

Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spb.ru



Прочность сталежелезобетонных образцов при центральном сжатии

Ж.С. Теплова¹, Н.А. Виноградова²

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251,
Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

Информация о статье

УДК 693.98

Научная статья

История

Подана в редакцию 20 марта 2015
Принята 27 апреля 2015

Ключевые слова

железобетонные конструкции,
армирование,
сталежелезобетонные конструкции,
прочность бетона,
параметры армирования,
центральное сжатие

АННОТАЦИЯ

Многообразие преимуществ сталежелезобетонных конструкций по сравнению со стальными и железобетонными достаточно убедительно и хорошо известно в мировой практике проектирования.

Важным аспектом этой системы является то, что благодаря силовому и формообразующему соединению стальных конструкций и железобетона, возникает принципиально новая конструкция, оптимально использующая преимущества железобетона в сжатой и стальной конструкции в растянутой зоне. В работе были проведены испытания прочности сталежелезобетонных образцов с разными видами арматуры: канатной и стержневой. Проведен сравнительный анализ, сделаны соответствующие выводы о выборе той или иной арматуры, и о целесообразности ее использования в целом.

Полученные результаты могут представлять интерес для производственных организаций, занимающихся строительством больших мостов и возведением современных зданий повышенной этажности, либо высотных зданий.

Содержание

1. Введение	30
2. Преимущества и уязвимые места	30
3. Цели и задачи	31
4. Исследование особенностей армирования сталежелезобетонных элементов	31
5. Выводы	34

1

Контактный автор:

+7 (921) 751 0309, zhanna-t@bk.ru (Теплова Жанна Сергеевна, студент)

2

+7 (921) 562 2768, natasha-vinograd@mail.ru (Виноградова Наталья Анатольевна, магистрант)

1. Введение

Сталежелезобетонные конструкции или composite construction, широко применяются в Европе и во всём мире. Сталежелезобетонные конструкции по сравнению со стальными и железобетонными имеют много преимуществ и достаточно хорошо известны в мировой практике проектирования.

Благодаря силовому и формообразующему соединению стальных конструкций и железобетона, возникает принципиально новая конструкция, которая оптимально использует преимущества железобетона в сжатой зоне и стальной конструкции в растянутой зоне.

Под сталежелезобетонными конструкциями понимается большой класс строительных конструкций, отличающихся как по конструктивному признаку, так и по степени использования фактора совместной работы бетона и стали [6-10].

Эффективность сталежелезобетонных конструкций по сравнению с цельно стальными или железобетонными достигается за счет совместной работы материалов (железобетона и стали), т.е. реализации одного из основополагающих принципов проектирования – принципа совмещения функций различных элементов [5]. Использование стали - внешней арматуры - в качестве опалубки, а также повышение несущей способности за счет эффекта обжатия бетона, создаваемого обоймой - основные преимущества такого типа конструкций над железобетонными.

Сталежелезобетонные конструкции нашли широкое применение в перекрытиях общественных и производственных зданий при больших нагрузках. Применение в перекрытиях общественных зданий монолитного бетона с несъемной опалубкой из стального профилированного настила является наиболее распространенным решением за рубежом.

Свойства сталежелезобетонных конструкций обеспечиваются благодаря совместной работе стальной и железобетонной части [1-4,6]. Исключение сдвига в области контакта составных частей при возникновении нагрузок обеспечивается за счет адгезионных свойств, трения и зацепления соединительных элементов, которые могут быть выполнены в виде жестких и гибких упоров, анкеров. Упоры жесткого типа предназначены для работы на изгиб. При этом в бетоне образуются равномерно распределяющиеся деформации сжатия, в отличие от гибких упоров, работающих в основном на изгиб. Анкера предназначены для перенесения возникающей в конструкции нагрузки на растяжение [10-13]. Есть еще один тип соединений, примером которого может служить стальной профлист с выштамповками. Такой соединяющий элемент обеспечивает передачу сил сдвига посредством зацепления стального элемента и бетона, и за счет трения.

2. Преимущества и уязвимые места

Основные преимущества сталежелезобетонных конструкций: повышенная жесткость и снижение расхода стали и соответственно себестоимости по сравнению со стальными конструкциями; меньший вес и большая жесткость по сравнению с железобетонными конструкциями. Также, данный тип конструкций соответствует современным технологиям изготовления и монтажа за счет сравнительной простоты узловых сопряжений.

