ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ. МЕХАНИКА ГРУНТОВ

УДК 624.154.1; 624.154.8

DOI: 10.22227/1997-0935.2017.12.1361-1368

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В КОНЦЕПЦИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ С УШИРЕНИЯМИ

Н.В. Купчикова

*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет (АГАСУ),
414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 18*

Предмет исследования: принципы формообразования свайных фундаментов с уширениями. Концепция формообразования свайных фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях не нашла должного развития по причине ее сложности и неопределенности.

Цель: формирование нового концептуально-системного подхода в теории формообразования конструкций свайных фундаментов с уширениями.

Материалы и методы: экспериментальные исследования, численное моделирование.

Результаты: результатом экспериментов, анализа, изучения и обобщения исследований стали новые запатентованные конструкции фундаментов с уширениями.

Выводы: сформулирован новый концептуально-системный подход в теории формообразования конструкций свайных фундаментов с уширениями.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: свайные фундаменты с уширениями, концепция формообразования строительных конструкций, формообразование уширения, сложные инженерно-геологические условия

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Купчикова Н.В. Системный подход в концепции формообразования свайных фундаментов с уширениями // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 12 (111). С. 1361–1368.

SYSTEMATIC APPROACH IN THE CONCEPT OF SHAPE FORMATION OF PILE FOUNDATIONS WITH BROADENING

N.V. Kupchikova

*Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering (ASUACE),
18 Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation*

Subject: the principles of shape formation of pile foundations with broadening. The research direction on shape formation of pile foundations in difficult engineering-geological conditions was not properly developed due to its complexity and uncertainty.

Research objectives: the formation of a new conceptual-system approach in the theory of shape formation of structures of pile foundations with broadening.

Materials and methods: experimental methods, numerical simulation and analysis.

Results: results of experiments, analysis, studies and generalization of the research led to the new patented designs of foundations with broadening.

Conclusions: we formulated the new conceptual-system approach in the theory of shape formation of structures of pile foundations with broadening.

KEY WORDS: pile foundations with broadening, the concept of shape formation of building structures, shape formation of broadening, complex engineering-geological conditions

FOR CITATION: Kupchikova N.V. Sistemnyy podkhod v kontseptsii formoobrazovaniya svaynykh fundamentov s ushireniami [Systematic approach in the concept of shape formation of pile foundations with broadening]. Vestnik MGSU [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2017, vol. 12, issue 12 (111), pp. 1361–1368.

ВВЕДЕНИЕ

Формообразование — процесс создания и развития конструктивных форм [1]. Теория формообразования строительных конструкций в совре-

менной интерпретации представляет собой синтез архитектурных, конструкторских, технологических решений, управления образованием формы и напряженно-деформируемым состоянием, связи эксплуатационных качеств под различными воздей-

ствиями внешней и внутренних сред, в том числе при запроектных воздействиях [1, 2]. Результатом исследований известных конструкционных материалов в формообразовании является их усовершенствование и создание новых наиболее эффективных архитектурно-художественных, экономически целесообразных, энерго- и экологобезопасных систем.

Практика строительства показывает, что возведение зданий и сооружений в настоящее время в нашей стране осуществляется зачастую на стесненных площадках городской застройки в сложных инженерно-геологических условиях, что обуславливает внедрение новых конструкций фундаментов глубокого заложения, значительных размеров в плане и нагрузкой на основание. К таким фундаментам глубокого заложения относят свайные с ростверком коробчатого типа, свайно-плитные и свайные с уширениями, готового, набивного или комбинированного типа по технологии устройства (рис. 1).

Широкое внедрение свай с уширениями ограничивается отсутствием обоснованной системы выбора наиболее рациональных параметров конструктивно-технологических решений, обоснованных методик расчета несущей способности для статических и динамических воздействий как совокупности современных методологических подходов конструирования, формообразования и оценки результатов работы таких фундаментов в различных областях строительства.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Существующие концепции теории формообразования строительных конструкций и их этапы циклического процесса создания наиболее изучены в работах [1–12].

