezobetona s treshchinami. M., Strojizdat, 1976. – 208 s.
18. Sedlyar, T.N. Analiticheskiy obzor stsepleniya armatury, zakony stsepleniya dlya tyazhe-lykh betonov / T.N. Sedlyar // Modelirovaniye i mekhanika konstruktsiy. – 2019. – № 10. – S. 93–100.

19. Sedlyar, T.N. Algoritm eksperimental'nykh issledovaniy stsepleniya armatury serpo-vidnogo profilya s keramzitobetonami / T.N. Sedlyar // Perspektivnyye napravleniya innovatsionnogo razvitiya stroitel'stva i podgotovki inzhenernykh kadrov: v 2 ch.: sb. nauch. st. XXI mezhdunar. nauch.-metod. seminara, Brest, 25–26 okt. 2018 g. / Brest. gos. tekhn. un-t; pod red. V.V. Tur. (gl. red.) [i dr.]. – Brest, 2018. – CH. 1. – S. 242–244.

УДК 005.2

## О СООТВЕТСТВИИ УСТАВОВ ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ ПРИНЦИПАМ УПРАВЛЕНИЯ

*П.М. Кузьмич, Е.С. Милашук*

<sup>1</sup> К. т. н., доцент, доцент кафедры экономики и организации строительства  
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь,  
e-mail : [ptkuzmich@tut.by](mailto:ptkuzmich@tut.by)

<sup>2</sup> Магистр технических наук, аспирант кафедры экономики и организации строительства  
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь,  
e-mail : [lionejja@mail.ru](mailto:lionejja@mail.ru)

### Реферат

Статья содержит информацию об основных принципах управления. В ходе исследования был выполнен анализ 17 уставов юридических лиц различных форм собственности и видов деятельности в части соответствия прав и обязанностей первых руководителей.

**Ключевые слова:** устав, юридическое лицо, принципы управления.

## ON COMPLIANCE OF CHARTERS OF LEGAL ENTITIES WITH MANAGEMENT PRINCIPLES

*P. M. Kuzmich, E. S. Milashuk*

### Abstract

The article contains information about the basic principles of management. During the study, an analysis was made of 17 charters of legal entities of various forms of ownership and types of activity in terms of the correspondence of the rights and obligations of the first managers.

**Keywords:** charter, legal entity, management principles.

Также, как и в основе любой другой деятельности, в основе управления социально-экономическими системами лежит определенный набор правил – принципов. Состав принципов управления зависит от ряда обстоятельств объективного и субъективного характера. В той или иной степени, набор принципов управле-