Кроме того, их пожароустойчивость гораздо выше, поскольку бетон имеет высокий показатель удельной теплоемкости. Соответственно стальной элемент защищен от перегрева и не происходит снижение его несущей способности. А благодаря тому, что конструкции изготавливаются на заводе, существенно сокращается время монтажа и снижается зависимость сборки от погодных условий, что заметно экономит рабочее время. Еще одно достоинство – высокая несущая способность [20]. Ее можно рассмотреть на примере железобетонной и сталежелезобетонной колонны диаметром 60 см. Несущая способность четырехметровой колонны из железобетона составляет приблизительно 6000 кН, тогда как сталежелезобетонная колонна обладает несущей способностью до 32 000 кН, то есть в 5,33 раза больше [11]. Если же взять, к примеру, для сравнения стальной и сталежелезобетонный настил, то экономия стали при одинаковом восприятии нагрузок в случае со сталежелезобетонной конструкцией будет составлять порядка 15%.

К недостаткам конструкций из стали и железобетона является тот факт, что поскольку сталь и бетон разные по своим физико-химическим показателям вещества, необходимо устраивать объединительные элементы между ними [19,21]. Также могут проявляться специфические воздействия, которые вызываются перепадами температуры, ползучестью и усадкой бетона. Ну и безусловно, расчет подобных конструкций более сложный [14-18]. В процессе расчета следует учитывать стадийность работы, сдвиг разнородных материалов в области соприкосновения и другие специфические факторы.

Однако, несмотря на все вышеперечисленные недостатки, прочность и надежность сталежелезобетонных конструкций, а также экономическая выгодность их, которая проявляется еще на этапе монтажа, а впоследствии – и в процессе безремонтной эксплуатации, несомненно, заставляют сделать выбор именно в их пользу.

3. Цели и задачи

Были проведены испытания сталежелезобетонных образцов одинакового сечения для определения механических свойств исследуемого материала. Для этого в лаборатории были изготовлены образцы с различным армированием, которые испытывались на прессе на центральное сжатие. Был построен график зависимости между предельными усилиями в сталежелезобетонном элементе по условиям текучести и разрушению и процентами армирования стержневой и канатной арматуры. Исходя из которого можно понять, как армирование влияет на несущую способность сталежелезобетонных образцов. В результате были сделаны выводы о достижении предела текучести, о характере деформирования армированных образцов, о влиянии армирования на продольную жесткость и об эффективности продольного армирования бетонного ядра высокопрочными канатами при использовании высокопрочных труб с достаточной толщиной стенки.

4. Исследование особенностей армирования сталежелезобетонных элементов

При исследовании интересующих нас свойств сталежелезобетонных конструкций было сделано тридцать образцов круглого сечения: две серии по пятнадцать образцов с арматурой разного типа. Серии различались характером армирования бетонного ядра. Первая серия опытных образцов армировалась стержневой арматурой класса А-III диаметром 20 мм. Вторая серия армировалась канатной высокопрочной арматурой К-7 диаметром 15 мм. В каждой серии было по пять типов образцов (по три образца в каждом): первый тип – неармированные образцы, со второго по пятый тип - образцы, армированные четырьмя, шестью, восемью и десятью стержнями соответственно.

Образцы испытывались на прессе П-500 осевой статической нагрузкой. Опорные устройства обеспечивали шарнирную схему закрепления образца. В процессе испытания измерялись продольные и поперечные деформации. Внешний вид, геометрические размеры образцов и вид экспериментальной установки приведены на (рисунок 1, 2).