Н.П. Абовский в своих работах [1–4] в основу рационального формообразования конструкций заложил восемь основных принципов: принцип системности и целостности; пространственности и многосвязности; комплексной связи архитектурного и конструктивного замыслов с выбором материалов, технологии изготовления и транспортирования; экологичности; декомпозиции глобальных конструкций на типовые (повторяемые элементы); специфики работы в сложных условиях; сочетания сложных грунтовых условий и сейсмичности; энергетических аспектов, при этом разделяя «пассивное» и «активное» формообразование. Объектами исследований у Н.П. Абовского в теории выступали различные конструктивные системы: фундаментные платформы, пространственные покрытия, конструкции стен, полносборные здания замкнутого типа для сибирских условий. Конструкции свайных фундаментов в исследованиях не рассматривались из-за создания ими искусственных условий путем упрочнения грунтов на большую глубину или применения свайных оснований, требующих привлечения тяжелой техники, выполнения большого

Рис. 1. Конструктивные решения свайных фундаментов с уширениями, применяемыми в сложных инженерно-геологических условиях

объема земляных работ с нарушением естественно сложившейся экологической ситуации, в том числе гидрогеологического и тепловлажностного режима грунтов и возникающих труднопредсказуемых нежелательных последствий. Однако в условиях стесненных площадок городской застройки в сложных инженерно-геологических условиях для зданий и сооружений значительных размеров в плане и нагрузкой на основание до 100 т на погонный метр единственно возможным становится применение именно свайных фундаментов, в том числе с уширениями.

По В.М. Фридкину [6, 7] принципы формообразования строительных конструкций — безопасность, самосохранение, управляемость, композиции конструкционных материалов, структурирование, энергоёмкость, объединения технологий, экономичность, конкуренция, технологичность, совмещение функций, эстетичность. В.М. Фридкин рассматривает также и этапы формообразования: накопление предпосылок к изменению конструктивных форм, генерация новых конструктивных форм, инновационный проект, обоснование инвестиций и инженерный проект, рабочее проектирование, подготовка к осуществлению проекта, изготовление элементов конструкций и организация их доставки на площадку строительства, строительство, эксплуатация до капитальных ремонтов, капитальные ремонты, реконструкция, прекращение эксплуатации. Объекты исследования автора — большепролетные конструкции мостов.

Результатом поиска наиболее рациональных и обоснования закономерностей формообразования строительных конструкций являются два прикладных направления развития: совершенствование существующих или генерация новых наиболее совершенных инженерно-технических систем. Концепция формообразования свайных фундаментов в сложных условиях не нашла должного развития по причине ее сложности и неопределенности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для наиболее глубокого и комплексного формирования системного подхода в теории формообразования конструкций свайных фундаментов с уширениями автором были проведены эксперименты как в лабораторных, так и в натурных условиях с применением следующих конструкций: призматические сваи с концевым уширением, образованным путем нагнетания различных маловязких составов, призматические с поверхностным уширением в виде сборных вдавливаемых клиньев; призматические со ступенчатым поверхностным уширением; трубебетонные и буронабивные с концевым уширением из втрамбованного щебня. В экспериментах на одиночных и группах свай поэтапно исследовались их напряженно-деформированное состояние при статическом нагружении, влияние технологии погружения свай и технологии устройства уширений на зону активного уплотнения грунтового пространства и изменение физико-механических свойств грунтов. Следующим этапом в работе стало численное моделирование работы свайных фундаментов с уширениями в различных инженерно-геологических условиях с помощью специализированных программных комплексов FEMAP NE/NASTRAN и MIDAS GTS NX, что позволило проанализировать, изучить и обобщить некоторые новые предпосылки в теории формообразования свайных фундаментов с уширениями [13–15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Систематизированный аналитический и статистический материалы, а также проведение многочисленных экспериментов автором позволили в результате исследования сформулировать новый концептуально-системный подход в теории формообразования конструкций свайных фундаментов с уширениями (рис. 2).

Предлагаемый системный подход по формообразованию конструкций свайных фундаментов

Рис. 2. Концепция системного подхода по формообразованию конструкций свайных фундаментов с уширениями в сложных инженерно-геологических условиях

с уширениями в сложных инженерно-геологических условиях включает восемь принципов (параметрических направлений исследований): обеспечение прочностных и деформационных характеристик, оптимизация формообразования уширений, формообразование в сложных грунтовых условиях, технологические способы устройства уширений, подбор материалов для устройства уширений, комплектность сочетания конструкции, материала и технологий устройства свай и уширения, энергоэффективность и экологичность и экономическая эффективность. Предлагаемые принципы можно признать наиболее важными и интересными непосредственно для выбора инновационных направлений в процессе проектирования фундаментов и для решения конкретных задач разработки конструктивных форм с учетом технологических и экономических возможностей их реализации для конкретных объектов строительства. В данной работе рассмотрены принципы обеспечения прочностных и деформационных характеристик, технологических способов устройства уширений и формирования уширения в зависимости от применяемых строительных материалов.

Введенные в действие национальные стандарты СТО.НОСТРОЙ, актуализированные своды правил и Технический регламент о безопасности зданий и сооружений¹ диктуют необходимость разработки расчетов, направленных на обеспечение прочностных и деформационных характеристик строительных конструкций как для нормальных условий эксплуатации, так и при запроектных воздействиях [15, 16].

В связи с этим принцип обеспечения прочностных и деформационных характеристик свайных фундаментов с уширениями включает результаты расчетов конструкций на прочность, деформативность, устойчивость, сейсмостойкость, надежность, долговечность, живучесть и устойчивость (рис. 3). В настоящее время в теории свайного фундаментостроения появляются все новые методы расчета, особенно с введением Технического регламента о безопасности зданий и сооружений. Ведущие ученые Российской академии архитектуры и строительных наук разрабатывают для зданий и сооружений повышенного уровня ответственности новые методы расчета на мгновенный отказ при выключении работы одного из элементов системы, в том числе при аварийных расчетных ситуациях, возникающих в связи со взрывом, столкновением, с аварией, пожаром, а также непосредственно после отказа одной из несущих строительных конструкций [15–17]. Возникает новая теоретическая задача разработки методов расчета сооружений с последовательно из-

меняющимися конструктивной и расчетной схемой за счет эволюционного накопления повреждений и внезапного выключения связей. Таким образом, моделируется локальное или прогрессирующее (лавинообразное) разрушение конструктивной системы [17]. В связи с этим в расчетах на живучесть для зданий и сооружений на свайном основании с уширениями предлагается производить расчет при выключении из работы фундамента сваи с уширением или самого уширения, выполнять расчет напряженно-деформированного состояния в процессе эксплуатации при сочетании особо опасных нагрузок, исследуя принцип обеспечения их конструктивной безопасности.

Исследования показали, что в расчетах на устойчивость следует рассматривать совокупность нескольких деформаций: стойкость сваи с уширением к осадке с поворотом, осадки с поворотом и горизонтальным смещением, а также на сопротивление сдвигу уширения.

Надежность фундамента определяется основным показателем — невозможностью реализации в течение расчетного срока службы предельных состояний — и подразделяется на теоретическую, технологическую и эксплуатационную. Надежность теоретическая определяется на стадии проектирования доступностью геотехнических условий строительства, достоверностью исходных материалов по инженерным изысканиям и информации по нагрузкам на фундаменты. Технологическая надежность рассчитывается исходя из соответствия принятой конструктивной схемы методам расчета по действующим усилиям с использованием частных коэффициентов надежности, т.е. по нагрузке, по материалу условий работы, по ответственности сооружений, с учетом возможных неблагоприятных отклонений расчетной схемы строительного объекта от реальных условий его эксплуатации.

Самое опасное для фундамента — глубинные подвижки и сейсмические встряски нижних слоев грунта, их тектонические разломы. Расчеты на сейсмостойкость свайных фундаментов с уширениями следует производить на определение сейсмических деформаций и колебания грунтовых массивов, на излом сваи и расчет на сейсморазжижение грунтов.