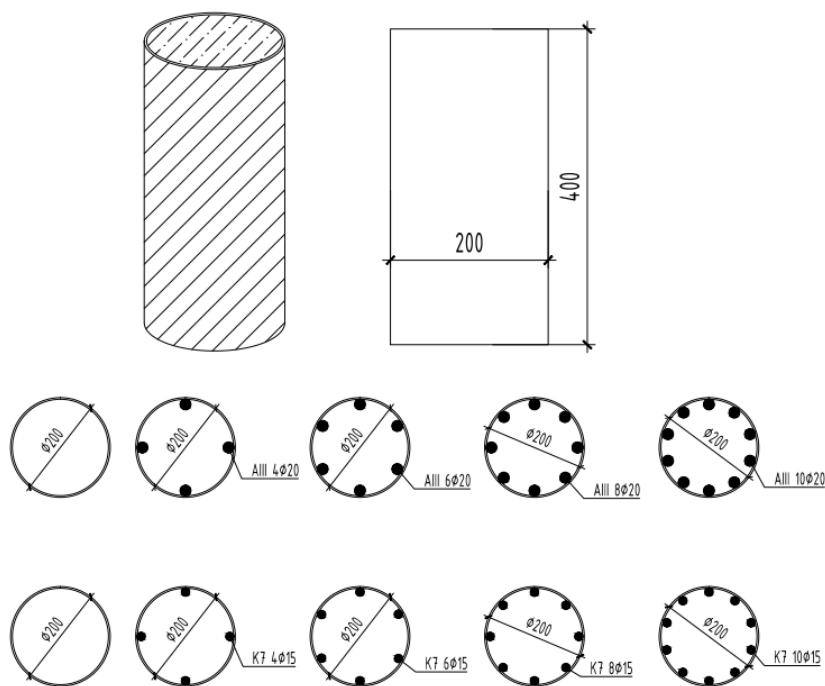


Рисунок 1. Внешний вид и геометрические размеры экспериментальных образцов



Рисунок 2. Вид экспериментальной установки. Гидравлический пресс П-500

Физические характеристики используемых материалов в исследовании приведены в таблицах 2-5.

Таблица 2. Характеристики стали

Марка стали	Толщина листа, мм	Предел текучести, МПа	Модуль упругости, МПа
Ст-3	3,23	247,4	$2,1 \cdot 10^5$

Таблица 3. Характеристики стержневой арматуры

Класс арматуры	Диаметр, мм	Плотность, кг/м ³	Площадь сечения, мм ²	Предел текучести, МПа	Модуль упругости, МПа
AIII	20	7850	314,15	395,1	$2 \cdot 10^5$

Таблица 4. Характеристики канатной арматуры

Класс арматуры	Диаметр, мм	Площадь сечения, мм ²	Условный предел текучести, МПа	Модуль упругости, МПа
K7	15	141,6	1308	$1,77 \cdot 10^5$

Таблица 5. Составляющие бетонной смеси

Класс бетона	Песок, кг	Щебень, кг	Цемент, кг	В/Ц
B40	708	1190	406	0,42

По показаниям пресса фиксировались предельные усилия в образце. За предельное усилие по разрушению принималась максимальная нагрузка на образец. Предельное усилие по текучести металла трубы определялось по остаточной деформации, которая равна 0,2 %, как это делается при определении условного предела текучести металлов, не обладающих выраженной площадкой текучести [7-11].

Результаты испытания прочности сталежелезобетонных образцов приведены в Таблице 6.

Таблица 6. Результаты испытания прочности сталежелезобетонных образцов

№ серии	Наим.	Вид арматуры	Кол-во стержней, шт.	Диаметр арматуры, мм.	Пред. усилие по текучести, N, кН	Среднее пред. усилие по текучести, N _{ср} , кН	Максимальное усилие, N _{max} , кН	Среднее максимальное усилие, N _{ср,max} , кН
I	I-0	-	-	-	2475	2530	2800	2850
	I-0	-	-		2550		2990	
	I-0	-	-		2565		2760	
	I-4	AIII	4	20	2828	2830	3360	3375
	I-4	AIII	4		2813		3355	
	I-4	AIII	4		2850		3410	
	I-6	AIII	6		2980	2977	3500	3516
	I-6	AIII	6		2965		3603	
	I-6	AIII	6		2985		3444	
	I-8	AIII	8		3250	3258	3730	3703
	I-8	AIII	8		3260		3680	
	I-8	AIII	8		3265		3700	
	I-10	AIII	10		3455	3458	4066	4065
	I-10	AIII	10		3460		4050	
I-10	AIII	10	3460	4080				
II	II-0	-	-	-	2587	2554	2995	2988
	II-0	-	-		2510		2960	
	II-0	-	-		2565		3010	
	II-4	K7	4	15	2600	2605	3290	3280
	II-4	K7	4		2585		3300	
	II-4	K7	4		2630		3250	
	II-6	K7	6		2730	2732	3505	3534
	II-6	K7	6		2710		3540	
	II-6	K7	6		2755		3557	
	II-8	K7	8		2960	2962	3850	3832
	II-8	K7	8		2965		3815	
	II-8	K7	8		2960		3833	
	II-10	K7	10		3122	3147	4358	4365
	II-10	K7	10		3200		4397	
II-10	K7	10	3120	4340				