Принцип формообразования уширений свай, образованных технологическими способами, зависит от места расположения уширения на стволе сваи. Для образования уширения поперечного сечения сваи в разных местах ствола — на конце, вверху, на теле сваи — используют различные технологические способы: разбуривание, вдавливание, раскатывание грунта, физико-химическое инъецирование, буровзрывной способ, использование разрядно-импульсной технологии, механического глубинного втрамбовывания с помощью электрогидравлического эффекта, втрамбовывание щебня, гравия и др. [13–15].

¹ Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (с изменениями на 2 июля 2013 года): Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ.

Рис. 3. Принцип обеспечения прочностных и деформационных характеристик свайных фундаментов с уширениями

Рис. 4. Принцип формообразования уширений свай, образованных технологическими способами

Рис. 5. Принцип формообразования уширений свай, образованных различными строительными материалами

Принцип формообразования уширений свай, образованных различными строительными материалами, зависит от расположения уширения относительно тела сваи. При этом уширение также может быть готовым или набивным или изготавливаться в грунтовом массиве из следующих строительных материалов: композитные, комбинированные материалы, инъецируемые маловязкие и вязкие растворы, щебень, гравий, любые зернистые материалы, грунты высокой прочности и др. (рис. 5).

Результатом экспериментов, анализа, изучения и обобщения исследований автора стали новые запатентованные конструкции фундаментов с уширениями [13, 14].

ВЫВОДЫ

Признанные официально на государственном уровне, т.е. защищенные патентами, новые конструктивные формы могут не успеть найти повторное и, тем более, неоднократное применение и будут заменены в проектах еще более совершенными разработками. Однако развитие известных и создание новых конструктивных форм свайных фундаментов с уширениями приводит к снижению капитальных вложений в здание или сооружение и к увеличению максимальной нагрузки на основание; к ускорению возведения объектов; значительному экономическому и экологическому эффекту.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абовский Н.П., Инжутов И.С., Георгиев С.В. и др. Исследование нового конструктивного решения фундаментов на скользящем слое // Вестник МГСУ. 2012. № 11. С. 32–37.

2. Фридкин В.М. Принципы формообразования в теории линейно-протяженных сооружений. М. : Лада, 2006. 511 с.

3. Абовский Н.П., Деордиев С.В., Енджиевский Л.В. Формообразование строительных конструкций. Общие и частные принципы // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2013. № 11–12 (659–660). С. 13–20.

4. Пат. РФ 2440461, МПК E02D 27/01 (2006.01). Способ возведения фундамента на пучинистых грунтах / Н.П. Абовский, В.И. Палагушкин, В.Н. Овчинников, В.А. Сиделев; патентообл. Сибирский федеральный университет, Енисейлесстрой; заяв. № 2010129394/03 15.07.2010; опубл. 20.01.2012. Бюл. № 2.

5. Пат. РФ 2440462, МПК E02D 27/08 (2006.01). Конструкция усиления фундамента / Н.П. Абовский, В.И. Палагушкин, М.В. Лапеев; патентообл. Сибирский федеральный университет; заяв. 2010130963/03, 23.07.2010; опубл. 20.01.2012. Бюл. № 2.

6. Фридкин В.М. Формообразование строительных конструкций: М. : МГСУ, 2011. 171 с.

7. Мангушев Р.А., Ершов А.В., Осокин А.И. Современные свайные технологии. М. : Изд-во АСВ, 2010. 239 с.

8. Купчикова Н.В. Формообразование концевых уширений свай в поперечном сечении и методика их деформационного расчета // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 1 (48). С. 88–96.

9. Kurbatskii E.N. Guidelines for solving problems of mechanics using Fourier transformation. Moscow : Moscow Institute of communications, 1979.

10. Тер-Мартirosян З.Г., Сидоров В.В. Учет расширения грунтовых свай при работе в составе фундамента // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании : сб. мат. в междунар. науч. конф. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. М. : МГСУ, 2017. С. 974–978.

11. Тер-Мартirosян А.З., Тер-Мартirosян З.Г., Сидоров В.В. Взаимодействие грунтовых свай с окружающим грунтом с учетом расширения диаметра свай // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2016. № 3. С. 10–15.