Проводя однофакторный эксперимент, можно получить количественную оценку эффекта только одного фактора. Из нормального закона распределения ошибок явствует, что наиболее вероятным значением измеряемой величины будет среднее арифметическое из полученных результатов. Такой метод применим для эксперимента с небольшим числом измерений, так называемой малой выборкой [23].

Соответственно, были построены графики зависимостей между несущей способностью сталежелезобетонных образцов и процентом армирования стержневой или канатной арматурой. Аппроксимируя полученные графики, можно сделать вывод о том, что зависимости образцов со стержневой арматурой близки к линейным, а с канатной – к квадратичной. Графики изображены на рисунке 3.

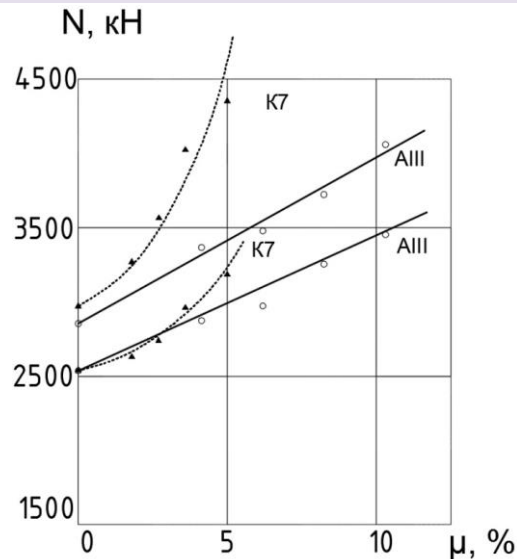


Рисунок 3. Зависимость между процентами армирования стержневой, канатной арматурой и предельными усилиями в сталежелезобетонном элементе по условиям текучести (сплошная линия) и по разрушению (штриховая линия)

Исходя из результатов, прадествленных на графике, можно сделать вывод, что армирование сталежелезобетонных элементов, независимо от вида арматуры, существенно повышает их несущую способность.

5. Выводы

В ходе исследования было установлено, что стержневая продольная арматура сталежелезобетонного элемента достигает предела текучести. Канатная арматура предела текучести не достигает при текучести стальной тонкостенной трубы. Следовательно, гипотетические возможности стержневой арматуры используются полностью, в отличие от канатной [22].

Проанализировав результаты эксперимента можно сделать вывод, что на первых этапах нагружения, до 50 % усилия от разрушающего, деформирование армированных образцов происходит почти линейно. А при нагрузках равных 70-80 % от разрушающих наблюдается существенная нелинейность деформирования.

Установлено, что продольное армирование оказывает влияние на продольную жесткость сталежелезобетонного элемента, причем стержневая арматура повышает жесткость, а канатная арматура, наоборот, снижает жесткость сталежелезобетонного элемента вследствие "эффекта раскручивания" арматуры при её осевом нагружении сжимающей силой.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что продольное армирование бетонного ядра высокопрочными канатами K7 может быть эффективным при использовании высокопрочных труб с достаточной толщиной стенки, которая была бы способна противостоять эффекту «развивки» канатов при их продольном сжатии.

Полученные результаты могут представлять интерес для производственных организаций, занимающихся строительством больших мостов и возведением современных высотных зданий и зданий повышенной этажности.

До недавних пор в Российской Федерации не было общегосударственных строительных норм по расчету сталежелезобетонных пролетных строений. При проектировании ограничивались только СТО 02494680-0032-2004 Сталежелезобетонные пролетные строения автодорожных мостов. В Европе же уже на протяжении многих лет такого типа конструкции рассчитываются по Еврокоду: EN 1994 EUROCODE 4 Железобетонные комбинированные конструкции. Проектирование, расчеты, параметры. И только с 1 сентября 2014 года в Российской Федерации начал действовать новый СП 00.13330.2014 Сталежелезобетонные пролетные строения автодорожных мостов. Правила расчета.

Литература

- [1]. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.
- [2]. Ватин Н.И., Иванов А.Д. Сопряжение колонны и безребристой бескапитальной плиты перекрытия монолитного железобетонного каркасного здания. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2006. С. 82.
- [3]. Чернуха Н.А. Контроль качества железобетонных конструкций при обследовании зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. №2 (7). С. 62-70.
- [4]. Luttrell L.D. and Prasannan S. Strength formulations for composite slabs // Seventh International Specialty Conference on Cold-Formed Structures St.Louis, Missouri, U.S.A. 1984. Pp. 307-326.
- [5]. Hyeong-Yeol Kim, Youn-Ju Jeong. Ultimate strength of a steel–concrete composite bridge deck slab with profiled sheeting // Engineering Structures. Vol. 32. Issue 2. 2010. Pp. 534-546.
- [6]. Hyeong-Yeol Kim, Youn-Ju Jeong. Steel–concrete composite bridge deck slab with profiled sheeting // Journal of Constructional Steel Research. Vol. 65. Issues 8-9. 2009. Pp.1751-1762.
- [7]. R.Q. Bridge, M. Patrick. Innovations in composite slabs incorporating profiled steel sheeting // Advances in Building Technology.2002. Pp. 191-198.
- [8]. H.D. Wright, H.R. Evans, P.W. Harding. The use of profiled steel sheeting in floor construction // Journal of Constructional Steel Research. Vol. 7. Issue 4.1987. Pp. 279-295.
- [9]. Прокопович А.А. Сопротивление изгибу железобетонных конструкций с различными условиями сцепления продольной арматуры с бетоном. Автореф.дис.докт. техн. Наук // Самара. 2000. С.32.
- [10]. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Несущая способность сталебетонных плит // Известия вузов. Строительство и архитектура.1989. 4, С. 5-8.
- [11]. Бондаренко В.М., Колчунов Вл.И. Расчётные модели силового сопротивления железобетона. - М.: Изд-во АСВ. 2004. С. 472.
- [12]. Mariscotti M. A. J., Thieberger P., Frigerio T. Investigations with reinforced concrete tomography [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.thasa.com/ANTECEDENTES/Investigations_RCT_2.pdf (дата обращения: 17.01.2013).
- [13]. Ansaldi A., Contin J., Fierro V., Tichno M.A., Distefano A., Mariscotti M.A.J. The application of gammametry to the study of reinforced concrete// Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms.1993. Vol. 73(4). Pp. 531–542.
- [14]. Бенин А.В., Семенов А.С., Семенов С.Г., Мельников Б.Е. Математическое моделирование процесса разрушения сцепления арматуры с бетоном. Часть 1. Модели с учетом несплошности соединения // Инженерно-строительный журнал. 2013. №5(40). С. 86–99.
- [15]. Пузанов А.В., Улыбин А.В. Методы обследования коррозионного состояния арматуры железобетонных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2011. №7(25). С. 18-25.
- [16]. Ветров С.Н. Специфика обследования состояния железобетонных конструкций в условиях агрессивного воздействия воды / С.Н. Ветров, С.В. Яковлев // Инженерно-строительный журнал. 2010. №7(17). С. 35-40.
- [17]. Kim K., Bolander J. E., Lim Y. M. Failure simulation of RC structures under highly dynamic conditions using random lattice models // Computers & Structures. 2013. Vol. 125. Pp. 127–136.
- [18]. Sekulović M., Milašinović D., Kovačević D. Modeling of joints deterioration in dynamic analysis of reinforced concrete frames. In book: Computational modelling of concrete structures. Edited by de Borst R., Bicanic N., Mang H., Meschke G. A.A. Balkema, /Rotterdam/Brookfield, 1998. Pp. 757 – 766.
- [19]. Folic R. Durability design of concrete sstructures – Part 1: analysis fundamentals // Architecture and Civil Engineering. 2009. Vol. 7. No. 1. Pp. 1–18.
- [20]. Залесов А.С. Расчёт прочности железобетонных элементов при действии поперечных сил и кручении // Бетон и железобетон. 1976. №6. С. 22-24.
- [21]. Руководство по расчёту статически неопределимых железобетонных конструкций с безбалочными перекрытиями - М.: Изд-во Стройиздат. 1975. С. 32.
- [22]. Zivica V., Bajza A. Acidic attack of cement based materials – a review. Part 1. Principle of acidic attack // Construction and Building Materials. 2000. Vol. 15. No. 12. Pp. 331–340.
- [23]. Мухачев В.А. Планирование и обработка результатов эксперимента. Томск. 2007. С.121.