12. Тер-Мартirosян А.З., Тер-Мартirosян З.Г., Чинь Т.В. Взаимодействие длинной свай конечной жесткости с окружающим грунтом и ростверком // Вестник МГСУ. 2015. № 9. С. 72–83.

13. Федоров В.С., Купчикова Н.В. Конструктивные решения свайных фундаментов с поверхностными и концевыми уширениями для структурно-неустойчивых оснований // Вестник гражданских инженеров. 2011. № 1. С. 88–91.

14. Купчикова Н.В. Исследование напряженно-деформированного состояния свайных фундаментов с концевыми и поверхностными уширениями в структурно-неустойчивых основаниях : дис. ... канд. техн. наук. М., 2010. 200 с.

15. Бондаренко В.М., Федоров В.С., Бондаренко В.М. Модели при решении технических задач // Перспективы развития строительного комплекса : мат. VIII междунар. науч.-практ. конф. / под ред. В.А. Гутмана, Д.П. Ануфриева. Астрахань : АИСИ, 2014. С. 262–267.

16. Травуш В.И., Колчунов В.И., Ключева Н.В. Некоторые направления развития теории живучести конструктивных систем зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. 4–11.

17. Колчунов В.И., Ключева Н.В., Андросова Н.Б., Бухтиярова А.С. Живучесть зданий и сооружений при запроектных воздействиях. М. : Изд-во АСВ, 2014. 208 с.

Поступила в редакцию 29 сентября 2017 г.

Принята в доработанном виде 27 октября 2017 г.

Одобрена для публикации 23 ноября 2017 г.

ОБ АВТОРЕ: Купчикова Наталья Викторовна — кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой промышленного и гражданского строительства, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет (АГАСУ), 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 18; kupchikova79@mail.ru.

REFERENCES

1. Abovskiy N.P., Inzhutov I.S., Deordiev S.V. et al. Issledovanie novogo konstruktivnogo resheniya fundamentov na skol'zyashchem sloe [Research into a new structural solution applicable to foundations resting on the sliding layer]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 11, pp. 32–37. (In Russian)

2. Fridkin V.M. *Printsipy formoobrazovaniya v teorii lineynno-protyazhennykh sooruzheniy* [Principles of shape formation in the theory of linearly extended structures]. Moscow, Lad'ya Publ., 2006. 511 p. (In Russian)

3. Abovskiy N.P., Deordiev S.V., Endzhievskiy L.V. Formoobrazovanie stroitel'nykh konstruktсий. Obshchie i chastnye printsipy [Form shaping of build-

ing structures. General and specific principles]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2013, no. 11–12 (659–660), pp. 13–20. (In Russian)

4. Abovskiy N.P., Palagushkin V.I., Ovchinnikov V.N., Sidelev V.A. Patent RF 2440461 IPC E02D 27/01 (2006.01) *Sposob vozvedeniya fundamenta na puchinistykh gruntakh* [Method of erecting the foundation on the heaving soils]; patentholder Siberian Federal University, Eniseyslesstroy; claim 2010129394/03 15.07.2010; published 20.01.2012; bul, no. 2. (In Russian)

5. Abovskiy N.P., Palagushkin V.I., Lapeev M.V. Patent RF 2440462, IPC E02D 27/08 (2006.01). *Konstruktsiya usileniya fundamenta* [Basement reinforcement construction]; patentholders Siberian Federal University; claim. 2010130963/03, 23.07.2010; published 20.01.2012; bul, no. 2. (In Russian)

6. Fridkin V.M. *Formoobrazovanie stroitel'nykh konstruktsiy* [Basement reinforcement construction]. Moscow, Moscow State University of Civil Engineering, 2011. 171 p. (In Russian)

7. Mangushev R.A., Ershov A.V., Osokin A.I. *Sovremennye svaynye tekhnologii* [Modern pile technologies]. Moscow, ASV Publ., 2010. 239 p.