Strengthening studies of composite construction at the direct compression

Zh.S. Teplova¹, N.A. Vinogradova²

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia.

ARTICLE INFO

Original research article

Article history

Received 20 March 2015
Accepted 27 April 2015

Keywords

concrete structures,
reinforcement,
composite structures,
concrete strength,
reinforcing parameters,
direct compression

ABSTRACT

The variety advantages of composite structures compared to steel and concrete enough convincing and well-known in the world of construction. An important aspect of this system is that due to force and formative joints of steel structures and reinforced concrete, there is a brand new design, optimum usage of the concrete advantages in a concise and steel structure in the tension zone. The work carried out tests strength of composite samples with different types of valves: the cable and rod. A comparative analysis, conclusions are drawn about the choice of a particular valve, and the feasibility of its usage in general. The results should be interesting for industrial organizations involved in the construction of large bridges and construction of modern high-rise buildings.

¹ Corresponding author:
+7 (921) 751 0309, zhanna-t@bk.ru (Zhanna Sergeevna Teplova, Student)
² +7 (921) 562 2768, natasha-vinograd@mail.ru (Natalya Anatoljevna Vinogradova, Graduate Student)

References

- [1]. SNiP 52-01-2003. *Betonnyie i zhelezobetonnyie konstruksii. Osnovnyie polozeniya*. [Concrete and ferroconcrete designs. Basic provisions] (rus)
- [2]. Vatin N.I., Ivanov A.D. *Sopryazhenie kolonny i bezrebristoy bekapitelnoy plityi perekryitiya monolitnogo zhelezobetonno karkasnogo zdaniya* [Interface of a column and bezrebristy beskapitelnoy plates of overlapping of the monolithic ferroconcrete frame building]. - SPb.: Izd-vo SPbGPU, 2006. Pp. 82. (rus)
- [3]. Chernuha N.A. *Kontrol kachestva zhelezobetonnyih konstruksiy pri obsledovanii zdaniy* [Quality control of ferroconcrete designs at inspection of buildings] Construction of Unique Buildings and Structures. 2013. Vol.2 (7). Pp. 62-70. (rus)
- [4]. Luttrell L.D. and Prasannan S. Strength formulations for composite slabs. Seventh International Specialty Conference on Cold-Formed Structures St.Louis, Missouri, U.S.A. 1984. Pp. 307-326.
- [5]. Hyeong-Yeol Kim, Youn-Ju Jeong. Ultimate strength of a steel–concrete composite bridge deck slab with profiled sheeting. Engineering Structures. Vol. 32. Issue 2. 2010. Pp. 534-546.
- [6]. Hyeong-Yeol Kim, Youn-Ju Jeong. Steel–concrete composite bridge deck slab with profiled sheeting. Journal of Constructional Steel Research. Vol. 65. Issues 8-9. 2009. Pp.1751-1762.
- [7]. Bridge R.Q., Patrick M. Innovations in composite slabs incorporating profiled steel sheeting. Advances in Building Technology. 2002. Pp. 191-198.
- [8]. H.D. Wright, H.R. Evans, P.W. Harding. The use of profiled steel sheeting in floor construction. Journal of Constructional Steel Research. Vol. 7. Issue 4.1987. Pp. 279-295.
- [9]. Prokopovich A.A. *Soprotivlenie izgibu zhelezobetonnyih konstruksiy s razlichnyimi usloviyami stsepleniya prodolnoy armatury s betonom* [Resistance to a bend of ferroconcrete designs with various conditions of coupling of longitudinal fittings with concrete]. *Avtoref.dis.dokt. tehn. Nauk // Samara*. 2000. Pp.32. (rus)
- [10].Chihladze E.D., Arslanhanov A.D. *Nesuschaya sposobnost stalebetonnyih plit* [The bearing ability of steel-concrete plates] // *Izvestiya vuzov. Stroitelstvo i arhitektura*.1989. 4, Pp. 5-8. (rus)
- [11].Bondarenko V.M., Kolchunov VI.I. *RaschYotnyie modeli silovogo soprotivleniya zhelezobetona* [Settlement models of power resistance of reinforced concrete]. - *M.: Izd-vo ASV*. 2004. Pp. 472. (rus)
- [12].Mariscotti M. A. J., Thieberger P., Frigerio T. Investigations with reinforced concrete tomography [Digital resource]. System requirements: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.thasa.com/ANTECEDENTES/Investigations_RCT_2.pdf (date of the address: 17.01.2013).
- [13].Ansaldi A., Contin J., Fierro V., Tichno M.A., Distefano A., Mariscotti M.A.J. The application of gammametry to the study of reinforced concrete// Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms.1993. Vol. 73(4). Pp. 531–542.
- [14].Benin A.V., Semenov A.S., Semenov S.G., Melnikov B.E. *Matematicheskoe modelirovanie protsessa razrusheniya stsepleniya armatury s betonom. Chast 1. Modeli s uchetom nesploshnosti soedineniya* [Mathematical modeling of process of destruction of coupling of fittings with concrete. Part 1. Models taking into account a connection nesploshnost] // *Magazine of Civil Engineering*. 2013. Vol. 5(40). Pp. 86–99. (rus)
- [15].Puzanov A.V., Ulyibin A.V. *Metody obsledovaniya korroziionnogo sostoyaniya armatury zhelezobetonnyih konstruksiy* [Methods of inspection of a corrosion condition of fittings of ferroconcrete designs] *Magazine of Civil Engineering*. 2011. Vol. 7(25). Pp. 18-25. (rus)
- [16].Vetrov S.N. *Spetsifika obsledovaniya sostoyaniya zhelezobetonnyih konstruksiy v usloviyah agressivnogo vozdeystviya vody* [Specifics of inspection of a condition of ferroconcrete designs in the conditions of aggressive influence of water] *Magazine of Civil Engineering*. 2010. Vol. 7(17). Pp. 35-40. (rus)
- [17].Kim K., Bolander J. E., Lim Y. M. Failure simulation of RC structures under highly dynamic conditions using random lattice models. *Computers & Structures*. 2013. Vol. 125. Pp. 127–136.
- [18].Sekulović M., Milašinović D., Kovačević D. Modeling of joints deterioration in dynamic analysis of reinforced concrete frames. In book: *Computational modelling of concrete structures*. Edited by de Borst R., Bicanic N., Mang H., Meschke G. A.A. Balkema, /Rotterdam/Brookfield, 1998. Pp. 757 – 766.
- [19].Folic R. Durability design of concrete sstructures – Part 1: analysis fundamentals. *Architecture and Civil Engineering*. 2009. Vol. 7. No. 1. Pp. 1–18.
- [20].Zalesov A.S. *Raschot prochnosti zhelezobetonnyih elementov pri deystvii poperechnyih sil i kruchenii* [Calculation of durability of ferroconcrete elements at action of cross forces and torsion] *Beton i zhelezobeton*. 1976. Vol. 6. Pp. 22-24. (rus)

- [21]. *Rukovodstvo po raschetu staticheski neopredelimykh zhelezobetonnykh konstruktsiy s bezbalochnymi perekrytiyami* - M.: Izd-vo Stroyizdat. 1975. Pp. 32.
- [22]. Zivica V., Bajza A. Acidic attack of cement based materials – a review. Part 1. Principle of acidic attack. *Construction and Building Materials*. 2000. Vol. 15. No. 12. Pp. 331–340.
- [23]. Mukhachev V.A. *Planirovaniye i obrabotka rezultatov eksperimenta* [Planning and processing of experiment results]. Tomsk. 2007. Pp.121 (rus).

Теплова Ж.С., Виноградова Н.А. Прочность сталежелезобетонных образцов при центральном сжатии // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №5(32). С. 29-38.

Teplova Zh.S., Vinogradova N.A. Strengthening studies of composite construction at the direct compression. Construction of Unique Buildings and Structures, 2015, 5(32), Pp. 29-38. (rus)