8. Kupchikova N.V. Formoobrazovanie kontsevykh ushireniy svay v poperechnom sechenii i metoda ikh deformatsionnogo rascheta [Investigating the piles bell-end formation in cross-section and a technique of their deformation calculation]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers]. 2015, no. 1 (48), pp. 88–96. (In Russian)

9. Kurbatskii E.N. *Guidelines for solving problems of mechanics using Fourier transformation*. Moscow, Moscow Institute of Communications, 1979.

10. Ter-Martirosyan Z.G., Sidorov V.V. Uchet rasshireniya gruntovykh svay pri rabote v sostave fundamenta [Accounting for the expansion of ground piles when working as a part of the foundation]. *Integratsiya, partnerstvo i innovatsii v stroitel'noy nauke i obrazovanii: sb. mat. v mezhdunar. nauch. konf. Natsional'nyy issledovatel'skiy Moskovskiy gosudarstvennyy stroitel'nyy universitet* [Integration, partnership and innovation in building science and education: proceedings of the International scientific conference. Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)]. Moscow, Moscow State University of Civil Engineering, 2017, pp. 974–978. (In Russian)

11. Ter-Martirosyan A.Z., Ter-Martirosyan Z.G., Sidorov V.V. Vzaimodeystvie gruntovykh svay s okruzhayushchim gruntom s uchetom rasshireniya diametra

svai [Interaction of compaction piles with surrounding soil with due regard or pile diameter expansion]. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov* [Soil Mechanics and Foundation Engineering]. 2016, no. 3, pp. 10–15. (In Russian)

12. Ter-Martirosyan A.Z., Ter-Martirosyan Z.G., Chin' T.V. Vzaimodeystvie dlinnoy svai konechnoy zhestkosti s okruzhayushchim gruntom i rostverkom [Interaction of a long pile of finite stiffness with surrounding soil and foundation cap]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, no. 9, pp. 72–83. (In Russian)

13. Fedorov V.S., Kupchikova N. V. Konstrukтивnye resheniya svaynykh fundamentov s poverkhnostnymi i kontsevyimi ushireniami dlya strukturno-neustoychivyykh osnovaniy [Constructive decisions of the pile foundations with superficial and trailer broadenings for structurally-unstable bases]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers]. 2011, no. 1, pp. 88–91. (In Russian)

14. Kupchikova N.V. *Issledovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya svaynykh fundamentov s kontsevyimi i poverkhnostnymi ushireniami v strukturno-neustoychivyykh osnovaniyakh: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Investigation of the stress-strain state of pile foundations with terminal and surface broadenings in structurally unstable bases: thesis of candidate of technical sciences]. Moscow, 2010. 200 p. (In Russian)

15. Bondarenko V.M., Fedorov V.S., Bondarenko V.M. Modeli pri reshenii tekhnicheskikh zadach [Models in solving technical problems]. *Perspektivy razvitiya stroitel'nogo kompleksa: mat. VIII mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Prospects for the development of the building complex: materials of the VIII International Scientific and Practical Conference]. Astrakhan', AISI, 2014. Pp. 262–267. (In Russian)

16. Travush V.I., Kolchunov V.I., Klyueva N.V. Nekotorye napravleniya razvitiya teorii zhivuchesti konstruktivnykh sistem zdaniy i sooruzheniy [Some trends in the theory of survivability of structural systems of buildings and structures]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2015, no. 3, pp. 4–11. (In Russian)

17. Kolchunov V.I., Klyueva N.V., Androsova N.B., Bukhtiyarova A.S. *Zhivuchest' zdaniy i sooruzheniy pri zaproektnykh vozdeystviyakh* [Survivability of buildings and structures under beyond design impacts]. Moscow, Izdatel'stvo Assotsiatsii stroitel'nykh vuzov Publ., 2014. 208 p. (In Russian)

Received September 29, 2017.

Adopted in final form on October 27, 2017.

Approved for publication on November 23, 2017.

ABOUT THE AUTHOR: **Kupchikova Natalia Viktorovna** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Industrial and Civil Construction, **Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering (ASUACE)**, 18 Tatischeva str., Astrakhan, 414056, Russian Federation; kupchikova79@mail.ru.